



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

TEMA:

**Sistema de control y monitorización de la temperatura mediante el uso  
de tarjetas embebidas de bajo costo para el sector industrial de un  
proceso de pasteurización de la miel.**

AUTOR:

**Zambrano Chauca, Karina Estefania**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TUTOR:

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, Msc.

Guayaquil, Ecuador

2 de marzo del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Zambrano Chauca, Karina Estefania**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniera Electrónica en Control y Automatismo**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, Msc.**

**DIRECTOR DE CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando, Msc.**

Guayaquil, 2 de marzo del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Zambrano Chauca, Karina Estefania

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: **“Sistema de control y monitorización de la temperatura mediante el uso de tarjetas embebidas de bajo costo para el sector industrial de un proceso de pasteurización de la miel”**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

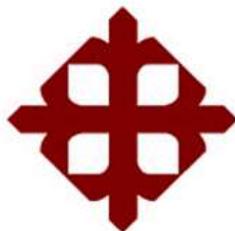
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 2 de marzo del 2019

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Zambrano Chauca, Karina Estefania**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Zambrano Chauca, Karina Estefania**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Sistema de control y monitorización de la temperatura mediante el uso de tarjetas embebidas de bajo costo para el sector industrial de un proceso de pasteurización de la miel**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 2 de marzo del 2019

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Zambrano Chauca, Karina Estefania**

## REPORTE DE URKUND

**Documento:** Trabajo de Titulación

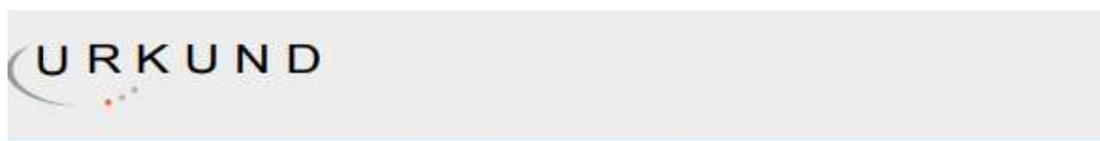
**Título del Trabajo:** "Sistema de control y monitorización de la temperatura mediante el uso de tarjetas embebidas de bajo costo para el sector industrial de un proceso de pasteurización de la miel."

**Carrera:** Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo

**Estudiante:** KARINA ESTEFANIA ZAMBRANO CHAUCA

**Semestre:** A-2020

**Fecha:** MAR/2020



### Urkund Analysis Result

<b>Analysed Document:</b>	TESIS karina.docx (D63269332)
<b>Submitted:</b>	1/31/2020 6:37:00 PM
<b>Submitted By:</b>	orlandophilco_7@hotmail.com
<b>Significance:</b>	1 %

**Conclusión:** la revisión de coincidencias del resultado de la revisión considerada la desactivación de la información del texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 1%

**Atentamente,**

**Ing. Philco Asqui, Luis Orlando**

**DOCENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

Sobre todo, quiero agradecer a Dios y a mis padres por haber formado una persona de bien. La vida no me alcanzará para retribuirles todo lo que han hecho por mí, son mi inspiración y mi guía, ya que no existen mejores personas que ellos debido a que han sido mi ejemplo todos estos años. A mi familia en general y mi novio que siempre creen en mí, apoyándome y motivándome en todo lo que me propongo.

Agradezco también a mis profesores que han sido guías intelectuales, formándome como un futuro profesional íntegro.

## **DEDICATORIA**

Mi tesis se la dedico a mis padres por su apoyo incondicional, por darme una carrera universitaria para mi futuro y sobre todo por su cariño. A mi enamorado por siempre motivarme a ser mejor persona.

A mis profesores por siempre aclarar mis dudas y por último a mis compañeros por hacer las clases más divertidas.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.**

**DECANO**

f. \_\_\_\_\_

**ING. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO, M.Sc.**

**COORDINADOR DEL ÁREA**

f. \_\_\_\_\_

**ING. JIMMY ALVARADO BUSTAMANTE, M.Sc.**

**OPONENTE**

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Delimitación.....	3
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Metodología de Investigación.....	5
<b>2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1. La miel.....	6
2.2. Pasteurización de la miel.....	7
2.2.1. Beneficios de la pasteurización de la miel.....	7
2.3. La automatización industrial.....	8
2.3.1. La automatización en la industria alimentaria.....	8
2.4. Tecnologías cableadas.....	9
2.4.1. Automatización Mecánica.....	10
2.4.2. Automatización Neumática.....	10
2.4.3. Automatización Hidráulica.....	11
2.4.4. Automatización Eléctrica.....	11
2.4.5. Automatización Electrónica.....	12
2.5. Tecnologías programadas.....	12
2.5.1. Computadora Industrial.....	12
2.5.2. Autómatas programables.....	13

2.5.3.	Microcontroladores.....	13
2.6.	Sistemas de control .....	14
2.6.1.	Clasificación de los sistemas de control .....	14
2.6.1.1.	Lazo Abierto .....	15
2.6.1.2.	Lazo Cerrado.....	15
2.6.2.	Elementos en un sistema automático .....	15
2.6.2.1.	Proceso .....	16
2.6.2.2.	Controlador .....	16
2.6.2.3.	Actuador.....	16
2.6.2.4.	Comparador .....	16
2.6.2.5.	Transductor.....	16
2.7.	Sensores.....	16
2.7.1.	Sensor de temperatura .....	17
2.7.1.1.	Termistor .....	17
2.7.1.2.	RTD.....	18
2.7.1.3.	Termopar.....	18
2.7.2.	Sensor de nivel .....	19
2.7.2.1.	Sensor ultrasónico .....	20
2.7.2.2.	Sensor flotante .....	20
2.7.2.3.	Sensor radar .....	21
2.7.2.4.	Sensor capacitivo.....	21
2.8.	HMI.....	21
2.8.1.	Interfaz de hardware.....	22
2.8.2.	Interfaz de software .....	22
2.8.3.	Interfaz de software-hardware .....	22
2.9.	SCADA.....	23
2.9.1.	Hardware SCADA.....	23

2.9.2.	Software SCADA.....	23
2.10.	Sistemas Embebidos .....	24
2.10.1.	Componentes Básicos de los sistemas embebidos .....	25
2.10.1.1.	Fuente de alimentación .....	25
2.10.1.2.	Microprocesador.....	26
2.10.1.3.	Memorias .....	27
2.10.1.4.	Chipset .....	28
2.10.1.5.	Puerto de comunicación.....	28
2.10.1.6.	Entradas y Salidas.....	28
2.10.2.	Aplicaciones de los sistemas embebidos .....	28
2.11.	Controlador PID .....	29
2.11.1.	Método de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID	30
2.12.	Software del Sistema .....	30
2.12.1.	LabVIEW.....	30
2.13.	Hardware del Sistema .....	31
2.13.1.	Sensor de nivel CQ Robot.....	31
2.13.2.	Arduino Leonardo .....	32
2.13.3.	Lattepanda.....	33
2.13.4.	Puente H.....	33
2.13.5.	Modulo Relé de 1 canal .....	34
2.13.6.	Controlador de temperatura W1209 .....	35
2.13.7.	Sensor ultrasónico .....	35
2.13.8.	Fuente de alimentación .....	36
2.13.9.	Pantalla táctil .....	36
3.	CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	38
3.1.	Funcionamiento del sistema .....	38

<b>3.2. Diseño del hardware y estructura de los tanques reservorios ..</b>	<b>38</b>
3.2.1. Fabricación de tanques y estructura .....	39
3.2.2. Elección de materiales .....	41
3.2.3. Construcción de los tanques .....	41
<b>3.3. Montaje de las partes .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4. Diseño del control del proceso de pasteurización de la miel ....</b>	<b>43</b>
3.4.1. Desarrollo del software en LabVIEW .....	45
<b>3.5. Presupuesto.....</b>	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
4.1. Conclusiones.....	59
4.2. Recomendaciones.....	60
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>
Anexo 1: Datos Técnicos del sensor LM35 .....	67
Anexo 2: Conectividad completa de la tarjeta Lattepada .....	67
Anexo 3: Especificaciones del sensor de nivel CQ Robot.....	68
Anexo 4: Parámetros de configuración del Termostato W1209 .....	68
Anexo 5 : Especificaciones de sensor de nivel .....	69
Anexo 6: Conexiones de la tarjeta lattepada .....	69
Anexo 7: Hardware de la maqueta .....	69
Anexo 8: Los tanques en estado inicial .....	70
Anexo 9: Maqueta final.....	70

## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

### Capítulo 2

Ilustración 2.1. La miel .....	6
Ilustración 2.2. Pasteurización de la miel .....	7
Ilustración 2.3. Produccion de miel.....	9
Ilustración 2.4. Rack de lógica cableada con relés electromecánicos y relés temporizados electrónicos .....	10
Ilustración 2.5. Automatizacion Neumatica .....	11
Ilustración 2.6. Automatización Electrónica .....	12
Ilustración 2.7. SIMATIC IPC477E - Embedded IPC.....	13
Ilustración 2.8. Controlador lógico programable (PLC) de gama alta .....	13
Ilustración 2.9. Componentes principales de un Microcontrolador.....	14
Ilustración 2.10. Sistema de Control básico.....	14
Ilustración 2.11. Sistema de Control de Lazo Cerrado.....	15
Ilustración 2.12. Elementos de un sistema automático .....	15
Ilustración 2.13. Principales tipos de sensores .....	17
Ilustración 2.14. Clasificación de los sensores de temperatura.....	17
Ilustración 2.15. Termo resistencia.....	18
Ilustración 2.16. Diagrama de funcionamiento del termopar .....	19
Ilustración 2.17. Sensor de Nivel .....	19
Ilustración 2.18. Posicionamiento de una placa de circuito impreso .....	20
Ilustración 2.19. Sensor Flotante de Nivel para Líquidos .....	20
Ilustración 2.20. Radar de Nivel SITRANS LR560.....	21
Ilustración 2.21. Sensores Capacitivos.....	21
Ilustración 2.22. Paneles básicos SIMATIC HMI.....	22
Ilustración 2.23. Sistema Embebido Raspberry Pi 2 .....	24
Ilustración 2.24. Descripción de un sistema embebido (nivel físico) .....	25
Ilustración 2.25. Diagrama de una Fuente de Alimentación.....	26

Ilustración 2.26. Microprocesador comercial típico .....	27
Ilustración 2.27. Diagrama Básico de un control PID .....	30
Ilustración 2.28. Hardware de un sistema SCADA básico.....	31
Ilustración 2.29. Sensor de Nivel CQ Robot .....	32
Ilustración 2.30. Partes principales de Arduino Leonardo .....	32
Ilustración 2.31. Partes fundamentales de LattePanda .....	33
Ilustración 2.32. VNH2SP30 Puente H .....	34
Ilustración 2.33. Módulo Relay 1CH 5VDC .....	34
Ilustración 2.34. Controlador de temperatura W1209 .....	35
Ilustración 2.35. Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	36
Ilustración 2.36. Fuente de alimentación de conmutación.....	36
Ilustración 2.37. Pantalla Táctil de 7" .....	37

### Capítulo 3

Ilustración 3.1. Diagrama de bloques del sistema .....	39
Ilustración 3.2. Diseño Estructural de la maqueta .....	40
Ilustración 3.3. Los tanques de la maqueta .....	40
Ilustración 3.4. Tanque de Proceso con el indicador de nivel .....	43
Ilustración 3.5. Sistema Embebido LattePanda .....	44
Ilustración 3.6. Circuito de Control y accionamiento de la planta.....	45
Ilustración 3.7. Generar librerías.....	46
Ilustración 3.8. compilador de galerías .....	46
Ilustración 3.9. Librería Linx en Arduino .....	47
Ilustración 3.10. Cargar librerías en el atmega32a .....	47
Ilustración 3.11. Herramienta LINX .....	48
Ilustración 3.12. Herramienta para abrir conexión entre LabVIEW y atmega32 .....	48
Ilustración 3.13. Herramientas Linx sensor .....	48
Ilustración 3.14. Herramientas Distancia en Linx.....	49
Ilustración 3.15. Creación de variable de almacenamiento para distancia ....	49
Ilustración 3.16. Configuración del paro .....	50
Ilustración 3.17. Registro del desplazamiento .....	50
Ilustración 3.18. Creación de pines de control.....	51

Ilustración 3.19. Creación de puerto para sensor lm35 .....	52
Ilustración 3.20. Interfaz del sistema .....	52
Ilustración 3.21. Interfaz de las pantallas .....	53
Ilustración 3.22. El bloque de diagrama final .....	53
Ilustración 3.23. Parámetros iniciales .....	54
Ilustración 3.24. Gráfica del controlador PID .....	55
Ilustración 3.25. Graficas del controlador PID .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo 2

<i>Tabla 2.1. Miel Cruda Versus Miel pasteurizada.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2.2. Principales áreas de aplicación de sistemas embebidos.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3.1. Lista de Materiales.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3.2. Tabla de conexiones Lattepanda.....</i>	<i>53</i>

## RESUMEN

El propósito de este trabajo es mejorar la calidad de la miel, por lo que se debe tener en cuenta la temperatura y el tiempo que esta requiere para ser de buena calidad y a su vez no perder los nutrientes de gran variedad que se encuentra en esta. El proceso consistió en diseñar un sistema de control para manejar la temperatura y el nivel en el proceso de pasteurización de la miel, haciendo uso de tarjetas de bajo costo que integran sistemas embebidos, además en este trabajo de titulación se procedió a ensamblar una maqueta a escala para realizar el proceso de forma didáctica, demostrativa y que posea una interfaz amigable con el usuario, con el fin de simular la planta de pasteurización de la miel en tiempo real. Para obtener la información requerida se hizo uso de la metodología de investigación documental y científica con los cual se extrae información actual de fuentes confiables de trabajos de titulación anteriores, artículos científicos y libros o revistas documentales que poseen información relevante acerca del tema en cuestión para una mayor eficacia del proceso y optimización de la producción. Como conclusión principal se demostró que el uso de los sistemas embebidos en procesos industriales es de gran utilidad mostrando como se produce una notable mejora en la composición de la miel al eliminar la fermentación y todo tipo de impurezas que se encuentren presentes en dicho fluido al ser sometido a un control automatizado.

**Palabras claves:** Tarjeta embebida LattePanda, sistemas embebidos, LabView, sensores, automatización, tarjeta relé, puente H.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to improve the quality of honey, so you must take into account the temperature and the time it takes to be of good quality and in turn not to lose the nutrients of great variety found in it. The process consisted of designing a control system to manage the temperature and level in the honey pasteurization process, using low-cost cards that integrate embedded systems, in addition to this titration work, a model was assembled to scale to carry out the process in a didactic, demonstrative way and that has a user-friendly interface, in order to simulate the honey pasteurization plant in real time. In order to obtain the required information, the documentary and scientific research methodology was used, with which current information is extracted from reliable sources of previous degree works, scientific articles and books or documentary magazines that have relevant information about the subject in question for a greater process efficiency and production optimization. As a main conclusion it was shown that the use of embedded systems in industrial processes is very useful, showing how there is a notable improvement in the composition of honey by eliminating fermentation and all kinds of impurities that are present in said fluid to be under automated control.

**Keywords:** LattePanda embedded card, embebidos systems, LabView, sensors, automation, relay card, H brid

## **CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Introducción**

El código alimentario define actualmente a la miel como una sustancia dulce, no fermentada, generada por las abejas directamente del néctar de las flores o también de los fluidos que expulsan las plantas vivas; los cuales las abejas se encargan de recolectar y transformar para almacenar en los panales donde en un periodo de tiempo se obtendrá el resultado deseado. La miel tiene una composición variada, donde se encuentra agua, fructosa, glucosa y también otras sustancias, pero de las cuales se encuentran presentes en un porcentaje mínimo como lo son ácidos, minerales, proteínas, etc. La comercialización y venta de la miel de 1200000 toneladas anuales donde el 18% de dichos consumidores lo representa China. En la industria de la miel no hay ninguna marca establecida que comercialice la miel 100% pura dado que ésta es tratada antes de venderse con la finalidad de eliminar ciertas impurezas que se encuentran en la misma cuando se obtiene directamente de su lugar de origen.

Para los procesos industriales en los cuales se tratan varios productos para que se encuentren de mejor calidad se ha introducido el uso de dispositivos de control, sensores y distintas clases de máquinas automatizadas que se encargan de la mayoría de los procesos mecánicos, además con el uso de estos se ha logrado disminuir en gran medida los errores humanos en la producción dado que gracias a los sensores se puede obtener muestras con un tratamiento más preciso. Para uso industrial se ha incursionado varios tipos de control entre los más usados son los PLC's, sistemas embebidos y sistemas de control distribuido (DCS).

Un sistema embebido es una combinación de hardware y software de computadora, ya sea de capacidad fija o programable, diseñado para una función o funciones específicas dentro de un sistema más grande. Máquinas industriales, dispositivos de la industria agrícola y de procesos, automóviles, equipos médicos, cámaras, electrodomésticos, aviones, máquinas

expendedoras y juguetes, así como dispositivos móviles, son posibles ubicaciones para un sistema integrado.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La pasteurización de la miel necesita de control y monitorización precisa constante de la variable de temperatura obtenida para que el producto sea de una buena calidad para los consumidores. Si en este proceso no existe un óptimo control en las variables ya mencionadas, la miel pierde sus propiedades si la temperatura sobrepasa los 71°C (160°F), por lo tanto, el objetivo de este trabajo es el de desarrollar una planta a escala del proceso de pasteurización de la miel donde se controla la temperatura en un tanque de acero inoxidable utilizando una tarjeta lattepanda y lograr establecer una interfaz amigable para el usuario.

## **1.3. Justificación**

En la actualidad se ha visto un incremento en el consumo de la miel debido a sus beneficios en la salud y esto ha provocado un aumento en la elaboración y producción de esta, haciendo que las empresas cada vez quieran optimizar los tratamientos para la miel y que esta sea de mejor calidad para los consumidores, ya que al pasteurizar la miel puede durar años en los estantes si esta se encuentra en un envase hermético.

Con el avance de la tecnología cada día se diseñan sensores de mejor calidad y a un costo más bajo, haciendo que estos procesos se pueden realizar de una manera más eficiente para el beneficio de las empresas y los consumidores debido a que la miel podrá llegar de manera más rápida a sus hogares, además con una calidad destacada.

## **1.4. Delimitación**

Este proyecto se centra específicamente en el sector alimenticio - industrial limitando la cantidad de sectores productivos dado que en estas áreas se visibiliza una aplicación más factible, por lo que es desarrollado en estos dos ámbitos teniendo un proceso de pasteurización de la miel más

optimizado. Para realizar este proceso, se hace uso solamente de sistemas embebidos como hardware y LabView como software respectivamente. El sistema de control fue complementado con una planta física que muestra claramente el proceso de pasteurización de la miel mediante pasos y cabe recalcar que la implementación solo puede ser utilizada para este proceso, por medio del control de los parámetros de nivel y temperatura.

## **1.5. Objetivos del Problema de Investigación**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Controlar por medio de un sistema SCADA dos tanques prototipos en serie para un proceso de pasteurización de miel con el uso de una tarjeta embebida de bajo costo.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Elaborar un modelo a escala del proceso de pasteurización de la miel con sistema embebidos.
- Diseñar un sistema de monitorización de temperatura para una planta de pasteurización de miel.
- Implementar la teoría de control para que el proceso se realice de forma automática.

## **1.6. Hipótesis.**

Implementar el sistema propuesto ofrece optimizar el proceso que se utiliza para la pasteurización de la miel, obteniendo una notable mejora en el control de la temperatura y del nivel de ésta disminuyendo así los errores de producción y una mayor precisión en el proceso para la obtención del producto final que es la miel de alta calidad. Habiendo mencionado esto, la hipótesis propuesta declara que:

La realización de este trabajo disminuirá el costo de la producción y optimizará el tiempo de esta, mejorará notablemente la calidad de miel y demostrará la mejora de los procesos haciendo uso de sistemas embebidos en la industria.

### **1.7. Metodología de Investigación.**

En este trabajo se hizo uso de tres metodologías de investigación: científica, descriptiva y documental.

La metodología de la investigación científica aporta varios métodos y procedimientos que plantean una garantía de solución para problemas científicos con un alto porcentaje de eficiencia. (Horsford y Bayrre, 1990, p. 5)

La metodología de investigación descriptiva puede representar una herramienta disponible para algunas áreas de la investigación científica lo cual provee una idea del comportamiento de un parámetro con respecto a otro y de su eficiencia en dicho procedimiento. (Shuttleworth, 2008, p. 1)

La metodología de investigación documental es la que establece la recolección adecuada de información a través de varias fuentes documentales de información como lo son: libros, tesis, artículos científicos e investigaciones referentes al uso de sistemas embebidos dentro del sector industrial específicamente. Esta metodología permite elaborar instrumentos de investigación y plantear una hipótesis. (Pardinas, 1971)

## 2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. La miel

La miel es una sustancia viscosa y dulce producida por las abejas a partir del néctar que recolectan de las plantas o de las secreciones de partes vivas de estas. Luego, el néctar de las plantas es combinado con otros fluidos propios de las abejas donde se deposita, deshidrata y almacena en los paneles para su maduración. (Soares, Amaral, Oliveira & Mafra ,2017, p.1)

La miel es un producto natural ampliamente consumido, no solo por su sabor apetecible y valor nutricional, sino también por sus beneficios para la salud. Desde hace miles de años el consumo de la miel está asociado con propiedades medicinales, usándola como ungüento para sanar heridas, quemaduras y para tratamientos de resfriados como los dolores de garganta. Recientemente, varios estudios han asociado la miel con más efectos medicinales, ya que dieron como resultado efectos antibacterianos, antiinflamatorios y antioxidantes.

La producción mundial media de miel es aproximadamente de 1.200.000 toneladas. Los principales países productores son China, Turquía, Argentina, Ucrania, México y Estados Unidos. Los principales importadores a nivel mundial son la Unión Europea y Estados Unidos. (Meo, Al-Asiri, Mahesar & Ansari, 2017)



Ilustración 2.1. La miel

Fuente: (Ulloa, Mondragon Cortez, Rodriguez Rodriguez, Resendiz Vazquez & Ulloa Petra, 2010)

## 2.2. Pasteurización de la miel

Pasteurización o llamada también pasterización, es un proceso donde se incrementa la temperatura en líquidos generalmente de consumo humano. El propósito de este choque térmico por un tiempo reducido es eliminar ciertos agentes patógenos presentes como: bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc. Sin cambiar las características de los alimentos líquidos.

La mayoría de las fuentes encontradas recomiendan que, para el proceso de pasteurización de la miel, ésta debe calentarse a 71°C (160°F) de dos a tres minutos. (Museum, 2020)



Ilustración 2.2. Pasteurización de la miel  
Fuente: ("Anónimo", s.f.)

### 2.2.1. Beneficios de la pasteurización de la miel

La pasteurización de la miel es diferente a pasteurizar la leche u otros productos, por lo que es realizada por razones en específico entre las más importantes esta que la miel presenta un bajo contenido de humedad y una alta acidez, por eso las bacterias y otros organismos nocivos no pueden vivir ni reproducirse en ella. La pasteurización en el caso de la miel es recomendable por razones de calidad más que por motivos de seguridad alimentaria.

La levadura es una de las pocas sustancias que pueden vivir en la miel, pero se debe tener en cuenta que si la miel presenta una humedad inferior al 18% las células de la levadura no pueden reproducirse. El néctar, que es la fuente de toda miel, contiene levaduras osmofílicas; esto significa que pueden

sobrevivir a altas concentración de azúcar y estas pueden reproducirse cuando la miel tiene mucha humedad causando que esta fermente. Es cierto que la miel fermentada no representa ningún riesgo para la salud, pero se debe tratar de eliminar, motivo por el cual es necesario una pasteurización previa al consumo humano, este proceso permite suprimir las células de la levadura latentes para evitar una posible fermentación.

Mencionando otro de los beneficios de la pasteurización es que retrasa el proceso de granulación, es decir, la pasteurización de la miel hace que dure más tiempo en estado líquido, siendo del agrado de los consumidores.

Tabla 2.1. Miel Cruda Versus Miel pasteurizada

<b>Miel Cruda</b>	<b>Miel Pasteurizada</b>
De aspecto turbio y espeso	Apariencia fresca y pulcra
Se cristaliza	Permanece líquida por más tiempo
Contiene impurezas	Se preserva por años
	No se existe fermentación

Fuente: El autor

### **2.3. La automatización industrial**

La automatización industrial es un proceso donde las tareas son asignadas previamente a sistemas computarizados y/o electromecánicos para que estos tomen el control, sustituyendo en parte al factor humano, mejorando la calidad y la velocidad en la producción y realizando dichos procesos de manera continua. (Fonseca Mancera, Álvarez Salazar, 2011)

En la actualidad, la automatización industrial se ha unido a diversas tecnologías para que sea posible el control y monitoreo de los procesos; incluyendo a la instrumentación industrial, a los sistemas que se encargan de transmitir y recolectar datos y a los softwares que permiten que las operaciones se realicen en tiempo real en la industria.

#### **2.3.1. La automatización en la industria alimentaria**

La automatización en la industria alimentaria ha permitido que los procesos que se realizan en una planta cada día sean más eficientes ya que

mejoran la velocidad de producción, calidad de los productos y reduce la mano de obra lo que causa que sea rentable para dichas industrias.

La opción de automatizar las industrias alimentarias se ejecuta por varias razones importantes, entre ellas están: el manejo de tareas repetitivas e intensas, el aumento del rendimiento, la auto regulación en las líneas de producción y la reducción de desechos.



Ilustración 2.3. Producción de miel.

Fuente: ("La miel, mentiras y verdades. Cómo detectarlas y consumir miel auténtica.", 2016)

#### **2.4. Tecnologías cableadas**

Las tecnologías cableadas se caracterizan por las uniones físicas de los elementos que la integran, además es muy utilizada en las industrias, pero presenta desventajas de las cuales se puede nombrar: el gran espacio que ocupan, no son aptas para sistemas complejos, es complicado hallar fallas si es que se presentan por consecuente es difícil arreglarlas y arduo al momento de realizar ampliación o modificaciones en el sistema.



Ilustración 2.4. Rack de lógica cableada con relés electromecánicos y relés temporizados electrónicos  
Fuente: (P. Thomasset,2006)

#### **2.4.1. Automatización Mecánica**

Los sistemas mecánicos abundan de mecanismos que provocan una limitada flexibilidad, siendo complicados al momento de acceder a ellos. El avance tecnológico permite que su funcionamiento se vuelva un poco más accesible para los encargados de su manejo, lo cual significa que el mantenimiento y montaje será económico. Los problemas que se llegan a presentar puede ser la complicada sincronización de los componentes móviles y la longitud de las cadenas cinemáticas.

En la industria mecánica se encuentra una extensa variedad de automatismos mecánicos que son parte de la revolución industrial como: las máquinas herramientas (tornos, fresadoras, limadoras), los relojes mecánicos, telares, motores de combustión interna, etc. (Cembranos, 2002, p.2)

#### **2.4.2. Automatización Neumática**

La automatización neumática implica la deformación continua de un fluido debido a que se aplica un esfuerzo cortante, sin importar cuán pequeño sea. Los sistemas neumáticos usan el aire comprimido para producir energía que permite mover y hacer funcionar los mecanismos. Utilizando cilindros y motores neumáticos se puede controlar el movimiento del aire comprimido. La ventaja de usar un sistema neumático es su bajo costo y la desventaja sería que solo se puede trabajar con bajas presiones. (Creus, 2011)

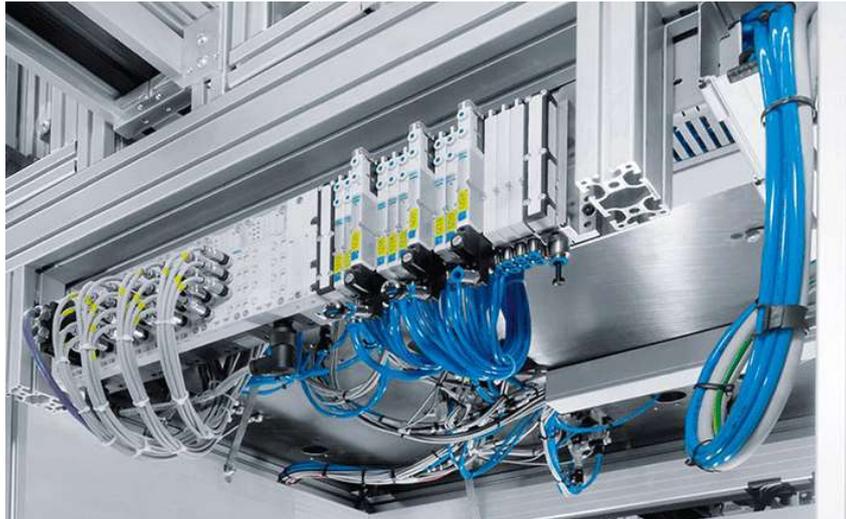


Ilustración 2.5. Automatización Neumática

Fuente: ("Festo da un paso más hacia la industria integrada - Industria Química", 2014)

### **2.4.3. Automatización Hidráulica**

La hidráulica es una ciencia que utiliza la transmisión y el control de los fluidos en estado líquido para generar energía. Los aceites minerales son líquidos utilizados por preferencia en estos sistemas ya que cumplen con los requisitos que necesita el proceso hidráulico, los cuales son: lubricar las partes móviles, dispersar el calor que produce la transmisión de presión, amortiguar vibraciones, proteger contra la corrosión e inflamables. Se recomienda utilizar sistemas hidráulicos cuando se requiere el uso de altas presiones donde sus componentes principales son: bomba, filtro, recipiente para almacenar el aceite, actuadores y válvulas, los cuales son conectados por medio de tuberías y/o mangueras. (Solé, 2012)

### **2.4.4. Automatización Eléctrica**

La automatización eléctrica es la tecnología con mayor alcance en la actualidad debido a que suele encontrarse hasta en la máquina más sencilla, aportando seguridad y confort a las personas, además también se encuentra presente en la industria donde permite un mejor control de los procesos dejando a un lado la manipulación del ser humano. El mando de este sistema se basa en relés que es un elemento conformado por una bobina y un electroimán. Su función principalmente es actuar como un interruptor para activar o desactivar un circuito, esto se produce cuando la bobina excita al electroimán. Para aplicaciones industriales donde los elementos deben ser

más robusto se utiliza el dispositivo llamado contactor, siendo este un equivalente al relé. (Alonso, 2013, p. 9)

#### **2.4.5. Automatización Electrónica**

La electrónica ha llegado para revolucionar la industria, tanto que en el presente ocupa un extenso campo. Cuando recién apareció era una ciencia encargada de estudiar el movimiento y comportamiento de los electrones.

Principalmente se basa en la implementación de componentes semiconductores los cuales han dado origen a un sin número de dispositivos electrónicos, entre los que se destaca el ordenador y en el ámbito industrial se podría mencionar a los autómatas programables. (Villa, 2017, p.14)



Ilustración 2.6. Automatización Electrónica

Fuente: ("Electrónica y automatización Archives", 2019)

### **2.5. Tecnologías programadas**

Las tecnologías programadas son utilizadas en los módulos de mando de un proceso encargadas de control y manejo de los sistemas de control.

#### **2.5.1. Computadora Industrial**

Es una maquina electrónica capaz de ejecutar una secuencia de operaciones por medio de programas, su función es recibir datos, almacenarlos y los procesarlos convirtiéndolos en información útil para los usuarios; los resultados se pueden obtener de forma rápida y se puede acceder a ellos en cualquier momento. (Hernández, 2011, p.2)



Ilustración 2.7. SIMATIC IPC477E - Embedded IPC  
Fuente: (Services et al., 2019)

### 2.5.2. Autómatas programables

Los autómatas son máquinas industriales aptas para la programación, basados en un sistema de microprocesadores con hardware estándar independiente del proceso a controlar. El software, escrito en algún lenguaje de programación, contiene la secuencia de acciones que realizará para que este se adapte a cualquier proceso y esto va a depender de las especificaciones que necesitan los usuarios.

Los programas son guardados en la memoria de estos autómatas para ejecutarlos en la Unidad Central de Proceso conocido como CPU de autómata. Las interfaces de entrada y salida (E/S), reciben respectivamente las señales de entrada y salida del proceso llevadas al bus interno del autómata dependiendo de las señales de entrada y del programa; el autómata manipulará la señal de salida. (Jiménez, 2004, p.1)



Ilustración 2.8. Controlador lógico programable (PLC) de gama alta  
Fuente: (Jiménez Macías, 2004)

### 2.5.3. Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito que integra todos los componentes necesarios para trabajar de manera independiente, fue creado para el monitoreo y control. Consta de un procesador, memorias, diversos

controladores de interfaz, temporizadores, controlador de interrupción, pines de entrada y salida (E/S) que permiten interactuar con el medio que lo rodea. (Bettina Weiss, 2007)

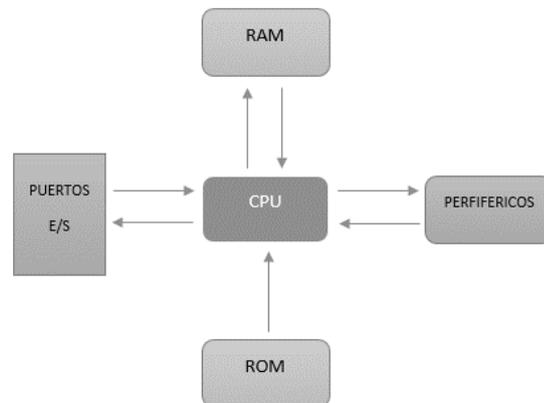


Ilustración 2.9. Componentes principales de un Microcontrolador  
Fuente: (Talavera, s.f.)

## 2.6. Sistemas de control

Un sistema de control es el encargado de minimizar las fallas en un proceso para obtener los resultados esperados. Gestiona, dirige, ordena y regula el comportamiento de otros dispositivos o sistemas. Se puede encontrar en un controlador de calefacción para uso doméstico, así como también en el control a nivel industrial para dirigir maquinas o procesos. (Martín, 2017)



Ilustración 2.10. Sistema de Control básico  
Fuente: El autor

### 2.6.1. Clasificación de los sistemas de control

Los sistemas de control se dividen en sistemas de lazo abierto y lazo cerrado. La señal de entrada activa la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

### 2.6.1.1. Lazo Abierto

Es aquel que actúa circulando en una sola dirección sobre las señales de entrada dando como resultado una señal de salida independiente. Es sencillo, pero es afectado por las perturbaciones y no compara la salida con la entrada.

### 2.6.1.2. Lazo Cerrado

Es un sistema de control que siempre está calculando el error por medio del controlador y efectúa una acción correctiva. El error, el cual es la diferencia entre la señal de entrada y la retroalimentación, entra al controlador permitiendo eliminar el error para llegar al valor deseado al final del proceso. (Ogata, 2003)

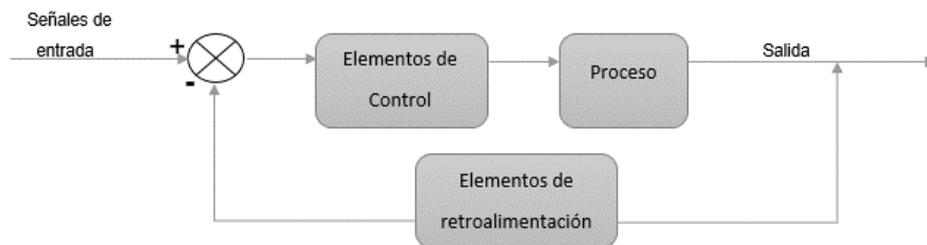


Ilustración 2.11. Sistema de Control de Lazo Cerrado  
Fuente: El autor

### 2.6.2. Elementos en un sistema automático

Un sistema automático básicamente es un conjunto de elementos interconectados. Son aquellos que tienen la particularidad de reaccionar inmediatamente en los procesos independientemente del operario, es decir, dicha persona solo dará el valor de referencia que se desea alcanzar y mantener.

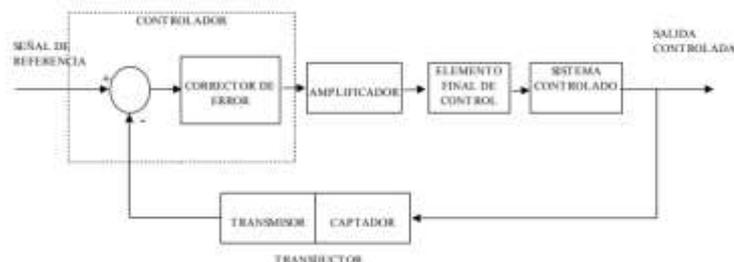


Ilustración 2.12. Elementos de un sistema automático  
Fuente: ("Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional", s.f.)

### **2.6.2.1. Proceso**

Es una aglomeración de operaciones que se van a realizar para llegar a un valor predeterminado. Se lo realiza sobre un conjunto de elementos de una máquina o de una planta para que cumplan una determinada función.

### **2.6.2.2. Controlador**

Es un instrumento encargado de comparar el error con el valor deseado para ser posteriormente corregido. Existen tres clases de controladores: manual, neumático y electrónico.

### **2.6.2.3. Actuador**

El actuador se lo conoce como el elemento final del proceso, su función es ejecutar acciones de salida del sistema de control. Su clasificación principal es: actuadores eléctricos, actuadores neumáticos y actuadores hidráulicos.

### **2.6.2.4. Comparador**

Dentro de un sistema de control se encargan de comparar la señal controlada con la señal de referencia para obtener el error, es decir, detecta que tan alejada esta la señal de salida con el valor deseado.

### **2.6.2.5. Transductor**

Un transductor es un dispositivo que transforma la energía de entrada a una diferente a la salida. (Agarwal & Lang, 2005)

Por lo general, se los encuentra al final del sistema de control donde se encargan de convertir las magnitudes físicas tales como: la luz, el movimiento, la posición, entre otras a señales eléctricas.

## **2.7. Sensores**

Es un elemento que recibe y responde a una señal o algún estímulo físico. Produce una señal que es enviada a un procesador central u otros dispositivos y le brinda información sobre el sistema. (Pallás Areny, 2003)

Los sensores son la base de innumerables aplicaciones, que van de los más cotidiano como lámparas que se activan con el movimiento hasta ser usado en procesos industriales. Con los avances tecnológicos que han sido realizados es más sencillo el manejo de los microcontroladores provocando

que la utilización de los sensores se expandiera más allá de los campos tradicionales de medición de luz, presión, temperatura o flujo.



Ilustración 2.13. Principales tipos de sensores

Fuente: ("ESENCO Soluciones en Ingeniería y Desarrollo Tecnológico S.A.S.", 2017)

### 2.7.1. Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que convierten la señal física de temperatura a una señal eléctrica.

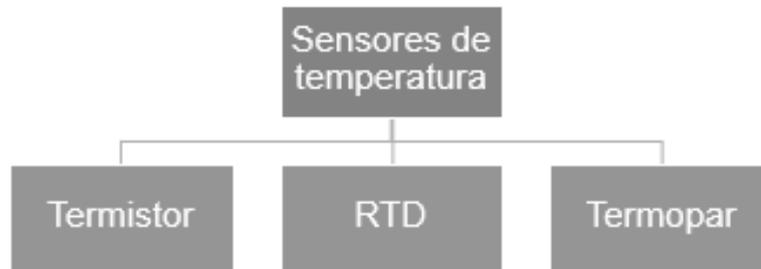


Ilustración 2.14. Clasificación de los sensores de temperatura

Fuente: El autor

#### 2.7.1.1. Termistor

Los termistores son sensores resistivos, es decir, la resistencia varía con los cambios de temperatura. Se clasifican en dos grupos:

- **PTC (Positive Temperature Coefficient):** El coeficiente de temperatura positivo hace referencia a los materiales que aumentan su resistencia eléctrica cuando se eleva su temperatura.

- **NTC (Negative Temperature Coefficient):** Un coeficiente de temperatura negativa son los materiales que experimentan una disminución de la resistencia eléctrica cuando se eleva su temperatura, cuanto más bajo es el coeficiente mayor es la disminución de la resistencia eléctrica para el aumento de temperatura dado. (Kasap, 2006)

#### 2.7.1.2. RTD

RTD (resistance temperature detector) es un detector de temperatura resistivo, se basa en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Para su construcción se emplean los siguientes materiales: platino, cobre, níquel y molibdeno; siendo el platino el más común, debido a la capacidad de mantener la linealidad de temperatura.



Ilustración 2.15. Termo resistencia  
Fuente: ("Termorresistencia - EcuRed", 2013)

#### 2.7.1.3. Termopar

Llamado también termocupla, es la unión de dos metales diferentes los cuales producen un voltaje muy pequeño (milivoltios). Según el efecto Seebeck, llamado así por el científico que lo descubrió en 1821, determinó que las dos uniones se mantienen a diferente temperatura: unión caliente o medida y unión fría o referencia. (Creus Solé, 2019)

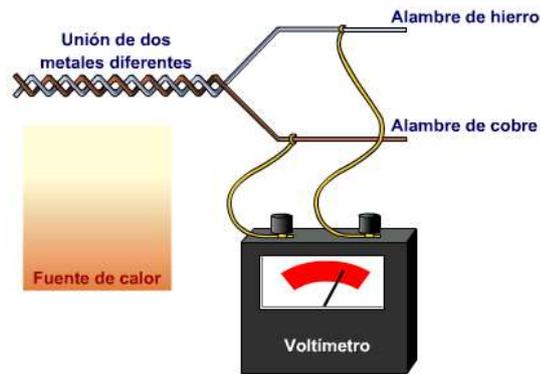


Ilustración 2.16. Diagrama de funcionamiento del termopar  
Fuente: (Benítez, 2005)

### 2.7.2. Sensor de nivel

Sensor de nivel o interruptor de nivel es un dispositivo usado para monitorear y controlar sólidos granulados o líquidos almacenados en depósitos, tanques y silos presurizados o abiertos donde suelen ser ubicarlos en su mayoría. Su función es evitar que los líquidos excedan un nivel predeterminado por el usuario y si esta acción llega a ocurrir impide que siga subiendo el nivel.

Existen diversos tipos de sensores, estos se pueden encontrar en diferentes ramas de la industria, para medir líquidos, granos, entre otros. Son importantes en la industria dado que en la mayoría de sus procesos usan equipos que requieren un control de nivel, para verificar los volúmenes de líquidos en los depósitos. Gracias a los sensores de nivel, los líquidos permanecen en rango correcto o notifican al operador el cambio de nivel, esto permite que los procesos se vuelvan confiables y fáciles. ("Level Sensors & Level Switches | Gems Sensors & Controls", 2019)



Ilustración 2.17. Sensor de Nivel  
Fuente: (Jain, 2012)

### 2.7.2.1. Sensor ultrasónico

Los sensores ultrasónicos detectan la cercanía, por lo general sin contacto con el material sólido o líquido. La distancia que pueden llegar a medir varía desde los metros hasta centímetros. Operan emitiendo un haz ultrasónico constante y midiendo el tiempo que se demora en retornar, convirtiéndolo en señales eléctricas dando como resultado la distancia a la que se encuentra el objeto. Necesitan un medio de propagación para las ondas de ruido que envían, no operan en el vacío.



Ilustración 2.18. Posicionamiento de una placa de circuito impreso

Fuente: ("Tres nuevas familias de sensores ultrasónicos", 2013)

### 2.7.2.2. Sensor flotante

En estos sensores de nivel, un flotador se mueve con la superficie del líquido. El flotador está conectado a un núcleo a través de un resorte y se monta un interruptor de láminas magnético en el núcleo herméticamente sellado donde el núcleo se mueve dentro de un vástago con el movimiento del flotador. El tallo está rodeado por poderosos imanes donde a medida que el flotador sube o baja con el nivel del líquido, el interruptor de láminas funciona a causa del campo magnético generado por los imanes. ("Sensores de nivel", s.f.)



Ilustración 2.19. Sensor Flotante de Nivel para Líquidos

Fuente: (ON/OFF, s.f.)

### 2.7.2.3. Sensor radar

Estos sensores utilizan la tecnología del radar, emiten ondas electromagnéticas continuas para medir altitudes, direcciones, velocidades y distancias de objetos estáticos o móviles. (Eaves & Reedy, 1987)



Ilustración 2.20. Radar de Nivel SITRANS LR560

Fuente: ("SITRANS LR560 | Radar level measurement | Siemens", 2019)

### 2.7.2.4. Sensor capacitivo

En los sensores capacitivos una sonda permite que se puedan controlar los cambios de nivel de líquidos en un depósito. Estos sensores reaccionan a los materiales metálicos o no metálicos al sobrepasar un determinado nivel. La sonda y el tanque son semejantes a las dos placas de un capacitor y el líquido al medio dieléctrico.



Ilustración 2.21. Sensores Capacitivos

Fuente: ("Sensor capacitivo - EcuRed", 2019)

## 2.8. HMI

Interfaz hombre máquina, es cualquier depósito o sistema que permita una comunicación entre el operador y la máquina. Se dice que es un panel el cual simplifica la información de las variables, mostrando lo más importante del proceso. En el pasado eran paneles integrados por comandos e

indicadores digitales y analógicos, usando selectores, pulsadores y otros dispositivos. En la actualidad, los sistemas HMI son más eficaces, poderosos y económicos debido al uso de controladores y dispositivos electrónicos permitiendo una conexión menos compleja y mejorando la comunicación entre el proceso y el operador. (Cobo, s.f.)

Tiene como objetivo ser intuitivo para el operador incluyendo menús, gráficos y en algunos casos sonidos desde donde es posible controlar funciones como: encendido, información de estados de elementos, manipulación de dispositivos y apagado.



Ilustración 2.22. Paneles básicos SIMATIC HMI  
Fuente: ("SIMATIC HMI Basic Panels", 2019)

### **2.8.1. Interfaz de hardware**

Una interfaz de hardware es donde se utilizan dispositivos para ingresar información y luego procesarla. Los elementos que se usan son: el ratón, el teclado, y ciertas pantallas.

### **2.8.2. Interfaz de software**

La interfaz de software se encarga de llevar la información de los procesos y los estados de ciertos dispositivos a elementos donde pueden ser visualizados por los operadores. Los dispositivos por lo general están dados por indicadores o pantallas.

### **2.8.3. Interfaz de software-hardware**

Una interfaz de software-hardware permite una conexión entre los procesos y los operadores. Permite a dispositivos y máquinas comprender instrucciones dadas por el usuario y el usuario recibe información en un

lenguaje leíble, debido a que este sistema traduce los códigos en cual las máquinas se comunican.

## **2.9. SCADA**

SCADA proviene de las siglas en inglés "Supervisory Control And Data Acquisition", es un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos. Se trata de un software diseñado específicamente para medición y control de forma remota de los procesos industriales usando la retroalimentación o también conocido como feedback para una comunicación simultánea con los elementos de campos volviendo el proceso automático. Además, permite obtener toda la información o datos que produce el sistema y entregarla a diversos usuarios de la empresa.

### **2.9.1. Hardware SCADA**

El hardware SCADA, está formado por varias unidades de terminal remota (RTU) que se encargan de juntar los datos provenientes del campo y enviarlos de regreso a la estación principal, estas muestran la información adquirida y permiten realizar tareas de control a los operadores. Los datos mencionados son exactos, potenciando los procesos de la pantalla dando resultados como: menores costos de operación, más confiables y seguros, a diferencia de sistemas que no están automatizados. (Bailey & Wright, 2003)

En un sistema SCADA, esencialmente existen cinco niveles:

- Instrumentación a nivel de campo y dispositivos de control.
- Terminales de clasificación y RTU.
- Sistema de comunicaciones.
- Estaciones maestras.
- El sistema informático.

### **2.9.2. Software SCADA**

El software SCADA puede ser clasificado de dos maneras: propietarios o abiertos. Hay compañías que desarrollan software para comunicarse con sus hardwares y son vendidas, el problema con estos softwares es que existe esa dependencia del proveedor del sistema. Por eso, los softwares abiertos o libres gozan de mayor popularidad por la capacidad de unir diferentes equipos de varias compañías. (Bailey & Wright, 2003)

Las características del software SCADA son:

- Interfaz de usuario.
- Redes.
- Gráficos.
- Alarmas.
- Tendencias.
- Visualización de los datos.

## 2.10. Sistemas Embebidos

Los sistemas embebidos o empotrados se basan en microprocesadores para controlar una o varias funciones específicas, donde los usuarios pueden tomar decisiones relacionadas con la funcionalidad, pero no reemplazar el software del diseñador. Generalmente, los componentes que conforman un sistema embebido se encuentran integrados en la placa base, que sirve como conexión entre el microprocesador, la memoria de acceso aleatorio, las ranuras de expansión y otros dispositivos. (Heath, 2003)

La mayoría de las ocasiones los sistemas embebidos se programan en lenguaje ensamblador, el cual es un lenguaje de programación de bajo nivel. También puede usarse lenguajes como el C o C++ y otros casos hasta un lenguaje orientados a objetos como JAVA.

Los primeros sistemas embebidos fueron fabricados por IBM, pero en la actualidad existen diversos fabricantes que se encargan del desarrollo de herramientas, aplicaciones y prototipos usando sistemas embebidos, como: LattePanda, Raspberry Pi, Arduino, entre otros.



Ilustración 2.23. Sistema Embebido Raspberry Pi 2  
Fuente: El autor

### 2.10.1. Componentes Básicos de los sistemas embebidos

Los sistemas embebidos están compuestos por un software que se ejecuta sobre un microprocesador, memorias RAM o ROM donde se guardan los softwares los cuales luego son ejecutadas por el procesador. También cuentan con salidas y entradas necesarias para comunicarse con el exterior. Generalmente, los sistemas embebidos poseen componentes semejantes a los de una PC.

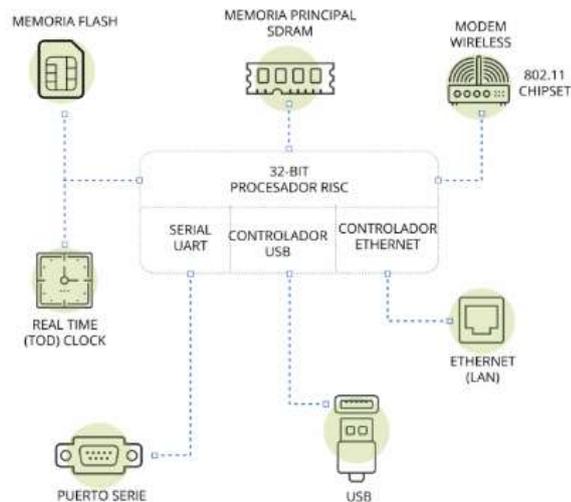


Ilustración 2.24. Descripción de un sistema embebido (nivel físico)  
Fuente: ("Introducción a los sistemas embebidos", 2018)

#### 2.10.1.1. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es esencial en cualquier circuito de un sistema embebido. Se puede necesitar un suministro de 5 hasta 3.3 o 1.8 voltios, es decir, sistemas de baja potencia. El suministro se puede proporcionar con la ayuda de una batería o se puede usar cualquier adaptador de pared, dependiendo de la necesidad de la aplicación. Para lograr lo antes mencionado, se necesita un circuito puente rectificador, un condensador como filtro y un regulador de voltaje que proporcione un suministro de salida constante.

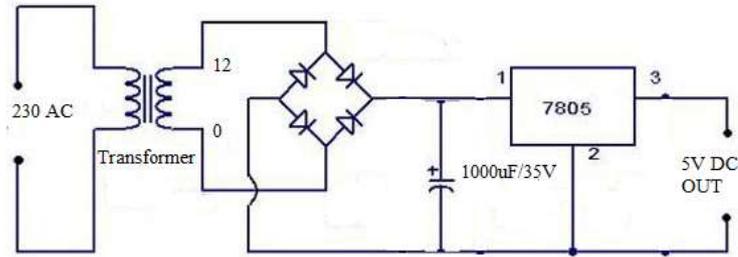


Ilustración 2.25. Diagrama de una Fuente de Alimentación  
Fuente: ("Components of Embedded System", 2018)

### 2.10.1.2. Microprocesador

Los microcontroladores son sistemas autónomos con procesador, memoria y periféricos, todo lo que se requiere para ser utilizados dentro de un sistema embebido, es agregar un software. Se encarga de realizar todos los cálculos del sistema, ejecutar los códigos que se necesita para realizar las tareas y dirige los elementos que lo rodean. Generalmente, se conecta a la placa base mediante un zócalo y se recomienda agregar un sistema de refrigeración para su correcto funcionamiento. (Parra Reynada, 2012)

El procesador viene en una arquitectura diferente con 8 bits, 16 bits y 32 bits. El procesador de 8 bits es usado en una aplicación pequeña donde se necesita algunos cálculos básicos como entrada y salida sin procesamiento pesado.

Para aplicaciones de gama alta donde el rendimiento es importante y necesita una interfaz gráfica de usuario, se utiliza un procesador de 16 o 32 bits. ("Components of Embedded System", 2018)

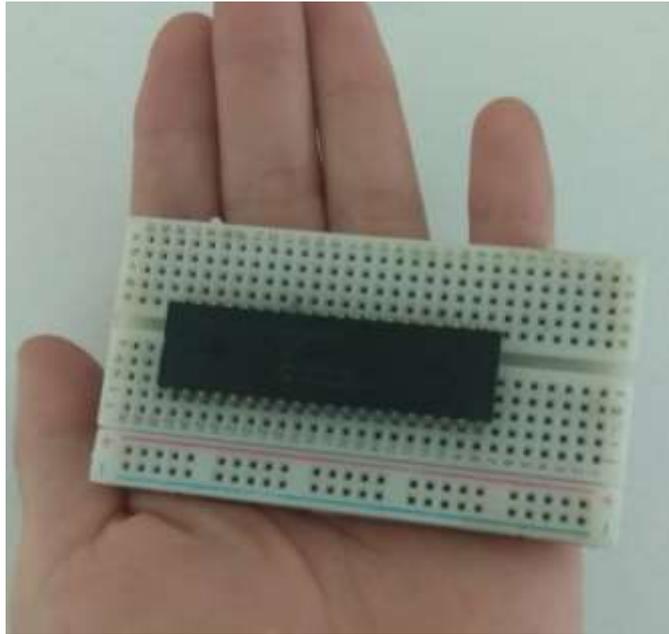


Ilustración 2.26. Microprocesador comercial típico  
Fuente: El autor

### 2.10.1.3. Memorias

La memoria es una de las partes con mayor importancia de cualquier sistema embebido y es influenciado por el software diseñado, además, es donde el programa guarda los códigos. Existen memorias de varios tipos como se muestra a continuación:

- **Memoria de solo lectura (RAM):** La memoria es una memoria volátil y se utiliza para el almacenamiento temporal de los datos y la selección depende de las necesidades del usuario y de la aplicación.
- **Memoria de acceso aleatorio (ROM):** La memoria ROM o memoria de código se utiliza para el almacenamiento del programa y una vez que el sistema funciona, el sistema obtiene el código de la memoria ROM.
- **Memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente (EEPROM):** La EEPROM es una memoria única. El contenido puede ser borrado y reprogramado por una entrada de pulso de alto voltaje, esto se utiliza para almacenar los datos por el propio programa. Suponiendo que se tiene un registrador de datos de temperatura y se necesita almacenar los datos cada hora, significa que son necesarios

los datos en tiempo de ejecución después de que se inicia el sistema. Posteriormente, el sistema leerá la temperatura y la almacenará en la memoria EEPROM, será permanente y puede recuperar los datos más tarde.

#### **2.10.1.4. Chipset**

Chipset es un circuito integrado auxiliar, se encarga de que haya una correcta conexión entre la placa base a diversos componentes, se caracteriza por realizar varias funciones de hardware, el control de las interfaces de entrada y salida, USB, timer, señales de interrupción y acceso a las diversas memorias del sistema.

#### **2.10.1.5. Puerto de comunicación**

El hardware de los sistemas integrados tiene diferentes tipos de puertos para comunicarse con los otros dispositivos, pero para un pequeño nivel de sistemas embebidos, el microcontrolador tiene puertos de comunicación en chip.

#### **2.10.1.6. Entradas y Salidas**

Para interactuar con los sistemas integrados, es necesaria información la cual puede ser proporcionada por el usuario o por algún sensor, esa se denomina la entrada. Algunos sistemas necesitan más entradas o salidas, por lo que la selección del procesador se basará en E/S.

La E/S debe configurarse para entrada o salida según el registro proporcionado, para eso se necesita consultar la hoja de datos del fabricante.

### **2.10.2. Aplicaciones de los sistemas embebidos**

Se puede utilizar los sistemas embebidos en diversos campos, a continuación, se menciona algunos:

Tabla 2.2. Principales áreas de aplicación de sistemas embebidos.

Áreas	Aplicaciones
<b>Industrial</b>	Control de procesos, líneas de montaje, manipulación de maquinarias.
<b>Automotriz</b>	Sistemas de radares, asistencia para parqueos, luces.
<b>Telecomunicación</b>	Celulares, redes, routers.
<b>Medicina</b>	Equipos médicos y ambulancias móviles.
<b>Hogar</b>	Decodificadores para televisiones, refrigeradoras inteligentes, alarmas y cámaras de vigilancias.

Fuente: El autor

### 2.11. Controlador PID

Es un dispositivo que tiene la capacidad de controlar un sistema en lazo cerrado para conseguir la señal de salida que se desea. Este controlador está formado por tres elementos que son los que proveen una acción proporcional, integral y derivativa. La acción de control proporcional básicamente multiplica la señal de error por una constante denominada **Kp** la misma que se encarga de minimizar el error del sistema y cuando  $Kp$  es aumentado también aumenta la velocidad de respuesta del sistema y la inestabilidad del mismo. La acción de control integral denota la acumulación de la señal de error a lo largo del tiempo, a esta acción integral se la identifica con la constante **Ki** la misma que al ser aumentada también aumenta la inestabilidad del sistema y la velocidad del mismo, pero en menor medida en comparación con la acción de control proporcional. Por último, la acción de control derivativa representa a la derivada de la señal de error o también conocida como la velocidad del error, la cual debe ser determinada para evitar sobre pulsos u oscilaciones con respecto a la referencia en el sistema, esta acción se la describe con la constante **Kd** la cual al ser aumentada produce que aumente la estabilidad del sistema, pero disminuye a velocidad del mismo. (Mazzone, 2002)

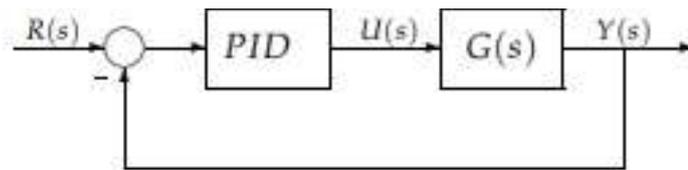


Ilustración 2.27. Diagrama Básico de un control PID  
Fuente: (Mazzone, 2002)

### 2.11.1. Método de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID

También denominados métodos de ajuste de las ganancias de un controlador PID, el método de respuesta en frecuencia y el método de respuesta al escalón son dos métodos propuestos por Ziegler y Nichols (Z-N) en el año 1942 los cuales para ser desarrollados se basaron en la práctica. El método de respuesta en frecuencia está basado en un lazo de control con ganancia proporcional y acorde a la ganancia que se utiliza para producir oscilaciones en el sistema y al periodo de las mismas, se establece las ganancias del controlador PID. Por otro lado, el método de respuesta al escalón se trata básicamente en ensayar al sistema a lazo abierto con un escalón unitario donde se calculan ciertos parámetros tales como la máxima pendiente de la curva y el retardo con los cuales se establece las ganancias del controlador PID.

### 2.12. Software del Sistema

Se denomina al conjunto de instrucciones que necesita un ordenador para poder trabajar, las instrucciones varían según el tipo de operación que se realice en el ordenador y estas se van agrupando, formando programas distintos. También se puede decir que software es el encargado de interactuar con el hardware, indicándole como debe operar. ("Hardware y Software.pdf", 2016).

#### 2.12.1. LabVIEW

LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) de National Instruments, es una herramienta de programación de alta productividad que es utilizada para la elaboración de sistemas de adquisición de datos, control e instrumentación y todo esto de forma gráfica.

Este programa también permite la creación de una interfaz de usuario de forma rápida, la misma con la cual se puede interactuar con el sistema. LabVIEW utiliza el lenguaje de programación G, el cual es diferente a los otros lenguajes de programación tales como C o Basic debido a que están centrados en el texto mientras que G utiliza una programación gráfica.

### 2.13. Hardware del Sistema

Se tiene como concepto de hardware, a todos los dispositivos tangibles que integran un sistema.

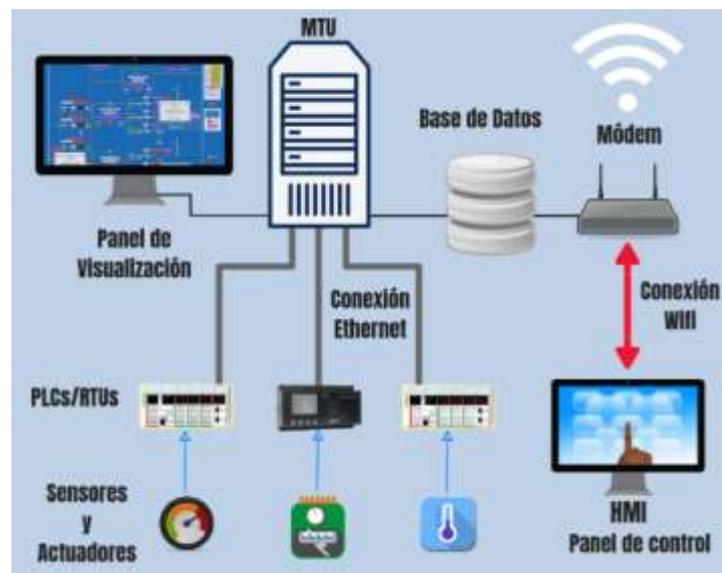


Ilustración 2.28. Hardware de un sistema SCADA básico  
Fuente: ("Qué es un sistema SCADA, para qué sirve y cómo funciona", 2017)

#### 2.13.1. Sensor de nivel CQ Robot

El sensor de nivel de líquido / agua de contacto CQRobot es un sensor de nivel de líquido fotoeléctrico de agua que funciona con principios ópticos. Las ventajas de este sensor de nivel de líquido de agua fotoeléctrico se centran en una buena sensibilidad y que no requiere de piezas mecánicas, lo que significa menos calibración. La sonda resistente a la corrosión se monta fácilmente y puede manejar altas temperaturas y altas presiones.

Esta sonda de sensor es de pequeño tamaño y tiene una estructura que se puede colocar hacia arriba, hacia abajo, lateralmente y en diagonal en múltiples orientaciones para detectar derrames de solución, sequedad y nivel horizontal. Se puede utilizar como recordatorio y función de alarma, además

tiene un diodo emisor incorporado y un fototransistor para una larga vida. Se debe evitar colocar el sensor cerca de luces brillantes o bajo la luz solar directa, ya que pueden causar interferencias.



Ilustración 2.29. Sensor de Nivel CQ Robot  
Fuente: ("CQRobot Online Shop", 2019)

### 2.13.2. Arduino Leonardo

El Arduino Leonardo es un microcontrolador basado en el ATmega32u4. Tiene 20 pines de entrada / salida digital de los cuales 7 se pueden usar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas, una conexión micro USB, un conector de alimentación y un botón de reinicio. Este Arduino contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador, simplemente se conecta a una computadora con un cable USB o encendiéndolo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar. ("Arduino Leonardo", 2016).



Ilustración 2.30. Partes principales de Arduino Leonardo  
Fuente: ("Arduino Leonardo", 2016)

### 2.13.3. LattePanda

LattePanda es una placa que ejecuta una versión completa de Windows 10 con un procesador Intel Quad Core y tiene una conectividad excelente con tres puertos USB, WIFI y Bluetooth 4.0 integrados. También incluye un coprocesador Arduino que le permite dominar el mundo físico mediante el control de dispositivos interactivos utilizando periféricos que permite agregar sensores y actuadores. ("LattePanda 4G/64GB – LattePanda", 2019)

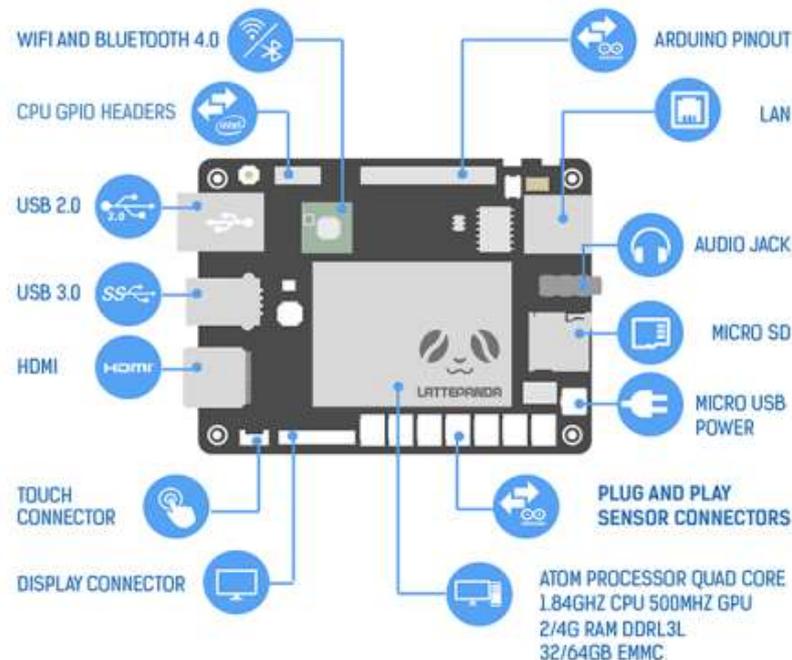


Ilustración 2.31. Partes fundamentales de LattePanda  
Fuente: (DFRobot, 2017)

### Características

- Sistema operativo Windows 10 completo, a diferencia de otras placas.
- Rápida y potente, con la ayuda de un procesador Intel Quad Core 1.8GHz, 2-4Gb de RAM y 32-64GB de memoria flash incorporada.
- LattePanda puede llevar a cabo fácilmente el reconocimiento de imágenes, control CNC en tiempo real y más.

### 2.13.4. Puente H

Un puente H es un circuito electrónico que cambia la polaridad de un voltaje aplicado a una carga. Estos circuitos a menudo se usan en robótica y otras aplicaciones para que los motores de Corriente Continua o Directa

funcionen hacia adelante o hacia atrás. La disposición del puente H generalmente se usa para invertir la polaridad / dirección del motor, pero también se puede usar para frenar el motor, o para dejar que el motor funcione libremente hasta detenerse, ya que el motor está desconectado del circuito. El puente H VNH2SP30 Motor Driver es un componente que evita que el controlador del motor se destruya, así mismo si la alimentación de entrada se conecta accidentalmente hacia atrás. La entrada vnh2sp30 puede interactuar directamente con el microcontrolador para seleccionar la dirección del motor y el freno. (“Vnh2sp30 motor driver”, 2018, p. 1).



Ilustración 2.32. VNH2SP30 Puente H  
Fuente: el autor

### 2.13.5. Módulo Relé de 1 canal

El modulo relé de 1 canal, tiene la capacidad de manejar cargas de hasta 250V/10A, es decir, permite controlar elevadas cargas de voltaje con pequeña señal. Este módulo se activa mediante un transistor en vez de optoacopladores como los módulos relé de 2 canales o más canales. Es sencillo al momento de trabajar con Arduino u otros sistemas parecidos, debido a su diseño.

El modulo relé de 1 canal al momento de recibir un “0” lógico (0 V) se activa la salida normalmente abierta (NO: Normally Open) y con un “1” lógico (5 V) se desactiva la salida. (“Módulo Relay 1CH 5VDC”, 2015, p. 1).



Ilustración 2.33. Módulo Relay 1CH 5VDC  
Fuente: El autor

### 2.13.6. Controlador de temperatura W1209

El W1209 es un controlador de termostato económico, pero altamente funcional. Posee un microcontrolador con 3 interruptores táctiles que permiten configurar varios parámetros, incluidas las temperaturas de activación y desactivación. El relé que contiene puede variar hasta un máximo de 240 V CA a 5 A o 14 V CC a 10 A. La temperatura actual se muestra en grados centígrados a través de su pantalla de tres dígitos de siete segmentos y el estado actual del relé por un tablero LED.

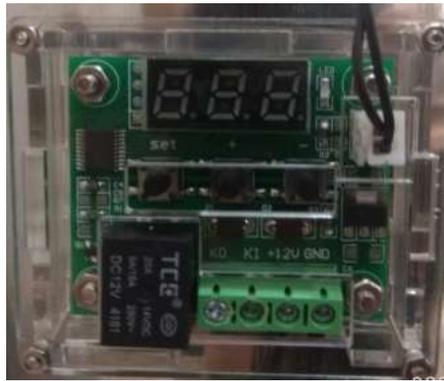


Ilustración 2.34. Controlador de temperatura W1209  
Fuente: el autor

### 2.13.7. Sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico se emplea para hallar distancias donde posiblemente puede haber obstáculos. Es una medición no invasiva para obtener la distancia utilizando altas frecuencias no perceptibles para el ser humano. El pulso rebota contra el objeto a medir y es detectado por el sensor, dado que el sensor incluye un micrófono capaz de detectar estas altas frecuencias, conociendo la velocidad del sonido y midiendo el tiempo entre pulsos se obtiene como resultado la distancia del objeto. Estos sensores son económicos y fáciles al momento de usar y el rango de medición que puede alcanzar el sensor denominado HC-SR04 en la práctica es un poco limitado ya que va desde los 20cm a 2 metros con un margen de error de 0.3cm. (Kurniawan, 2017)



Ilustración 2.35. Sensor ultrasónico HC-SR04  
Fuente: (Kurniawan, 2017)

### 2.13.8. Fuente de alimentación

Fuente de alimentación conmutada (o fuente de poder conmutada), se utilizan para regular la energía que es suministrada por la red eléctrica, debido a que algunos equipos no utilizan directamente esta energía. En el Ecuador la red eléctrica suministra una corriente alterna de 110 voltios y algunos de los equipos eléctricos que se utiliza necesitan trabajar con corriente continua, por lo tanto, se hace uso de la fuente de alimentación conmutada.



Ilustración 2.36. Fuente de alimentación de conmutación  
Fuente: El Autor

### 2.13.9. Pantalla táctil

Mediante una pantalla táctil se puede interactuar con el proceso de pasteurización, es decir, donde se va a realizar la programación y va a permitir hacer alguna modificación en el proceso eliminando errores y observar los datos de los periféricos de entrada y salida del sistema en tiempo actual.



Ilustración 2.37. Pantalla Táctil de 7”

Fuente: el autor

### **3. CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

#### **3.1. Funcionamiento del sistema**

El prototipo de esta planta de pasteurización de miel, se realizó con acero inoxidable para la estructura, debido a la propiedad de este material de ser sencillo al momento de ser limpiado. La planta se divide en dos partes: la primera es la estructura que consta de dos tanques de acero inoxidable y la base rectangular de aluminio. La segunda, una caja acrílica donde se encuentran los circuitos de la planta, donde se puede encontrar la tarjeta embebida Lattepanda, la pantalla táctil desde donde se controló y observó el proceso de pasteurización.

Con el fin de evitar picos repentinos de voltaje se procedió a utilizar una fuente conmutada de 12V-224VAC para energizar el sistema, esto con el fin de proteger la tarjeta embebida dado que puede verse afectada por dichas variaciones abruptas de voltaje. Para lograr calentar el fluido a la temperatura deseada fue utilizada una resistencia de 110V, mientras que para controlar el nivel del fluido se utilizó un sensor ultrasónico HC-SR04 que es alimentada por una fuente de 5VDC.

El sistema de control utilizado se basa en establecer el tiempo de calentamiento y la altura o nivel de fluido que debe haber en el tanque de trabajo luego de haber traspasado el fluido desde el tanque que actúa como reservorio. Para medir cada uno de estos parámetros fue necesario activar tanto la resistencia como el sensor ultrasónico, para controlar la temperatura requerida y el nivel deseado respectivamente.

#### **3.2. Diseño del hardware y estructura de los tanques reservorios**

La planta se encuentra formada por dos tanques que funcionan como dispositivos de reserva de fluido. El primer tanque denominado tanque de alimentación es usado para lograr el calentamiento de la miel por medio de la resistencia de 110v, mientras que para el control de nivel de miel se utilizó el sensor ultrasónico HC-SR04 para que por medio de ondas ultrasónicas establezca el nivel deseado.

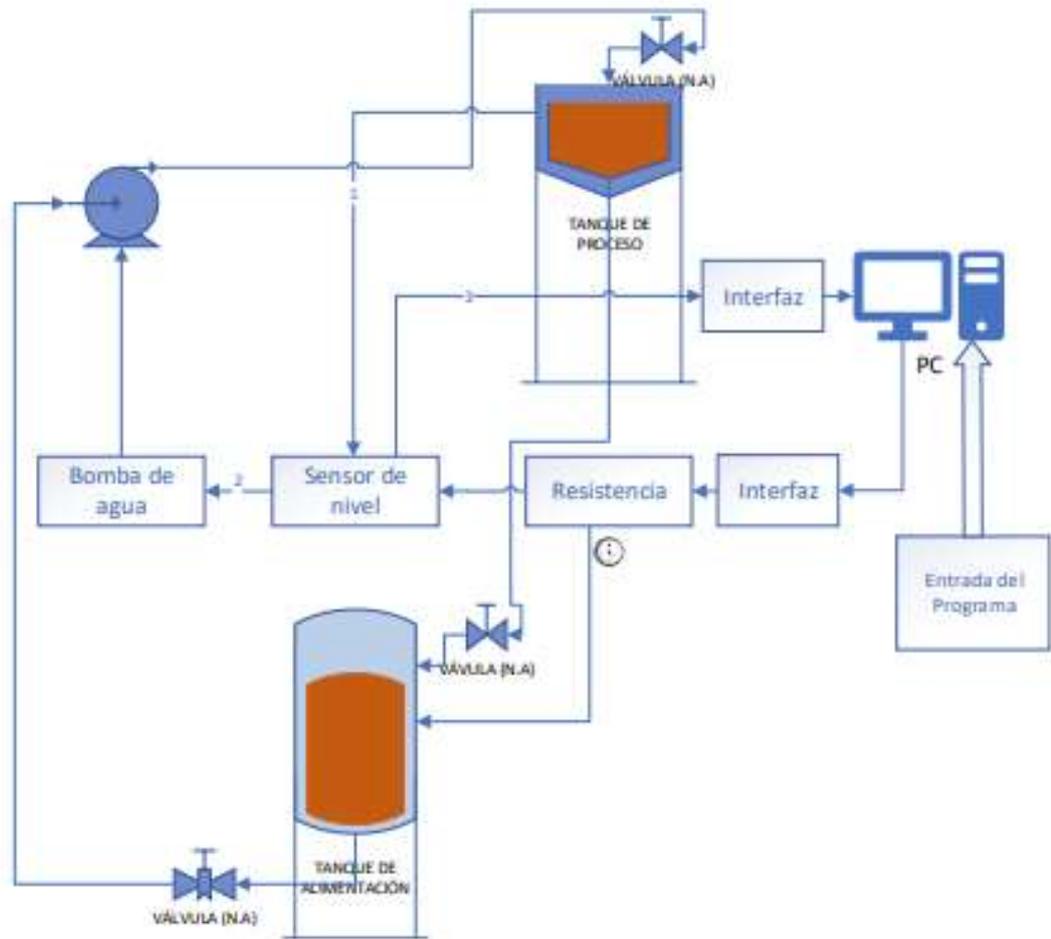


Ilustración 3.1. Diagrama de bloques del sistema  
Fuente: (Chuchuca Martínez, 2019)

### 3.2.1. Fabricación de tanques y estructura

La parte tangible de este proyecto son los dos tanques, la base rectangular y los soportes que unen los tanques con la base. El material usado fue acero inoxidable AISI 316, debido a su inmunidad a la corrosión por su composición de níquel y cromo. Los tanques están soldados para mayor seguridad dando un buen soporte a la maqueta.



Ilustración 3.2. Diseño Estructural de la maqueta  
Fuente: El autor



Ilustración 3.3. Los tanques de la maqueta  
Fuente: El autor

### 3.2.2. Elección de materiales

Se elaboró una tabla con los detalles de los materiales que fueron utilizados para la elaboración de la maqueta.

Tabla 3.1. Lista de Materiales

<b>Materiales</b>	<b>Uso</b>	<b>Características</b>
Acrílico	e= 2mm	Caja de protección de los componentes electrónicos
Codos	Diam= 3/8"	Unión de tanques y bomba
Conectores	Diam= 3/8"	Unión de manguera y tanques
Llave de bola	Diam= 3/8"	Paso para recirculación del producto
Mangueras	Diam= 3/8"	Traslado del producto
Plancha acero con reborde	A= 70x50cm	Base de la maqueta
Plancha acero inoxidable AISI 316	e= 2mm / 30x60cm	Cuerpo de los tanques
Varilla de acero	e= 1 1/2" (Long= 13.5-26.5cm)	Soporte de tanques
Visor de nivel	Pequeño (tres niveles)	Visualización del llenado

Fuente: El autor

### 3.2.3. Construcción de los tanques

Para la construcción de la maqueta se utilizó una base metálica con medidas de 70x50cm con bordes redondeados. Los tanques están hechos de acero inoxidable que son modelados por una maquina roladora para obtener la forma cilíndrica y para unir las paredes soldadas. Para las tapas inferiores cónicas, se fabricó una pieza en forma de disco con un diámetro igual a 25cm a la cual se le realizó una perforación en el centro, ayudando a la flexibilidad del material para el moldeo cónico, además, se le retiró una parte del disco igual a 5cm, esto ayudó al diseño de la tapa por lo que al unir nuevamente por la parte que fue retirada se indica el moldeo cónico de la tapa.

Es importante que al instalar los diferentes elementos electrónicos no tengan contacto con la base, por lo que se ubicó en una caja de acrílico toda la circuitería, de esta manera fue aislado de cualquier contacto posible con la base y así se pueda evitar avería alguna en el sistema.

Se lavó con desengrasante para poder eliminar cualquier suciedad, herrumbre, pintura, grasa o impureza que pueda afectar la soldadura al unir las paredes del tanque. Se chequeó minuciosamente cada punto de soldadura para que no exista en lo absoluto ninguna fuga por donde pueda tener algún tipo de filtración o fisura.

### **3.3. Montaje de las partes**

Para la unión de las partes entre los tanques, la base y los soportes se realizó con soldadura TIG. La forma de las partes inferiores de los tanques es de forma cónica, esto ayuda que la miel se escurra por las paredes.

Se hicieron 6 piezas con una varilla 1/2" de acero inoxidable, luego fueron soldadas en la parte inferior de los tanques, de las cuales 3 tienen una medida de 13.5cm y los 3 restantes de 26.5cm. El de mayor altura será el tanque de proceso que ayudó con la recirculación de la miel y segundo, el tanque de reservorio donde se realizó el vaciado de la miel por efecto de la gravedad.

En la base del tanque de proceso se soldó una tubería de acero inoxidable de 10cm con un diámetro de 3/8" y al final de esta un codo de 3/8". Por otro lado, en la base del otro tanque se utilizó un codo de 3/8" y ambos conectados a través de una tubería de 3/8" a una bomba para el llenado.

Se hizo uso de una pulidora y una pasta para abrillantar los tanques del proceso, dando un tipo espejo que los hace lucir estéticamente más agraciado.

En el tanque de proceso se colocó un indicador de nivel, que ayuda a visualizar mejor la cantidad de miel que va ingresar, este visor está ajustado por dos tornillos.



Ilustración 3.4. Tanque de Proceso con el indicador de nivel  
Fuente: El autor

### **3.4. Diseño del control del proceso de pasteurización de la miel**

La tarjeta LattePanda es el centro de operación y se conectó al puente H mediante un bus de datos. De la misma forma se conectó al relé que está conectado al módulo w1209 que se utilizó para controlar la temperatura del tanque de reservorio unido a la resistencia térmica utilizada para calentar la miel. Por otro lado, para el control del nivel, el tanque de proceso usó el sensor de nivel CQ Robot y obtuvo el nivel en el tanque de proceso el cual usó el sensor ultrasónico HC-SR04.

El software LabVIEW fue el que se usó para realizar la programación del proceso, el cual se divide en los dos paneles: el panel de diagrama y la interfaz de usuario. En el panel de diagrama se utilizó una programación en bloques y como se usó la tarjeta arduino Leonardo que viene incorporada en Lattepanda requerimos la librería LINX que permitió usar la tarjeta arduino Leonardo con un complemento más en LabVIEW.

Esto quiere decir si se tiene “1” o “0”, un alto o bajo en la salida digital y adquiere un valor de verdadero o falso, donde, verdadero envía un alto o “5V” y un falso “0V”.

Para la conexión con el puente H se usó una configuración de 2 entradas y una variable de velocidad, el puente H es el encargado de manejar la bomba la cual ya tiene una velocidad determinada y solo necesita enviar un "0" y "1". En este proceso la bomba fue activada cuando se realizó la absorción de la miel, dado que cuando está en bajo, la bomba no trabaja y al estar en alto esta se activa.

El sensor ultrasónico tiene 4 pines de los cuales 2 son las entradas digitales de donde se seleccionó en que pines llevarán el código de bloques y para obtener el valor de la distancia automáticamente.

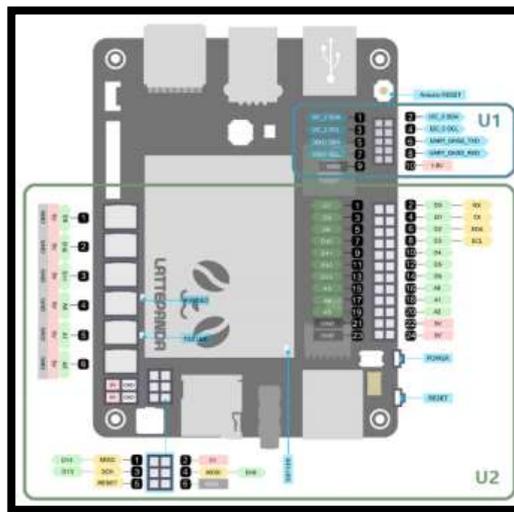


Ilustración 3.5. Sistema Embebido LattePanda  
Fuente: ([www.lattepanda.com](http://www.lattepanda.com))

El relé que se utilizó tiene una sola entrada por donde se activa o desactiva, pero no tiene la misma configuración que el puente H, es decir, se envía un "0" para que cambie de estado y se activa el sistema de calentamiento. Todo el sistema de potencia está habilitado por 12V-110VAC.

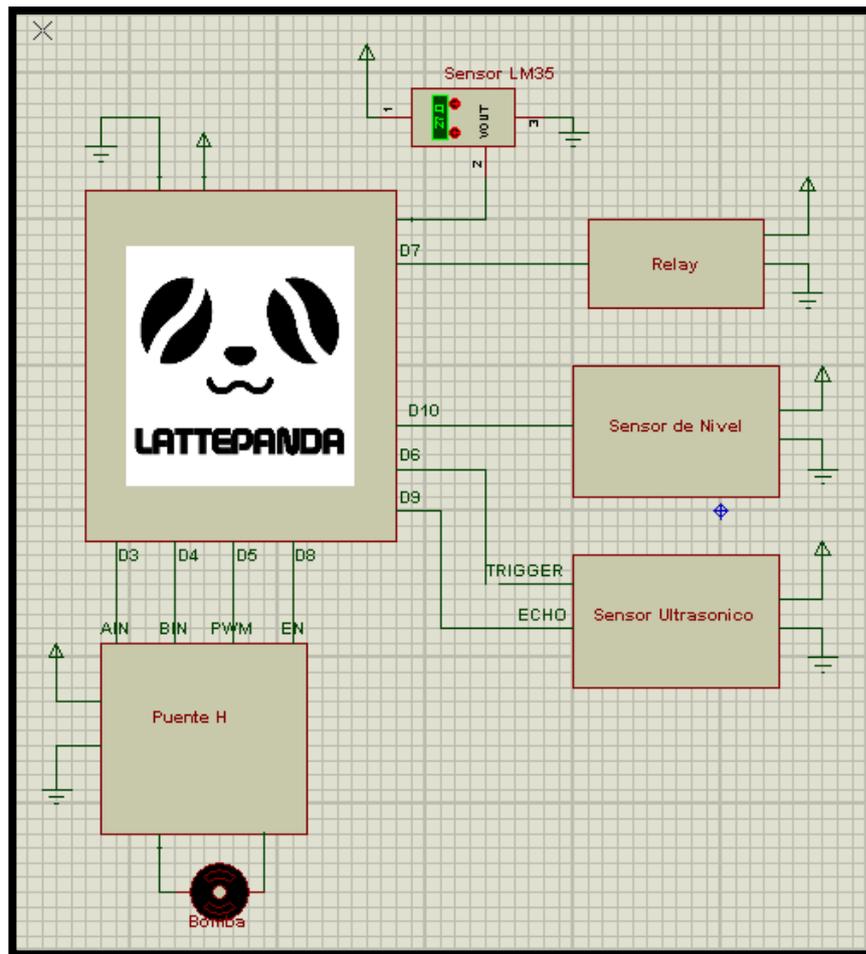


Ilustración 3.6. Circuito de Control y accionamiento de la planta  
Fuente: El autor

### 3.4.1. Desarrollo del software en LabVIEW

Para el diseño del programa se utilizó una tarjeta embebida y el software LabVIEW, por medio de los siguientes pasos:

- Empezar entrando primero al software Labview y proceder a crear un Vi
- Ingresar por la siguiente ruta: herramientas>MakerHub>Link>Generar Firmware Librerías

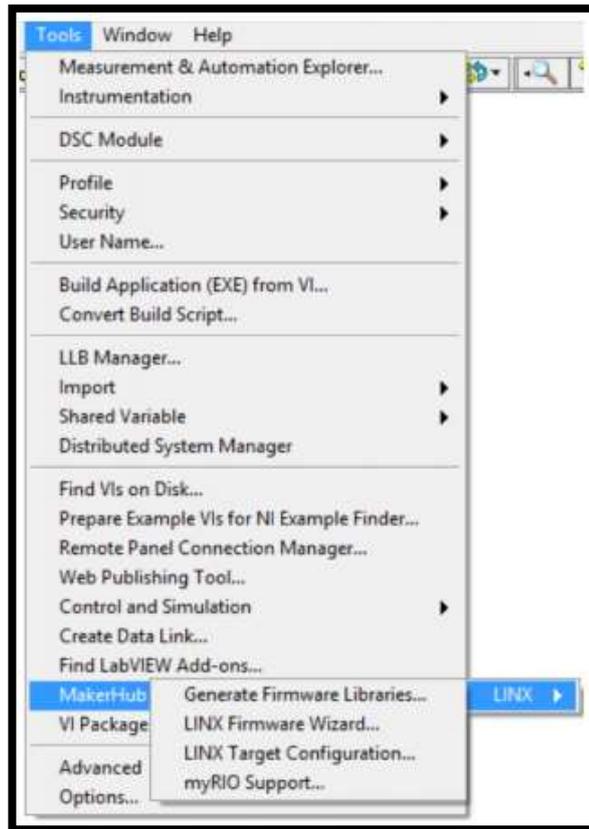


Ilustración 3.7. Generar librerías  
Fuente: El autor

- Se procede a abrir una ventana en la cual son creadas las librerías que necesita la tarjeta atmega32 que se encuentra en la tarjeta lattepanda



Ilustración 3.8. compilador de galerías  
Fuente: El autor

- Abrir Arduino IDE, ingresar a File>Ejemplo>Linx>Arduino Leonardo y seleccionar el ejemplo de la librería.

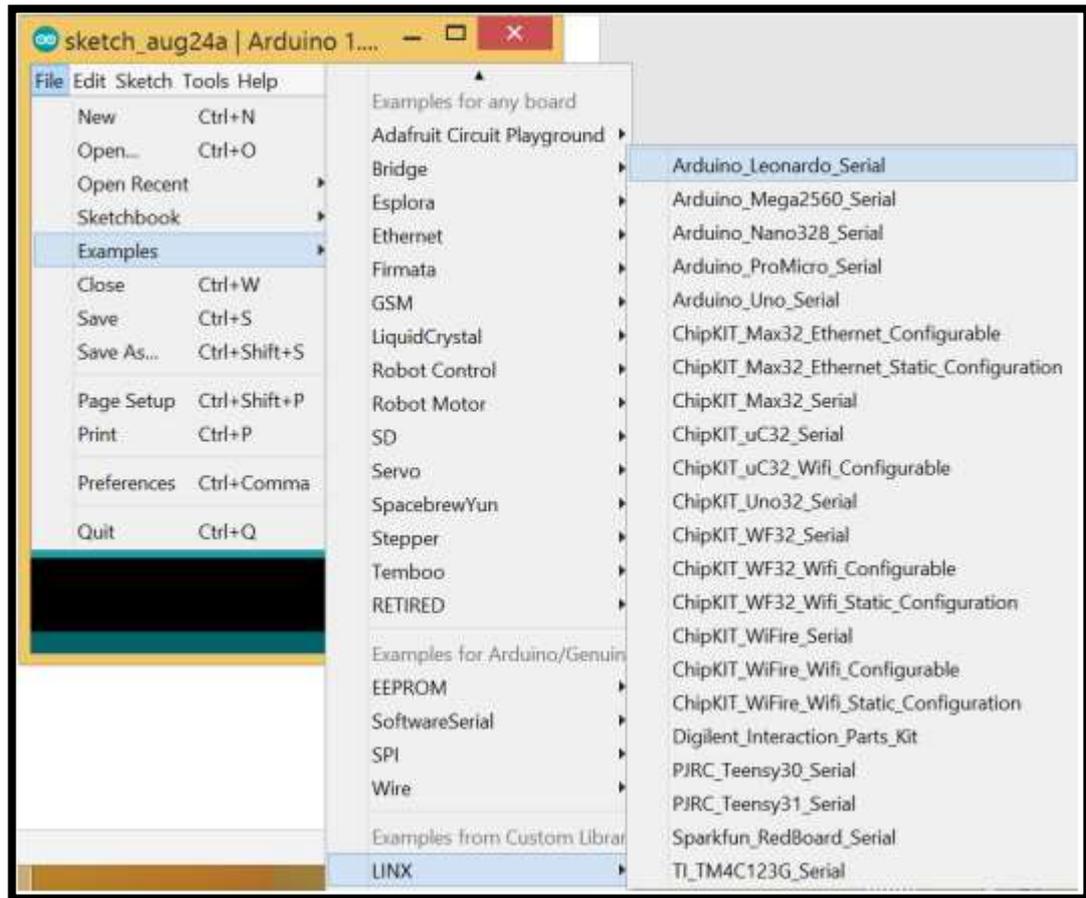


Ilustración 3.9. Librería Linx en Arduino

Fuente: El autor

- Continuar cargando la librería a la tarjeta

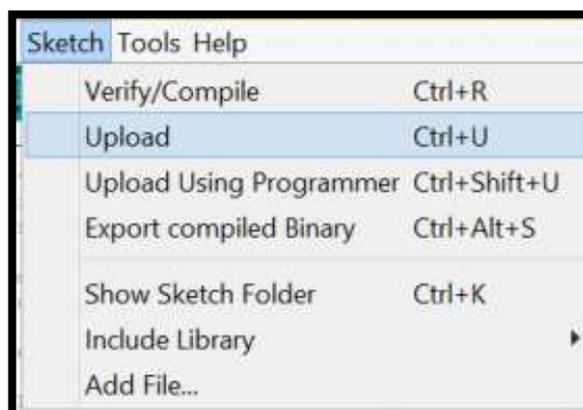


Ilustración 3.10. Cargar librerías en el atmega32a

Fuente: EL autor

- En LabVIEW ir al control diagrama y seleccionar la ventana de la herramienta Linx



Ilustración 3.11. Herramienta LINX

Fuente: El autor

- Crear un ícono que se encarga de establecer la conexión entre la LattePanda y el atmega32.

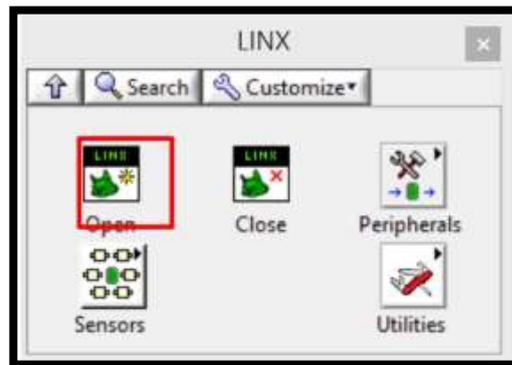


Ilustración 3.12. Herramienta para abrir conexión entre LabVIEW y atmega32

Fuente: el autor

- Crear un icono para la adquisición de datos orientada a la señal del sensor ultrasónico.

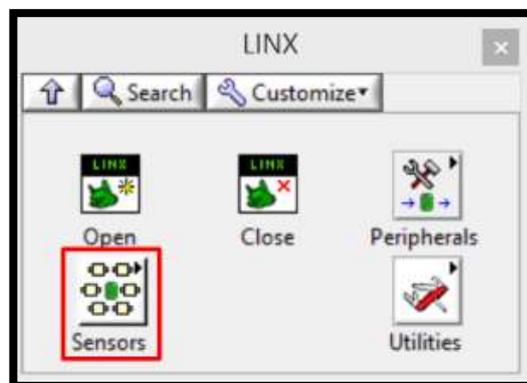


Ilustración 3.13. Herramientas Linx sensor

Fuente: El autor

- Se abre la sección de herramienta de distancia para proceder a seleccionar el sensor correspondiente para ser leído.

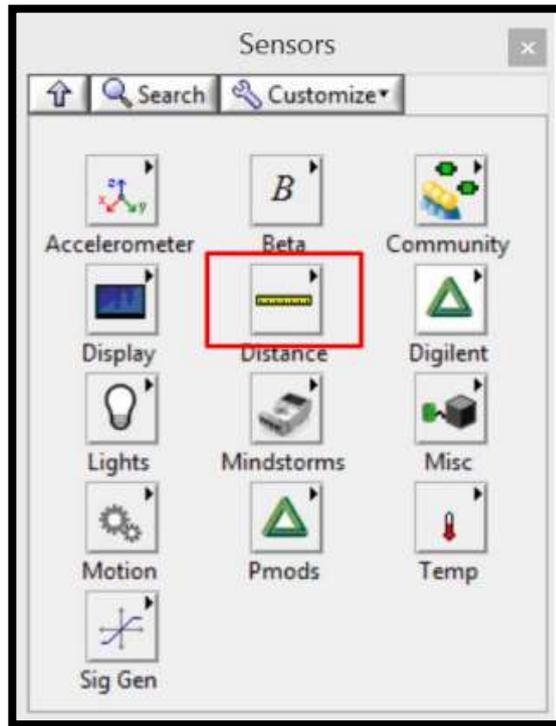


Ilustración 3.14. Herramientas Distancia en Linx  
Fuente: El autor

- Abrir la herramienta de ultrasónico y seleccionar el modo de lectura
- Se asignan los pines de entrada 2 y 3 al pin de echo y el trigger respectivamente los mismos que se encuentran conectados a la tarjeta LattePanda
- Para efectuar la conexión se asigna el puerto COM.
- Se añade una nueva variable que sirve para observar el nivel con respecto al tanque que está siendo llenado

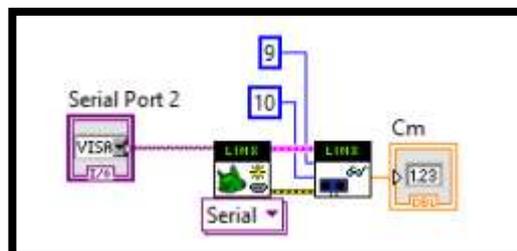


Ilustración 3.15. Creación de variable de almacenamiento para distancia  
Fuente: El autor

- Realizar un bucle para que se repita el proceso hasta que sea recibida la señal.
- Crear un botón que sea pulsado cuando se requiera detener el programa.

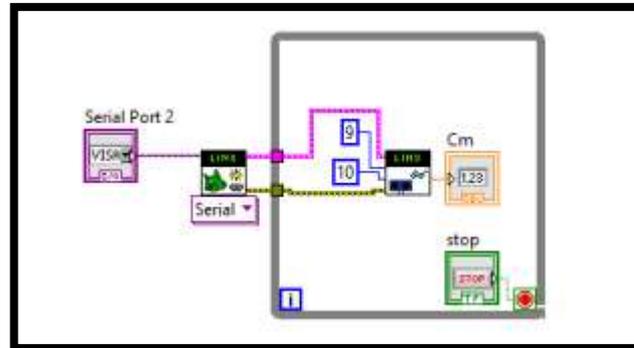


Ilustración 3.16. Configuración del paro  
Fuente: El autor

- Insertar en el Vi un ícono para finalizar la conexión

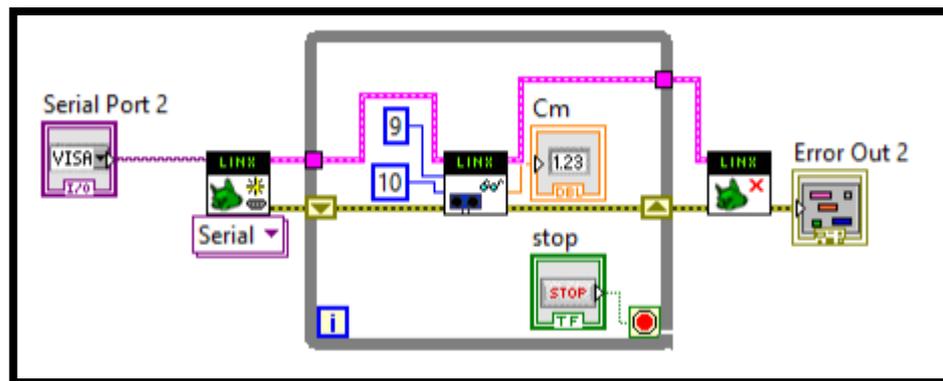


Ilustración 3.17. Registro del desplazamiento  
Fuente: El autor

- Insertar el bloque PID
- Realizar la conexión entre la variable de proceso PID y el sensor de distancia.
- Insertar en el Vi las siguientes variables que representan:
  - 1) Las ganancias del PID
  - 2) Los límites del controlador PID y su referencia
  - 3) El control para el motor CC o bomba, el cual se maneja con un pin digital.



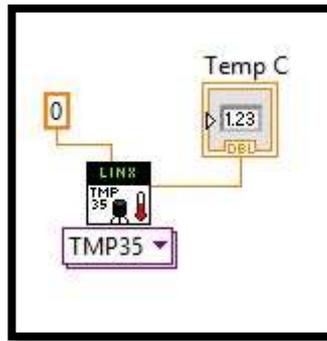


Ilustración 3.19. Creación de puerto para sensor Im35  
Fuente: El autor

- Se une el nuevo bloque de lectura y se realiza una comparación con la temperatura seteado de esta forma se controlará la salida del relé y se realizará una histéresis para la temperatura deseada.



Ilustración 3.20. Interfaz del sistema  
Fuente: el autor

- Al vi se le agrega la pantalla donde se graficará la iteración de las variables físicas.



Ilustración 3.21. Interfaz de las pantallas  
Fuente: El autor

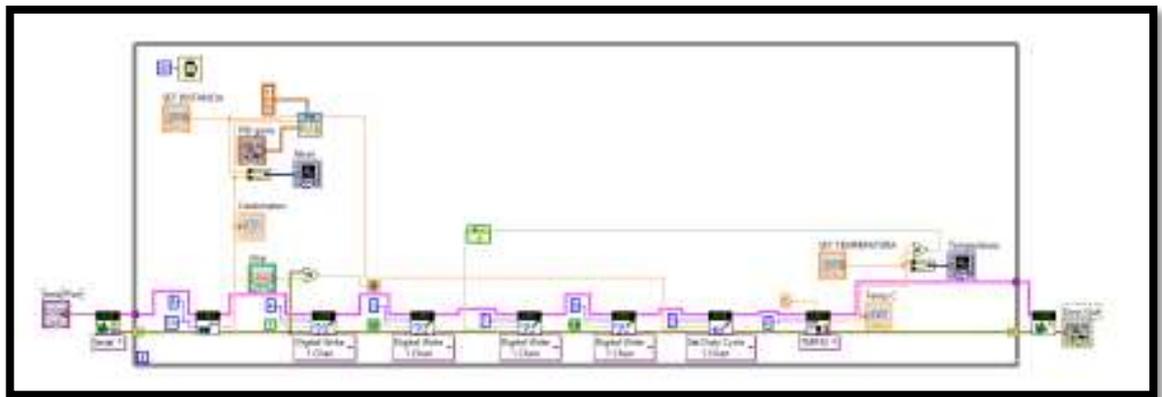


Ilustración 3.22. El bloque de diagrama final  
Fuente: El autor

En la siguiente tabla se muestra las conexiones de los componentes con la tarjeta embebida.

Tabla 3.2. Tabla de conexiones Lattepanda

Lattepanda	VNH2P30	Relé	Sensor ultrasónico	Sensor de nivel	Sensor LM35
GPIO A0					Salida
GPIO 3	AIN				
GPIO 4	BIN				
GPIO 5	PWM				
GPIO 6			Trigger		
GPIO 7		Habilitador			

GPIO 8	EN				
GPIO 9			Echo		
GPIO 10				Activador	

Fuente: El Autor

### 3.4.2. Pruebas de implementación

Para obtener la prueba de la implementación física se procedió a configurar los parámetros deseados. El procedimiento por seguir comenzó con el tiempo de calentamiento aproximado a 3 minutos cuando el tanque de almacenamiento se encuentra lleno en su totalidad. Por otro lado, el otro parámetro configurado fue el control de nivel, el cual va de la mano con el tanque de trabajo y se requiere que éste se encuentre a un nivel 1 mientras el otro esté lleno como se mencionó.

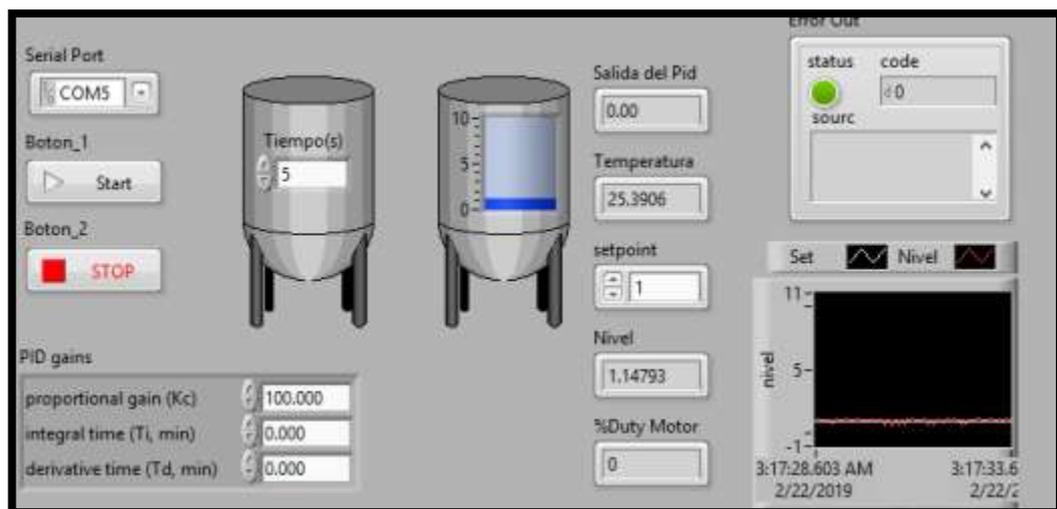


Ilustración 3.23. Parámetros iniciales

Fuente: El autor

Se hace uso de un controlador Proporcional derivativo el cual está conformado por: 50.000 proporcional, 0.0 derivativo, 10.000 derivativo. Esto fue realizado en un nivel 7 con respecto al setpoint durante un tiempo igual a 5 segundos. Del valor obtenido por el setpoint para cada parámetro se estableció como referencia para lograr calibrar la planta. Cabe recalcar que el método utilizado acorde a este procedimiento hace alusión al método de sintonización por resultados al escalón de Ziegler - Nichols.

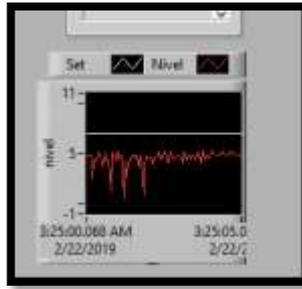


Ilustración 3.24. Gráfica del controlador PID

Fuente: El autor

Es notable que el controlador posee varias perturbaciones acorde a la gráfica mostrada dado que se tuvo picos fuera de rango y no se obtuvo una estabilización fija, también se puede notar que el nivel inicial del tanque el Duty Motor que posee la bomba, fue igual a 0.214866 de capacidad lo que resulta en una ganancia insuficiente para lograr estabilizar la respuesta antes mostrada, por lo que fue necesario aumentar el Proporcional y disminuir el Integral para reducir en la medida de los posible dichas perturbaciones.

Cuando se realizó las modificaciones antes establecidas, el controlador tuvo un desempeño óptimo con un setpoint igual a 29 segundos y un Proporcional de 100.000, lo que ocasionó por consiguiente que el derivativo e integral tomen un valor de cero y obtener una reducción de perturbaciones para el controlador que presentó una estabilización más precisa como se puede observar en la gráfica.

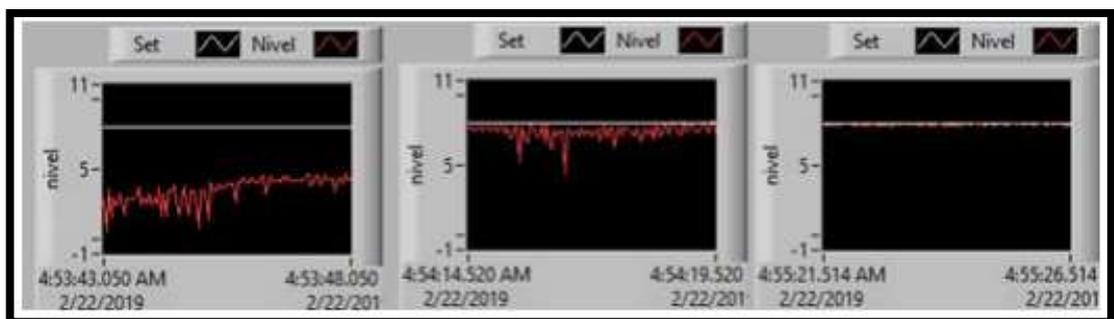
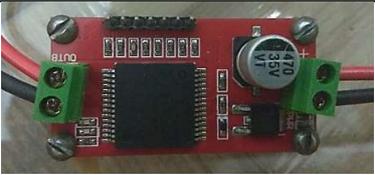


Ilustración 3.25. Graficas del controlador PID

Fuente: El autor

### 3.5. Presupuesto

En la siguiente tabla se muestra el valor de los componentes utilizados para el desarrollo de este proyecto.

Cantidad	Componente	Valor	Imagen
1	Lattepanda	\$159.00	
1	Pantalla Táctil	\$62.99	
1	Módulo W1209	\$10.00	
1	Relay 1 canal	\$2.00	
1	Puente H	\$13.00	
1	Fuente de Alimentación	\$16.00	

1	Sensor ultrasónico	\$3.00	
1	Resistencia térmica 110V	\$10.00	
1	Sensor de nivel	\$17.00	
3	Unión codo hembra 3/8"	\$5.50	
3	Uniones	\$9.00	
1	Válvula de bola	\$2.50	
1	Manguera	\$2.70	

2	Varilla de acero	\$6.00	
1	PanCHA de acero inoxidable	\$30.00	
1	Bomba	\$12.00	
1	Mano de Obra Del Taller mecánico	\$100.00	
<b>Total</b>		\$460.69	

Fuente: El autor

## CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Este trabajo se basó en el control automatizado de los parámetros de nivel y temperatura de la miel para lograr pasteurizar éste fluido. Se ha ensamblado una planta demostrativa y funcional con el uso de sistemas embebidos para proponer una solución de menor costo de producción y más factible para el sector industrial.
- El software LabVIEW fue esencial para elaborar el proceso de control de los parámetros establecidos mediante diagrama de bloques y de gran ayuda en el ámbito ingenieril con una interfaz amigable con el usuario.
- Mediante la implementación de esta aplicación se logró agilizar el proceso de forma automatizada casi en su totalidad reduciendo la mano de obra e introduciendo nuevas tecnologías para la producción de miel, logrando eliminar las partículas que producen la fermentación y además obtener el producto sin impurezas.

## 4.2. Recomendaciones

- Es recomendable realizar una simulación para la obtención de resultados esperados antes de proceder a realizar el proceso mediante la implementación física de la planta, para conocer un aproximado de los resultados que se obtendrán por medio de los sensores y distintos componentes electrónicos de control.
- Es importante tomar las precauciones adecuadas con respecto a la manipulación de la resistencia que es utilizada para elevar la temperatura de la miel dado que ésta podría causar quemaduras al usuario.
- Se recomienda adaptar el sistema de funcionamiento en otro software para observar como varían los valores de nivel y temperatura a lo largo del tiempo mediante gráficos demostrativos con una línea de tendencia.
- Se debe realizar un mantenimiento preventivo a la planta para que la eficiencia de la misma, así como los resultados que arroje continúen siendo veraces, además también se realiza con el fin de evitar cualquier inconveniente que pudiera darse en la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, A., & Lang, J. (2005). Foundations of Analog and Digital Electronic Circuits.
- Al Williams (2002). Microcontroller projects using the Basic Stamp (2nd ed.).
- Alonso, J. L. P. (2013). Montaje y puesta en marcha de sistemas robóticos y sistemas de visión, en bienes de equipo y maquinaria industrial. FMEE0208. IC Editorial.
- Arduino Leonardo with Headers. (s/f). Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <https://store.arduino.cc/usa/leonardo>
- Bailey, D., & Wright, E. (2003). Practical SCADA for Industry.
- Bequette, B. W. (2003). Process Control: Modeling, Design, and Simulation. Prentice Hall Professional.
- Bettina Weiss, G. (2007). Introduction to Microntollers. Recuperado el 15 de noviembre de 2019.
- Cembranos Nistral, F. (2002). Automatismos Eléctricos Neumáticos e Hidráulicos (5th ed.). Ediciones Paraninfo, S.A.
- Chen-Mou, C. (1998) An Operating System Architecture for Embedded Systems – Design and Implementation. Department of Electrical Engineering. National Taiwan University.
- Chuchuca Martínez, V. (2019). *Sistema de control para temperatura y nivel de una línea chocolatera industrial utilizando sistemas embebidos*. Universidad Católica de Santiago de guayaquil.
- Cobo, R. EL ABC De La Automatizacion. (s/f). Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>
- Components of Embedded System. (2018). Retrieved 23 November 2019, from <https://www.maxfizz.com/>

- CQRobot Online Shop. (2019). Retrieved 27 November 2019, from <https://www.cqrobot.com/>
- Creus Solé, A. (2011). Neumática e Hidráulica (2nd ed.). Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Creus Solé, A. (2019). Instrumentación industrial (8th ed.). Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- De P. Thomasset (s/f) - Trabajo propio, Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1853062>
- Eaves, J., & Reedy, E. (1987). Principles of Modern Radar.
- Electrónica y automatización Archives. (2019). Recuperado el 12 febrero de 2020, de: <https://www.eadic.com/category/electronica-y-automatizacion/>
- ESENCO Soluciones en Ingeniería y Desarrollo Tecnológico S.A.S. (2017). Recuperado el 12 de febrero de 2020, de: <http://www.esenco.com.co/wireless.html>
- Festo da un paso más hacia la industria integrada - Industria Química. (2014). Recuperado el 12 febrero de 2020, de: <https://www.industriaquimica.es/noticias/20140703/festo-paso-mas-hacia-industria-integrada#.XkOoU2gzbIU>
- FILIU, L. M. C. (2014). Instalaciones eléctricas y automatismos. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Focal Press (2018). Introducción a los sistemas embebidos. Recuperado de <https://www.incibe-cert.es/blog/introduccion-los-sistemas-embebidos>
- Fonseca Mancera, Sergio Leonardo, Álvarez Salazar, Jhony (2011), Reseña Histórica del Control Automático, Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia en: <http://www.slideshare.net/automatizacionplc/resea-historica-de-la-automatizacion>

- Grafton Horta, Pilar y Acevedo, Luisa María (1992). Cómo el docente puede obtener la información que necesita para su labor. Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- Heath, S. (2003). Embedded Systems Design (2nd ed.).
- Hernández García, G. (2011). Historia de las computadoras (pp. <https://www.uv.mx/personal/gerhernandez/files/2011/04/historia-compuesta.pdf>).
- Horsford, R. and Bayarre, H. (1990). Metodología de la investigación científica.
- Jain, P. (2012). Level Sensors. Retrieved from [https://www.engineersgarage.com/article\\_page/level-sensors/](https://www.engineersgarage.com/article_page/level-sensors/)
- Jiménez Macías, E. (2004). Técnicas de automatización avanzadas en procesos industriales Universidad de la Rioja.
- Kasap, S. (2006). Principles of Electronic Materials and Devices (3rd ed.). McGraw - Hill, Inc.
- Kurniawan, A. (2017). Intelligent IoT Projects in 7 Days. Recuperado el 14 de enero de 2020
- La miel, mentiras y verdades. Cómo detectarlas y consumir miel auténtica. (2016). Recuperado el 12 de febrero de 2020, de: <https://compralarproductor.com/blog/la-miel-mentiras-y-verdades/>
- LattePanda 4G/64GB – LattePanda. (2019). Retrieved 5 December 2019, from <https://www.lattepanda.com/products/3.html>
- Level Sensors & Level Switches | Gems Sensors & Controls. (2019). Retrieved from <https://www.gemssensors.com/level/>
- Martín García, Juan (2017). Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas. ISBN 9788460793045.
- Martinez V. (2011) Biología aplicada - La miel.
- Martyn Shuttleworth (Sep 26, 2008). Diseño de Investigación Descriptiva. Jan 26, 2020 Obtenido de Explorable.com: <https://explorable.com/es/disenno-de-investigacion-descriptiva>

- Mazzone, V. (2002). Controladores PID. Universidad Nacional de Quilmes
- Meo, Sultan Ayoub; Al-Asiri, Saleh Ahmad; Mahesar, Abdul Latief; Ansari, Mohammad Javed (julio de 2017). Role of honey in modern medicine» [Rol de la miel en la medicina moderna. Saudi J Biol Sci.
- Museum, C. (2020). Pasteurization | Bees A Honey of an Idea. Recuperado el 14 de enero de 2020, de <https://bees.techno-science.ca/english/bees/the-beekeeper/pasteurization.php>
- Ogata, K. (2003). Ingeniería de Control Moderna (4th ed.). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Pallás Areny, R. (2003). Sensores y acondicionadores de señal (4th ed.). Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Parra Reynada, L. (2012). Microprocesadores (1st ed.). México.
- Pérez, F. E. V., & Areny, R. P. (2007). Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC. Marcombo.
- Qué es un sistema SCADA, para qué sirve y cómo funciona. (2017). Recuperado el 12 febrero de 2020, de: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/>
- Robles Algarín, C., Caputo Llanos, R., & Sánchez Hernández, A. (2012). Diseño de un sistema Scada basado en labview, implementando el protocolo de comunicación inalámbrica zigbee.
- Salvador, A. G. (1988). Introducción a la neumática. MARCOMBO.
- Sensor capacitivo - EcuRed. (2019). Retrieved 20 November 2019, from [https://www.ecured.cu/Sensor\\_capacitivo](https://www.ecured.cu/Sensor_capacitivo)
- Sensores de nivel. De: <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>
- Services, P., Solutions, M., technology, B., Technology, D., Automation, I., & Products, C. et al. (2019). SIMATIC Panel IPC. Recuperado el 19 de noviembre 2019, de:

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/pc-based/simatic-panel-pc.html#SIMATICIPC677D>

SIMATIC HMI Basic Panels. (2019). Recuperado de 21 noviembre de 2019, de: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>

Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional. (s/f) Recuperado el 12 febrero de 2020, de: [http://iespoetaclaudio.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/Sistemas\\_de\\_control.pdf](http://iespoetaclaudio.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/Sistemas_de_control.pdf)

SITRANS LR560 | Radar level measurement | Siemens. (2019). Recuperado de <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/level-measurement/continuous/radar/sitrans-lr560.html>

Soares, Sónia; Amaral, Joana S.; Oliveira, Maria Beatriz P.P.; Mafra, Isabel (septiembre de 2017). Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. John Wiley & Sons.

SOLÉ, A. C. (2012). Instrumentación Industrial. Marcombo.

Talavera, M. PICmicro® MCU Estudio - ¿Qué es un microcontrolador? Recuperado el 16 de noviembre de 2019, de <https://www.electronicaestudio.com/que-es-un-microcontrolador/>

Termorresistencia-EcuRed. (2013). Recuperado de <https://www.ecured.cu/Termorresistencia>

Torrens, P. C., & Tous, R. B. (2005). Máquinas eléctricas: aplicaciones de ingeniería eléctrica a instalaciones navales y marinas: prácticas. Univ. Politèc. de Catalunya

Tres nuevas familias de sensores ultrasónicos. (2013). Recuperado el 20 de noviembre de 2019.

Ulloa, J., Mondragon Cortez, P., Rodriguez Rodriguez, R., Resendiz Vazquez, J., & Ulloa Petra, R. (2010). La miel de abeja y su importancia.

Retrieved 16 November 2019, from  
<http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/437>

Universal Robots y el packaging de huevos. (2017). Retrieved 16 November 2019, from <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/180503-Universal-Robots-y-el-packaging-de-huevos.html>

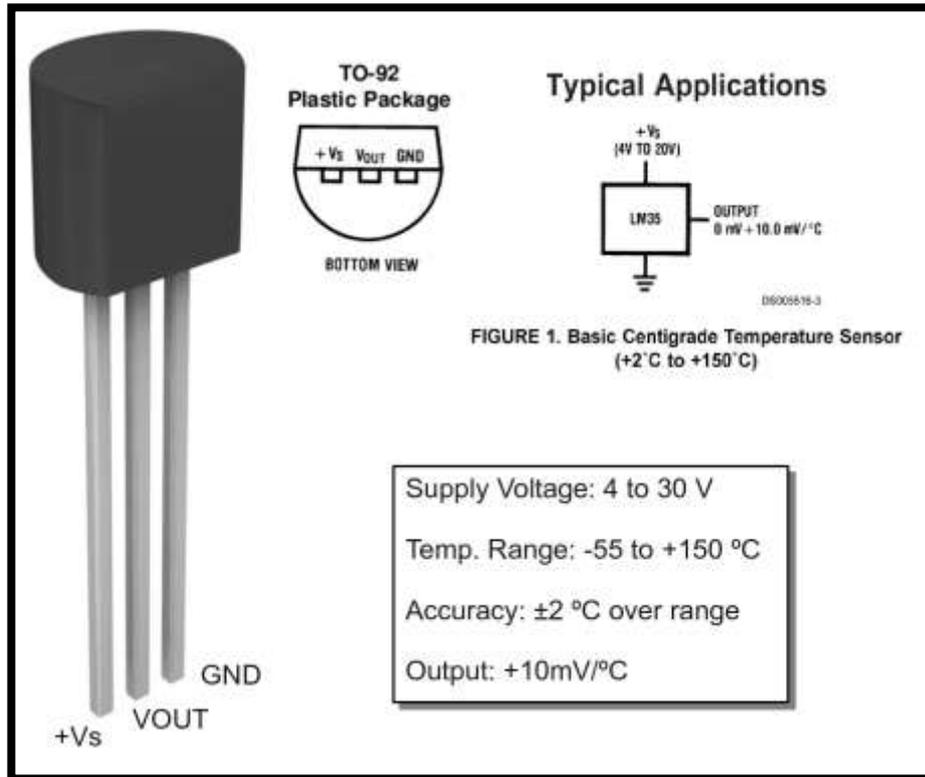
Varzakas, Theo. (2012). Sweeteners: Nutritional Aspects, Applications, and Production Technology. 10.1201/b12065-10.

Villa Bonet, E. (2017). La Revolución Electrónica. Santander: Universidad de Cantabria.

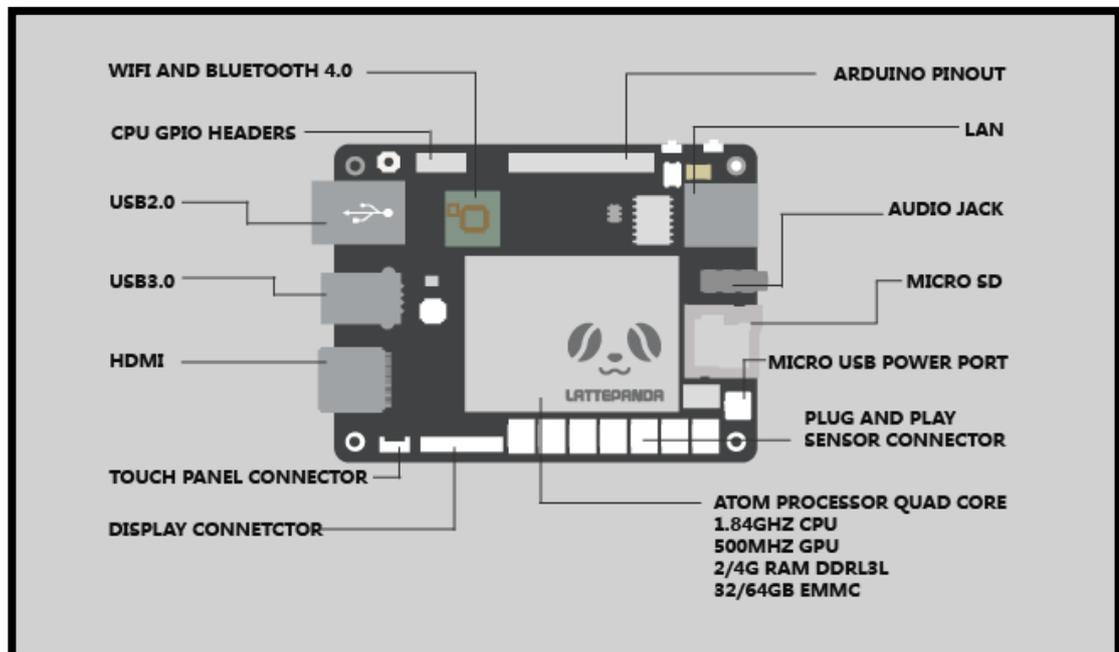
VNH2SP30 Motor Driver for Windows XP. (2018, octubre 18). Recuperado el 15 de marzo de 2019, de <http://sharpminds.live/vnh2sp30-motor-32/>

## ANEXOS

### Anexo 1: Datos Técnicos del sensor LM35



### Anexo 2: Conectividad completa de la tarjeta LattePanda



### Anexo 3: Especificaciones del sensor de nivel CQ Robot

<b>Tipo</b>	Interruptor de nivel fotoeléctrico
<b>Voltaje de fuente de alimentación</b>	DC 5V
<b>Corriente de salida</b>	12 (mA)
<b>Temperatura de trabajo</b>	-13°F a 221°F -25°C a 105°C
<b>Salida de bajo nivel</b>	menos de 0.1V
<b>Salida de alto nivel</b>	3.3V o 5V (control de interruptor de marcación)
<b>Precisión de detección de nivel de líquido</b>	± 0.5 mm
<b>Material</b>	PC (Policarbonato)
<b>Rango de medición</b>	Sin limite
<b>Vida útil</b>	50.000 horas

### Anexo 4: Parámetros de configuración del Termostato W1209

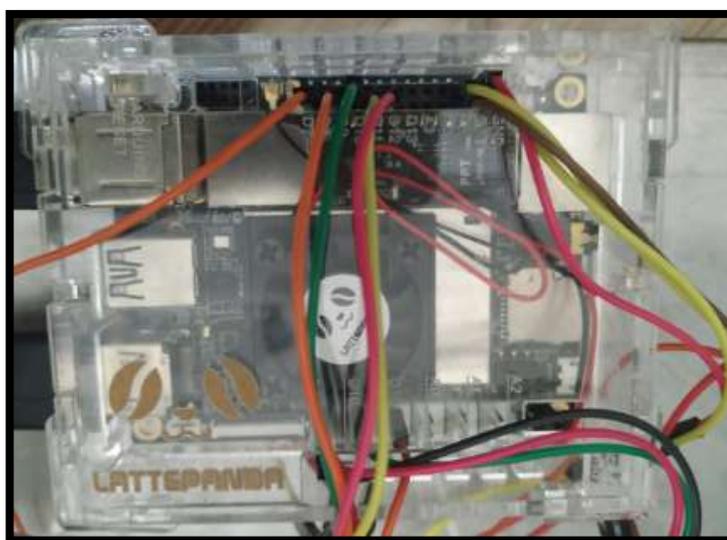
W1209 Digital display intelligent temperature controller (function setting table)			
Code	Code number	Set range	Factory setting
P0	Refrigeration / heating	C/H	C
P1	Return difference setting	0.1-30	2
P2	Set temperature upper limit	110° C	110
P3	Set the lower limit of temperature	-50° C	-50
P4	Temperature calibration	-7° C~7° C	0
P5	Delay start time	0-600s	0
P6	High temperature alarm	0-110° C	OFF
P7	Restore factory default	C/H	C

Boot in the state long press + - boot can restore the factory settings

### Anexo 5 : Especificaciones de sensor de nivel

<b>Ámbito de aplicación</b>	Control de nivel de agua y protección de productos eléctricos
<b>Longitud de línea de sonda</b>	50 cm
<b>Dimensión</b>	30mm x 30mm
<b>Tamaño del orificio de montaje</b>	3.0mm

### Anexo 6: Conexiones de la tarjeta lattepanda



### Anexo 7: Hardware de la maqueta



### Anexo 8: Los tanques de la maqueta



### Anexo 9: Maqueta final





## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Zambrano Chauca, Karina Estefanía, con C.C: # 2450149543 autora del trabajo de titulación: **“Sistema de control y monitorización de la temperatura mediante el uso de tarjetas embebidas de bajo costo para el sector industrial de un proceso de pasteurización de la miel”**, previo a la obtención del título de **INGENIERA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 2 de marzo del 2020

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Zambrano Chauca, Karina Estefania

C.C: 2450149543

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Sistema de control y monitorización de la temperatura mediante el uso de tarjetas embebidas de bajo costo para el sector industrial de un proceso de pasteurización de la miel.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Zambrano Chauca, Karina Estefania		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Philco Asqui, Luis Orlando		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de educación técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Eléctrica en Control y Automatismo		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniera en Electrónica en Control y Automatismo		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	2 de marzo de 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	70
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Control de procesos, HMI, Sistema SCADA		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Tarjeta embebida LattePanda, sistemas embebidos, LabView, sensores, automatización, tarjeta relé, puente H		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El propósito de este trabajo es mejorar la calidad de la miel, por lo que se debe tener en cuenta la temperatura y el tiempo que esta requiere para ser de buena calidad y a su vez no perder los nutrientes de gran variedad que se encuentra en esta. El proceso consistió en diseñar un sistema de control para manejar la temperatura y el nivel en el proceso de pasteurización de la miel, haciendo uso de tarjetas de bajo costo que integran sistemas embebidos, además en este trabajo de titulación se procedió a ensamblar una maqueta a escala para realizar el proceso de forma didáctica, demostrativa y que posea una interfaz amigable con el usuario, con el fin de simular la planta de pasteurización de la miel en tiempo real. Para obtener la información requerida se hizo uso de la metodología de investigación documental y científica con los cual se extrae información actual de fuentes confiables de trabajos de titulación anteriores, artículos científicos y libros o revistas documentales que poseen información relevante acerca del tema en cuestión para una mayor eficacia del proceso y optimización de la producción. Como conclusión principal se demostró que el uso de los sistemas embebidos en procesos industriales es de gran utilidad mostrando como se produce una notable mejora en la composición de la miel al eliminar la fermentación y todo tipo de impurezas que se encuentren presentes en dicho fluido al ser sometido a un control automatizado.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 97 862 9415	E-mail: kezc23@hotmail.com / karina.zambrano03@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Philco Asqui, Luis Orlando		
	<b>Teléfono:</b> (04) 2 206957 ext.5555		
	<b>E-mail:</b> luis.philco@cu.ucsg.edu.ec / ute@cu.ucsg.edu.ec		