



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN Y  
DESALCOHOLIZACIÓN DE BAJO COSTO, DEL MÉTODO DE IMBIBICIÓN EN PARAFINA  
DE TEJIDOS PARA SU ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO**

**Edgar René Barrera Garzaro**

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN Y  
DESALCOHOLIZACIÓN DE BAJO COSTO, DEL MÉTODO DE IMBIBICIÓN EN PARAFINA  
DE TEJIDOS PARA SU ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGAR RENÉ BARRERA GARZARO**

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic Garcia
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de Leon Rodriguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. José Antonio de León Escobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN Y DESALCOHOLIZACIÓN DE BAJO COSTO, DEL MÉTODO DE IMBIBICIÓN EN PARAFINA DE TEJIDOS PARA SU ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 17 de julio de 2014.

**Edgar René Barrera Garzaro**

Guatemala 2 de febrero de 2018

Ingeniero  
Julio Cesar Solares Peñate  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Apreciable Ingeniero Solares.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado "**Diseño de la automatización del proceso de deshidratación y desalcoholización, de bajo costo, del método de imbibición en parafina de tejidos, para su análisis histopatológico**", del señor **Edgar René Barrera Garzaro**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota  
Colegiada 5,356  
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota  
Ingeniera en Electrónica  
colegiado 5356



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 23.2018.  
23 DE FEBRERO 2018.

Señor Director  
Ing. Otto Fernando Andrino González  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN Y DESALCOHOLIZACIÓN, DE BAJO COSTO, DEL MÉTODO DE IMBIBICIÓN EN PARAFINA DE TEJIDOS, PARA SU ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO**, del estudiante; Edgar René Barrera Garzaro, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julio César Solares Peñate  
Coordinador de Electrónica



REF. EIME 23.2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: **EDGAR RENÉ BARRERA GARZARO** titulado: **DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN Y DESALCOHOLIZACIÓN, DE BAJO COSTO, DEL MÉTODO DE IMBIBICIÓN EN PARAFINA DE TEJIDOS, PARA SU ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO,** procede a la autorización del mismo.

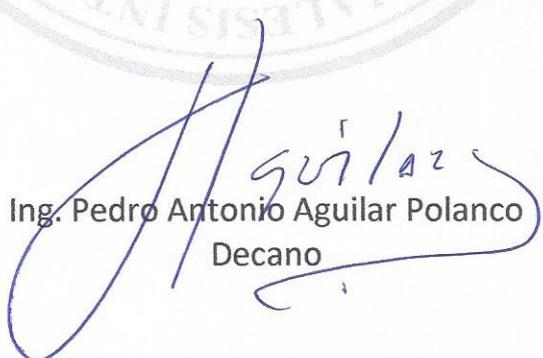
  
Ing. Otto Fernando Andriano González

GUATEMALA, 24 DE ABRIL 2018.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN Y DESALCOHOLIZACIÓN DE BAJO COSTO, DEL MÉTODO DE IMBIBICIÓN EN PARAFINA DE TEJIDOS PARA SU ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar René Barrera Garzaro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, agosto de 2018

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser el aliento, la inspiración divina y por darme las fuerzas necesarias para seguir alcanzando mis metas.
- Mis padres** Dr. Minor René Barrera López y Dra. Zulema Esperanza Rivas de Barrera, por brindarme su apoyo incondicional y ser un modelo a seguir en mi vida.
- Mi novia** Miriam Azucena Gonzalez, por el constante apoyo y cariño brindado durante este tiempo.
- Mis hermanas** Lilian Carolina y María Elena Barrera Garzaro, por estar en todos los momentos de mi vida, por ser mis máximas confidentes.
- Mis amigos y compañeros** Melissa Palomo, Lionel Mazariegos, Alex Díaz, Allan Hernández, Diego Cifuentes, Juan Zapeta, Alejandro Echeverria, Andrés Luna, Raúl Monterroso, Ronaldo Melendez, Amadeo Garcia, José Toj, Víctor Arana, por todos los buenos momentos que se viven durante las desveladas de las jornadas de estudio y convivencias en general.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por acogerme durante todos estos años y darme la oportunidad de ser parte de tan gloriosa universidad.

**Facultad de  
Ingeniería**

Por brindarme y transmitirme el conocimiento que me permite estar hoy aquí.

**Rama estudiantil  
del IEEE-USAC**

Silvio Urizar, Victor Carranza, Jorge Top, John Rojas, Pablo Perez, Freddy Chang, por todas las actividades que realizamos para el desarrollo de la tecnología en el país y las redes de trabajo y de amistad en la región latinoamericana.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. TÉCNICA HISTOLÓGICA .....	1
1.1. Procedimientos inmediatos o vitales .....	2
1.2. Procedimientos mediatos o postvitales.....	3
1.2.1. Toma de muestra.....	3
1.2.2. Fijación de la muestra.....	4
1.2.3. Deshidratación.....	5
1.2.4. Graduación de la concentración .....	6
1.2.5. Volumen y número de baños de deshidratación.....	7
1.2.6. Principales agentes deshidratantes .....	7
1.2.7. Aclaración o desalcoholización.....	8
1.2.8. Infiltración o inclusión .....	9
1.2.9. Microtomía .....	10
1.2.10. Desparafinación.....	10
1.2.11. Tinción .....	10
1.2.12. Montaje.....	11
2. FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	13

2.1.	Sistema automático.....	13
2.2.	Ventajas y desventajas de un sistema automático.....	16
2.3.	Requisitos para un sistema automatizado.....	17
2.4.	Sistema de control.....	18
2.4.1.	Sistema de control de lazo abierto .....	19
2.4.2.	Sistema de control lazo cerrado .....	20
2.4.3.	Características de un sistema de control .....	22
2.5.	Automatización en Guatemala .....	23
3.	DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA.....	25
3.1.	Módulo de alimentación .....	25
3.2.	Panel de control .....	32
3.3.	Circuito de control .....	32
3.4.	Etapa de potencia .....	36
3.5.	Sensor de temperatura.....	37
4.	DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA .....	39
4.1.	Lógica del programa.....	42
4.2.	Inicio del programa.....	43
4.3.	Lectura y procesamiento de datos e instrucciones .....	43
4.4.	Validación de instrucciones.....	44
4.5.	Estatus del proceso.....	46
	CONCLUSIONES.....	49
	RECOMENDACIONES .....	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	53

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama de flujo de procedimiento mediato .....	3
2.	Esquema de un sistema de control de lazo abierto.....	20
3.	Esquema de un sistema de control de lazo cerrado.....	21
4.	Esquema del diseño distribuido por fases.....	25
5.	Diseño del circuito de fuente de alimentación .....	26
6.	Gráfica señal de entrada y salida .....	27
7.	Conexión transformador.....	28
8.	Conexión puente de diodos.....	29
9.	Señal Rectificada entrada puente de diodos.....	29
10.	Señal rectificada salida de puente de diodos .....	30
11.	Señal de salida continua .....	30
12.	Conexión circuito rectificador con circuito regulador de voltaje.....	31
13.	Circuito completo de alimentación para el sistema automático.....	31
14.	Gráfica de niveles de voltaje de corriente continua y 12 Vac.....	32
15.	Diseño del circuito de control del sistema automatizado.....	34
16.	Elementos físicos y/o mecánicos del sistema .....	36
17.	Diagrama de flujo procesos del software .....	42
18.	Panel de control .....	43
19.	Diagrama de flujo de validación de instrucción de temperatura.....	45
20.	Panel de control del tiempo de ejecución.....	46
21.	Panel de control del tiempo restante.....	47

## TABLAS

I.	Agentes aclarantes .....	9
II.	Elementos de un sistema automático .....	14
III.	Configuración de pines del microcontrolador .....	33

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Amperio
<b>V</b>	Volt
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>DC</b>	Corriente directa
<b>Hz</b>	Hertz
<b>Vi</b>	Voltaje entrada
<b>Vo</b>	Voltaje salida
<b>Vss</b>	Voltaje de fuente
<b>Vdd</b>	Voltaje de referencia
<b>Vee</b>	Tierra
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>e/s</b>	Entradas y salidas



## GLOSARIO

<b>Célula</b>	Unidad morfológica y funcional de todo ser vivo.
<b>Circuito electrónico</b>	Red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores y semiconductores) que contiene al menos una trayectoria cerrada.
<b>Estructura Tisular</b>	Estructura de los tejidos.
<b>Hardware</b>	Elementos tangibles de un sistema informático.
<b>Histopatología</b>	Ciencia encargada del diagnóstico de enfermedades por medio del estudio de los tejidos.
<b>LCD</b>	Pantalla de cristal líquido. Es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora.
<b>Lenguaje de programación</b>	Lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras.

<b>Microcontrolador</b>	Circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en la memoria.
<b>Molécula</b>	Es la partícula más pequeña que presenta las propiedades físicas y químicas de una sustancia.
<b>Morfología</b>	Encargada del estudio de la estructura de un organismo.
<b>Patología</b>	Ciencia encargada del estudio de los cambios estructurales en un organismo.
<b>Pic</b>	Controlador de interfaz periférico. Es una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc.
<b>Programación</b>	Proceso de diseñar, codificar, depurar y mantener el código fuente de programas computacionales.
<b>Sistema automático</b>	Sistema que mantiene una condición deseada o determinada dentro de un rango o conjunto de condiciones, de forma autónoma y consistente.
<b>Software</b>	Comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos.
<b>Tejido</b>	Elemento formado por un conjunto de células.

<b>Tiristor</b>	Componente electrónico constituido por elementos semiconductores que utiliza realimentación interna para producir una conmutación. Son dispositivos unidireccionales porque solamente transmiten la corriente en un único sentido.
<b>Triac</b>	Dispositivo semiconductor, de la familia de los tiristores, que posee un paso de corriente bidireccional controlado por una terminal. Es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna.
<b>Triac</b>	Transistor de efecto de campo metal óxido semiconductor. Es utilizado para amplificar o conmutar señales electrónicas.



## RESUMEN

En la actualidad, hay ingenieros con vasta experiencia en el desarrollo de tecnología quienes, al formar equipo con médicos, biólogos, etc, podrían generar una excelente sinergia para la elaboración de proyectos; gremios con un amplio conocimiento de su campo.

Por esa razón, en el primer capítulo se presenta una introducción a las técnicas histopatológicas y el procedimiento para lograr un resultado gratificante, con esto se crea una idea del proceso que se pretende automatizar.

Por otro lado, este documento no está enfocado únicamente a desarrolladores de tecnología, también, a los médicos del área de patología.

En el segundo capítulo se aborda el mundo de la automatización y la electrónica, para plantear algunos conceptos generales los cuales ayudarán a comprender su lectura durante los siguientes capítulos.

Durante los últimos años, en los laboratorios internos y externos de la universidad, se realizan procesos manuales, algo retrógrado en estos tiempos; esto se debe a la falta de apoyo económico para adquirir la tecnología adecuada para realizar estas tareas.

Por lo tanto, en el tercer capítulo se presenta el diseño electrónico que forma parte del proyecto para la automatización del proceso de deshidratación y desalcoholización de bajo costo. En el desarrollo de este capítulo se podrán apreciar los elementos que forma parte de este sistema.

Por último, en el capítulo cuatro, se presenta la lógica de la programación; antes se presenta una breve introducción sobre la plataforma donde fue realizado el programa con el fin de familiarizar al lector con el lenguaje del software utilizado.

# OBJETIVOS

## General

Diseñar un sistema automatizado capaz de realizar el método de imbibición para el proceso de tejidos y análisis histopatológico.

## Específicos

1. Desarrollar un diseño con la menor cantidad de dispositivos, que permitan un óptimo funcionamiento del sistema.
2. Reducir el costo del material y el equipo para la debida implementación.
3. Disminuir el precio de compra del dispositivo para su adquisición.
4. Mejorar y tecnificar el diseño de un equipo actual.
5. Disminuir el costo de mantenimiento del equipo.
6. Presentar un mejor tiempo de respuesta por parte del sistema.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Guatemala se realizan algunos procedimientos de laboratorio, de mediana escala, manualmente debido a la falta de información solo técnicas modernas o recursos económicos para adquirir un equipo o dispositivo capaz de cumplir con la elaboración óptima y eficaz de una tarea específica.

Esta problemática es muy común hoy en día en diversos lugares, inclusive en laboratorios de la universidad; por ello, se ha decidido realizar el diseño de un equipo de laboratorio de histopatología que permita desarrollar su proceso exitosamente; y que a la vez, demuestre que en la Universidad de San Carlos de Guatemala se tiene la capacidad de egresar a jóvenes con las aptitudes necesarias para el desarrollo de la tecnología idónea para la ejecución de distintos trabajos de pequeña, mediana y gran escala.

El diseño electrónico tendrá la habilidad de ser instalado en cualquier tipo de esquema mecánico con características similares al propuesto en este documento; este posible cambio se debe al desconocimiento del espacio tridimensional donde se pretenda utilizar. Por otra parte, tendrá la capacidad de realizar el proceso con gran eficiencia y con óptimos resultados.



# 1. TÉCNICA HISTOLÓGICA

Toda criatura, individuo o espécimen vivo se encuentra formado por miles de células. Un organismo puede estar constituido por una sola célula llamado organismo unicelular o protozario; también, se puede conformar por varias células llamado organismo pluricelular o metazario. Estos organismos tienen la capacidad de desarrollar funciones complejas que les permiten vivir de modo independiente.

Se conoce como técnica histológica a la serie de procedimientos que se deben aplicar a un elemento biológico, con el propósito de prepararlo y otorgarle las condiciones adecuadas las cuales permitan su observación para analizar sus componentes morfológicos.

Es posible que, al estudiar estas estructuras microscópicas bastaría con examinarlas con equipos o instrumentos capaces de amplificar las imágenes de estos objetos, pero este procedimiento no es viable debido a dificultades en la manipulación de muestras y el inicio de descomposición molecular que se presentan al abandonar su entorno natural.

Por lo tanto, es necesario realizar procedimientos que permitan alcanzar este objetivo el cual es describir, comprender y analizar la estructura microscópica de las células, los tejidos y los órganos.

Existen dos tipos de procedimientos:

- Procedimientos inmediatos o vitales
- Procedimientos mediatos o post vitales

### **1.1. Procedimientos inmediatos o vitales**

Estos dan paso a la observación y el estudio de organismos protozoarios, células sanguíneas, células muertas y células suspendidas en sus líquidos naturales, a otro líquido que reemplace el original; a estos líquidos se les conoce como solución salina balanceada.

En algunos casos cuando se desea destacar alguna estructura celular o tisular se emplean sustancias colorantes inofensivas para la vida de las células, no modifican su estructura y no interfieren en sus funciones. A este procedimiento se le conoce como coloración vital. Este procedimiento se puede realizar de dos maneras:

- Coloración intravital
- Coloración supravital

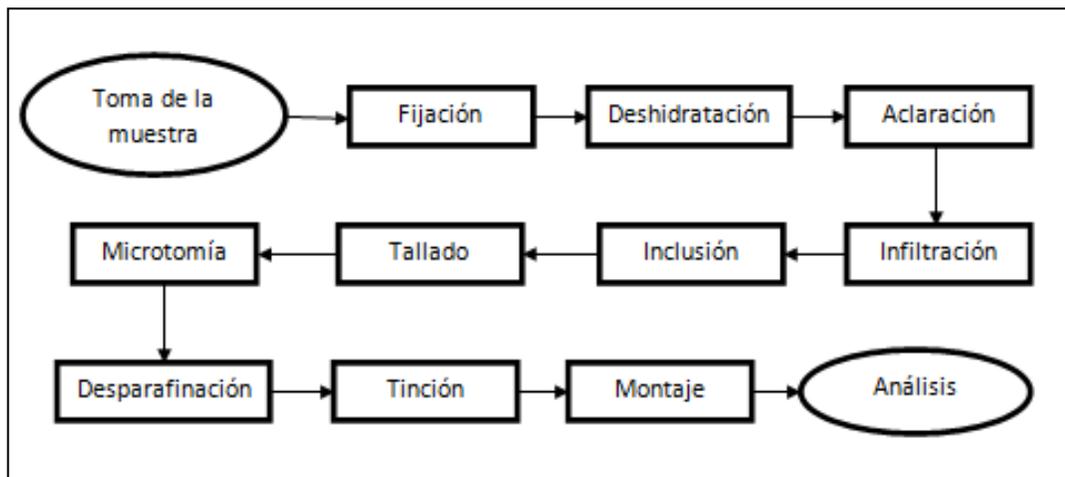
En el caso de llevar a cabo la coloración intravital se debe administrar el colorante vital a través de las vías digestivas o bien intratraqueal mediante inyecciones. Las soluciones de uso más frecuente son: tinta china, carmín de litio, azul tripan.

Por otra parte, en el procedimiento de la coloración supravital se emplean colorantes que se aplican a células o tejidos provenientes de organismos vivos.

## 1.2. Procedimientos mediatos o postvitales

Este procedimiento tiene como objetivo principal preparar células, tejidos y órganos originarios de algún ser en que su vitalidad se ha detenido y es necesario conservar su estructura. Generalmente, para alcanzar el objetivo es necesario realizar los pasos de la figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo de procedimiento mediato



Fuente elaboración propia.

### 1.2.1. Toma de muestra

Debido a la importancia de la calidad y fidelidad que la imagen de una célula o tejido muestra al microscopio con las características morfológicas que poseían cuando estaban con vida, dependen de la brevedad y la meticulosidad que se aplique al momento de obtener la muestra a ser procesada mediante los pasos mencionados anteriormente.

Existen procedimientos que permiten obtener muestras de tejidos y órganos para llevar a cabo preparaciones histológicas de buena calidad:

- Necropsia
- Biopsia
- Autopsia

Las muestras obtenidas mediante la necropsia se adquieren de seres sin vida, para este caso se recomienda que los tejidos y órganos sean extraídos inmediatamente después de producida la muerte.

Por otra parte, las adquisiciones realizadas a través de una biopsia consisten en la toma de una fracción de tejido u órgano de un ser vivo mediante una operación quirúrgica hecha intencionalmente o durante la intervención quirúrgica efectuada en pacientes y corroborar así un diagnóstico de una determinada lesión.

En el caso de obtener muestras mediante una autopsia, se realiza un estudio analítico y sistemático completo. Macroscópico y microscópico de los órganos, aparatos y sistemas de un cadáver, con el fin de comprender las causas que provocaron la muerte.

### **1.2.2. Fijación de la muestra**

La finalidad de fijar los tejidos es conservarlos con el menor grado de alteración, inhibiendo la autodestrucción de las células y el crecimiento bacteriano. También, produce la coagulación del citoplasma el cual se torna insoluble y endurece el tejido para facilitar el corte durante la preparación. Se obtiene por medios físicos o químicos.

Algunos tipos de fijadores son:

- Físicos: por ebullición. Por congelación: bajas temperaturas de  $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (nitrógeno líquido, dióxido de carbono) permiten excelentes fijaciones.
- Químicos: se usan soluciones simples como alcoholes (etanol o metanol que pueden fijar células en extendidos) y formol 10 %. El formol es una solución de aldehído fórmico al 40 % en agua destilada. De esta solución se toman 10 ml y se le agregan 10 ml de agua destilada (10 %).
- Mezclas fijadoras: se usan diferentes fijadores en una sola mezcla para facilitar la fijación de ciertas estructuras.

Los tiempos de fijación dependen del tejido, de su volumen y del fijador que se esté utilizando; al momento de utilizar formol las muestras pequeñas requieren algunas horas. La fijación se puede controlar a simple vista por el cambio de color en el tejido y por su consistencia endurecida.

Al finalizar el proceso de fijación el tejido se debe lavar con agua o bien alguna sustancia que elimine los restos de los fijadores especiales.

### **1.2.3. Deshidratación**

Este procedimiento consiste en extraer toda el agua contenida en el tejido y reemplazarla por un líquido deshidratante como el alcohol, acetona o propanolol. La técnica más utilizada es la aplicación de alcohol en concentraciones crecientes; el tiempo necesario es de unas dos horas en sumersión.

El líquido deshidratante no debe alterar la estructura tisular y debe poder mezclarse con el agente aclarante.

Entre las ventajas de un buen líquido deshidratante se encuentran:

- Rapidez en concluir la deshidratación.
- Reducir a un mínimo de aceptabilidad el endurecimiento provocado.
- Su toxicidad y peligrosidad sea mínimo con escaso desprendimiento de vapores tóxicos.
- Minimizar riesgos de incendio o explosión.
- Baja toxicidad por inhalación, ingestión y contacto.

El proceso de deshidratación suele realizarse mediante el empleo de alcohol etílico y en el suelen intervenir los siguientes parámetros.

#### **1.2.4. Graduación de la concentración**

En la práctica suele emplearse una serie de alcoholes en proporciones ascendentes, 50 %, 60 %, 70 % hasta llegar a un máximo absoluto.

Lo anterior se realiza de esa manera debido a que la acción brusca de un alcohol de mayor graduación sobre el tejido provocaría su marcada retracción; de éste, el empleo de series con un tiempo prolongado de alcoholes de distinta gradación así como la decisión de iniciar el proceso en un alcohol de gradación media o menor, estarán en función primero de la experiencia del personal, de la fragilidad de los tejidos y del tipo de fijador utilizado, ya que los fijadores con base alcohólica realizan cierta deshidratación durante el proceso de fijación.

### **1.2.5. Volumen y número de baños de deshidratación**

No es necesario o preciso que el volumen del alcohol sea demasiado alto, por lo general, suele recomendarse un volumen del baño 10 veces mayor al volumen de la muestra que se deshidratará.

Lo que se recomienda es multiplicar el número de baños. Se hacen baños sucesivos y múltiples que aportan las siguientes ventajas:

- Al permanecer menos tiempo en cada baño, menor el riesgo de endurecimiento excesivo del tejido.
- El menor índice de saturación de agua en alcohol lo que posibilita la reutilización del baño de alcohol.
- Mejor control del grado de deshidratación de la muestra.
- Se minimiza el riesgo de la alteración tisular producida por un cambio brusco en la fuerza de estación del agua.

### **1.2.6. Principales agentes deshidratantes**

- Alcohol etílico: el agente mayormente utilizado, es un excelente deshidratante con el inconveniente de ser muy inflamable y un precio superior al del alcohol metílico. Para abaratar costos se puede utilizar alcohol etílico desnaturalizado con metanol, denominado etanol para uso industrial.

- Alcohol metílico: en ocasiones suele ser utilizado como sustituto del anterior pero normalmente no. Es muy inflamable y tóxico.
- Acetona: es un agente deshidratante muy volátil y con una acción rápida. Si el tratamiento de los tejidos es rápido aumenta extraordinariamente su fragilidad.
- Alcohol butírico o butanato: es un deshidratante lento miscible con la parafina por tanto permite prescindir de los agentes aclarantes.
- Dioxan: miscible con parafina, muy tóxico en espacios pequeños.
- Alcohol isopropílico: no puede utilizarse en la inclusión en celoidina.
- Tetrahidrofurano: no se usa. Es un agente de acción rápida que no causa excesiva retracción.

### **1.2.7. Aclaración o desalcoholización**

Se trata de un proceso para sustituir el líquido deshidratante por una sustancia que pueda disolverse con el medio de inclusión y así penetrar en el tejido. Comúnmente se utiliza el xileno; raramente el dimetil benceno; más raramente tolueno, bencol o cloroformo. Se llama aclaración, ya que el tejido se torna transparente o claro en el xileno; esto se debe a que cambia su índice de refracción. En la tabla 1 se muestran las ventajas y desventajas de los agentes aclarantes.

Tabla I. **Agentes aclarantes**

Agente	Descripción	Ventaja	Desventaja
<b>Xilol o xileno</b>	Es un excelente aclarante, pero no debe dejarse un tiempo mayor a tres horas, ya que esto causaría dificultad al momento de realizar algún corte en el tejido.	Rápido aclaramiento, no disuelve la celoidina, poco endurecimiento de los tejidos, es fácil apreciar el punto óptimo de dosificación.	Tóxico, únicamente aclara desde alcohol absoluto; tiende a volver blanquecino el tejido, si se el tiempo se excede el tejido; endurece y se vuelve quebradizo.
<b>Tolueno o Toluol</b>	Muy buen aclarante, prácticamente posee propiedades similares a las del xilol.	Aclara rápido los tejidos, pero con menor velocidad que el anterior, no blanquea los tejidos; endurece menos que el xilol y puede conservar una muestra más de doce horas sin alteración evidente.	Tóxico, se aclara desde alcohol absoluto y se utiliza únicamente sino se ha utilizado xilol.
<b>Benceno</b>	Es un muy buen aclarador, el tiempo de uso es entre una a tres horas; su uso se ha descontinuado debido a su alto nivel de toxicidad.	Relativamente veloz, endurecimiento rápido y no blanquea el tejido, causa retracción mínima y se elimina fácilmente.	Alto índice de toxicidad y muy inflamable.
<b>Cloroformo</b>	Aclarador excelente para el tejido nervioso, ganglios linfáticos, embriones y muestras descalcificadas.	Muy tolerante, produce poco encogimiento, de acción lenta, rápida evaporación en el baño de parafina.	Su densidad es mayor a la de un tejido lo cual provoca que este flote en el líquido, olor poco agradable, sumamente costoso.

Fuente: elaboración propia.

### 1.2.8. **Infiltración o inclusión**

El objetivo de este proceso es rellenar o infiltrar la muestra con el medio que le dará la dureza y homogeneidad suficiente para que se puedan obtener cortes finos y de calidad. Las sustancias que generalmente se usan para este fin son: gelatina o parafina histológica.

La inclusión se logra al infiltrar la parafina líquida o cualquier medio de inclusión en estado líquido al tejido, que disuelve el medio de aclaramiento y penetra en el tejido. Por lo general, se coloca la muestra de tejido en la parafina histológica fundida a 60° C, 30 minutos durante 6 horas manteniendo la

temperatura a 60° C. Debido al calor, el xilol se evapora y los espacios anteriormente ocupados por este son ocupados por la parafina.

### **1.2.9. Microtomía**

Este proceso tiene como objetivo la obtención de cortes de espesor muy fino de 3 a 5 micrómetros; es decir, suficientemente delgados para su observación al microscopio. Se realiza habitualmente con instrumentos llamados micrótomos. Después de extender y montar el corte en una laminilla el corte debe ser secado para evitar su desprendimiento y desparafinar los cortes; tal proceso se realiza mediante su introducción en una estufa de laboratorio a 60 °C por 10 a 20 minutos, o a 37 °C hasta el día siguiente.

### **1.2.10. Desparafinación**

Este proceso tiene por objeto extraer la parafina de los cortes para poder teñir el tejido. Esto se realiza con xileno y posterior a esto se hace dilución alcohólica decreciente, desde alcohol al 100 %, para eliminar el xilol y rehidratar el tejido, mediante dos baños de cinco minutos cada uno en xileno y dos de dos minutos cada uno, en alcohol. Luego, los alcoholes en concentración decreciente.

### **1.2.11. Tinción**

Tiene el objeto de hacer visibles al microscopio todas las estructuras propias de las células, también, poder diferenciarlas. Aunque existen múltiples técnicas de tinción, en los laboratorios se utiliza rutinariamente la hematoxilina-eosina. Por la riqueza de matices rosados y rojos que da la eosina y la

excelente definición nuclear de la hematoxilina. Esta es la mejor técnica de tinción para diferenciar las estructuras celulares y tisulares.

### **1.2.12. Montaje**

Al final de todo este proceso se encuentra este paso que se realiza uniendo un cubreobjetos de cristal, mediante una sustancia que lo proteja de la desecación, del arrugamiento, de la oxidación, etcétera. El medio utilizado para esta unión del cubreobjetos debe ser, además, soluble en el aclarante y tener un punto de refracción que coincida con la muestra y con el cubreobjetos; se logra una imagen lo más translúcida posible, además de un pH neutro; habitualmente, esta sustancia es la resina sintética por su menor costo.



## **2. FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO**

### **2.1. Sistema automático**

Con el termino automático se pretende dar a entender que es un mecanismo o sistema capaz de ejecutar una serie de pasos, el mecanismo es construido con la finalidad de optimizar tiempo, lograr mayor efectividad y minimizar los costos.

Un sistema automático se define como un sistema que mantiene una condición deseada o determinada dentro de un rango o conjunto de condiciones de forma autónoma y consistente.

Los elementos que conforman un sistema automático se dividen en dos zonas las cuales se enlistan en la tabla 2.

Tabla II. **Elementos de un sistema automático**

<b>Elementos de un sistema automático</b>	
<b>Zona de mando</b>	Máquinas Accionadores Preaccionadores Captadores
<b>Zona Operativa</b>	Interfaz hombre – máquina

Fuente: elaboración propia.

Se separa en dos partes:

- Zona de mando
- Zona operativa

Dentro de la zona de mando se encuentran mecanismos programables, tiene la capacidad de comunicarse con todos los dispositivos dentro del sistema para brindarle las instrucciones.

Por otro lado, la zona operativa está formada por el conjunto de elementos necesarios con los que el sistema puede ejecutar todas las funciones para las cuales fue construido.

Los elementos que forman el sistema son:

- Máquinas: son los equipos mecánicos que realizan los procesos, traslados o transformaciones de los productos o materia prima.
- Accionadores: son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Algunos pueden ser:
  - Accionadores eléctricos: usan energía eléctrica, entre estos: electro válvulas, motores, resistencias.
  - Accionadores neumáticos: utilizan energía de aire comprimido, ejemplos: cilindros, válvulas, etc.
  - Accionadores hidráulicos: aprovecha la energía de la presión del agua, se usan para controlar velocidades lentas pero precisas.
- Preaccionadores: tienen la función de comandar y activar los accionadores. Algunos pueden ser: contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.
- Captadores: son sensores y transmisores, su trabajo es captar las señales necesarias para conocer el estado del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.
- Interfaz hombre-máquina: permite la comunicación entre el operario y el proceso, se puede realizar una interfaz gráfica de computadora, pulsadores, teclados, visualizaciones, etc.

## **2.2. Ventajas y desventajas de un sistema automático**

El mundo de la tecnología es maravilloso debido a que ofrece un sinnúmero de oportunidades para realizar cantidad de trabajos.

La mayor parte de los procesos generados por sistemas automáticos poseen considerables ventajas, gran rentabilidad y versatilidad frente al control manual de un mismo proceso; entre estas se pueden destacar:

- Óptima calidad del trabajo debido al desarrollo del proceso.
- Reducción de tiempo y mayor cantidad de productos dado que los equipos no son seres vivos y no necesitan descansar.
- Mayor ganancia debido a la reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Capacidad para adecuarse a productos innovadores.
- Mayor seguridad para los asalariados ya que trabajaría como supervisor y no como manipulador.
- Uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Facilidad de incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento de los equipos y máquinas que actúan en el proceso.

- Se genera homogeneidad, ajuste a especificaciones y una menor cantidad de productos defectuosos.

Y entre las desventajas de un sistema automático están:

- La inversión en equipos para la automatización industrial es bastante elevada.
- Necesidad de personal calificado para realizar tareas como el mantenimiento preventivo y modificaciones de mejora debido a que este personal es caro y escaso.
- Dificultad al modificar el sistema.

### **2.3. Requisitos para un sistema automatizado**

Existen ciertos requisitos de suma importancia y que deben cumplirse a la hora de automatizar un proceso, de no cumplirse con estos se estaría afectando las ventajas de la automatización; por lo tanto, no se podrían obtener todos los beneficios que esta brinda, estos requisitos son:

- Compatibilidad electromagnética: debe existir la capacidad para operar en un ambiente con ruido electromagnético producido por motores y máquina de revolución. Para solucionar este problema, generalmente, se hace uso de pozos a tierra para los instrumentos estabilizadores, ferresonantes para las líneas de energía; en algunos equipos ubicados a distancias grandes del tablero de alimentación (>40 m) se hace uso de celdas apantalladas.

- **Expansibilidad y escalabilidad:** característica del sistema que le permite crecer para atender las ampliaciones futuras de la planta o para atender las operaciones no tomadas en cuenta al inicio de la automatización. Se analiza bajo el criterio de análisis costo-beneficio; típicamente, suele dejarse una reserva en capacidad instalada ociosa alrededor de 10 % a 25 %.
- **Mantenimiento:** se refiere a tener disponible por parte del proveedor, un grupo de personal técnico capacitado dentro del país, que brinde el soporte técnico adecuado cuando se necesite de manera rápida y confiable. Además, implica que el proveedor cuente con repuestos en caso de que sean necesarios.
- **Sistema abierto:** los sistemas deben cumplir los estándares y especificaciones internacionales. Esto garantiza la interconexión y compatibilidad de los equipos a través de interfaces y protocolos, también facilita la interoperabilidad de las aplicaciones y el traslado de un lugar a otro.

#### **2.4. Sistema de control**

Un sistema de control es la aplicación de un sistema automático adecuadamente controlado; esto se debe por la gran variedad de objetivos que se necesitan efectuar ya sea en el entorno industrial, doméstico, público, etc.

Se aplica en campos tan diversos como el control de procesos químicos, control industrial de producción basada en autómatas, máquinas herramientas, control de variables a nivel médico e incluso en aplicaciones militares.

La vida cotidiana se ve afectada por los sistemas de control, que con el pasar de los años han evolucionado cada vez más y son parte importante del desarrollo de la civilización moderna y la tecnología; sin embargo, los sistemas de control pueden ser altamente complejos y otros serán muy simples.

Para su funcionamiento requiere de una condición fundamental: un flujo de información permanente de las señales de entrada. Si esto no ocurre, el control automático no existe.

Por ejemplo, un calefactor controlado por medio de un termostato que regula automáticamente la temperatura de alguna habitación. La entrada de este sistema es una temperatura de referencia y la salida es la temperatura de esa habitación. Cuando el termostato detecta que la salida es menor que la entrada, el calefactor produce calor hasta que la temperatura de salida (es decir la temperatura de la habitación) sea igual a la temperatura de entrada (la referencia); entonces, el calefactor se desconecta automáticamente hasta que detecte un cambio en el sistema.

Los sistemas de control se clasifican en dos grupos esto según su comportamiento.

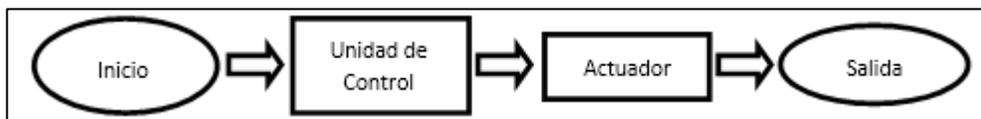
- Sistema de control de lazo abierto
- Sistema de control de lazo cerrado

#### **2.4.1. Sistema de control de lazo abierto**

Este es un sistema donde el proceso actúa únicamente dependiendo de la señal de entrada y obtiene como resultado una señal de salida independiente de la señal de entrada. Esto quiere decir que es un sistema no realimentado y

que la señal de salida no se convierte en una señal de entrada para el controlador.

Figura 2. **Esquema de un sistema de control de lazo abierto**



Fuente: elaboración propia.

Ejemplo, una lavadora de ropa, la señal de salida es la ropa lavada; no se introduce en el sistema en ningún momento para dar el proceso por terminado. Es posible que la ropa no esté bien lavada pero el sistema no puede rectificar automáticamente.

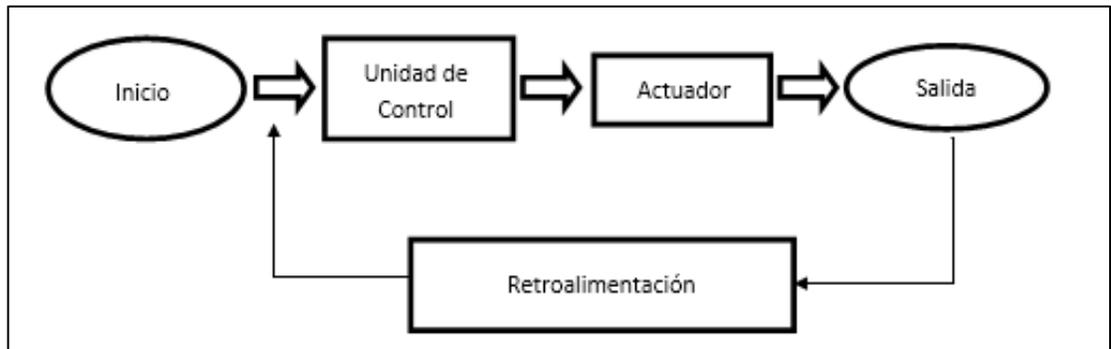
Este sistema se caracteriza por:

- Sencillez y ser de un concepto fácil
- Nada asegura su estabilidad ante algún trastorno
- La salida no se compara con la entrada
- La precisión depende de la calibración que se le brinde al sistema

#### **2.4.2. Sistema de control lazo cerrado**

Este es un sistema cuya acción de control depende de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado utilizan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar su control. Estos sistemas son utilizados cuando un proceso no es posible de regular por el hombre; producciones a gran escala que exigen grandes instalaciones.

Figura 3. **Esquema de un sistema de control de lazo cerrado**



Fuente: elaboración propia.

Ejemplo: el movimiento de la boya produce más o menos obstrucción en un chorro de aire o gas a baja presión. Esto se traduce en cambios de presión que afectan a la membrana de la válvula de paso, haciendo que se abra más cuanto más cerca se encuentre del nivel máximo.

El sistema de control de lazo cerrado se caracteriza por:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- La propiedad de retroalimentación.
- Son estables ante trastornos.

### **2.4.3. Características de un sistema de control**

Para considerar que un sistema de control como tal, se observará que este posee ciertas características que lo distinguen; estas se describen a continuación:

- Señal de corriente de entrada: considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.
- Señal de corriente de salida: respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.
- Variable manipulada: es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.
- Variable controlada: es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.
- Conversión: mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.
- Variaciones externas: son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.
- Fuente de energía: energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.

- Retroalimentación: la retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables de estado. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial, se dice que hay una retroalimentación positiva.
- Variables de fase: son las señales que resultan de la transformación del sistema original a la forma canónica controlable. De aquí se obtiene también la matriz de control cuyo rango debe ser de orden completo para controlar el sistema.

## **2.5. Automatización en Guatemala**

Como en muchas ciudades industrializadas en el mundo, Guatemala es un país con la necesidad de la automatización industrial, ya que brinda un gran aporte a la fabricación y producción de alimentos, energía, entre otros. Al mismo tiempo es una estrategia clave para la mejora de la competitividad a nivel regional, en la exportación de los productos.

Algunas de las empresas que cuentan con un alto nivel de automatización dentro de sus fábricas son:

- Cervecería Centroamericana
- ECA (Embotelladora de Centro América)
- Coca Cola
- Bimbo
- Pepsi Cola, etc.

Cabe mencionar que las industrias privadas son las que mejor tecnología poseen dentro del país, ya que se pueden observar sectores donde esta es un área con mucha deficiencia debido a la gran inversión que se debe suministrar o al personal calificado que se debe contratar.

Entre los sectores donde se encuentra esta falta de tecnología están:

- Hospitales
- Escuelas
- Universidades
- Servicios públicos
- Servicios domésticos, entre otros

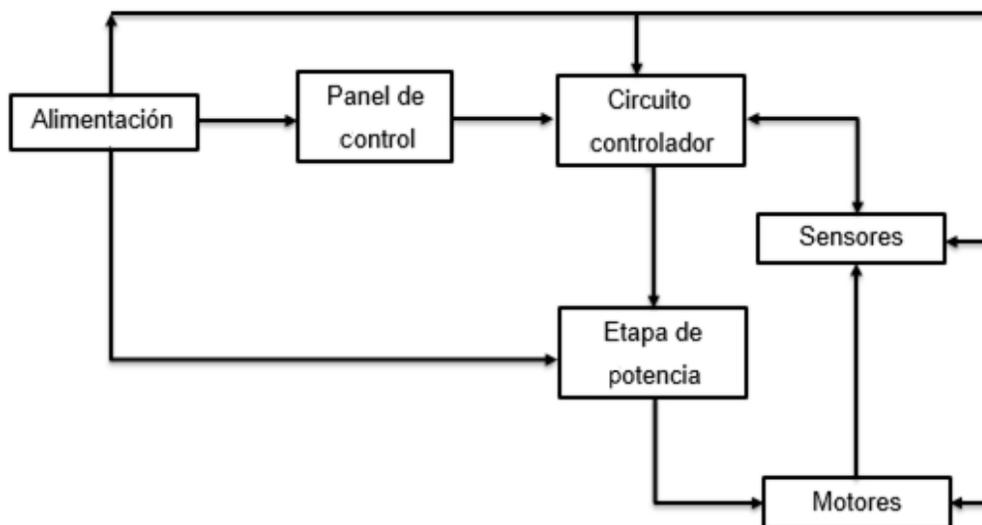
### 3. DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA

#### 3.1. Módulo de alimentación

Todo dispositivo electrónico debe poseer una fuente de poder, la cual le brinde la energía necesaria para realizar las tareas que le han sido asignadas.

En este diseño de automatización se utilizan dos tipos de fuente de alimentación:

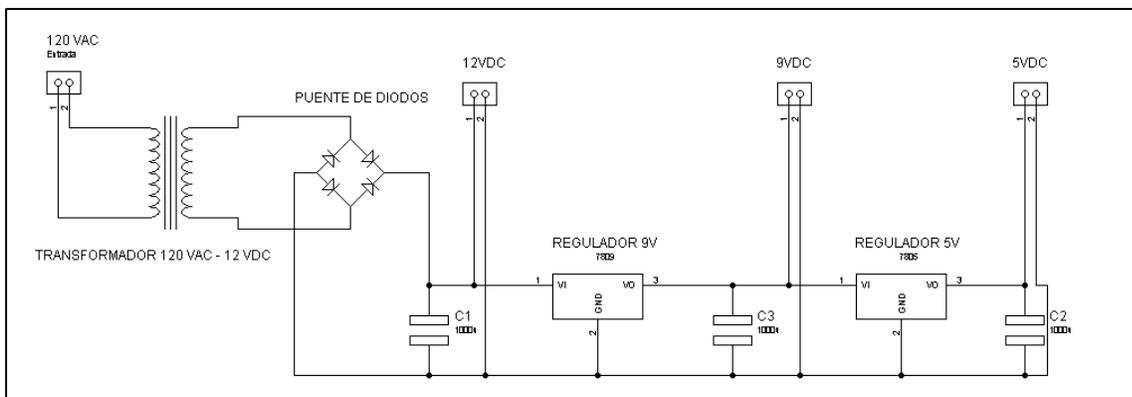
Figura 4. Esquema del diseño distribuido por fases



Fuente: elaboración propia.

- Corriente alterna: esta fuente consiste en la toma general de energía que se obtendrá de una conexión de 120 VAC para alimentar a los motores y que ejerzan el trabajo deseado. Este es un valor variable en el tiempo.
- Corriente directa: esta alimentación se obtiene de la conversión de la corriente alterna en donde ésta última, pasa por un transformador que disminuye su amplitud de 120 VAC a 12 VAC; luego, pasa por un puente de diodos que rectifica la señal para obtener VDC. Para obtener niveles de voltaje utilizables, se colocarán reguladores para reducir la amplitud de voltaje a 9 VDC y 5 VDC.

Figura 5. **Diseño del circuito de fuente de alimentación**



Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

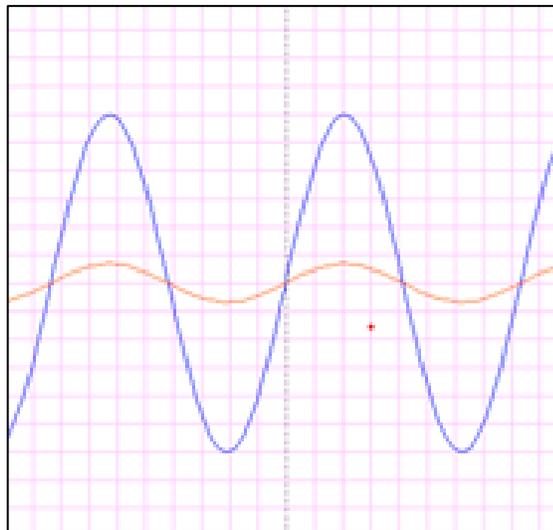
De esta manera se consigue lo propuesto:

- Señal de ingreso al transformador: 120 VAC, 60 Hz; según la teoría de la ley de Faraday no dice que un potencial eléctrico ejercido sobre una línea es capaz de producir un campo magnético alrededor de esta; luego,

aplicando la ley circuital de ampere, un material conductor eléctrico sumergido en un campo magnético es capaz de generar energía eléctrica debido a la inducción del campo magnético sobre el material. Esto es lo que sucede entre la bobina primaria y secundaria del transformador, la intensidad o amplitud de esta energía se debe a la razón de las vueltas entre la bobina primaria y la secundaria, para este caso la razón debe ser 10:1 para obtener una señal de egreso de 12 VAC.

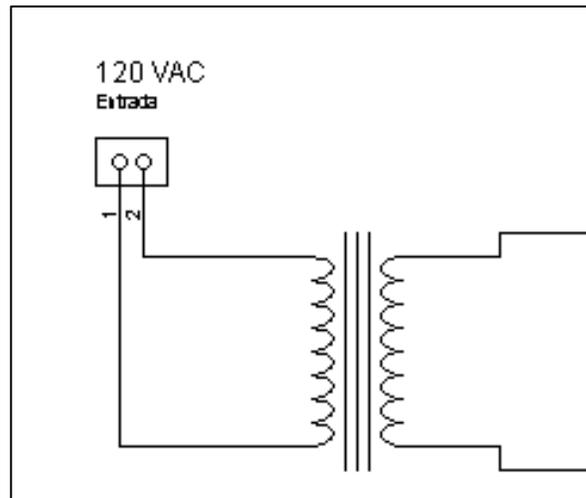
En la figura 7 se observa la conexión de transformador para obtener los 12 VAC y en la figura 6 se muestra la gráfica obtenida de un osciloscopio con las señales de entrada y salida del transformador.

Figura 6. **Gráfica señal de entrada y salida**



Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

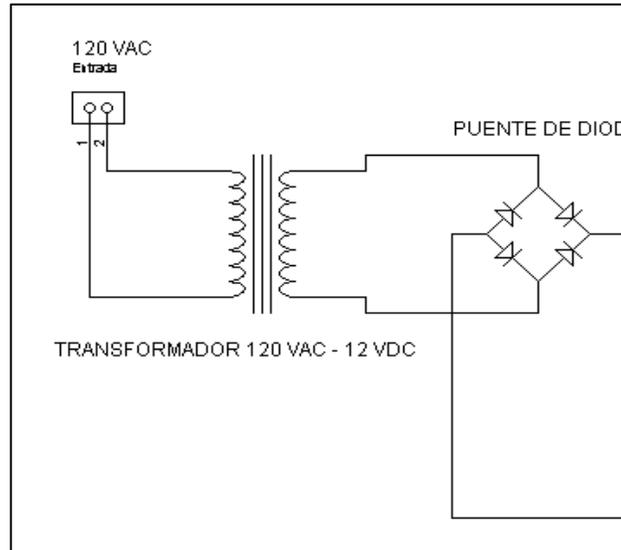
Figura 7. **Conexión transformador**



Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

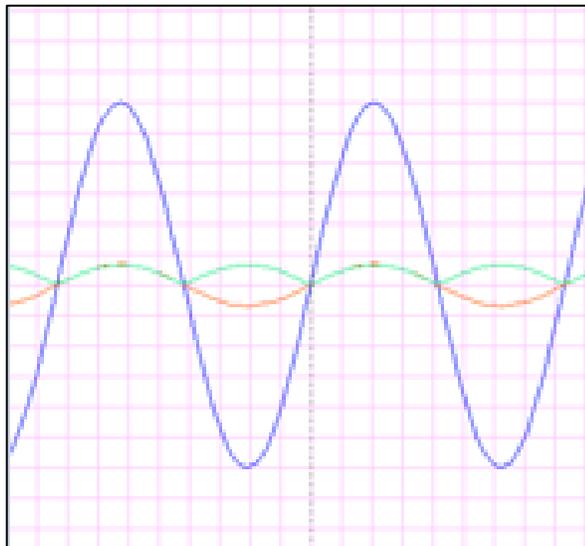
Luego de reducir la energía proporcionada entra la etapa de rectificación, en la cual la señal es introducida en un puente de diodos y se obtiene una señal únicamente con valores arriba del 0. Como se puede apreciar en la figura 8, se observa la conexión que debe realizarse entre el puente de diodos y el transformador; en las figuras 9 y 10 se muestra en amarillo la señal de 120 VAC, en azul 12 VAC y en rosa la señal de salida del puente de diodos; estas dos imágenes se diferencian únicamente en el eje de referencia de la señal obtenida esto se debe exclusivamente para mostrar la diferencia entre las  $V_i$  y  $V_o$ .

Figura 8. **Conexión puente de diodos**



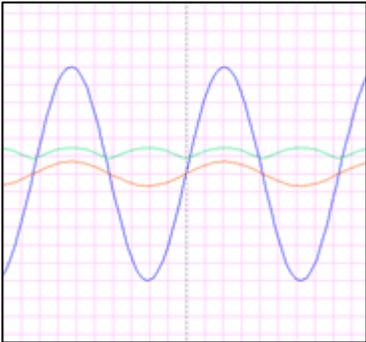
Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

Figura 9. **Señal Rectificada entrada puente de diodos**



Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

Figura 10. **Señal rectificada salida de puente de diodos**

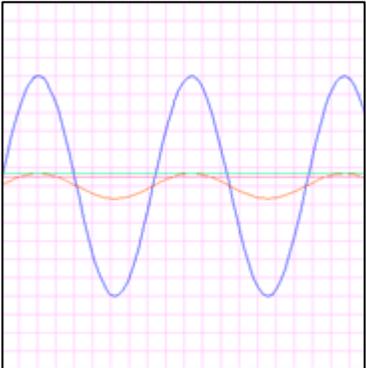


Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

Para obtener un voltaje continuo en el tiempo es necesario colocar un condensador ya que este componente pasivo es un elemento que almacena energía, ver figura 12.

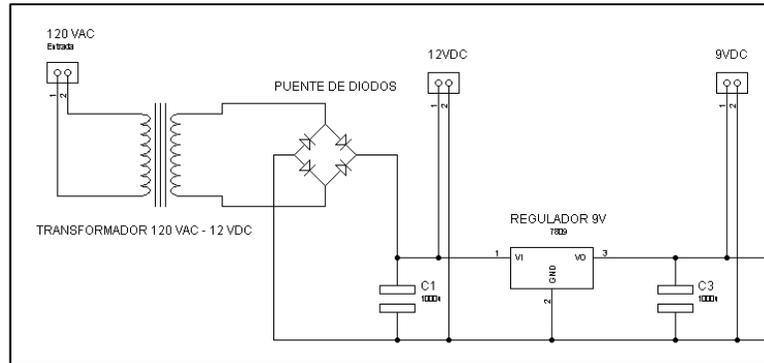
La figura 11 representa la gráfica de la señal de salida de 12 Vdc y 9 Vdc.

Figura 11. **Señal de salida continua**



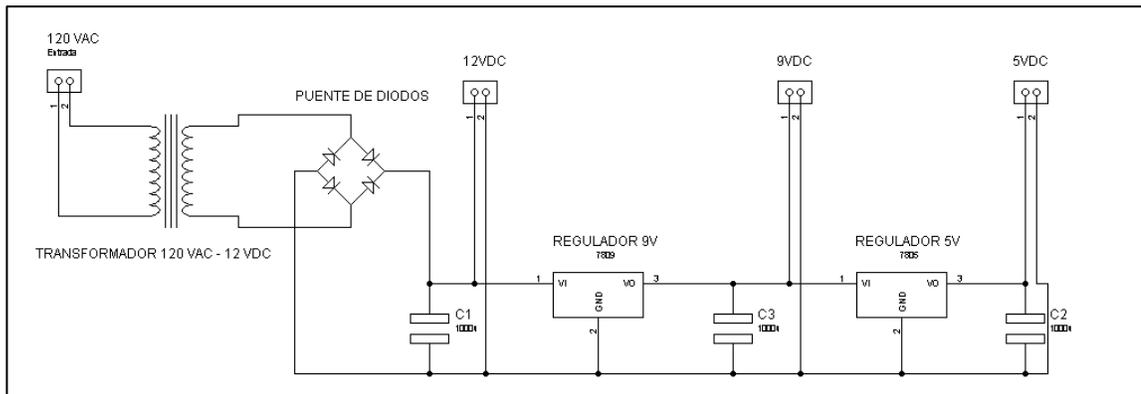
Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

Figura 12. **Conexión circuito rectificador con circuito regulador de voltaje**



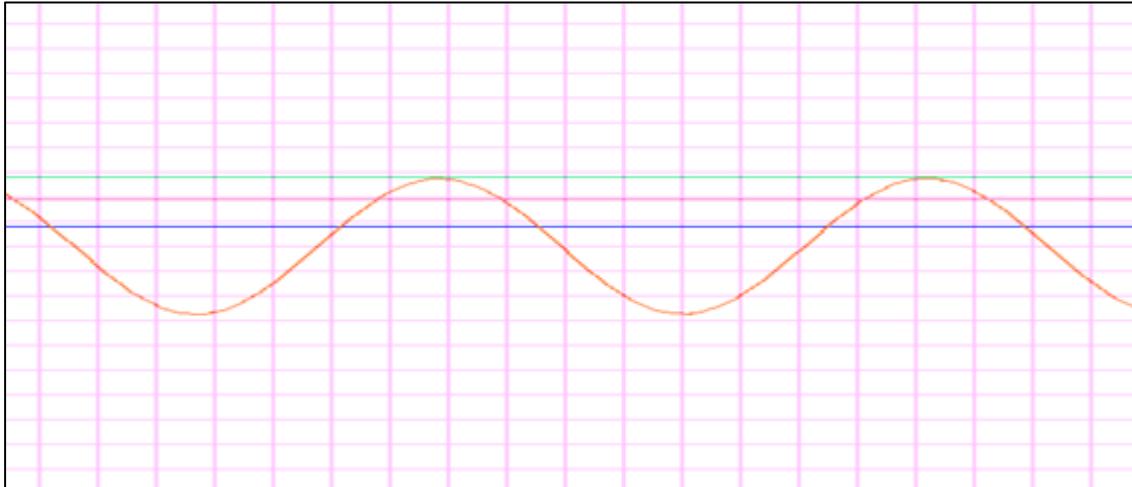
Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

Figura 13. **Circuito completo de alimentación para el sistema automático**



Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

Figura 14. **Gráfica de niveles de voltaje de corriente continua y 12 Vac**



Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

### 3.2. **Panel de control**

Este panel de control contiene tres botones: *inicio*: inicia todo el proceso de imbibición; *stop*: para el proceso, pero sin perder datos del tiempo que llevan los tejidos sumergidos en el alcohol y con la opción de volver a reanudar el proceso; *reset*: para el proceso sin la opción de volverlo a reanudar.

Este panel de control también contará con una pantalla LCD para indicar cómo va el proceso, cuánto tiempo ha estado sumergida cada varilla con sus respectivos tejidos y el tiempo que falta por terminar cada proceso.

### 3.3. **Circuito de control**

Para realizar un proceso automatizado este debe ser controlado de alguna manera, ya que se debe saber el estado en el cual se encuentra dicho proceso.

En la automatización hay diversas maneras de interpretar digitalmente la mecánica del proceso, para ello se suelen utilizar sensores: posición, temperatura, lumínicos, humedad, presión, etc. Para este diseño en específico se utilizan sensores de posición y de temperatura; si estos sensores detectan un cambio muy brusco o la medida está fuera del rango establecido entran en función los actuadores que permiten reestablecer los valores idóneos.

El circuito controlador es gobernado por un microcontrolador (en este caso se utilizará un PIC de la familia 16f887); dicho dispositivo fue elegido por su versatilidad y efectividad; será programado para efectuar las distintas tareas a las que se someterá este equipo automatizado de bajo costo; como el *timer* que controlará el tiempo de sumersión, las indicaciones que se desplegarán en la LCD, la interfaz que ayudará a que el usuario interprete de mejor manera lo que sucede durante el proceso.

Tabla III. **Configuración de pines del microcontrolador**

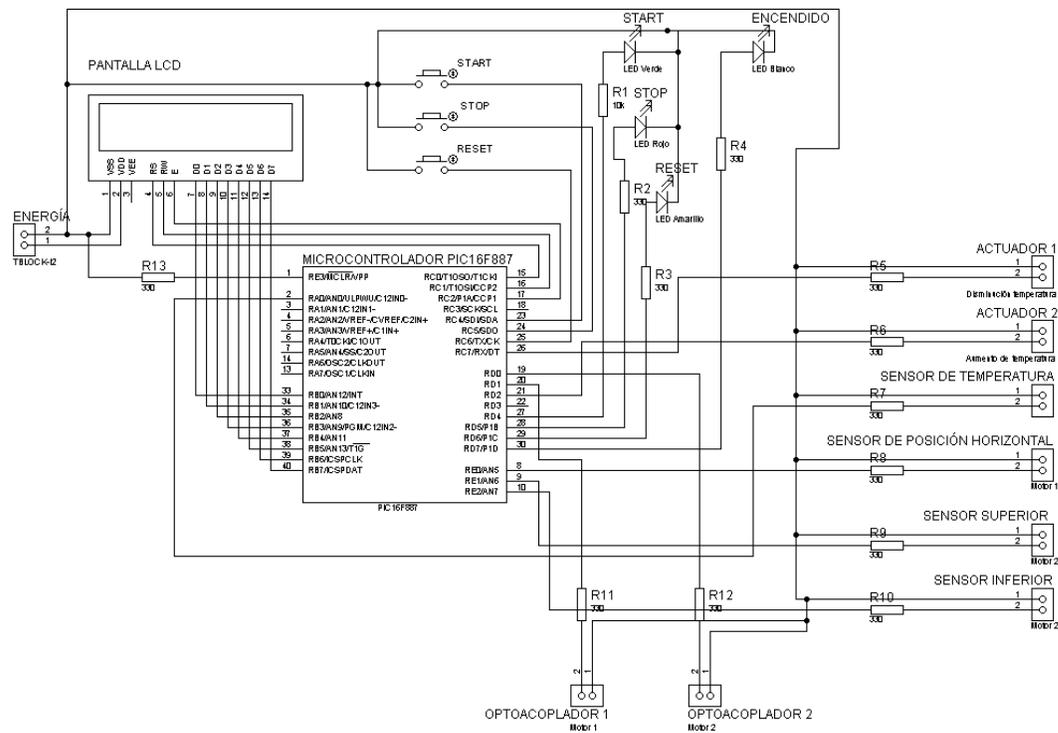
Conexión de dispositivos			
1.	Pull-up	21.	Actuador 1 (disminuye temperatura)
2.	Sensor de temperatura	22.	-
3.	-	23.	Start
4.	-	24.	Stop
5.	-	25.	Reset
6.	-	26.	Actuador 2 (aumenta temperatura)
7.	-	27.	Led start
8.	Sensor para movimiento de posición horizontal	28.	Led stop
9.	Sensor superior movimiento vertical	29.	Led reset
10.	Sensor inferior movimiento vertical	30.	Led encendido
11.	Vdd	31.	Vss
12.	Vss	32.	Vdd
13.	RELOJ IN	33.	Dato 0 LCD

Continuación de la tabla III.

14.	Reloj OUT	24.	Dato 1 LCD
15.	Rs LCD	35.	Dato 2 LCD
16.	Rw de LCD	36.	Dato 3 LCD
17.	E de LCD	37.	Dato 4 LCD
18.	-	38.	Dato 5 LCD
19.	Optoacoplador 2	39.	Dato 6 LCD
20.	Optoacoplador 1	40.	Dato 7 LCD

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Diseño del circuito de control del sistema automatizado**



Fuente: elaboración propia utilizando software Proteus.

El circuito funcionará de la siguiente manera:

Al encenderse, el microcontrolador enviará una señal para que el led de encendido indique que este ha sido iniciado; para que el proceso dé inicio, se presionará el botón *start*, el cual se ubicará en el panel de control junto con la pantalla LCD, los leds indicadores y los botones *stop*; este interrumpe el ciclo dando la posibilidad de seguir con este; *reset*, con esta opción todo volverá a su posición inicial: motores, sensores, cronómetro, para que el ciclo pueda iniciar de nuevo.

Al ser presionado el primer botón, se iniciará la secuencia; el motor vertical se inicia gracias a un pulso que el microcontrolador envía hacia el optoacoplador, este swichará para proveerle la energía necesaria al motor el cual se desactivará una vez y los sensores superiores detecten su posición máxima dentro del sistema; esto servirá para ingresar los tejidos dentro de las canastillas; para esto se abrirá una ventana temporal.

Una vez la ventana temporal se haya cumplido, el motor volverá a ser activado por el mismo proceso con la variedad del giro en sentido inverso hasta su mínima posición la cual será percibida por el sensor inferior; posteriormente, se iniciará la secuencia de giro vertical combinado con el giro horizontal; esto será en intervalos de tiempos en los cuales los distintos grados de alcohol logren el objetivo de deshidratar el tejido con ayuda del sensor de temperatura que tendrá que verificar que la medida sea de 60 grados centígrados.

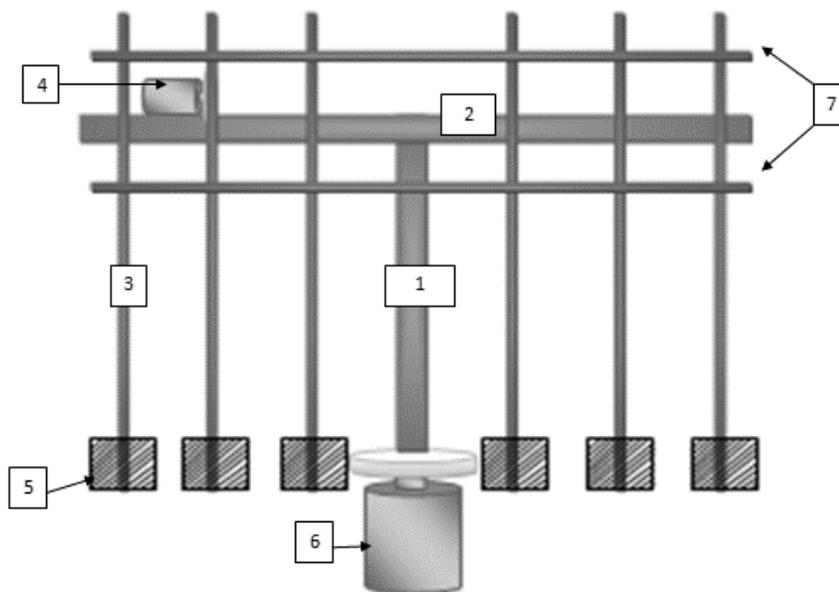
Este proceso se repetirá hasta que el tiempo en la última canastilla se cumpla y así se obtenga el resultado deseado.

### 3.4. Etapa de potencia

Sensores: cada vez que el tiempo de inmersión haya concluido este activará y mandará un pulso el cual activará el acoplador para la etapa de potencia y los motores entrarán en funcionamiento, que por medio del acoplador y el *triac* controlará el arranque de estos motores.

El sector mecánico se comprenderá de dos motores AC los cuales se encargarán de los movimientos principales: un motor introduce y retira las canastillas que contienen los tejidos, dentro del recipiente con el alcohol que le corresponda y el otro motor en la movilización circular que ayudará para que estas varillas que sostienen a las canastillas cambien de alcohol en un tiempo determinado.

Figura 16. Elementos físicos y/o mecánicos del sistema



Fuente: elaboración propia utilizando software Microsoft Visio.

- Soporte tubo de aluminio.
- Estructura plana: girará para el cambio de posición de las canastillas.
- Varillas verticales de aluminio: servirán de apoyo para el sensor de posición e indicadores del motor 1.
- Motor 1: este motor introduce y retira las canastillas que contienen los tejidos, dentro del recipiente con el alcohol que le corresponda.
- Canastillas: en ellas se depositarán los tejidos los cuales posteriormente serán introducidos en los distintos alcoholes.
- Motor 2: se encargará de la movilización circular que ayudará para que estas varillas que sostienen a las canastillas cambien de alcohol en un tiempo determinado.
- Varillas horizontales de aluminio: servirán de apoyo para el sensor de posición e indicadores del motor 2.

### **3.5. Sensor de temperatura**

Este sensor se encargará de mantener la temperatura ideal para que el proceso se realice de una manera óptima y eficaz. Se apoyará mediante dos actuadores que nivelarán la temperatura para que se mantenga dentro de un rango controlado.



## 4. DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

Para la ejecución del software de este sistema, se hizo uso de una herramienta conocida como PIC SIMULATOR IDE. Esta posee un entorno de programación integrado que además permite la creación de programas en lenguaje *assembler* e incorpora soporte para varios dispositivos.

El PIC SIMULATOR IDE soporta el amplio número de microcontroladores (MCUs) de la línea de 8 bits arquitectura del producto Microchip PIC de medio rango (modelos seleccionados PIC16F, PIC12F, PIC10F).

Otro aspecto que debe mencionarse es la inclusión de una vasta cantidad de módulos E/S que simulan exactamente lo que indica este programa; incluye un módulo LCD, teclado, osciloscopio, entre otros.

A continuación, unas de las principales características del PIC SIMULATOR IDE:

- Interfaz de simulación principal que muestra la arquitectura interna del microcontrolador.
- Editor de la memoria del programa FLASH, editor de la memoria de datos EEPROM, editor de pila de hardware.
- Interfaz de microcontrolador *pinout* para la simulación de las entradas de E / S digitales y analógicas.

- Gestor de puntos de interrupción para la depuración de código con el apoyo puntos de interrupción.
- Tres tipos básicos de datos enteros (1 bit, 1 byte, 2 bytes), de 4 bytes (32 bits) de longitud del tipo de datos entero con la aritmética de 32 bits, de 4 bytes (32 bits) sola coma flotante de precisión tipo de datos con funciones matemáticas de precisión simple; matrices tipo de datos de cadena con un amplio conjunto de funciones relacionadas con la cadena; todos los elementos del lenguaje Basic estándar; soporte para el lenguaje estructurado (procedimientos y funciones); Modbus maestro / apoyo a la ejecución de esclavos; la interconexión implementación tarjetas MMC / SD / SDSC / SDHC (con soporte de archivos FAT16 sistema y soporte de sistema de archivos FAT32); soporte de lenguaje de alto nivel para el uso de la memoria EEPROM interna, utilizando el módulo convertidor a / D interno; el uso de las interrupciones; la comunicación en serie usando UART hardware interno; software de aplicación UART; la comunicación I2C con dispositivos I2C externos; *serial peripheral interface* (SPI) de comunicación; interfaces LCD de caracteres, que interactúa; LCD gráficas con 128x64 matriz de puntos, servos R / C; control de motor paso a paso; los dispositivos 1-Wire, DS18S20, mediante PWM interna módulos.
- Editor de bits de configuración.
- Terminal de puerto serie del PC para la comunicación con dispositivos reales conectados al puerto serie.
- Interfaz de simulación módulo LCD de módulos LCD de caracteres.

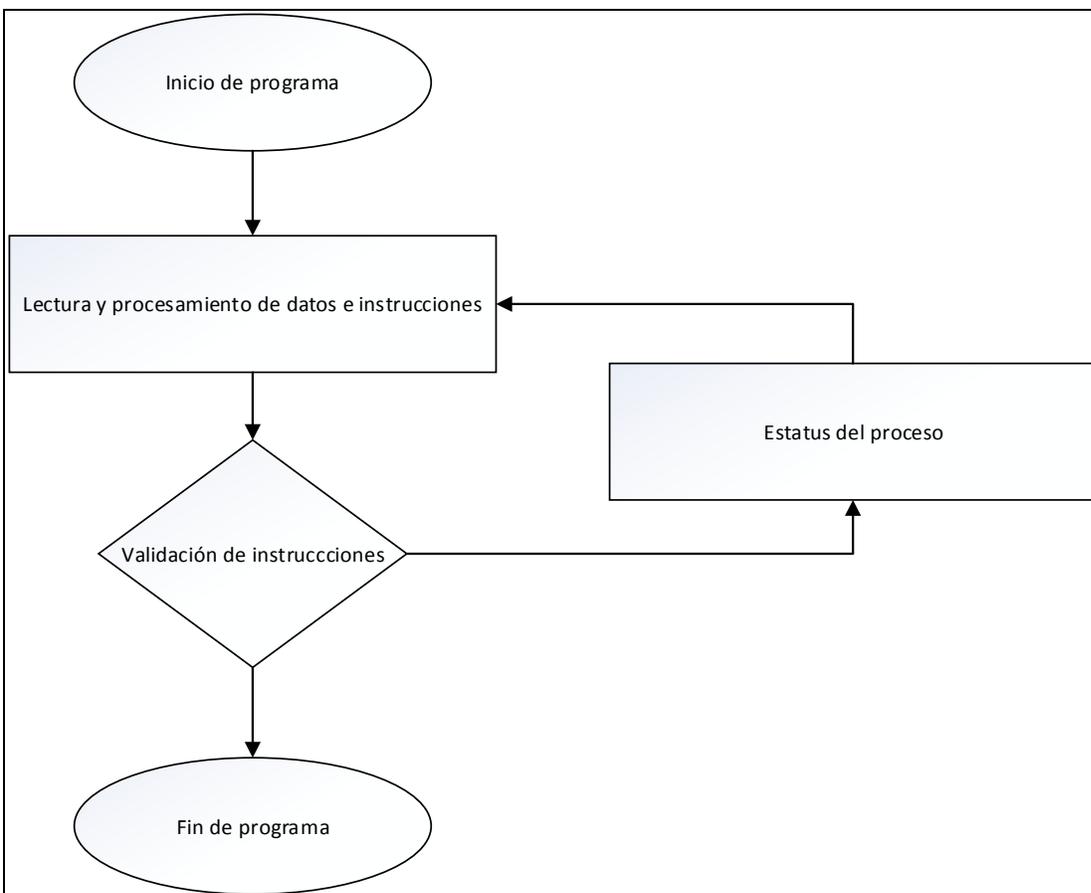
- Interfaz gráfica LCD 128x64 simulación módulo para módulos LCD gráficos.
- Interfaz de simulación de la fase del motor paso a paso para el motor paso a paso la visualización de conducción.
- Módulo de simulación para memorias EEPROM I2C externos de la familia 24C.
- Interfaz de hardware de simulación UART.
- Interfaz UART simulación de software para el software implementado rutinas UART.
- Osciloscopio (con función de zoom) y herramientas de simulación generador de señales.
- 7 segmentos interfaz de pantallas led de simulación.
- Herramienta de DS18S20 / DS18B20 simulación termómetro digital.
- Herramienta de dispositivo de simulación Modbus (maestro / esclavo).
- Soporte para módulos de simulación externos.
- Amplias opciones de programa, temas de color.

#### 4.1. Lógica del programa

La lógica del programa es simple, ya que posee procesos rápidos de ejecutar y no sobrecarga la memoria del PIC. El *scrip* del programa elaborado por el autor se presenta en los anexos del documento actual.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo el cual muestra el modo de funcionamiento del programa, ver figura 17.

Figura 17. Diagrama de flujo procesos del software



Fuente: elaboración propia utilizando software Microsoft Visio.

## 4.2. Inicio del programa

Para dar con el inicio del programa se cuenta con una interfaz de usuario la cual permite que el usuario logre comunicación con el aparato; esta interfaz es el panel de control (figura 18) del cual se hizo mención anteriormente.

Figura 18. **Panel de control**



Fuente: elaboración propia utilizando software Microsoft Visio.

## 4.3. Lectura y procesamiento de datos e instrucciones

La lectura y el procesamiento de los datos de este programa tiene como objetivo primordial y por jerarquía ejecutar las instrucciones brindadas por el operador, mediante la interfaz de comunicación; en un segundo plano, las instrucciones ya programadas; esto por cualquier tipo de eventualidad que surja al momento de dar inicio al proceso o bien mediante su ejecución.

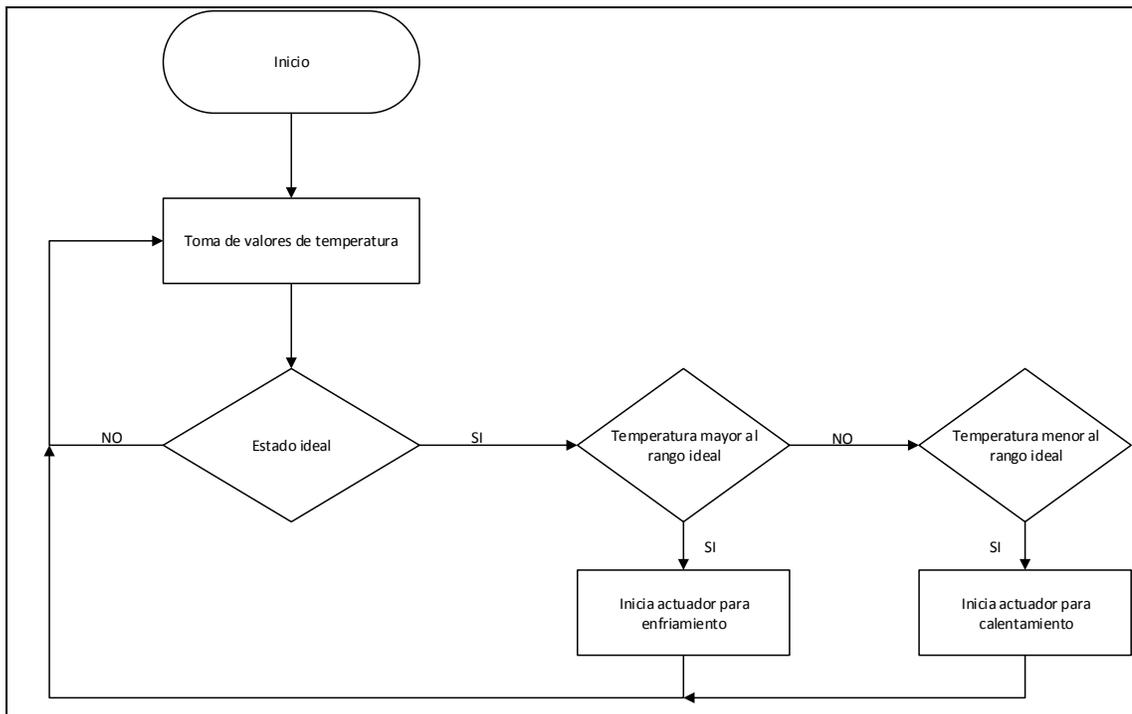
#### **4.4. Validación de instrucciones**

Dentro de este segmento de validación de instrucciones y secuencia del proceso, el programa verifica y valida la posición donde se encuentra el tejido y la temperatura en la que se encuentra el ambiente dentro del mecanismo.

La verificación de la temperatura la realiza mediante el ADC programado, ya que este posee un rango específico de conversión entre valores análogos y digitales, para los distintos estados: ideal y alarma crítica. La diferencia entre estos radica en el rango bridado para la temperatura.

Para el estado ideal, el PIC únicamente recibe los datos de lectura del sensor. Este estado seguirá percibiéndose en cuanto los valores no hayan alcanzado los  $\pm 5$  °C fuera del rango, ya que este estado se denomina alarma crítica; para este caso el PIC da la instrucción de activar el actuador que permite regular la temperatura del interior del mecanismo.

Figura 19. **Diagrama de flujo de validación de instrucción de temperatura**



Fuente: elaboración propia utilizando software Microsoft Visio.

Para la validación de posición se tendrá en la parte física un sensor de contacto vertical y un sensor horizontal. En la lógica del programa, cada vez que estos sensores envíen un impulso eléctrico al PIC se activará un contador el cual indicará la posición donde se encuentra.

Por ejemplo, al iniciar el programa los contadores estarán en 0  $SV=0$ .  $SH=0$ , que indican la posición, el sensor vertical poseerá dos estados 0 y 1; el sensor horizontal tendrá 6 estados (0, 1, 2, 3, 4 y 5) para obtener una combinación de 12 estados posibles.

Los estados verticales indican si el tejido se encuentra sumergido o no. El sensor horizontal indicará en qué % de alcohol se encuentra el tejido. Por lo tanto, indica el tiempo restante del proceso.

#### 4.5. Estatus del proceso

Para que el operador pueda observar el estado del proceso, este se desplegará en la LCD del panel de control. En esta pantalla podrá obtener la temperatura, el porcentaje de avance del proceso, el tiempo de ejecución ( $T_a$ ) (figura 20) y el tiempo restante ( $T_r$ ) (figura 21).

Figura 20. Panel de control del tiempo de ejecución



Fuente: elaboración propia utilizando software Microsoft Visio.

Figura 21. **Panel de control del tiempo restante**



Fuente: elaboración propia utilizando software Microsoft Visio.



## CONCLUSIONES

1. La reducción del costo está asociado a la disminución del número de componentes electrónicos; junto a esto el diseño es capaz de realizar las funciones para las cuales fue creado.
2. Con la utilización de la circuitería como hardware, el aparato funcionará correctamente; con esto se mejoró el diseño electrónico, ya que la creación de del diseño mecánico puede variar según el ingeniero; el diseño de la circuitería se creó con el fin de adaptarse fácilmente a cualquier diseño mecánico propuesto para este propósito.
3. La implementación de los elementos en la construcción del hardware utiliza dispositivos sencillos los cuales proporcionan una vida útil; su mantenimiento es muy económico, por lo tanto, se reduce el costo operativo.
4. El microcontrolador PIC®16F887 tiene la versatilidad de manejar diferentes dispositivos periféricos de entrada y de salida con las respectivas interfaces de acoplamiento; con lo cual se logró diseñar un software capaz ejecutar el proceso de una manera transparente para el operador.
5. El operador logra una mejora en los tiempos de respuesta ya que el dispositivo cuenta con la temperatura indicada que permanecerá constante debido a que cuenta con PID, con ello se disminuye el tiempo de operación y se aligera el proceso.



## RECOMENDACIONES

1. Para el óptimo funcionamiento del equipo, se debe verificar que la temperatura de funcionamiento del equipo se mantenga en 65 °C; de no ser así; se deberán realiza mantenimientos para verificar los sensores y actuadores.
2. Realizar la limpieza de los recipientes que se hayan utilizado para el proceso, esto con la finalidad de evitar el deterioro del material y los diversos sucesos los cuales puedan influir en la vida útil de los dispositivos electrónicos.
3. Para un mayor y mejor desempeño, para realizar estadísticas, para permitir su manipulación remota y para informar acerca del estado operativo del proceso, se podría sustituir el microcontrolador actual por uno de mayor procesamiento que maneje distintos protocolos de comunicación (esta aplicación incrementaría el costo ya que incrementa la circuitería).



## BIBLIOGRAFÍA

1. Circuit Technologies. *ICP01 – USB programmer*. [En línea]. <<http://www.piccircuit.com/doc/iCP01v1.0.pdf>> [Consulta: 2 de marzo de 2016].
2. *Introducción a Proteus*. [En línea]. <<http://img.redusers.com/imagenes/ebook/lpcu239/notagratis.pdf>>. [Consulta: 5 de septiembre de 2015].
3. KUO, Benjamín. *Sistemas de control automático*. 7a ed. México, Naucalpan de Juárez: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1996. 204 p.
4. *Manual de procedimientos y técnicas histopatológicas*. [En línea]. <<http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/110/1/MANUALDEPROCEDIMIENTOSYTECNICASHISTOPATOLOGICAS.pdf>>. [Consulta: 12 de octubre de 2015].
5. *Manual Proteus*. [En línea]. <<http://nv50.0fees.net/wp-content/uploads/manualproteus.pdf>> [Consulta: 5 de septiembre de 2015].
6. *Microchip, PICkit2 User's Guide* [En línea]. <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51553E.pdf>> [Consulta: 16 de marzo de 2016].

7. *Primera clase de histología, técnicas histológicas y microscopio*. [En línea]. <<http://es.slideshare.net/andreasthefania/primera-clase-de-histologia-tecnicas-histologicas-y-microscopio>>. [Consulta: 25 de octubre de 2015].
8. *Pic simulator IDE basic compiler manual*. [En línea]. <<http://www.oshonsoft.com/picbasiccompilerreferencemanual.html>> [Consulta: 8 de marzo de 2016].
9. SEDRA, Adel; SMITH Kenneth. *Circuitos microelectrónicos*. 4a ed. México: Oxford University Press, 1998. 305 p.
10. *Técnicas histológicas*. [En línea]. <<http://www.wesapiens.org/es/class/4933003/T%C3%A9cnicas+Histol%C3%B3gicas>>. [Consulta: 9 de diciembre de 2015].