

**DISEÑO DE UN LAVADOR AUTOMÁTICO PARA PIPETAS DE LABORATORIO**

**NELSON ANDRÉS ACOSTA ZULUAGA  
JORGE HERNANDO ARBELÁEZ CARDONA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA MECATRÓNICA  
MEDELLÍN  
2015.**

**DISEÑO DE UN LAVADOR AUTOMÁTICO PARA PIPETAS DE LABORATORIO**

**NELSON ANDRÉS ACOSTA ZULUAGA  
JORGE HERNANDO ARBELÁEZ CARDONA**

**Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en mecatrónica**

**Asesor**

**Carlos Alberto Valencia Hernández.  
Ingeniero en instrumentación y control**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA MECATRÓNICA  
MEDELLÍN  
2015**

## CONTENIDO

	Pág.
Lista de figuras .....	5
Resumen .....	6
Abstract .....	7
Glosario .....	8
Introducción .....	10
Planteamiento del Problema.....	11
1.1 Descripción.....	11
1.2 Formulación.....	12
2 Justificación .....	13
3 Objetivos.....	15
3.1 General.....	15
3.2 Específicos.....	15
4 Marco Teórico.....	16
4.1 Pipetas de laboratorio. ....	16
4.1.1 Aforadas o volumétricas.....	16
4.1.2 Graduadas.....	16
4.2 Lavapiquetas .....	17
4.2.1 Lavapiquetas automático tipo sifón.....	17
4.2.2 Lavadora/secadora de pipetas.....	18
4.2.3 Lavapiquetas con programas de lavado. Modelo MPS.....	19
4.2.4 Lavapiquetas por ultrasonidos. Modelo AW-31 .....	20
4.3 Microcontrolador .....	21
4.4 Bomba centrífuga .....	23
4.5 Electroválvula.....	24
4.5.1 Tipos de electroválvulas.....	25

4.6	Válvula de retención.....	26
4.7	Sistemas de control, lazo abierto.....	26
5	Metodología.....	28
5.1	Tipo de proyecto.....	28
5.2	Método.....	28
6	Instrumentos de recolección de información.....	29
6.1	Fuentes primarias.....	29
6.2	Fuentes secundarias.....	29
7	Diseño de estructura de maquina lavapipetas.....	30
7.1	El cilindro de lavado.....	30
7.2	La caja de control.....	31
7.3	Tanque de almacenamiento de líquido jabonoso.....	33
8	Diseño del sistema eléctrico y electrónico.....	35
9	Desarrollo del algoritmo de control.....	37
10	Diagrama de control de lazo abierto del lavador.....	38
11	Pruebas de funcionamiento.....	39
12	Conclusiones.....	40
13	Recomendaciones.....	41
14	Bibliografía.....	42

**Lista de figuras**

	Pág.
Figura 1. Tipos de pipetas .....	17
Figura 2. Lavapipetas tipo sifón.....	18
Figura 3. Lavadora/secadora de pipetas.....	19
Figura 4. Lavapipetas modelo MPS.....	20
Figura 5. Panel frontal del Lava pipetas modelo MPS .....	20
Figura 6. Lavadora por ultrasonidos. Modelo AW-31.....	21
Figura 7. PIC16F88.....	22
Figura 8. Bomba centrífuga .....	23
Figura 9. Electroválvula.....	25
Figura 10 Válvula retención de clapeta .....	26
Figura 11 Esquema de lazo de control abierto.....	27
Figura 12 Cilindro de lavado y detalle de tapa tipo regadera .....	30
Figura 13 Tubo de rebose .....	31
Figura 14.Caja de control.....	32
Figura 15 Tanque de almacenamiento de líquido jabonoso.....	33
Figura 16 Lavador automático para pipetas de laboratorio (diseño) .....	34
Figura 17 Lavador automático para pipetas de laboratorio .....	34
Figura 18 Circuito electrónico del lavador .....	35
Figura 19.Diagrama electrónico del lavador.....	36
Figura 20 Diagrama de flujo del lavador .....	37
Figura 21 Diagrama de control de lazo abierto del lavador.....	38

## **Resumen**

### **DISEÑO DE UN LAVADOR AUTOMÁTICO PARA PIPETAS DE LABORATORIO**

**NELSON ANDRÉS ACOSTA ZULUAGA**  
**JORGE HERNANDO ARBELÁEZ CARDONA**

Este proyecto consiste en la adaptación de un mecanismo de control para un lavador de pipetas de laboratorio. Las pipetas son instrumentos de uso frecuente en diferentes tipos de laboratorios, son utilizadas para medir y dosificar diferentes volúmenes de líquidos. En la mayoría de las plantas o laboratorios la limpieza de las pipetas es una tarea que se realiza normalmente de forma manual, por esta razón se encontró necesario diseñar un control para un lava pipetas aprovechando la amplia gama de componentes electrónicos disponibles para la automatización, los cuales tienen costos asequibles y generan confiabilidad, el objetivo es crear un dispositivo que ayude a realizar la limpieza de las pipetas de manera eficiente y práctica, para optimizar los procesos en los laboratorios; con base en información técnica de tipos y características de las pipetas y tipos de lavadores existentes se escogieron los componentes más adecuados para la realización de este proyecto.

*Palabras clave:* pipetas, laboratorio, lavapipetas, control, componente

## **Abstract**

### **DESIGN OF A AUTOMATIC WASHER FOR LABORATORY PIPETTES**

**NELSON ANDRÉS ACOSTA ZULUAGA**  
**JORGE HERNANDO ARBELÁEZ CARDONA**

This project is an adaptation of a control mechanism for a laboratory pipettes washer. Pipettes are instruments often used in different types of laboratories, are used to measure and dispense different volumes of liquid. In most plants or laboratories cleaning pipettes is a task that is normally done manually, which is why it was found necessary to design a control for a pipette wash drawing on the wide range of electronic components available for automation, which have affordable costs and generate reliability, the goal is to create a device that helps to clean pipette practice efficiently and to optimize processes in laboratories; based on technical information on types and characteristics of the existing types of pipettes and washers the most appropriate components for this project they were selected.

*Keywords:* pipettes, lab pipettes washing, control, component

## Glosario

**Bomba de agua:** una bomba de agua es una máquina que tiene como finalidad convertir la energía mecánica en hidráulica, se utiliza para mantener un líquido en movimiento y así aumentar su presión, también es conocida bajo el nombre de bomba hidráulica.

**Colorante:** sustancia soluble en agua, capaz de teñir y dar un nuevo color a un tejido, alimento, etc.; esta puede ser de origen natural o sintético.

**Electroválvula:** es una válvula electromecánica, se usa en múltiples aplicaciones para controlar el paso o flujo de todo tipo de fluidos por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide.

**Microcontrolador:** es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

**Pipeta:** tubo de vidrio, generalmente graduado y más ancho por la parte central, usado en los laboratorios para transvasar pequeñas porciones de líquido; el tubo, que se llena de líquido por succión, se vacía cuando se saca el dedo que obstruye la parte superior.

**Rebose:** es cuando no se puede mantener más líquido en un recipiente o depósito que lo contiene (lleno al límite) y este se derrama.

**Solución Química:** una solución (o disolución) es una mezcla de dos o más componentes, perfectamente homogénea en la que cada componente se mezcla íntimamente con el otro, de modo tal que pierden sus características individuales.

**Tintorería:** lugar en el cual se tiñen, se planchan o se limpian en seco tejidos y prendas de vestir.

**Válvula de retención:** válvula que evita la circulación de un líquido o gas en sentido contrario al deseado, también llamadas válvulas uniflujo o válvulas check.

## **Introducción**

Con el propósito de mejorar los tiempos y calidad del lavado de las pipetas, así como disminuir los riesgos asociados a este proceso, se diseñó un lavador de pipetas automático partiendo del lavador de pipetas tipo sifón, este ofrece una solución práctica y segura para la limpieza de las pipetas en un laboratorio, ya que en el proceso de lavado la manipulación de estas es mínima, hay menos desperdicio de agua y jabón, y menor tiempo en el proceso de lavado.

Primero se diseñó el cilindro de lavado, con una entrada de agua a presión y líquido jabonoso, que se dispersan por toda el área donde están ubicadas las pipetas y con una salida de agua sucia controlada. La entrada de agua proviene del sistema de agua domiciliario controlado por una válvula solenoide; para el líquido jabonoso se instaló un tanque con una bomba que impulsa el líquido hacia el cilindro de lavado; el agua sucia es drenada por medio una bomba centrífuga. Para el control de los dispositivos electromecánicos se diseñó un circuito electrónico gobernado por un microcontrolador y se estableció el algoritmo de acuerdo a las pruebas realizadas.

## Planteamiento del Problema

### 1.1 Descripción

A nivel industrial varios sectores productivos requieren de la implementación y uso dosificado de diversas sustancias químicas. Cada sector productivo sea textil, de alimentos, etc. requiere mediciones de los insumos químicos para poder garantizar la homogeneidad en los resultados de los procesos; se hace entonces necesario medir con exactitud los diferentes volúmenes y grados de concentración de los productos químicos. Esta actividad requiere el uso de pipetas las cuales se deben lavar constantemente con altos estándares de limpieza.

Para el lavado de las pipetas se manipulan diversos agentes químicos para poder realizar una limpieza apropiada y adecuada en cada una de ellas; durante la utilización de estos agentes los laboratoristas pueden sufrir diversos accidentes como salpicaduras en diferentes partes del cuerpo, quemaduras, pérdidas parciales olfativas y visuales. Adicionalmente se corre el riesgo de que ante la manipulación las pipetas sufran rupturas y que el proceso de lavado no sea tan aséptico como se requiere.

Se debe tener en cuenta:

- Las pérdidas totales o parciales de pipetas.
- La generación de tiempos muertos en la cadena productiva.
- Las incapacidades laborales debido a los accidentes.
- Incumplimientos a los clientes.

Las empresas y laboratorios constantemente están en la búsqueda e implementación de mecanismos y procedimientos donde se reduzcan los altos costos y riesgos del lavado de estas pipetas, por lo cual se hace necesario buscar soluciones que ayuden a minimizar estas pérdidas y que a la par reduzcan los impactos ambientales y tiempos muertos en el proceso de lavado.

## 1.2 Formulación

¿Qué procedimientos o mecanismos se pueden implementar en el lavado de pipetas para el uso de productos químicos, que permitan reducir al mínimo los incidentes y el tiempo de lavado; como también el deterioro, fractura y pérdida de las pipetas que se dan con la manipulación durante el proceso?

## 2 Justificación

La implementación de este proyecto beneficia principalmente al sector de la tintorería textil, debido a que se logrará pasar de un proceso de lavado manual de pipetas a un sistema automático estandarizado.

Haciendo referencia de un caso particular en el laboratorio de tintorería de la empresa textil Crystal S.A.S, se desarrollan diariamente 20 nuevos tonos de color para sus clientes, además de esto se realizan un aproximado de 15 arreglos de tonos reprocesados en planta. Para desarrollar un color se requiere en el mayor de los casos de 3 colorantes; también se debe tener en cuenta los auxiliares textiles que se requieren para cada proceso; todos estos se miden con pipetas graduadas. En un día laboral se ensucian entre 300 a 900 pipetas aproximadamente. Cada laboratorista después de realizar un proceso debe lavar las pipetas que utilizó, las cuales se lavan manualmente en un grifo en tandas de 15 con un tiempo estimado de 1 minuto.

El tiempo utilizado para el lavado manual en un día es de 20 minutos a 1 hora. Con el lavador de pipetas automático este tiempo se reduce considerablemente ya que en cada tanda de lavado se lavan 50 pipetas aproximadamente y el tiempo que utiliza el laboratorista para ingresar, encender el dispositivo y posteriormente retirar las pipetas es de aproximadamente 15 segundos.

Según los datos anteriores el lavado de pipetas utilizando el lavador automático solo requiere de 1.5 a 4.5 minutos al día, esto nos indica un ahorro 18.5 a 53.5 minutos en un día.

Los beneficios para la empresa son los siguientes:

- Beneficio económico, el rendimiento de la producción aumentaría, ya que se dispone de 18.5 a 53.5 minutos más al día.

- Se reducirían considerablemente los accidentes laborales por heridas con pipetas rotas, en un año se reportan de 2 a 3 accidentes laborales por manipular gran cantidad de estas en el lavado manual.
- Se reduce la ruptura de las pipetas, ya que en el lavado manual es donde más se rompen.
- Al ser un proceso controlado hay un mejor aprovechamiento y por consiguiente ahorro de agua.

Un lavador de pipetas automático posee las siguientes ventajas:

- Lavado homogéneo: Debido a su sistema de entrada de agua a presión tipo regadera la cual se distribuye por toda el área del cilindro de lavado.
- Lavado seguro: Las pipetas sucias se ingresan al cilindro de lavado, el cual a taparlo este queda sellado sin riesgos de salpicaduras de agentes químicos, al final del ciclo de lavado se retiran las pipetas escurridas listas para ser utilizadas nuevamente.
- Lavado rápido: se pueden programar los ciclos de lavado de acuerdo al tipo de elemento con el que esté contaminado.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 General**

Diseñar un lavador automático para pipetas de laboratorio.

#### **3.2 Específicos**

- Diseñar la estructura de máquina lavapipetas.
- Implementar sistema eléctrico y electrónico.
- Desarrollar de algoritmo de control.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

## 4 Marco Teórico

### 4.1 Pipetas de laboratorio.

Las pipetas permiten la transferencia de un volumen generalmente no mayor a 20 ml de un recipiente a otro de forma exacta. Este permite medir alícuotas de líquido con bastante precisión. Suelen ser de vidrio. Está formado por un tubo transparente que termina en una de sus puntas de forma cónica, y tiene una graduación (una serie de marcas grabadas) indicando distintos volúmenes. (“Pipeta » TP - Laboratorio Químico,” 2015)

Actualmente las hay de cristal y de plástico y son básicamente de dos tipos:

**4.1.1 Aforadas o volumétricas.** Pipetas de alta precisión. Tienen una ampolla calibrada para un volumen único. Pueden tener una o dos marcas de enrase. Están diseñadas para medir un solo volumen. Son cilíndricas con ensanchamiento en la parte central. La parte superior lleva gravados los datos propios y una señal de calibrado que indica el nivel hasta el cual se debe llenar para obtener un volumen deseado. La parte inferior tiene un extremo estirado para proporcionar un orificio de salida lo suficientemente estrecho (entre 0,5 y 1 mm de diámetro).

**4.1.2 Graduadas.** Son rectas y cilíndricas, con su extremo inferior estirado, y van graduadas. Pueden medir volúmenes intermedios entre sus volúmenes máximo y mínimo lo que permite medir un volumen cualquiera hasta su máxima capacidad. Estas pipetas son menos exactas que las volumétricas.

A su vez las pipetas graduadas pueden ser de dos tipos:

**Mohr:** Las marcas de calibración se extienden solo a lo largo del cilindro sin incluir la punta o estrechamiento del extremo.

**Serológicas:** Las marcas de la calibración se extienden a lo largo de toda la pipeta incluyendo la punta. (“Cultek S.L.U,” 2015)

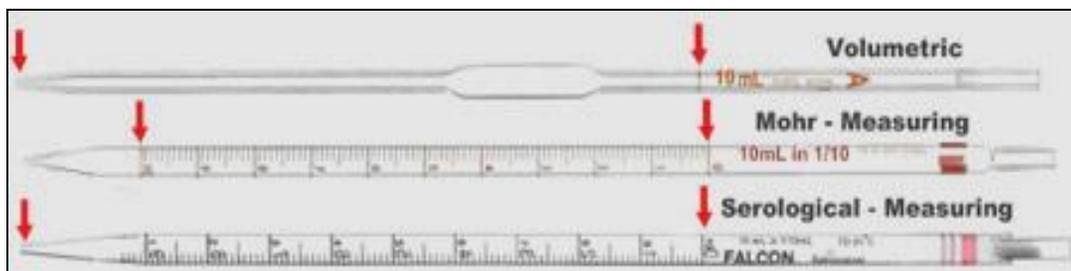


Figura 1. Tipos de pipetas

Fuente: extraído de [http://www.cultek.com/img/otros/Aplicaciones/Manejo/Manejo\\_liq001.jpg](http://www.cultek.com/img/otros/Aplicaciones/Manejo/Manejo_liq001.jpg)

## 4.2 Lavapipetas

Son dispositivos que se utilizan para el lavado de pipetas, existen diferentes tipos:

**4.2.1 Lavapipetas automático tipo sifón.** Este es un sistema automático que permite lavar pipetas hasta 100 ml y también buretas. El sistema consiste en depositar las pipetas en un cestillo, es aconsejable tener más de uno, e introducirlo en una jarra lavadora que contiene el líquido de lavado. Después el mismo cestillo se introduce en el lavapipetas automático con el sifón que permite un continuo recambio del agua con la eliminación total y cíclica de las aguas contaminadas.

La jarra lavadora dispone de unos rebordes en la parte superior para facilitar el desplazamiento sin que resbale. Los cestillos están especialmente diseñados con aberturas en la parte baja para facilitar el paso de los fluidos. El fondo interior es de Polietileno blando para impedir la rotura de las puntas de las pipetas. (“Lavador de pipetas y buretas, PP y PE, KARTELL®,” 2015)



*Figura 2.* Lavapipetas tipo sifón

Fuente: extraído de [http://www.ictsl.net/images/2003r65001219\\_462.jpg](http://www.ictsl.net/images/2003r65001219_462.jpg)

**4.2.2 Lavadora/secadora de pipetas.** Es un dispositivo con capacidad para 23 pipetas en un mismo ciclo. La lavadora también se puede utilizar con un sistema de bombeo externo para hacer circular la solución de lavado o enjuague a través de las pipetas. La solución sube desde la punta de las pipetas y sale por la parte superior de estas y una ducha cae en forma de lluvia por la parte exterior, por lo que la limpieza se hace tanto en el interior como en el exterior de las pipetas. El secado en el interior es por medio de una fuente de vacío de aire que es aspirado por la punta de la pipeta.

Características:

- Ligera y compacta, la lavadora/secadora encaja dentro de un fregadero o en un banco de laboratorio.
- Construcción de polietileno durable.
- Puerta transparente se cierra para evitar salpicaduras al utilizar ácidos en el agua.
- 23 soportes en forma de cono que aseguran cómodamente pipetas de 0,5 a 250 ml.

- Bomba opcional y lavabo disponible. (“Pipette Washer/Dryer,” 2015)



*Figura 3.* Lavadora/secadora de pipetas

Fuente: extraído de [https://www.thomassci.com/\\_resources/\\_global/media/resized/00142/iwx.a211d8f2-7b01-4595-8876-0ee99d2e90fd.500.500.jpg](https://www.thomassci.com/_resources/_global/media/resized/00142/iwx.a211d8f2-7b01-4595-8876-0ee99d2e90fd.500.500.jpg)

**4.2.3 Lavapipetas con programas de lavado. Modelo MPS.** Es una lavadora de pipetas automática con dos programas diferentes de lavado para todo tipo de pipetas de vidrio. El MPS tiene una conexión de agua y se puede utilizar con agua desmineralizada o agua del grifo normal, si el MPS se utiliza con agua desmineralizada la dosis de detergente líquido se lleva a cabo de forma automática, cuando se utiliza agua del grifo, el llenado de detergente se tiene que hacer manualmente la solución se añade automáticamente al agua del grifo.

Características:

- Pequeñas dimensiones para los laboratorios pequeños.
- Dos programas de lavado.
- Operación con agua desmineralizada o con agua del grifo.
- Los programas se ejecutan de forma automática.

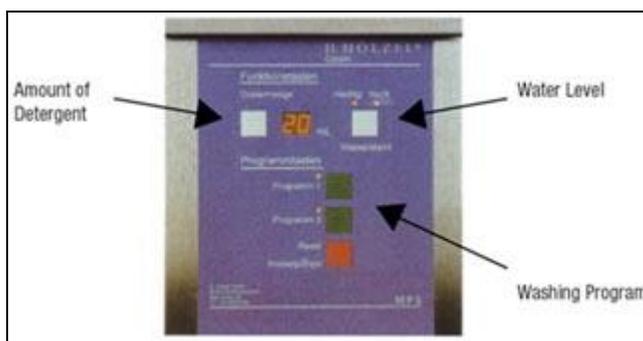
- Apto para todo tipo de pipetas de vidrio.
- Proceso de limpieza superficial considerado. (“Small washing machine pipettes | Biotechnology | Geneq,” 2015)



*Figura 4.* Lavapipetas modelo MPS

Fuente: extraído de

[http://www.geneq.com/image/cache/data/products/Machine\\_\(petite\)\\_%C3%A0\\_laver\\_les\\_pipettes-500x500.jpg](http://www.geneq.com/image/cache/data/products/Machine_(petite)_%C3%A0_laver_les_pipettes-500x500.jpg)

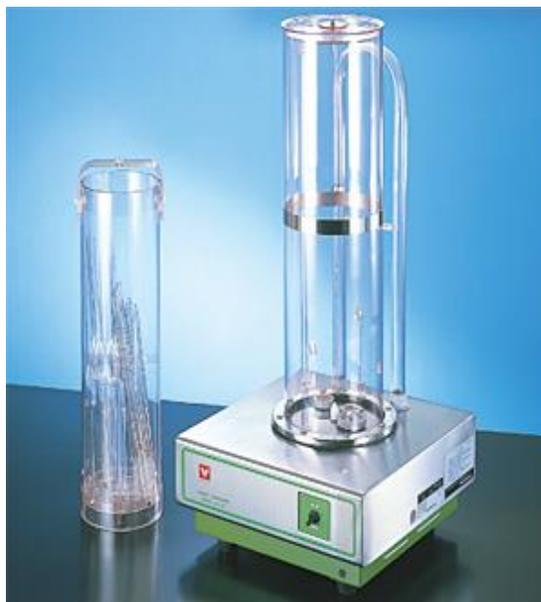


*Figura 5.* Panel frontal del Lava pipetas modelo MPS

Fuente: extraído de [http://www.geneq.com/catalog/images/m/mpw\\_mps\\_2.jpg](http://www.geneq.com/catalog/images/m/mpw_mps_2.jpg)

**4.2.4 Lavapipetas por ultrasonidos. Modelo AW-31.** Es un sistema especial que asegura un lavado seguro, rápido y eficiente. Este sistema no utiliza ningún tipo de mezcla ácida crómica en el proceso de lavado.

Sistema de limpieza por ultrasonidos de alta eficiencia. Diseño de ahorro de energía con salida de alta frecuencia de 50 W, 28 kHz. (“Model AW-31 Ultrasonic Pipet Washer,” 2015)



*Figura 6.* Lavadora por ultrasonidos. Modelo AW-31

Fuente: extraído de <http://vertassets.blob.core.windows.net/image/c6b5426d/c6b5426d-9e9d-11d4-8c6c-009027de0829/aw31.jpg>

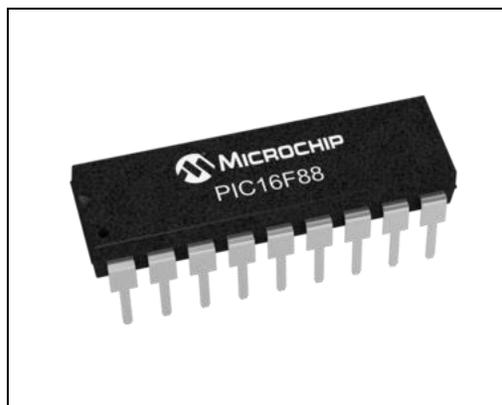
### 4.3 Microcontrolador

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (*embedded controller*). El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Un microcontrolador es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea. El número de productos que funcionan en base a uno o varios microcontroladores aumenta de forma exponencial. No es aventurado pronosticar que en el siglo xxi habrá pocos elementos que carezcan de microcontrolador. En esta línea de prospección del futuro, la empresa Dataquest calcula que en cada hogar americano existirán varios centenares de microcontroladores en los comienzos del tercer milenio.

La industria Informática acapara gran parte de los microcontroladores que se fabrican. Casi todos los periféricos del computador, desde el ratón o el teclado hasta la impresora, son regulados por el programa de un microcontrolador.

Los electrodomésticos de línea blanca (lavadoras, hornos, lavavajillas, etc.) y de línea marrón (televisores, vídeos, aparatos musicales, etc.) incorporan numerosos microcontroladores. Igualmente, los sistemas de supervisión, vigilancia y alarma en los edificios utilizan estos chips. También se emplean para optimizar el rendimiento de ascensores, calefacción, aire acondicionado, alarmas de incendio, robo, etc. (Angulo & Angulo, 2003)



*Figura 7.* PIC16F88

Fuente: extraído de [http://www.microchip.com/\\_images/ics/medium-PIC16F88-PDIP-18.png](http://www.microchip.com/_images/ics/medium-PIC16F88-PDIP-18.png)

#### 4.4 Bomba centrífuga

Las Bombas centrífugas también llamadas rotodinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. Es aquella máquina que incrementa la energía de velocidad del fluido mediante un elemento rotante, aprovechando la acción de la fuerza centrífuga, y transformándola a energía potencial a consecuencia del cambio de sección transversal por donde circula el fluido en la parte estática, la cual tiene forma de voluta y/o difusor.



*Figura 8.* Bomba centrífuga

Fuente: extraído de [http://i00.i.aliimg.com/img/pb/015/323/212/1236922606070\\_hz\\_mylibaba\\_web3\\_3229.jpg](http://i00.i.aliimg.com/img/pb/015/323/212/1236922606070_hz_mylibaba_web3_3229.jpg)

Características:

- La característica principal de la bomba centrífuga es la de convertir la energía de una fuente de movimiento (el motor) primero en velocidad (o energía cinética) y después en energía de presión.

- Existen bombas centrífugas de una y varias etapas. En las bombas de una etapa se pueden alcanzar presiones de hasta 5 atm, en las de varias etapas se pueden alcanzar hasta 25 atm de presión, dependiendo del número de etapas.
- Las bombas centrífugas sirven para el transporte de líquidos que contengan sólidos en suspensión, pero poco viscosos. Su caudal es constante y elevado, tienen bajo mantenimiento. Este tipo de bombas presentan un rendimiento elevado para un intervalo pequeño de caudal pero su rendimiento es bajo cuando transportan líquidos viscosos.
- Este tipo de bombas son las usadas en la industria química, siempre que no se manejen fluidos muy viscosos.
- Las bombas centrífugas de una etapa y monoblock, son ideales para movimientos de líquidos en general, con una profundidad máxima de aspiración de 7 m. ó 9 m.
- Estas bombas son adecuadas para bombear agua limpia, sin sólidos abrasivos.  
(“Bomba centrífuga, definición | Maycon Gomez Unac - Academia.edu,” 2015)

#### **4.5 Electroválvula**

Una electroválvula también conocida como válvula solenoide de uso general es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo.



*Figura 9.* Electroválvula

Fuente: extraído de [http://fotos.tsncs.com/img/20130712/9079214/electrovalvulas---lavadoras--lavavajillas-72261856\\_3.jpg](http://fotos.tsncs.com/img/20130712/9079214/electrovalvulas---lavadoras--lavavajillas-72261856_3.jpg)

#### **4.5.1 Tipos de electroválvulas**

**Acción directa:** En esta familia de válvulas el flujo electromagnético actúa directamente en el émbolo que cierra o abre el orificio permitiendo que el líquido pase o pare (presión mínima requerida = 0 bar).

**Acción indirecta:** El orificio principal es abierto por el desequilibrio entre las presiones en las superficies del diafragma superior e inferior (o del pistón). Cuando se energiza la bobina el movimiento del émbolo causa la apertura del orificio de piloto y descarga el compartimiento superior del diafragma: el desequilibrio de la presión mueve el diafragma que abre el orificio principal (la presión mínima requerida es de 0.2 bar).

**Acción mixta:** En esta familia de válvulas la abertura del orificio principal es efectuada por el desequilibrio de presiones entre el cuerpo superior y el inferior combinando con la acción directa del émbolo que está fijo al diafragma mediante un resorte (presión mínima requerida = 0 barras). (“Electroválvulas,” 2015)

#### 4.6 Válvula de retención

Las válvulas de retención se utilizan en los sistemas fluidos para permitir flujo en una dirección y para bloquear el mismo en la otra dirección. Se clasifican como válvulas de control direccional de una sola vía o unidireccionales. La válvula de retención puede instalarse independientemente en una línea para permitir el flujo en una dirección solamente, o puede ser utilizada como parte integrante de válvulas globo, de secuencia, de contrabalance, y de válvulas manorreductoras. Las válvulas de retención están disponibles en varios diseños. Son abiertas por la fuerza del líquido en movimiento que fluye en una dirección, y son cerradas por el líquido que intenta retornar en la dirección opuesta. La fuerza de gravedad o la acción de un resorte ayuda al cierre de la válvula. (“Neumática e Hidráulica,” 2015)



Figura 10. Válvula de retención tipo clapeta

Fuente: extraído de <http://groupproinval.com/uploadsSystem/shopping/files/images/vvqswiixvpurhxihfwuacwu.jpg>

#### 4.7 Sistemas de control, lazo abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan *sistemas de control en lazo abierto*. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico en una lavadora. El remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija;

como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto solo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo está en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto. (Ogata, 2003)



*Figura 11.* Esquema de lazo de control abierto

Fuente: extraído de [http://www.librosvivos.net/smtc/img/1164\\_lazo\\_abierto.jpg](http://www.librosvivos.net/smtc/img/1164_lazo_abierto.jpg)

## **5 Metodología**

### **5.1 Tipo de proyecto**

La estrategia metodológica aplicada es de tipo exploratoria y práctica, donde se efectúa un diseño de un lavador automático partiendo de lavadores convencionales tipo sifón; con esto se busca una mejora del proceso de lavado, optimización de recursos y disminución de incidentes.

Para el desarrollo de este proyecto es necesario considerar la utilidad de las pipetas, el proceso de funcionamiento de los sistemas de lavado actuales así como los nuevos métodos de lavado que puedan intervenir en el diseño del lavador automático.

### **5.2 Método**

Los métodos aplicados son la observación y la deducción.

A través de la observación se asimilan las necesidades encontradas en un laboratorio, las tareas que no corresponden técnicamente a los laboratoristas y los procesos que se pueden optimizar.

En la deducción se evidencia los tiempos que se pierden en la realización de las tareas propias de un laboratorio, los gastos energéticos y los riesgos de incidentes y como resultado surge una oportunidad de mejora para la limpieza de las pipetas mediante un diseño, el cual realice un proceso seguro, que mejora el rendimiento de los procesos productivos del laboratorio.

## **6 Instrumentos de recolección de información**

### **6.1 Fuentes primarias**

Las técnicas de recolección de la información seleccionadas para la realización de este proyecto son principalmente las entrevistas y la asesoría del personal con alta experiencia que manipula las pipetas en el laboratorio de investigación y nuevos desarrollos en el área de tintorería de la empresa textil Crystal S.A.S. de Marinilla, Antioquia.

Para una documentación acorde a las normas de calidad existentes se cuenta con el asesor de proyecto de grado y la guía para la presentación del informe final de trabajo de grado.

### **6.2 Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias son en primera instancia los manuales de cada elemento a introducir al proyecto y hojas de datos (datasheets), adquiridos principalmente a en portales Web, donde también se recogen bases informativas como artículos, libros, especificaciones de los dispositivos relacionados con el proyecto, que ayudan a fortalecer las ideas del diseño del proyecto.

## 7 Diseño de estructura de maquina lavapipetas

El Lavapipetas Automático está formado por tres componentes principales que son: El cilindro de lavado, la caja de control y el tanque de almacenamiento del líquido jabonoso.

### 7.1 El cilindro de lavado

Está compuesto por un tubo de un diámetro exterior de 114mm, diámetro interior de 108mm y longitud de 480mm, adecuado para pipetas graduadas de medida estándar; apoyado sobre una base toriesférica, posee una tapa construida en forma de regadera con 150 pequeños tubos de un diámetro interior de 1.5mm uniformemente distribuidos por donde sale agua a presión.

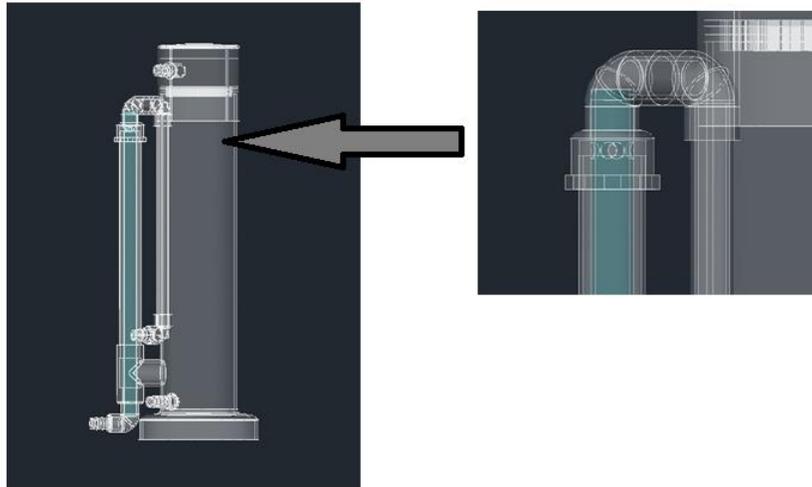


*Figura 12.* Cilindro de lavado y detalle de tapa tipo regadera

Fuente: autores

En la parte exterior del cilindro está el sistema de tubos ensamblados de forma que se rebose el agua a una altura de 420mm evitando el sobrellenado del cilindro (Figura x). En la parte baja

del cilindro sobre la base se encuentra la salida de drenaje la cual está conectada por medio de una manguera a una bomba centrífuga la cual envía el agua de nuevo al sistema de tubos para salir por la misma vía del agua de rebose.



*Figura 13.* Tubo de rebose

Fuente: autores

## 7.2 La caja de control

En esta se incluyen la mayoría de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.

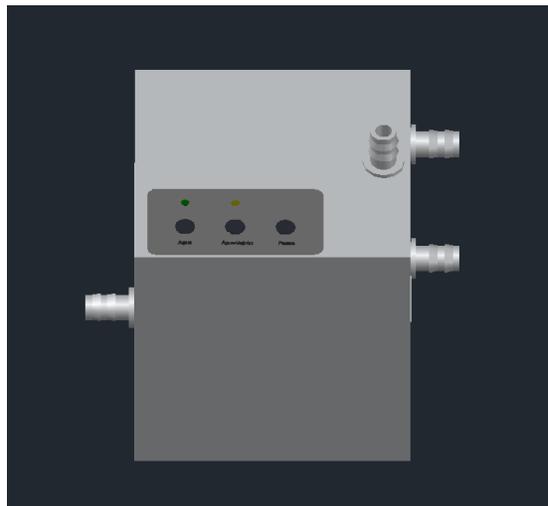
En la parte superior se encuentra el panel de control compuesto por dos leds y tres pulsadores, los cuales sirven para activar la función de lavado solo con agua, la función de lavado con agua/jabón y la función de pausado del proceso. En su interior está el circuito electrónico que se encarga del control del proceso el cual está descrito en el capítulo 8; también se encuentra el circuito de tubos con tres entradas y dos salidas integrado por una válvula solenoide, una válvula de retención y una bomba centrífuga.

Las entradas corresponden a:

1. Entrada de agua a presión que ingresa del sistema del sistema de agua domiciliario, esta entrada es controlada por una electroválvula.
2. Entrada de líquido jabonoso que proviene del tanque de almacenamiento el cual tiene su propia bomba.
3. Entrada de agua de drenaje del cilindro de lavado, succionada por una bomba.

Las salidas corresponden a:

1. Salida de agua o jabón hacia el cilindro de lavado; el tipo de líquido sale de acuerdo al proceso de lavado, el ductos de agua a presión controlada por una válvula solenoide y el ducto de líquido jabonoso que proviene del tanque de almacenamiento están integrados, este último está equipado de una válvula antirretorno para que no pase el agua a presión al tanque de almacenamiento.
2. Salida de agua de drenaje hacia el sistema de tubos del cilindro de lavado, por medio de una bomba.



*Figura 14.* Caja de control

Fuente: autores

### 7.3 Tanque de almacenamiento de líquido jabonoso

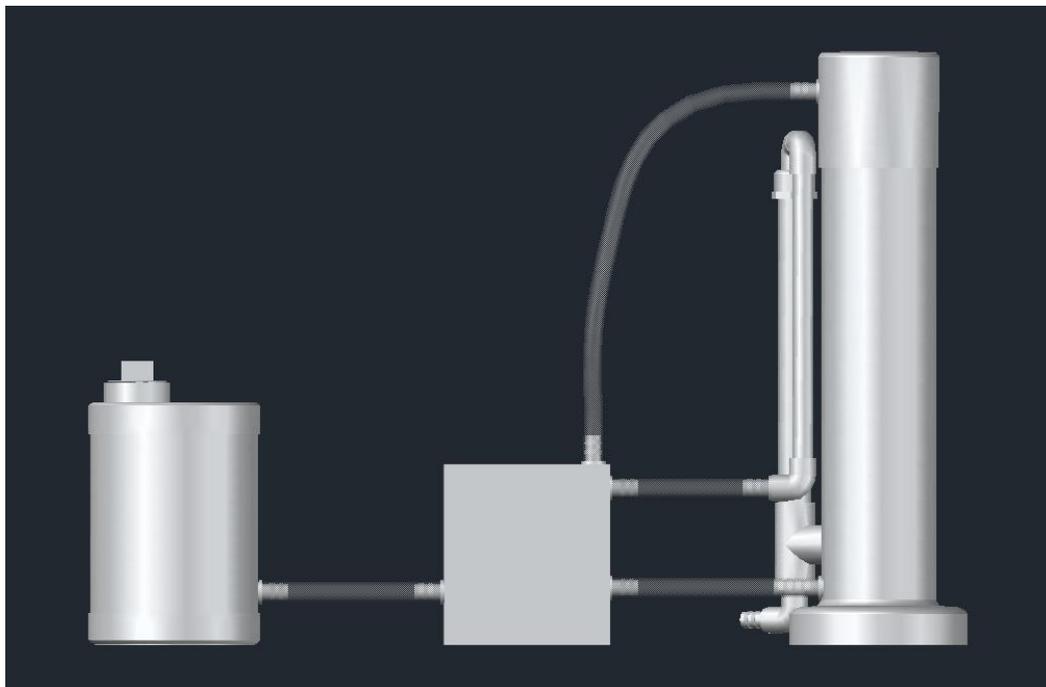
Este tanque tiene una capacidad de  $3500\text{cm}^3$ , está equipado con una bomba sumergible la cual envía el líquido jabonoso a la caja de control para luego unirse al ducto de agua a presión. En la parte superior tiene una tapa roscada que garantiza un cerrado seguro.



*Figura 15.* Tanque de almacenamiento de líquido jabonoso

Fuente: autores

Los tres componentes están unidos entre sí por medio de mangueras para conformar el lava pipetas, para su correcto funcionamiento debe ser conectado a una toma de agua a presión y debe ser energizado por medio de una fuente eléctrica de 110vac.



*Figura 16.* Lavador automático para pipetas de laboratorio (diseño)

Fuente: autores

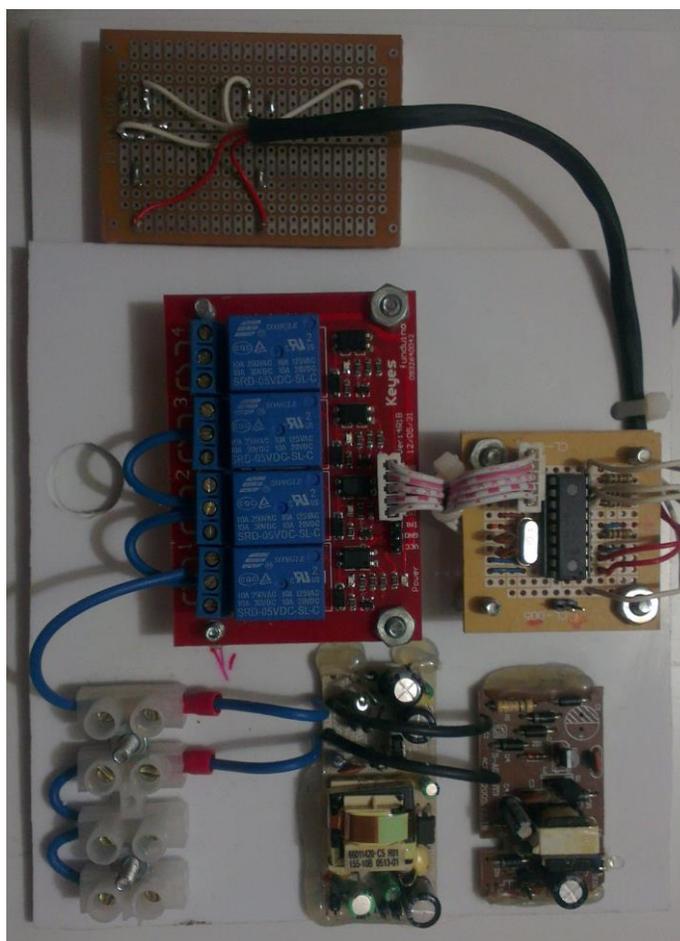


*Figura 17.* Lavador automático para pipetas de laboratorio

Fuente: autores

## 8 Diseño del sistema eléctrico y electrónico

Para el funcionamiento de los componentes electromecánicos del lavador de pipetas se desarrolló un circuito electrónico controlado por un pic 16F88 el cual es un microcontrolador versátil, que tiene los puertos necesarios para este proyecto; en los pines de entrada están conectados los pulsadores para las funciones de lavado con agua, lavado con agua - jabón y la función de pausa; en los pines de salida están conectado los leds indicadores del proceso y un módulo de 4 relés, eléctricamente aislados por medio de optoacopladores, los cuales activan la electroválvula, la bomba de jabón y la bomba de drenaje.



*Figura 18.* Circuito electrónico del lavador

Fuente: autores

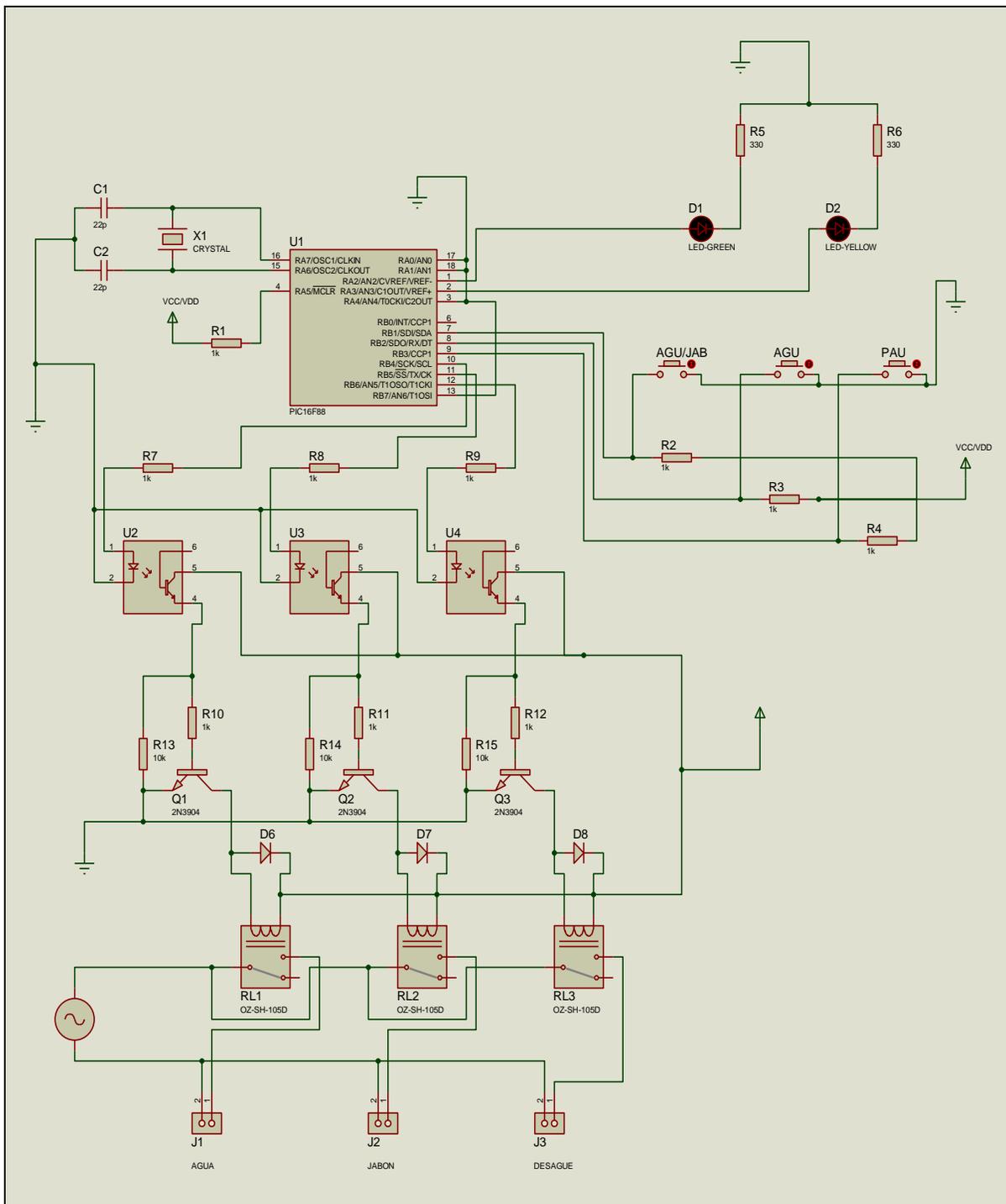


Figura 19. Diagrama electrónico del lavador

Fuente: autores

## 9 Desarrollo del algoritmo de control

El programa fue desarrollado en un lenguaje Basic, el cual consiste de dos procesos principales el primero de lavado con solo agua y el segundo de lavado con agua/jabón, también cuenta con una función de pausa que además de detener el proceso en cualquier momento esta me permite, cuando esta activada, reiniciar el ciclo de lavado o cambiarlo.

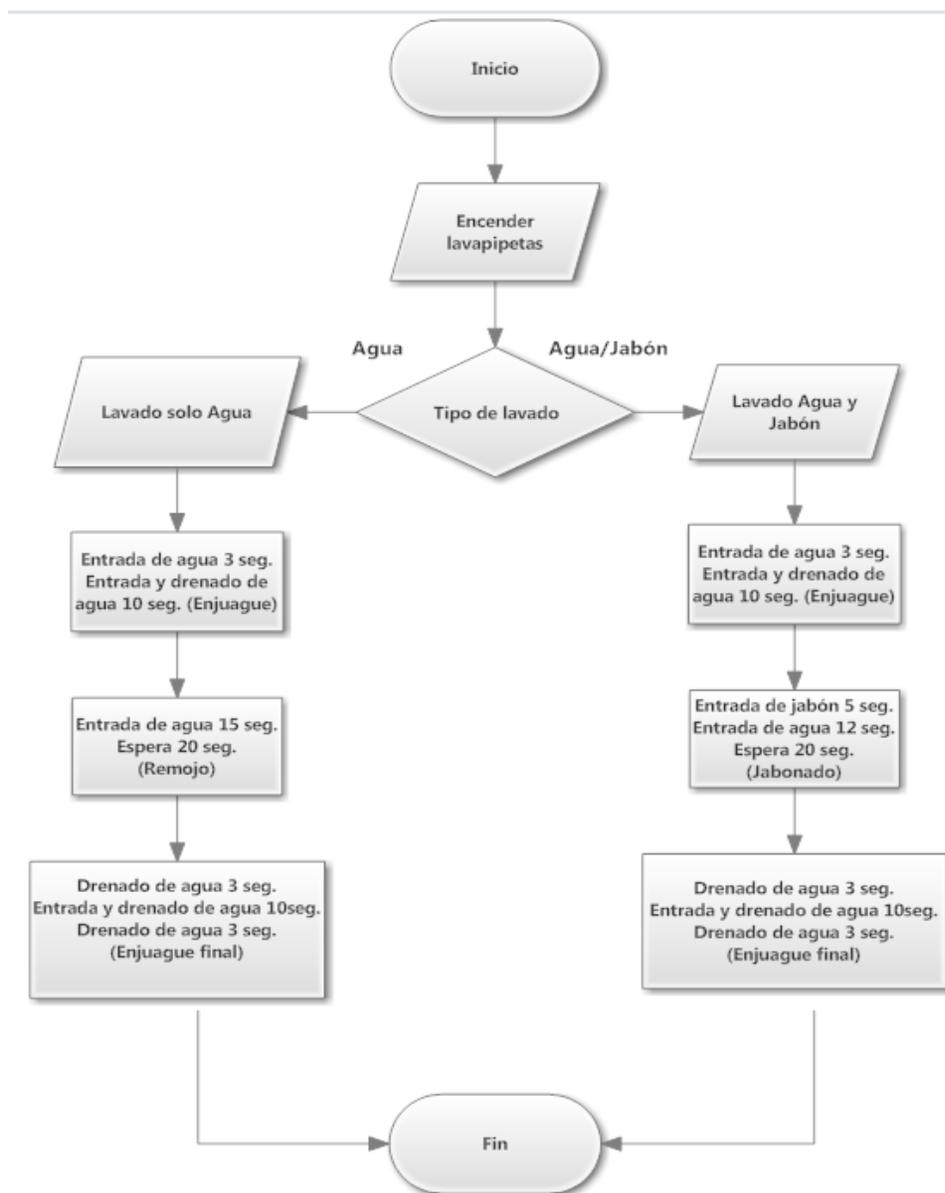
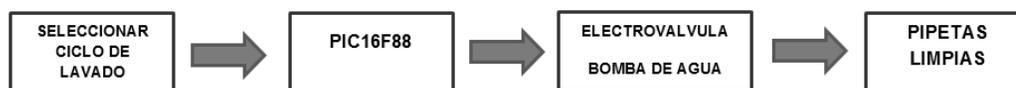


Figura 20. Diagrama de flujo del lavador

Fuente: autores

## 10 Diagrama de control de lazo abierto del lavador

El lavador de pipetas constituye uno de los tipos de control más comunes, el control de lazo abierto, en este el usuario decide el ciclo de lavado, de acuerdo al programa configurado en la memoria del controlador y este actúa sobre los diferentes mecanismos del sistema: la electroválvula y las bombas de agua. La mayor ventaja de este tipo de control es que al utilizar un microcontrolador como es el caso del 16F88 es posible modificar el programa de acuerdo a los estándares de limpieza requeridos por el usuario.



*Figura 21.* Diagrama de control de lazo abierto del lavador

Fuente: autores

## 11 Pruebas de funcionamiento

Se realizaron pruebas de funcionamiento del lavador de pipetas simulando un ambiente normal de trabajo en un laboratorio de tintorería para determinar su eficacia y eficiencia. Se conectó el lavador a un grifo y a una toma de 110 voltios, se utilizaron dos pipetas graduadas de vidrio de 1ml y 10ml las cuales se impregnaron de colorante, la prueba consistió en realizar varios ciclos de lavado con el fin de ajustar el lavador a las necesidades requeridas.

Se realizaron tres ciclos con agua y tres ciclos con agua y jabón y se arrojaron los siguientes resultados:

- Debido a que el cilindro de lavado es cerrado este se destapo debido a la presión del aire cuando el agua ingresa; como medida para resolver este problema se diseñó una salida de aire que permite que a la medida en que ingrese el agua al tanque el aire que está en el interior pueda salir sin generar sobre presión. Esto también fue necesario implementarlo en el tanque de líquido jabonoso.
- Se evidenció que cuando un ciclo de lavado estaba en progreso y se requería cambiarlo a otro ciclo se hacía necesario esperar a que el primero culminara; se realizaron ajustes en el algoritmo de programación para pausar el ciclo y luego oprimir el botón correspondiente para reiniciarlo o cambiarlo.
- Se aumentó el tiempo de remojo y se adicionó un enjuague al proceso de lavado, debido a que se observaron pequeñas manchas de colorante; esta modificación mejoró considerablemente el lavado, obteniendo el resultado esperado.

## 12 Conclusiones

- El diseño estructural entregó resultados satisfactorios ya que en la caja de control quedaron integrados todos los componentes electromecánicos y electrónicos y se logró el diseño compacto inicialmente planteado, además de esto no se presentó ningún tipo de fugas.
- La implementación de dos fuentes separadas para el sistema de control y para el sistema de potencia, permitió que el circuito electrónico funcionara óptimamente, eliminando ruidos que se presentaban usando una sola fuente.
- El desarrollo del algoritmo de control de lazo abierto realizado bajo un lenguaje Basic se adaptó perfectamente a las necesidades del proyecto, generando resultados satisfactorios.
- En las pruebas de funcionamiento y puesta a punto del lavador se lograron resultados satisfactorios que evidencian una disminución de un 90% de tiempo comparado con el lavado manual.
- Se pudo demostrar que el lavador automático de pipetas garantiza mayor limpieza de estas y a su vez disminuye los riesgos laborales y ambientales del proceso.
- Se evidenció que al hacer uso del lavador de pipetas automático se reducen los costos asociados a la mano de obra y reposición de pipetas.

### **13 Recomendaciones**

- Se recomienda tener en cuenta los agentes de limpieza que se van a utilizar en el proceso de lavado dado que por materiales de fabricación del lavador de pipetas algunos de estos pueden alterar su funcionamiento y rendimiento.
- Es recomendable disponer de un sistema de desagüe idóneo que permita que el agua residual del proceso de lavado sea vertida donde corresponda y no se mezcle con otros líquidos.
- Es pertinente efectuar una limpieza frecuente al lavador de pipetas para evitar una contaminación cruzada surgida de otros ciclos de lavado; adicionalmente se debe realizar un mantenimiento preventivo para garantizar su buen funcionamiento.

## 14 Bibliografía

Angulo, J., & Angulo, I. (2003). *Microcontroladores PIC*.

Bomba centrífuga, definición | Maycon Gomez Unac - Academia.edu. (2015). Retrieved October 22, 2015, from

[http://www.academia.edu/8014551/BOMBA\\_CENTR%C3%8DFUGA\\_DEFINICI%C3%93N\\_Las\\_Bombas\\_cent%C3%ADfugas\\_tambi%C3%A9n\\_llamadas\\_Rotodin%C3%A1micas](http://www.academia.edu/8014551/BOMBA_CENTR%C3%8DFUGA_DEFINICI%C3%93N_Las_Bombas_cent%C3%ADfugas_tambi%C3%A9n_llamadas_Rotodin%C3%A1micas)

Cultek S.L.U. (2015). Retrieved October 21, 2015, from

[http://www.cultek.com/aplicaciones.asp?p=Aplicacion\\_Manejo\\_Liquidos&opc=tecnicas&idap=42](http://www.cultek.com/aplicaciones.asp?p=Aplicacion_Manejo_Liquidos&opc=tecnicas&idap=42)

Electroválvulas. (2015). Retrieved October 22, 2015, from <http://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>

Lavador de pipetas y buretas, PP y PE, KARTELL®. (2015). Retrieved October 21, 2015, from <http://www.ictsl.net/productos/01d63694a80f7ae0a/lavadordepipetasyburetasppypekartell.html>

Model AW-31 Ultrasonic Pipet Washer. (2015). Retrieved October 22, 2015, from

<http://www.laboratorynetwork.com/doc/model-aw-31-ultrasonic-pipet-washer-0001>

Neumática e Hidráulica. (2015). Retrieved October 22, 2015, from

[http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica31.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica31.htm)

Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. Vasa.

<http://doi.org/10.1109/ICET.2009.5353146>

Pipeta » TP - Laboratorio Químico. (2015). Retrieved October 21, 2015, from

<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/pipeta.html>

Pipette Washer/Dryer. (2015). Retrieved October 21, 2015, from

[https://www.thomasci.com/Equipment/Glassware-Washers/\\_/Pipette-Washer/Dryer?q=Pipet-washer](https://www.thomasci.com/Equipment/Glassware-Washers/_/Pipette-Washer/Dryer?q=Pipet-washer)

Pyylöhv, U., Qdyhjdg, T. X. H., Sdvloorv, H. Q., Dojrulwpr, V. W. H., Gh, D. G., Sursxhvwr, R., ... Dxwrqrptd, R. U. (1995). algoritmo. *Nacional Ing*, 7026.

Small washing machine pipettes | Biotechnology | Geneq. (2015). Retrieved October 22, 2015, from <http://www.geneq.com/en/biotechnology/general-lab-equipment/small-washing-machine-pipettes.html>