



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

**ANÁLISIS, DISEÑO Y MEJORAS EN EL CONTROL Y MANEJO DE OPERACIÓN DE
CLIMATIZADORES, LLENADORA TECNOFARMA MONOBLOQUE LA50 Y BOMBA
PERISTÁLTICA LP-BT300-2J**

Steve Rolando Marroquín Morales

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS, DISEÑO Y MEJORAS EN EL CONTROL Y MANEJO DE OPERACIÓN DE
CLIMATIZADORES, LLENADORA TECNOFARMA MONOBLOQUE LA50 Y BOMBA
PERISTÁLTICA LP-BT300-2J**

TRABAJO DE GRADUACIÓN DE EPS

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

STEVE ROLANDO MARROQUÍN MORALES

ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOME RODRIGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
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:

ANÁLISIS, DISEÑO Y MEJORAS EN EL CONTROL Y MANEJO DE OPERACIÓN DE CLIMATIZADORES, LLENADORA TECNOFARMA MONOBLOQUE LA50 Y BOMBA PERISTÁLTICA LP-BT300-2J

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 28 de octubre de 2019.

Steve Rolando Marroquín Morales

Guatemala 3 de septiembre de 2020

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director
Unidad de Ejercicio Supervisado (EPS)
Facultad de Ingeniería, USAC.

Apreciable Ingeniero Argueta.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado **“Análisis, diseño y mejoras en el control y manejo de operación de climatizadores, llenadora tecnofarma monobloque LA50 y bomba peristáltica LP-BT300-2J”**, del señor **Steve Rolando Marroquín Morales**, 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 de este.

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

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 24 de enero de 2021.
Ref.EPS.DOC.13.01.2021.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Steve Rolando Marroquín Morales** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, Registro Académico No. **201313697** y CUI **2634 53138 0207**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ANÁLISIS, DISEÑO Y MEJORAS EN EL CONTROL Y MANEJO DE OPERACIÓN DE CLIMATIZADORES, LLENADORA Y TECNOFARMA MONOBLOQUE LA50 Y BOMBA PERISTÁLTICA LP-BT300-2J”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Colegiado: 4271
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica

c.c. Archivo
KIER/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala 21 de enero de 2021.
Ref.EPS.D.14.01.2021.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Castillo:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ANÁLISIS, DISEÑO Y MEJORAS EN EL CONTROL Y MANEJO DE OPERACIÓN DE CLIMATIZADORES, LLENADORA Y TECNOFARMA MONOBLOQUE LA50 Y BOMBA PERISTÁLTICA LP-BT300-2J"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Steve Rolando Marroquín Morales**, quien fue debidamente asesorado por la Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora y Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra



Guatemala, 28 de septiembre de 2020

Señor Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al informe final de EPS titulado **Análisis, diseño y mejoras en el control y manejo de operación de climatizadores, llenadora Tecnofarma Monobloque LA50 y bomba peristáltica LP-BT300-2J**, desarrollado por el estudiante **Steve Rolando Marroquín Morales**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Una firma manuscrita en azul que parece decir "JCS" o similar, sobre un fondo blanco con un efecto de sombra.

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica



REF. EIME 150 2021.

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; STEVE ROLANDO MARROQUÍN MORALES, titulado: ANÁLISIS, DISEÑO Y MEJORAS EN EL CONTROL Y MANEJO DE OPERACIÓN DE CLIMATIZADORES, LLENADORA TECNOFARMA MONOBLOQUE LA50 Y BOMBA PERISTÁLTICA LP-BT300-2J, procede a la autorización del mismo.


Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 13 DE OCTUBRE 2021.



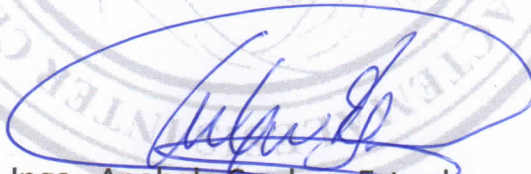
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 512-2021

La Decana 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: **ANÁLISIS, DISEÑO Y MEJORAS EN EL CONTROL Y MANEJO DE OPERACIÓN DE CLIMATIZADORES, LLENADORA TECNOFARMA MONOBLOQUE LA50 Y BOMBA PERISTÁLTICA LP-BT300-2J**, presentado por el estudiante universitario: **Steve Rolando Marroquín Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme y brindarme la sabiduría durante mi formación académica y así mismo haberme permitido llegar hasta este momento tan importante en mi vida.
Mis abuelos	Emilio Marroquín y María Antonia Salazar. Su amor será siempre mi inspiración y motivación para lograr mis metas.
Mis padres	Jacqueline Morales y Carlos Carias. Su apoyo incondicional, paciencia y esfuerzo lograron hacer cumplir una de las metas de mi corazón, les agradezco con mucho amor y cariño.
Mis hermanos	Nayeli y José Carlos Carias.
Mis tíos	José e Ingrid Morales.
Mis amigos	Y compañeros.

AGRADECIMIENTOS A:

- | | |
|---|--|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser mi fuente de enseñanza e inculcar los valores de perseverancia y esfuerzo en la realización de mis responsabilidades, siempre estaré orgulloso por formar parte de ella. |
| Facultad de Ingeniería | Por ser el principal ente durante la formación de mi carrera profesional, agradeciendo de manera plural a los catedráticos que forman parte de la Escuela de Mecánica Eléctrica, por compartir sus conocimientos y experiencias en la materia. |
| Wellco Corporation | Por brindarme la oportunidad de desarrollar y aplicar los conceptos de electrónica a sus instalaciones, con el fin mejorar sus controles dentro de su planta de producción. |

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. Llenadora marca Tecnofarma Modelo Monobloque LA50	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.2. Etapas de trabajo del equipo Monobloque LA50	2
1.1.2.1. Transportación de entrada de envase	3
1.1.2.2. Colocado y llenado de envase.....	4
1.1.2.3. Alimentador, colocado y acomodador de tapa.....	5
1.1.2.4. Enroscado de tapa.....	5
1.1.2.5. Transportación de salida de envase	6
1.1.3. Configuración de operaciones en el tablero de control.....	6
1.1.3.1. Regulación de velocidades	7
1.1.3.2. Marcho y paro de emergencia	8
1.1.3.3. Control manual y automático	8
1.1.4. Principios de funcionamiento general	9
1.1.4.1. Aspectos mecánicos.....	9

	1.1.4.1.1.	Principio del mecanismo de biela-manivela.....	9
	1.1.4.2.	Particularidades neumáticas	10
	1.1.4.2.1.	Electroválvulas	10
	1.1.4.2.2.	Pistones hidráulicos y neumáticos.....	12
	1.1.4.3.	Características eléctricas	12
	1.1.4.3.1.	Motovibradores	13
	1.1.4.3.2.	Variadores de frecuencia.....	13
	1.1.4.3.3.	Contactores.....	14
1.2.		Bomba de tubo peristáltico LP-BT300-2J	15
	1.2.1.	Generalidades	16
	1.2.2.	Operaciones de funcionamiento básico	17
	1.2.2.1.	Velocidad de ajuste	19
	1.2.2.2.	Conmutador.....	19
	1.2.2.3.	Visibilidad de ajuste.....	20
	1.2.2.4.	Encendido y apagado general.....	20
	1.2.3.	Adaptador de control externo	20
	1.2.3.1.	Utilidad de pines.....	21
	1.2.3.2.	Opciones de control en señales eléctricas	22
	1.2.3.2.1.	Voltajes de operación....	23
	1.2.3.2.2.	Señales de referencia ...	23
	1.2.3.2.3.	Señales ajustables	24
	1.2.3.2.4.	Señal de inicio y paro	24
1.3.		Unidad manejadora de aire	25
	1.3.1.	Generalidades	26

1.3.2.	Principios de funcionamiento	27
1.3.3.	Partes que conforman un climatizador	28
1.3.3.1.	Componentes físicos	30
1.3.3.1.1.	Motores	30
1.3.3.1.2.	Filtros.....	31
1.3.3.1.3.	Ventiladores.....	32
1.3.3.1.4.	Distribuidores de aire....	32
1.3.4.	Análisis de problemas en el equipo	32
1.3.4.1.	Incertidumbres	33
1.3.4.1.1.	Causas y soluciones.....	34
2.	MARCO METODOLÓGICO.....	35
2.1.	Investigación, estudio y análisis del equipo y funcionamiento de llenadora Tecnofarma Monobloque LA50	35
2.1.1.	Reporte de daños de los elementos más importantes.....	37
2.1.2.	Mantenimiento y reparación de componentes dañados con requerimientos de intervención	38
2.2.	Diseño de un conjunto de elementos adaptables que reduzcan el trabajo de llenado de envases con cuentagotas en el equipo de marca Tecnofarma modelo Monobloque LA50	39
2.2.1.	Diseño de un sistema de alimentación o de recibimiento de objetos en modelo de tornamesa ..	39
2.2.1.1.	Realización de circuito prototipo adaptable al controlador de motor con graduación de velocidad	40

	2.2.1.1.1.	Modelado y construcción del circuito prototipo.....	41
2.2.2.		Diseño de un sistema contador de objetos adaptable a cualquier equipo de manejo elementos sólidos.....	51
	2.2.2.1.	Investigar, analizar y seleccionar los tipos de sensores de distancia que pueden ser utilizados	52
	2.2.2.2.	Investigar, analizar y seleccionar los módulos de visualización gráfico en el modelo de <i>display</i> de 7 segmentos ..	53
	2.2.2.3.	Analizar la cantidad de periféricos y seleccionar un microcontrolador de Arduino que cumpla las características de los elementos a incorporar	54
	2.2.2.3.1.	Conexión de los dispositivos de entrada y salida.....	56
	2.2.2.3.2.	Código de programación	57
	2.2.2.4.	Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuito	63
2.2.3.		Diseño de un sistema de colocación de <i>plug</i> y tapa en los envases que conlleven la integración de cuentagotas.....	63

2.2.3.1.	Investigar los tipos de actuadores y complementos que se implementan en la industria farmacéutica	64
2.2.3.1.1.	Cilindros neumáticos que pueden incorporarse.....	65
2.2.3.1.2.	Tipos de electroválvulas.....	67
2.2.3.1.3.	Unidades de mantenimiento	68
2.2.3.2.	Investigar y seleccionar los tipos de sensores que pueden implementarse.	69
2.2.3.3.	Analizar la cantidad de periféricos y seleccionar un Microcontrolador de Arduino que cumpla las características de los elementos a incorporar.....	69
2.2.3.3.1.	Conexión de los dispositivos de entrada y salida	70
2.2.3.3.2.	Código de programación.....	71
2.2.3.4.	Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuito	80
2.3.	Desarrollo de un mando de control de tiempos deliberados para bomba peristáltica LP-BT300-2J	82

2.3.1.	Investigar y estudiar toda la documentación relacionada con el modelo de bomba peristáltica LP-BT300-2J.	84
2.3.2.	Estudiar y analizar las respuestas sobre señales eléctricas	85
2.3.2.1.	Generador de onda y osciloscopio	86
2.3.3.	Investigar las pantallas LCD y módulos de comunicación I2C en el desarrollo de proyectos con interfaz gráfica	89
2.3.4.	Investigar y analizar los componentes electrónicos que pueden implementarse para la graduación y configuración de tiempos	90
2.3.4.1.	Potenciómetros	90
2.3.4.2.	<i>Encoders</i>	92
2.3.5.	Analizar la cantidad de periféricos y seleccionar un Microcontrolador de Arduino que cumpla con las características de los elementos a incorporar....	94
2.3.5.1.	Conexión de los dispositivos de entrada y salida	94
2.3.5.2.	Código de programación	95
2.3.6.	Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuito	113
2.4.	Desarrollo de un sistema indicador y alarma de flujo de viento para las unidades manejadoras de aire	114
2.4.1.	Investigar y analizar los tipos de sensores que se utiliza en la industria en el control de ventilación...	116
2.4.1.1.	Sensores de presión diferencial	117
2.4.1.2.	Sensores de vialeta	118

2.4.2.	Investigación, comprobación y análisis sobre los circuitos de respaldo energético considerando como punto la vital la durabilidad y mantenimiento de este	118
2.4.3.	Investigar y seleccionar mediante pruebas de prototipo los circuitos de temporizadores que pueden implementarse	120
2.4.3.1.	Circuito en modo estable	120
2.4.3.2.	Circuito en modo de espera.....	121
2.4.4.	Investigar y analizar los circuitos o integrados que pueden implementarse como medio de compuertas lógicas en el manejo de señales eléctricas, tomando en consideración las que sean necesarias en el diseño del indicador y alarma de flujo	122
2.4.5.	Analizar y construir un modelo de fuente de voltaje que abarque los voltajes de operación con lo que se desea trabajar.....	124
2.4.5.1.	Investigar elementos de larga durabilidad que cumplan con los factores de temperatura y protección sobre descargas eléctricas	126
2.4.5.2.	Investigar, analizar y seleccionar los tipos de sistemas auditivos que pueden implementarse en el desarrollo de una alarma auditiva.....	128
2.4.5.2.1.	Sirenas	128
2.4.5.2.2.	Zumbadores	129

2.4.6.	Investigar, analizar y seleccionar los tipos de indicadores que pueden implementar para la realización de un control visual	130
2.4.7.	Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuitos	131
2.4.8.	Construcción del modelo final de cambios previsto en el prototipo	132
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	135
3.1.	Diseño y circuitos de reconfiguración de Tecnofarma Monobloque LA50	135
3.1.1.	Diseño del componente de tornamesa	135
3.1.2.	Diseño del elemento de conteo	140
3.1.3.	Diseño del sistema neumático.....	142
3.2.	Reparaciones y mantenimiento general de la llenadora Monobloque LA50	145
3.3.	Adaptación de un controlador de tiempos deliberados de bomba peristáltica LP-BT300-2J	153
3.3.1.	Prueba de prototipo.....	155
3.3.2.	Componente de interconexión física	156
3.3.3.	Modelado final	157
3.3.4.	Ajuste y configuración del equipo controlador	159
3.4.	Indicador y alarma de flujo de aire para unidades manejadoras de aire.....	160
3.4.1.	Prueba de prototipo.....	162
3.4.2.	Capacidad de respuesta.....	163
3.4.3.	Comparación con otros sistemas	164
3.4.4.	Modelado final	165

3.4.5.	Ajustes y configuración del indicador y alarma de flujo de aire	169
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	173
	CONCLUSIONES	177
	RECOMENDACIONES	179
	BIBLIOGRAFÍA.....	181
	APÉNDICE.....	183

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Equipo Tecnofarma Monobloque LA50.....	2
2.	Proceso de llenado, tapado y enroscado.....	4
3.	Tablero de control Tecnofarma Monobloque LA50.....	7
4.	Electroválvula MFH-5-1/8-B-EX.....	11
5.	Esquemático de electroválvula MFH-5-1/8-B-EX.....	11
6.	Bomba de tubo peristáltico LP-BT300-2J	15
7.	Rodillos de cabezal.....	16
8.	Partes de LP-BT300-2J	18
9.	Operaciones básicas de LP-BT300-2J	18
10.	Módulo de control externo	21
11.	Conexión de operatividad	23
12.	Manejadora de aire	27
13.	Esquema de UMA.....	28
14.	Constitución de climatizadores	29
15.	Motores de climatizadores	30
16.	Tipos de filtros	31
17.	Diseño de PCB circuito de mesa giratoria simple	42
18.	Diseño de parte superior de mesa giratoria simple.....	42
19.	Diseño de PCB circuito de mesa giratorio complejo	43
20.	Diseño de parte superior de mesa giratoria compleja.....	44
21.	Sensor de objetos infrarrojo.....	52
22.	Módulo 4-Digit <i>Display</i> V1.0.....	54
23.	Microcontrolador Arduino Nano	55

24.	Diseño PCB del contador objetos.....	56
25.	Diseño de parte superior del contador de objetos	57
26.	Actuador de doble efecto neumático	66
27.	Actuador motorizado	67
28.	Electroválvula 5/2 monoestable.....	68
29.	Diseño PCB del relé de estado solido	80
30.	Diseño superior del relé de estado solido.....	80
31.	Diseño PCB del circuito de control cuentagotas.....	81
32.	Diseño de placa superior del circuito control cuentagotas.....	82
33.	Laboratorio USB Analog Discovery	87
34.	Herramientas de Software Analog Discovery	87
35.	Herramienta de osciloscopio	88
36.	Herramienta de generación de onda	88
37.	Pantalla LCD con módulo de comunicación I2C	89
38.	Potenciómetro de precisión	92
39.	Señal de giro del <i>encoder</i> rotatorio.....	93
40.	<i>Encoder</i> rotatorio	93
41.	Diseño PCB del circuito controlador de bomba peristáltica	113
42.	Diseño de placa superior del circuito controlador de bomba peristáltico	114
43.	Interruptor de presión diferencial Dwyer.....	117
44.	Interruptor de flujo de aire	118
45.	Fuente de alimentación con respaldo energético	119
46.	Circuito integrado 555 en configuración astable.....	121
47.	Circuito integrado 555 en configuración monoestable con retraso	122
48.	Circuito integrado 74LS86 (compuerta XOR).....	124
49.	Fuente y voltajes regulables.....	125
50.	Regulador LM7824 encapsulado TO220.....	127
51.	Regulador R-78E5.01.0 encapsulado SIP.....	128

52.	Indicadores visuales - Luces piloto	131
53.	Prototipo de indicador y alarma de flujo.....	132
54.	Circuito PCB de indicador y alamar de flujo de aire.....	133
55.	Circuito PCB de conexión de señalizadores	133
56.	Circuito superior de placa indicador y alamar de flujo de aire.....	134
57.	Circuito superior de conexión de señalizadores	134
58.	Construcción de placa electrónica de tornamesa simple	137
59.	Construcción de placa electrónica de tornamesa compleja	140
60.	Construcción de placa electrónica de contador de objetos.....	142
61.	Construcción de placa electrónica del control del sistema neumático y motores alimentadores	145
62.	Placa de mando de control de bomba peristáltica	154
63.	Prototipo de placa de control de bomba peristáltica	155
64.	Prototipo de conexión de adaptador de control externo.....	156
65.	Conector de comunicación para adaptador externo	157
66.	Interconexión de adaptador de control externo y conector de comunicación	157
67.	Mando de control de bomba peristáltico	158
68.	Conectores de comunicación y alimentación del controlador de bomba peristáltica.....	159
69.	Placa electrónica de indicador y alarma de flujo de aire.....	167
70.	Montaje interno del indicador y alarma de flujo de aire.....	167
71.	Presentación externa del indicador y alarma de flujo de aire.....	168
72.	Instalación del indicador y alarma de flujo de aire	168
73.	Variación de temporizadores del indicador de flujo	169
74.	Seleccionador de compuerta XOR del indicador de flujo.....	170
75.	Salidas de señales sobre el indicador de flujo	170
76.	Entradas de voltajes exteriores del indicador de flujo	171

TABLAS

I.	Señales de referencia	24
II.	Compuerta XOR	124

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AH	Amperios hora
I2C	Circuito inter-integrado
ADC	Convertidor analógico a digital
CA	Corriente alterna
DC	Corriente directa
E/S	Entrada/salida
°C	Grados centígrados
Hz	Hertz
KHz	Kilohercio
KΩ	Kilo-Ohmios
μF	Micro-Faradios
mA	Miliamperios
PWM	Modulación por ancho de pulsos
nF	Nano-Faradios
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
Ω	Ohmios
LCD	Pantalla de cristal liquido
rpm	Revoluciones por minuto
V	Voltios
W	Watt

GLOSARIO

Conmutador	Es referido a un componente eléctrico con la capacidad de cambiar el estado de una línea de corriente en abierto a cerrado o viceversa.
DB15 <i>plug</i>	Conector de 15 contactos utilizados comúnmente en aplicaciones de video (Conector de VGA).
Domótica	Conjunto de técnicas y accesorios utilizados en la automatización de los edificios.
Electroválvula	Válvula electromecánica utilizada para control de paso de fluidos accionada por electricidad.
Neumática	Mecanismo en el cual basa su funcionamiento en el uso de la presión de aire.
Presostato	Tipo de interruptor accionado por presión.
Puente H	Circuito electrónico utilizado por su característica de cambio de giro en los motores de corriente directa.
UMA	Unidad manejadora de aire.

I2C

Protocolo de comunicación sincrónico que implementa una señal de reloj y una de datos en la transferencia de información.

RESUMEN

El presente informe de graduación, representa un conjunto de procesos técnicos del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), que se realizó en la industria farmacéutica de Wellco Corporation, diseñando y construyendo un conjunto de accesorios sobre el manejo y funcionamiento de los equipos de Llenadora Tecnofarma Monobloque LA50, bomba de tubo Peristáltico LP-BT300-2J y otros equipos diseñados para el control de cantidades, como también la operatividad sobre el funcionamiento de las unidades de tratamiento de aire.

El presente trabajo contiene las etapas de investigación, pruebas y desarrollo de prototipos, como también la selección y montaje de los diseños finales. Se encontrarán puntos referidos al diseño de PCB, montaje de componentes e instalación de elementos electrónicos externos, como también código de programación y en algunos casos identificación de los elementos a sustituirse ante daños sobre accesorios de los equipos construidos.

Se encontrará los diseños de las placas electrónicas fabricadas para el control y manejo de la velocidad de las tornamesas de alimentación o recibimiento de productos, como también otros sistemas de electrónica digital para el conteo de elementos y operatividad de tiempos deliberados mediante el ajuste de un mando de control diseñado para el funcionamiento de una bomba peristáltica, además también contará con accesorios de electro-neumática y un sistema de control de alarma de flujo de aire para los equipos climatizadores.

OBJETIVOS

General

Realizar un conjunto de circuitos electrónicos que mejoren el control y manejo de los equipos de llenado y encargados de administrar aire a las instalaciones de laboratorio de líquidos y estériles de la planta de producción de Wellco Corporation, a través de la integración de sistemas automatizados con electrónica digital y analógica.

Específicos

1. Conocer de forma general la empresa de Wellco Corporation; así como las áreas de laboratorio y de mantenimiento, como también los equipos y su funcionamiento, herramientas y procesos de control que implementa el personal.
2. Elaborar un mando de control con selectores y pulsadores que permitan establecer un sistema con capacidad de variación de velocidad, activación y desactivación con tiempos deliberados pre-configurados y visualizados de forma gráfica para el funcionamiento de una bomba peristáltica LP-BT300-2J en operaciones de llenados de forma semiautomática y controlada a través de un mando general con funciones de paro, marcha, *reset*, *on/off*, *enter*, incremento y decremento.

3. Construir el diseño de un circuito electrónico que represente el comportamiento de una mesa rotatoria con opciones a modificación en la orientación de giro, ajustes de velocidad y conteo de objetos, considerando principalmente factores de espacio, intercambio de motor simple, costos de duplicación y durabilidad de componentes.
4. Diseñar un sistema electrónico de montaje inmediato con características de portabilidad y de larga durabilidad en la operatividad de conteo de objetos con respaldo energético contra el fallo de alimentación de corriente alterna e incorporación de pulsadores para el ajuste del valor sobre los elementos deseados y rechazados.
5. Diseñar un conjunto de accesorios electrónicos que puedan implementarse en una reconfiguración del equipo de llenado Tecnofarma Monobloque LA50 en envases con cuenta gotas mediante el uso de sensores con detección de objetos y accionamiento de actuadores neumáticos con forme las lecturas de las señales eléctricas.
6. Desarrollar un sistema electrónico que permita indicar de forma visual y auditiva el estado de operación de una unidad manejadora de aire mediante el uso de sensores de presión diferencial para la detección de cambios sobre el flujo presión con el objeto de realizar una respuesta inmediata ante una situación en el daño del equipo o falta de energía sobre la red de alimentación
7. Incorporar a los sistemas y circuitos electrónicos componentes de protección contra sobre-corrientes, sobre-calentamiento, métodos de interconexión simples y rápidos en el montaje de equipo con personal no experimentado en la materia de electrónica.

INTRODUCCIÓN

La tecnología sin duda ha sido una rama de la ciencia que ha modernizado muchos campos de la vida con los que interactúa el ser humano, y uno entre los más importantes en la actualidad es la automatización y monitorización de equipos en el sector industrial, la integración de sistemas computarizados a los componentes mecánicos ha generado un beneficio muy importante para el sector industrial en las capacidades de producción, rendimiento y optimización de tareas, logrando así un mejor manejo sobre los recursos implementados sobre operarios, materia prima y personal encargado sobre los procesos de mantenimientos.

El propósito del presente trabajo consiste en dar a conocer una serie de circuitos electrónicos con funciones específicas adaptables a equipos de llenados, manejadoras de aire, controladores de motores, circuitos semi-automatizados e indicadores de variables que responden mediante los niveles de señales eléctricas o variables físicas a las que los elementos se exponen.

Se presentan cuatro capítulos que determinan el proceso de investigación, análisis y construcción de los sistemas electrónicos diseñados para el control de los equipos. El capítulo uno abarca los contenidos de funcionamiento y aspectos específicamente relacionados a los equipos de llenadora marca Tecnofarma modelo Monobloque LA50, bomba de tubo peristáltica LP-BT3002J y las unidades manejadoras de aire en general, abarcando sobre estos sistemas algunos modelos de circuitos electrónicos diseñados e instalados.

En el capítulo dos, puede encontrar la información y diseños de circuitos electrónicos respectivos a las maquinarias que se trabajaron y contenidos de reparaciones, código de programación y componentes electrónicos como sensores y descripción de elementos electrónicos utilizados.

En el capítulo tres se presenta los circuitos diseñados y algunos circuitos instalados, como también los resultados obtenidos ante la incorporación de los mismos y comparación contra otros sistemas similares. Durante el proceso de pruebas se consideró como principal punto que los modelos diseñados deben ser construidos principalmente con el objetivo de evitar algún tipo de daño físico a los usuarios y poder permitir reparaciones inmediatas.

1. MARCO TEORICO

1.1. Llenadora marca Tecnofarma Modelo Monobloque LA50

La maquinaria de Tecnofarma es un equipo industrial específicamente diseñado para realizar operaciones de llenados con sustancias líquidas en envases de modo continuo y semiautomatizado en líneas de producción con amplia variedad de productos y volúmenes de despacho con capacidades variables. La fabricación del equipo Tecnofarma es construido en su mayoría con material de acero inoxidable y especialmente con las más altas regulaciones para usos en el área de la industria farmacéutica con calidades optimas en el manejo de medicamentos y sustancias farmacológicas.

1.1.1. Generalidades

El equipo de llenadora principalmente está conformado por un variador de frecuencia central conectado a un sistema mecánico de tipo cigüeñal que ejecuta el movimiento de pasos de manera individual de los envases durante un proceso de descarga de líquido controlado, puesta de tapa y enroscado progresivo durante su operatividad de sus procesos en serie.

Otros medios independientes que utiliza el sistema de Tecnofarma, son la incorporación de bandas transportadoras para el ingreso y egreso de los envases vacíos, envases sellados e integración de una tolva alimentadora de tapas de tipo vibratoria y múltiples implementaciones con opción de control en variables de velocidad y operatividad individual de cada uno. Por último, el funcionamiento de dosificación de líquido en los recipientes es través de un

sistema de leva y procesamiento neumático con escalabilidad variable en la cantidad de volumen a despacharse.

Figura 1. **Equipo Tecnofarma Monobloque LA50**



Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Etapas de trabajo del equipo Monobloque LA50

Los puntos siguientes representan el comportamiento general del equipo Monobloque LA50 en la operatividad de llenado.

1.1.2.1. Transportación de entrada de envase

El equipo de Tecnofarma cuenta con dos cintas transportadoras regulables en velocidad con funcionalidades de alimentación de envases al proceso de llenado y desplazamiento de envases con tapa a un área de terminados. Los medios transportadores principalmente son un conjunto de bandas continuas movilizadas a través de motores y rodillos con finalidades de movilizar cualquier material u objeto de un punto a otro de manera continua a velocidades constantes y preajustadas a las necesidades correspondientes de los sistemas automatizados.

Tomando en cuenta que el traslado de objetos en modos de operación en serie, permite la integración y ejecución de otros componentes de manera ordenada y simplificada, como lo pueden ser la toma de algunas variables mediante el uso sensores e identificación de parámetros inadecuados a los estándares aceptables de los productos fabricados.

La cinta transportadora de entrada de objetos moviliza los recipientes hacia una etapa del equipo que controla a través de una semicircunferencia con movimientos de paso el traslado de los recipientes en procesos en serie de llenado, colocado, enroscado y salida de producto conectado hacia su cinta transportadora secundaria.

El ajuste de envases sobre el movimiento de saltos debe ser realizado mediante la selección y acople de dos accesorios de plástico industrial, que deben de ser acomodados con forme el grosor del envase a ser utilizado y a la metodología del llenado.

Figura 2. **Proceso de llenado, tapado y enroscado**



Fuente: Elektromag Machine. *Llenadora tapadora de líquidos automática (Roll On Filling Capping Machine)*. Interempresas.net. Consulta: 28 de junio de 2020.

1.1.2.2. Colocado y llenado de envase

El proceso de colocado inicial debe ser realizado a través de operarios de forma manual con la asignación individual de los envases sobre la cinta transportadora con dirección hacia el proceso de llenado en el área de dosificación de la máquina correspondiente.

El proceso de llenado de productos puede ser configurado para utilizarse en modo automático con graduación de velocidad por producto y modo manual con activación dependiente del estado de un pulsador como sensor de tipo bandera.

El ajuste en el despacho de cantidad de líquido es realizado mediante la nivelación de un accesorio con rosca que limita la cantidad de volumen en el paso dentro de un cilindro con pistón y válvulas neumáticas que finalizan la inyección de líquidos a través de agujas dosificadoras que deben ser

correspondientes con forme el tamaño de la boquilla de los envases y a la densidad de los productos requeridos.

1.1.2.3. Alimentador, colocado y acomodador de tapa

Posteriormente al proceso de dosificación, el envase prosigue a un estado de colocado y acomodación de tapa, se debe mencionar que el proceso de colocado de tapa va de la mano con un sistema tolva alimentadora de tipo vibratoria que se encarga de orientar los tapones de los envases en un riel de tobogán de manera correcta durante el salto de paso que realiza la maquinaria a través del ciclo de llenado y finalizado de los productos, haciendo que durante este salto de estado el equipo coloque un tapón en la boquilla del envase y proceda a ser alineada y acomodado con un golpe suave en el centro de la misma tapa.

El proceso del alimentador de tapas es realizado de forma manual, colocando sobre el riel de transportación los tapones por circunstancias sobre el fallo y pérdida de fuerza en la operatividad de la tolva vibratoria que alimenta y reubica la posición de los tapones.

1.1.2.4. Enroscado de tapa

La última etapa en el manejo de envases consiste en un sistema rotativo que enrosca la tapa correspondiente al recipiente utilizado. Debe considerarse que este ciclo es realizado correctamente solo si el estado anterior de acomodamiento fue hecho satisfactoriamente, por lo que el comportamiento de este equipo sube y baja un sistema hidráulico con un estriado en movimiento

rotativo a gran velocidad y fuerza considerable que daña el tapón si no está bien posicionado.

1.1.2.5. Transportación de salida de envase

El proceso de salida corresponde una guía de cinta transportadora que conlleva sobre ella los productos con materiales dosificados y enroscados que deben recibirse de forma manual por operarios o ser asignados a una nueva línea de fabricación sobre etiquetado o empaquetado de los dosificados.

Todos los productos movilizados a través de esta línea que no cumplan con las expectativas correctas como lo son el derrame de líquido o daños en la tapa sobre los recipientes inspeccionados, deben de limpiarse para los casos que lo permitan o también desecharse y retirarlo sobre la línea de producción.

1.1.3. Configuración de operaciones en el tablero de control

El funcionamiento general del equipo Monobloque LA50 es controlado a través de un tablero con botones, selectores y perillas utilizadas para el ajuste de los sistemas que determinan el comportamiento de operatividad de la maquinaria sobre su proceso llenado de líquidos.

Figura 3. **Tablero de control Tecnofarma Monobloque LA50**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3.1. Regulación de velocidades

La regulación de velocidad del equipo en general es manipulada por medio de 3 potenciómetros que influyen sobre el movimiento de motores independientes, los cuales se expresan por los siguientes:

- Regulación del motor vibrador
- Regulación de cintas transportadoras
- Regulación en el movimiento de llenado, colocado y enroscado

1.1.3.2. Marcho y paro de emergencia

El equipo de Tecnofarma Monobloque LA50 cuenta con la integración de encendido por interruptor de llave e incorporación de pulsador de parada de emergencia mediante el accionamiento de detenido brusco por golpe de puño, el equipo debe de contener habilitados estos botones para permitir el funcionamiento general de toda la maquinaria, excluyendo el motor vibrador alimentador de tapas que opera de manera independiente y que es encendido y ajustado de su capacidad de vibración de manera individual.

1.1.3.3. Control manual y automático

La activación del sistema automático y manual se realiza mediante un botón selector que cambia el estado de funcionamiento sobre el equipo de llenado, los aspectos de funcionamiento entre la selección de esas dos modalidades son las siguientes:

- Automático: la maquinaria opera sola en los procesos a velocidades ajustadas en las etapas de llenado de líquido, colocado y enroscado de tapa. La configuración automática es utilizada para realización de modalidades de producción en masa sin intervención de otras variables.
- Manual: en el estado de configuración manual el equipo solamente es dado en funcionamiento mediante la activación de presión por medio de un pulsador, la configuración manual solamente es utilizada en el ajuste de las variables y acomodamientos de las partes físicas para ser ejecutadas posteriormente en el modo automático sin ningún tipo de problema con la velocidad en que se realizan las etapas del equipo.

1.1.4. Principios de funcionamiento general

Los puntos a continuación representan los aspectos mecánicos y eléctricos en los que se basa el funcionamiento de equipo marca Tecnofarma modelo Monobloque LA50.

1.1.4.1. Aspectos mecánicos

El sistema en general es controlado a través de un motor eléctrico que está conectado por medio de un sistema mecánico que transforma el movimiento rotativo del motor en rotación de tipo cigüeñal, ejecutando acciones en serie en el cual el equipo permite la realización procesos controlados sobre el movimiento por las etapas de trabajo de la maquinaria, permitiendo así el paso individual de los recipientes y un control de elementos paralelos sobre la bajada y subida de los dosificadores y enroscado de tapa de múltiples envases de manera secuencial.

1.1.4.1.1. Principio del mecanismo de biela-manivela

El principio del mecanismo de biela-manivela es la transformación de un movimiento rotativo en un movimiento de traslativo sobre un eje. El mecanismo de biela-manivela es el origen del funcionamiento de subida y bajada de los inyectores de líquidos y el enroscado de tapa sobre los envases que utilizan en la maquinaria de Tecnofarma Monobloque LA50.

1.1.4.2. Particularidades neumáticas

Los componentes neumáticos regularmente son relacionados a todos aquellos dispositivos que funcionan a través de la compresión de aire generados principalmente por compresores, dichos componentes son indispensables en áreas de trabajo en donde los requerimientos de higiene y seguridad son ampliamente solicitados.

Los componentes neumáticos a diferencia de los equipos mecánicos son obligatoriamente utilizados en las industrias de manipulación de alimentos y fabricas farmacéuticas, por el principal aspecto de ser componentes que no necesitan lubricación ni ningún tipo de material contaminante para su correcta operación, entre los componentes que utilizan presión de aire en el equipo de Tecnofarma se pueden mencionar los siguientes:

- Unidad de mantenimiento FRC
- Válvula regulada y filtro LFR
- Regulador de presión LR
- Racores de rosca cilíndrica
- Presostato PE-1/8N
- Electroválvula MFH-5-1/8-B-EX

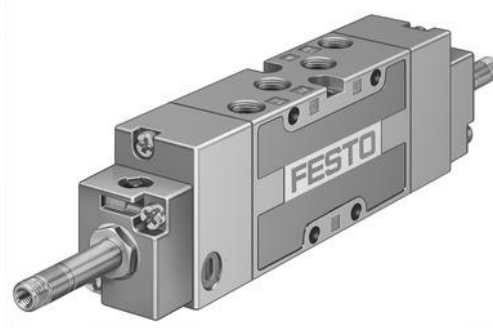
1.1.4.2.1. Electroválvulas

Las electroválvulas son sistemas mecánicos y eléctricos utilizados en la distribución de líquidos y gases activados mediante la excitación de bobinas o solenoides con opciones de habilitación o desactivación de paso de válvulas operadas en voltajes estándares de 110 VAC, 220 VAC, 12 VDC Y 24 VDC. Las electroválvulas están conformadas de dos partes que son la válvula mecánica

en donde se realiza el paso de los fluidos y el componente de solenoide en donde se cambia el estado de la válvula abierto o cerrado a través del fenómeno eléctrico de magnetismo.

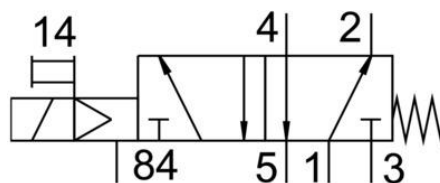
El equipo de Tecnofarma implementa una electroválvula monoestable 5/2 en marca Festo con retorno por muelle que permite mediante la activación de la bobina el intercambio del fluido en una salida A y retorno automático en una salida B mediante la desactivación del solenoide.

Figura 4. **Electroválvula MFH-5-1/8-B-EX**



Fuente: Dong Luc Industry Co. Ltd. *Van Festo JMFH-5-1/4-B*. Khinen-festo.com. Consulta: 11 de noviembre de 2019.

Figura 5. **Esquemático de electroválvula MFH-5-1/8-B-EX**



Fuente: Dong Luc Industry Co. Ltd. *Van Festo JMFH-5-1/4-B*. Khinen-festo.com. Consulta: 11 de noviembre de 2019.

1.1.4.2.2. Pistones hidráulicos y neumáticos

Los componentes de pistones son relacionados a aquellos actuadores o mecanismo que están dentro de los cilindros con capacidad de desplazar un embolo a través del accionamiento de un tipo de presión.

Los pistones más utilizados a nivel industrial son los de tipos hidráulicos ubicados en áreas donde no es requerido un alto nivel higiene y salubridad dentro de una empresa, por otro lado, los pistones neumáticos contienen un amplio campo de aplicación en las industrias alimenticias y farmacéuticas por sus características de no utilizar fluidos tóxicos en su lubricación y que principalmente son accionados mediante el uso de presión de aire generados por compresores.

El equipo de Tecnofarma Monobloque LA50 implementa principalmente la utilización de cilindros neumáticos en el exterior para una interacción con los productos en su proceso de empaquetado.

1.1.4.3. Características eléctricas

El equipo de Tecnofarma está diseñado para operar con corrientes alternas en los niveles de tención de 110 VAC y 220 VAC, previo a su configuración que debe establecerse dentro de la maquinaria, el equipo de llenado recomienda estar conectado principalmente a una línea de alimentación de 220VAC a la que viene configurada inicialmente de fábrica.

1.1.4.3.1. Motovibradores

El motor industrial vibrador que integra la maquinaria está instalado en el cuerpo de una tolva alimentadora de tapas con conexión independiente de corriente y diseño de tarjeta con componentes de control individual al sistema general de la maquinaria.

El motor vibrador desde hace tiempo presentaba un fallo en su funcionamiento general, en que algunas ocasiones no encendía y en otras su funcionamiento era con una fuerza muy baja que no realizaba la alimentación, posicionamiento y el corrimiento de las de tapas a través del riel, se procedió a realizar la inspección del mismo y se pudo corregir los errores de los problemas presentados logrando así un funcionamiento adecuado sobre el equipo de llenado en su proceso de alimentación de tapas.

1.1.4.3.2. Variadores de frecuencia

El variador de velocidad para motores de corriente alterna, modifican el ciclo de la frecuencia de la señal de alimentación para cambiar la cantidad de rotaciones que realizan los motores eléctricos de corriente alterna. El rango de frecuencia de un motor de corriente alterna a un 100 % de velocidad de giro corresponde a los 60 Hz suministrados por la red de la alimentación, mientras que el decaimiento de la misma genera como efecto la reducción de revoluciones sobre los motores.

El modelo de Tecnofarma Monobloque LA50 contiene 3 variadores de frecuencia con las siguientes funcionalidades:

- Variador de motor vibrador: modifica la fuerza y cantidad de vibración de la tolva alimentadora de tapas.
- Variador de frecuencia de cintas transportadoras: modifica la velocidad de paso de la banda transportadora para ingreso y egreso de los recipientes de tipo envase.
- Variador central: el variador es el más importante de los dos anteriores ya que controla todo el movimiento de transporte de envases mediante pasos a través de las etapas de llenado, colocado y enroscado de tapa, sin este la maquinaria es inservible.

Es importante mencionar que el variador de frecuencia central durante un proceso de fabricación presento una descompostura que dejo inservible todo el equipo de Tecnofarma, y que además en el grupo técnico de mantenimiento no puedo dar solución ante una rehabilitación del sistema, por lo cual durante el proceso de EPS se presentó un análisis y una adaptación de un variador CFW500 de la marca WEG con cambios y conexiones para reemplazar el variador de fábrica, logrando así un funcionamiento previo a su descompostura.

1.1.4.3.3. Contactores

Los elementos contactores son componentes utilizados para la activación de cargas eléctricas elevadas de diferentes partes o equipos de alto consumo eléctrico, el sistema de Tecnofarma contiene gran variedad de múltiples contactores que son activados con forme la selección de funcionamiento en el tablero general de la maquinaria, y es aquí en donde se hicieron algunas adaptaciones para el intercambio del variador de frecuencia central por el modelo de marca WEG CFW500.

1.2. Bomba de tubo peristáltico LP-BT300-2J

Las bombas peristálticas en la actualidad poseen un gran campo de utilidad en las áreas de laboratorio, estas son caracterizadas por su modo seguro de operación y facilidad de uso en la realización de tareas de bombeo de gran cantidad de productos líquidos con variedad de viscosidades de manera rápida y precisa en el despacho de las cantidades de volumen.

Las características de las bombas peristálticas son las siguientes.

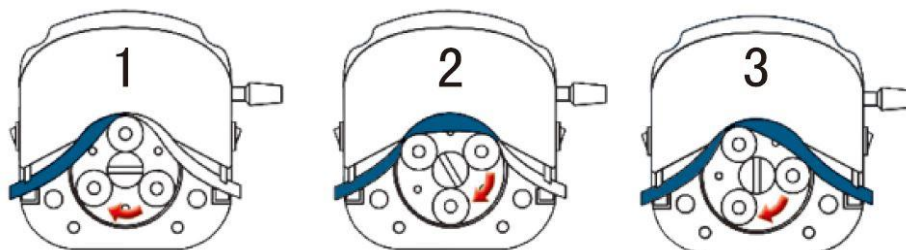
- No hay contaminación entre la bomba ni fluido utilizado
- Soportan el funcionamiento con productos en seco
- No requieren la limpieza y enjuague del equipo
- Puede intercambiarse el producto de manera rápida a través de la sustitución de una manguera limpia.

Figura 6. Bomba de tubo peristáltico LP-BT300-2J



Fuente: Drifon A/S. *Bomba peristáltica LP-BT300-2J*. Drifon.es. Consulta: 28 de junio de 2020.

Figura 7. **Rodillos de cabezal**



Fuente: Drifton A/S. *Bombas peristáltica*. Drifton.es. Consulta: 28 de junio de 2020.

1.2.1. Generalidades

El llenado de fluidos a través de bombas peristálticas es el sustituto de equipos a los sistemas complejos como la maquinaria de Tecnofarma Monobloque LA50, con características de funcionamiento ideales en el traslado con portabilidad, operatividad de funcionamiento y entre la más importante la limpieza del equipo solamente por medio de una manguera.

Las bombas peristálticas a diferencia de los otros tipos de bombas contienen un conjunto de rodillos que presionan la manguera de forma rotativa en el sentido de hacer pasar líquido a través de la misma, otro aspecto importante a mencionar sobre las bombas peristálticas es que son de mucha precisión en la descarga de líquidos, ya que contiene un motor de pasos que puede configurarse en los parámetros de velocidad y sentido de giro.

El modelo del equipo por defecto viene solamente para ser utilizado en modo manual mediante la pulsación constante de un botón integrado en el frente del mismo, sin embargo, en la parte trasera contiene un conjunto de pines que pueden ser adaptados a dispositivos digitales para un funcionamiento

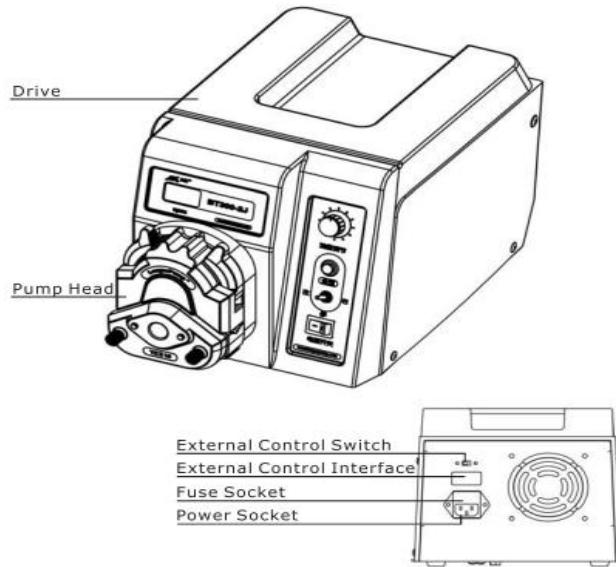
semiautomático del equipo. Este tipo de bomba es recomendado para el llenado de productos de cantidades no voluminosas o el despacho de variedad de productos en intervalos de cambios de sustancias constantes.

1.2.2. Operaciones de funcionamiento básico

La configuración básica del equipo peristáltico consiste primeramente en ajustar adecuadamente la manguera y presionar el botón de encendido para la calibración del funcionamiento del mismo, el equipo contiene una perilla con componente de *encoder* que permite ajustar un parámetro mostrado en pantalla de *display* de 7 segmentos en una escala entre los valores de 0 a 300 correspondientes a las velocidades de giro por minuto permitido por el aparato.

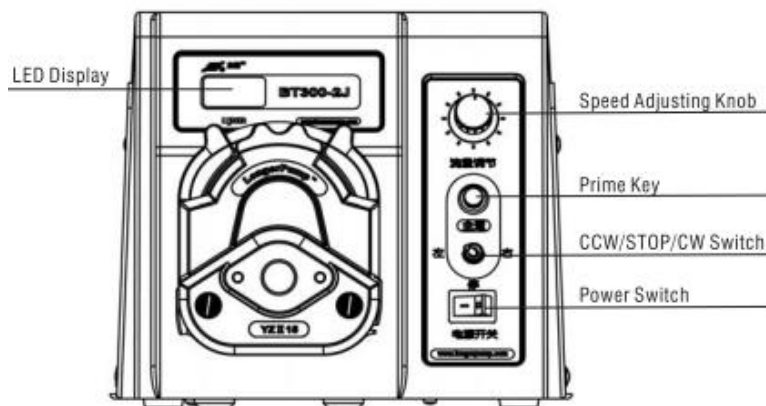
Este integra un selector de palanca que indica el lado de giro del motor y un botón pulsador de accionamiento que debe mantenerse presionado para indicar la operatividad del mismos (la maquina solamente funcionara solo si el botón está presionado, y su sistema por defecto viene para operar de modo manual). El equipo de bomba peristáltico puede operar en la configuración de forma manual o través de una interfaz de control externa que permite la integración de accesorios como pedales o botones secundarios para el funcionamiento de la misma.

Figura 8. Partes de LP-BT300-2J



Fuente: Longer Precision Pump Co., Ltd. *BT300-2J operating manual*. longerpump.com.
Consulta: 15 de enero de 2020.

Figura 9. Operaciones básicas de LP-BT300-2J



Fuente: Longer Precision Pump Co., Ltd. *BT300-2J operating manual*. longerpump.com.
Consulta: 15 de enero de 2020.

1.2.2.1. Velocidad de ajuste

La configuración de velocidad de la bomba peristáltica puede ser modificada a través del movimiento de la perilla de ajuste ubicada en el panel frontal del equipo, considerando que el cambio de velocidad solamente es permitido siempre y cuando la maquina se encuentre en su modo de operación manual, debe mencionar que el aumento de rotación del motor es través del giro de la perilla en sentido horario y la disminución del mismo por medio del giro en sentido contrario o anti-horario.

La configuración de velocidad de ajuste puede también ser modificada a través del componente de un controlador externo, que asigna un valor entre su rango de operación de 0 a 300 rpm con la variabilidad de nivel de tensión asignado en su terminal correspondiente al adaptador externo.

1.2.2.2. Conmutador

Este tipo de operación es la clave principal para el inicio y dar marcha al motor de la bomba peristáltica con las configuraciones previas de velocidad y asignación del sentido de giro establecido previamente, la función de activación del conmutador es accionada mediante la pulsación del botón de manera constante durante el tiempo que se requiera el funcionamiento del bombeo.

La activación de la bomba peristáltica mediante el panel frontal solo es permitida si y solo si se encuentra en su modo de operación manual, dicho estado solo puede ser cambiado a través de la conexión del adaptador externo en el socket de su parte posterior, la activación del equipo en el modo controlador externo es dependiente de una señal de voltaje equivalente al nivel de tensión asignado dentro pin de referencia del controlador externo, el

componente del adaptador detecta la señal para la activación mediante cualquier tipo de interruptor físico o cualquier transistor en configuración de conmutación.

1.2.2.3. Visibilidad de ajuste

El modelo LP-BT300-2J contiene un sistema de visualización de pantalla *led* conformado de 3 *display* de 7 segmentos en color verde que muestran el valor de revoluciones por minutos asignados en el equipo por la perilla de ajuste de velocidad. El sistema de muestreo de rpm es siempre visible ante la configuración de funcionamiento en modo manual o de control externo.

1.2.2.4. Encendido y apagado general

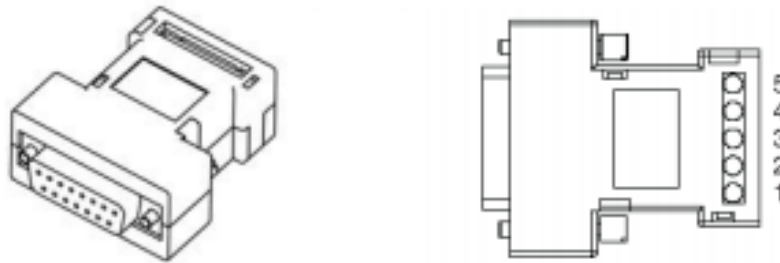
El encendido y apagado del equipo es realizado mediante el cambio de estado en el panel frontal de un interruptor o *switch* miniatura de balancín de dos posiciones (1 ó 0), este interruptor interrumpe el paso de energía de alimentación sobre la red de corriente alterna que por defecto viene para operar en niveles de tensión de 110 - 120 VAC a frecuencias de 60 Hz.

1.2.3. Adaptador de control externo

El módulo de control externo de la bomba peristáltica es activado por un interruptor integrado en su parte trasera del equipo y puesto en funcionamiento mediante la colocación del módulo controlador (DB15 *plug*). El adaptador de control externo es una herramienta que se integra a la bomba peristáltica con fin de ajustar modelos de accionamiento de tipos semi-automatizados o de control manual mediante diferentes tipos de interruptores y variedad métodos.

En el diseño del controlador de tiempos deliberados se implementó el uso de un módulo de control externo con el fin de crear un tipo adaptación entre el equipo peristáltico y un sistema de control digital para fines de automatización sobre el funcionamiento de bombeo de fluidos de manera controlada mediante la pre-configuración de tiempos en modos activos e inactivos de bombeo, velocidad de llenado y estados de operación.

Figura 10. **Módulo de control externo**



Fuente: Longer Precision Pump Co., Ltd. *BT300-2J operating manual*. longerpump.com.

Consulta: 15 de enero de 2020.

1.2.3.1. **Utilidad de pines**

La distribución del funcionamiento de pines del módulo controlador externo son los siguientes:

- El pin con numeración 1 corresponde al tipo de conexión analógico que determina el comportamiento de la velocidad de giro del motor. El módulo de control externo viene para operar en los rangos de de 4 – 20 mA, 0 – 5 V y 0 – 10 V.
- El pin con numeración 2 corresponde al accionamiento y detenido del equipo respecto al nivel de tensión detectado, el equipo entra modo de

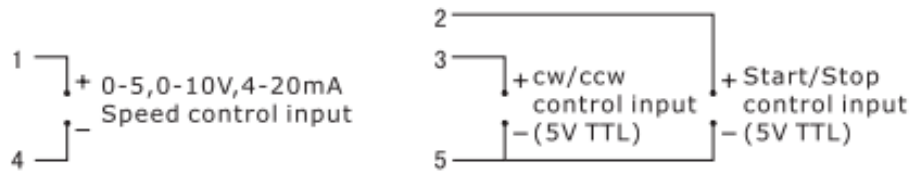
funcionamiento si detecta un nivel de tensión de cero o de referencia a tierra y es detenido mediante el ingreso de tensiones entre el rango de 5 a 12 voltios.

- El pin con numeración 3 corresponde a la asignación de giro del motor de la bomba peristáltica, tomando como indicación un nivel de tensión de cero o de referencia a tierra para un giro en sentido horario y niveles de tensión entre 5 a 12 voltios para una orientación en el sentido de giro anti-horario.
- El pin con numeración 4 corresponde al modelo de detección de señales que el equipo peristáltico utilizará en el análisis de los modos de funcionamiento a los que estará expuesto. Las referencias de potencial que permite el equipo están entre los rangos de 4-20mA, 0-5V/10V, tomando como valor de entrada la asignación del valor más alto entre los rangos escritos.
- El pin de numeración 5 es la referencia de tierra o el nivel de tensión de cero respectivo para los otros pines de entradas que controlan el cambio de giro y el accionamiento del bombeo.

1.2.3.2. Opciones de control en señales eléctricas

El diseño del módulo adaptador externo permite la integración de modelos de operación manual con distintas formas de activación y desactivación de las características de velocidad, cambio de giro y tiempos de bombeo, como también la incorporación y adaptación de sistemas complejos con capacidades de tareas más específicas y precisas en su modo de operación para la ejemplificación de modelos semi-automatizados o automatizados completos.

Figura 11. **Conexión de operatividad**



Fuente: Longer Precisión Pump Co., Ltd. *BT300-2J operating manual*. longerpump.com.

Consulta: 15 de enero de 2020.

1.2.3.2.1. Voltajes de operación

Los voltajes de operación permitidos a través del módulo adaptador externo son entre los rangos de 0 – 5 V y de 0 -10 V, respectivos ambos voltajes con forme el valor de potencial de referencia máximo que el equipo haya detectado.

El componente adaptador dentro de su interior contiene un conjunto de resistencias que limita el paso de corriente, y no debe incluirse ningún componente resistivo o modificador del nivel solicitado, para no confundir el comportamiento correcto sobre la maquinaria con el valor requerido.

1.2.3.2.2. Señales de referencia

El componente de conexión externo al igual que todos los equipos electrónicos con controladores digitales, deben de corresponder con dos puntos de referencia que identifiquen el cambio entre dos estados diferentes, la tabla siguiente representa los datos de estos estados.

Tabla I. **Señales de referencia**

Unidad de medida eléctrica	Rango inferiores	Rangos superiores
mA	4	20
V	0	5
V	0	10

Fuente: elaboración propia.

1.2.3.2.3. Señales ajustables

La variable de velocidad del equipo peristáltico es manipulada por medio de una señal analógica que es correspondida dentro del rango de operación configurado por el adaptador del módulo externo. El equipo de bombeo realiza un mapeo entre el rango designado de los valores detectados vistos en el tema anterior (1.2.3.2.2. Señales de referencia) y una escala de velocidad de giro del motor entre el rango de 0 y 300 rpm.

El sistema peristáltico contiene una alta resolución sobre las respuestas ante señales analógicas con características de estabilidad y precisión, y ante la adaptación de algún potenciómetro de precisión, se logra la configuración de velocidad entre los 300 puntos del rango de manera precisa, sin incerteza entre el valor deseado.

1.2.3.2.4. Señal de inicio y paro

Las lecturas de señales de inicio y paro como también las de giro hacia la izquierda o derecha, son representaciones a través de valores que pueden

expresarse por medio de dos estados, comparándolos con variables del sistema binario pueden ser expuestas con los valores de uno y cero, o también como en el caso de las tarjetas programables 5 V para la representación de un 1 y el valor de referencia de tierra como representación del valor 0.

El sistema peristáltico cuenta con dos rangos de detección para la realización de la función de inicio, paro, giro a la izquierda y derecha, los cuales se representan mediante los siguientes:

Nivel inferior:

- 0 V: inicio de operación o giro en sentido horario

Nivel superior:

- 5/10 V: paro de operación o giro en sentido anti-horario

1.3. Unidad manejadora de aire

Las unidades de tratamiento de aire, también simplificadas con el término de UMA son equipos de funcionamiento vitales que son solicitados de manera obligatoria a nivel industrial dentro de las instalaciones empresariales que exigen un alto nivel de higiene en la calidad del aire.

Los equipos de UMA son maquinarias con características de mantener una climatización adecuada dentro de las áreas de trabajo de una institución, principalmente los equipos de climatización industrial son colocados para tratar el aire dentro de los lugares de producción y de almacenamiento, controlando así variables como la cantidad de caudal de aire suministrado (extracción e

inserción de flujo de ventilación), grado de temperatura (calentamiento o enfriamiento), y humedad del ambiente.

1.3.1. Generalidades

Las unidades de tratamiento de aire dentro de la Corporación Wellco se encuentran principalmente instaladas en los lugares de producción de laboratorios, áreas de empaquetado y llenado de productos.

Las industrias de tipo farmacéuticas están obligadas a utilizar maquinarias de tratamiento de aire en todos los lugares de trabajo que sean dedicados al manejo de sus productos fármacos, además es de vital importancia la incorporación de medios de monitorización en el funcionamiento de las áreas más delicados, la agregación de estos sistemas puede ser por medio de dispositivos de monitorización de tipo visual o auditivo.

Las máquinas de tratamiento aire de tipo industrial son elementos de gran tamaño compuestos principalmente por ventiladores potentes, filtros captadores de partículas de polvo, intercambiadores de temperatura del estado frío a caliente o viceversa y por último no se debe dejar de mencionar que la distribución del flujo de ventilación es realizada a través de conductos metálicos con dirección a los espacios a controlar.

El control de operatividad de los equipos climatizadores es realizado a través de instrumentos medidores de diferencial de presión entre dos áreas, los componentes encargados de la realización se denominan medidores magnehlic, deben ir ubicados en los conductos de alimentación de flujo de aire.

Figura 12. **Manejadora de aire**



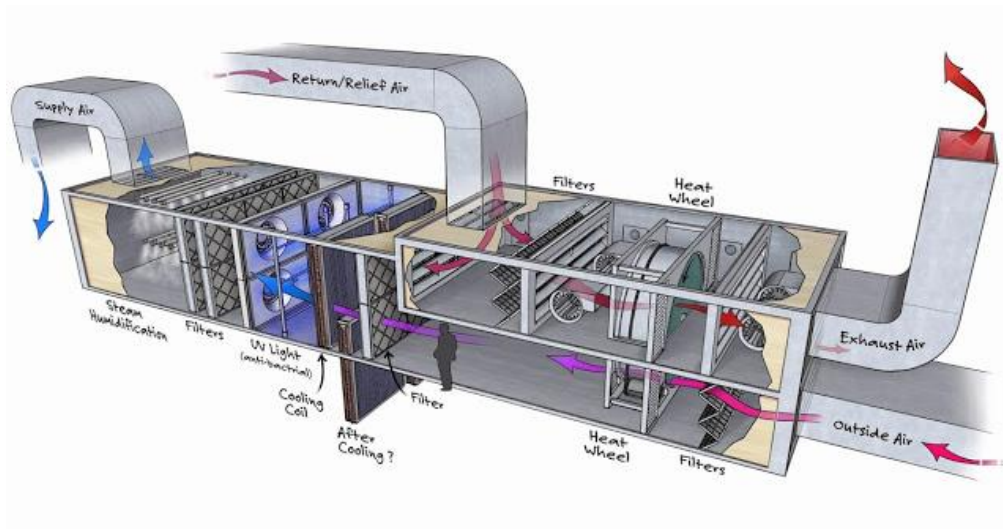
Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Principios de funcionamiento

El funcionamiento de los equipos de tratamiento de aire contiene una entrada de ventilación del exterior que es redirigida, descontaminada, filtrada y en algunos casos modificados en su cambio de temperatura para el ingreso hacia las instalaciones completamente controladas y aisladas de sustancias o partículas que puedan contaminar las áreas a supervisar.

Las unidades de tratamiento de aire deben de contar principalmente con un sistema de inyección hacia las habitaciones controladas y una extracción del mismo que permita generar una circulación constante del aire puro ingresado sobre el área determinada.

Figura 13. Esquema de UMA



Fuente: JLCM. *Instalaciones térmicas y certificación energética*. Instalaciones-
termicas.blogspot.com. Consulta: marzo de 2020.

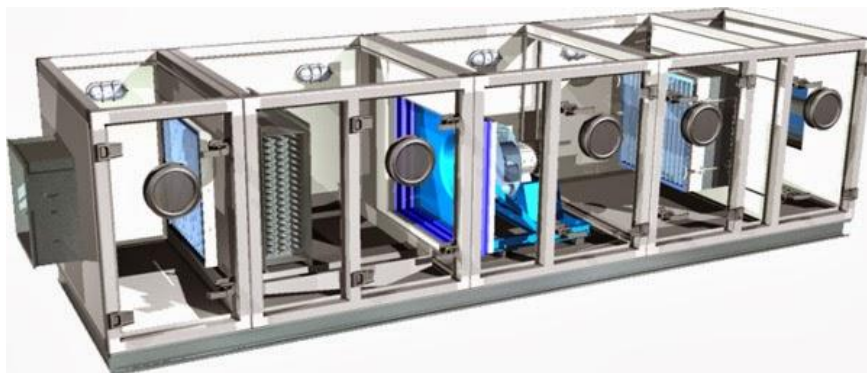
1.3.3. Partes que conforman un climatizador

El proceso de tratamiento del aire a través de los equipos manejadores es realizado por medio de un conjunto de componentes mecánicos y eléctricos que modifican parámetros de temperatura y purificación de sustancias contaminantes. Las unidades de mantenimiento son construidas por medio de secciones interconectadas en serie, las cuales son representadas por los siguientes módulos.

- Sección de conexión: compuertas de regulación de entrada y salida del flujo de aire.
- Sección de expansión: espacios vacíos entre las secciones que permiten uniformar el flujo de aire.

- Sección de mezcla: compuertas de regulación entre el aire de retorno, exterior y expulsión.
- Sección de filtrado: la etapa de purificación del aire puede contener un conjunto de etapas de pre-filtrado y filtrado con diferentes configuraciones de eficiencia.
- Sección de silenciador: conjunto de accesorios con materiales acústico que evitan la transferencia de ruido a través de los conductores de aire.
- Sección de recuperación de energía: compartimiento de espacio en los cuales pasan de forma cruzada las corrientes de aire de ventilación exterior y el de extracción.
- Sección de humectación: componente de fibra encargado de brindar humedad y frío al aire que recorre a través del mismo.
- Sección separadora de gotas: evita el traslado de gotas hacia el proceso de enfriamiento.
- Sección de ventilación: esta sección se conforma principalmente por un motor trifásico y un ventilador centrífugo.

Figura 14. **Constitución de climatizadores**



Fuente: JLCM. *Instalaciones térmicas y certificación energética*. Instalaciones-
termicas.blogspot.com. Consulta: marzo de 2020.

1.3.3.1. Componentes físicos

Algunos de los componentes más importantes que contienen las unidades de tratamiento de aire son los responsables de permitir la inyección del aire, el filtrado de las impurezas y los conductos de transmisión del flujo.

1.3.3.1.1. Motores

La etapa de ventiladores y motores son dos componentes que funcionan en el mismo sentido, los motores eléctricos de diseño trifásicos que implementan las UMA están configurados para funcionar directamente con niveles de tensión de 220 VAC y la variación de revoluciones por minuto de los mismos es controlada a través de las modificaciones en el ciclo de la frecuencia por medio de los drivers de CA.

Figura 15. **Motores de climatizadores**



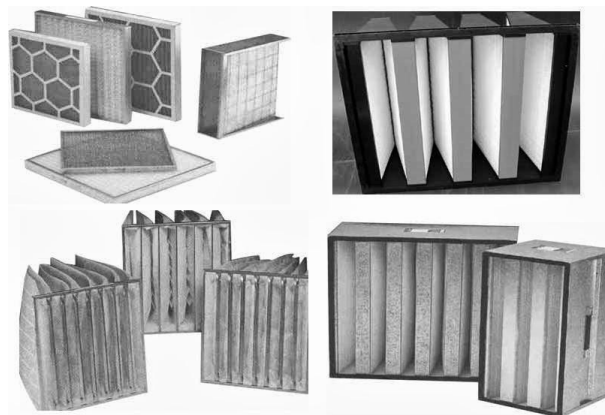
Fuente: JLCM. *Instalaciones térmicas y certificación energética*. Instalaciones-
termicas.blogspot.com. Consulta: marzo de 2020.

1.3.3.1.2. Filtros

El sistema de filtrado es una de las etapas más importantes ya que es la encargada de purificar y retirar las impurezas que presenta el aire del exterior por medio de una diversidad de etapas en la calidad de los filtros. La eficiencia de los filtros es determinada por el tamaño de las partículas que requieran ser detenidas como también el mantenimiento y limpieza constante en las revisiones preventivas. Algunas designaciones de filtro son las siguientes.

- Pre-filtrado de eficiencia
- Filtros compactos de alta eficiencia
- Filtros de bolsa de alta eficiencia
- Filtros absolutos
- Filtros de carbón activado
- Entre otros

Figura 16. Tipos de filtros



Fuente: JLCM. *Instalaciones térmicas y certificación energética*. Instalaciones-
termicas.blogspot.com. Consulta: marzo de 2020.

1.3.3.1.3. Ventiladores

Este componente es principalmente el encargado de realizar la inyección del flujo de aire que es transmitido a través de los ductos de ventilación, su construcción principalmente es un motor de corriente alterna trifásico interconectado de manera directa sobre una hélice centrífuga, la regulación de velocidad de estos motores es directamente modificada a través de un variador de frecuencia para la configuración de condiciones de caudal y presión.

1.3.3.1.4. Distribuidores de aire

Este medio es relacionado principalmente a los ductos de ventilación que son utilizados en la distribución y extracción del aire dentro las instalaciones designadas, en el diseño de la red de distribución puede ser asignado la colocación de rejillas, difusores, compuertas de toma de aire y sensores de flujo de aire para monitoreo del mismo.

1.3.4. Análisis de problemas en el equipo

Las unidades de mantenimiento de aire tienen un rol muy importante dentro las instalaciones de planta de producción de la industria farmacéutica de la Corporación Wellco, componentes vitales que funcionan de manera continua y sin descanso durante el transcurso de todos los días.

El personal de mantenimiento es el encargado que debe brindar soporte a los equipos climatizadores de la manera más pronta y rápida posible para el respaldo y habilitación del sistema en un tiempo relativamente considerable.

Los equipos industriales de tratamiento de aire son elementos que presentan muy pocos problemas para ocasionar fallos sobre su operatividad, principalmente sus mantenimientos correctivos y preventivos radican en el cambio o limpieza de filtros, lubricación de motores, reemplazo de variadores de frecuencia o cambio de hélices desgastada o quebradas dentro del sistema de ventilación.

La monitorización de los caudales de flujo en la actualidad ha si un aspecto obligatorio que ha sido integrado por las instituciones reguladores de normas en el país, la incorporación de señales visuales y auditivas de tipo alarma, ha sido una de las solicitudes que han sido atendidas con las necesidades adecuadas con forme la detección del fallo de los climatizadores a través de problemas sobre la energía en las líneas de alimentación o falta de flujo de ventilación causados por problemas de algún daño interno en el equipo de tratamiento de aire.

1.3.4.1. Incertidumbres

Las unidades de tratamiento de aire dentro de la institución son muchas, por lo que la determinación sobre la falta de funcionamiento de un equipo es principalmente detectada por personas ubicadas dentro de los laboratorios y áreas de producción. La integración de sistemas de alarma genera una oportunidad de identificación a corto tiempo de los modelos de climatizadores por causas ajenas a la manipulación de operarios de mantenimiento.

Un factor importante a considerar es que debido a la cantidad de unidades de mantenimiento que se utilizan dentro de la institución no es posible habilitar un sistema de respaldo energético que cubra la operatividad de todos los equipos, y la incorporación de un sistema de detención de flujo con capacidad

de análisis de causa de fallo energético y de caudal de ventilación sobre el componente climatizador, permite realizar una respuesta inmediata en la habilitación de sistemas de respaldo a los equipos más importantes.

1.3.4.1.1. Causas y soluciones

La falta de flujo de aire en las instalaciones de producción es principalmente ocasionada por dos factores, que se expresan a continuación:

- El componente climatizador deja de funcionar por falta de energía en la red de alimentación. La corrección de este problema es ocasionada por efectos fuera del equipo y de la empresa en general, por lo que es corregido y puesto en marcha mediante la habilitación de sistema de respaldo energético.
- La unidad manejadora de aire detiene el flujo de caudal por efectos de algún tipo de descompostura. La corrección de este problema radica en una evaluación de los componentes móviles, cableados de alimentación, verificación del estado de los motores y de los componentes encargados de la variación de frecuencia.

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Investigación, estudio y análisis del equipo y funcionamiento de llenadora Tecnofarma Monobloque LA50

Mediante el estudio técnico del funcionamiento general del equipo de Tecnofarma basado principalmente en el análisis datos capturados durante su estado de operación mediante los procesos de producción y de revisión profunda del interior de la maquinaria, se logró la identificación de los problemas causantes del mal funcionamiento del sistema Monobloque LA50.

El proceso de funcionamiento del equipo durante la etapa de evaluación de detección de errores fue realizado posterior a su configuración de ajuste en el modo operación manual con modificaciones de las variables en el tamaño del envase, cantidad de volumen, velocidad de trabajo y modalidad de llenado.

El desarrollo del proceso de llenado con el equipo de Tecnofarma en su estado de operación automático, se realiza mediante tres operarios encargados de diferentes aspectos en la operatividad del equipo, las cuales consisten en el ingreso de envases sobre la cinta transportadora de alimentación y la alimentación de tapones en el tobogán de transporte de los mismos.

Por otro lado, el ultimo operario tiene a su cargo la supervisión del proceso de llenado de fluidos, limpieza de derrame o goteo sobre envases y el retiro de los productos mal empaquetados o dañados durante la etapa de enroscados, movilizadas posteriormente sobre la banda de transportación de finalizados.

El sistema de funcionamiento del equipo en general puede ser expresado en varias etapas, las cuales son:

- Alimentación de envases: medio compuesto de una banda transportada que moviliza los envases hacia una etapa llenado de fluidos.
- Dosificación de líquidos: el despacho en la cantidad de líquidos puede ser realizado mediante dos dosificadores o solamente con la utilización de uno, dicha elección es escogida conforme la cantidad de volumen requerida, en la cual el equipo tiene un máximo de capacidad limitado en su fabricación por valor de 100 ml por dosificador incorporado.
- Alimentación de tapas: sistema compuesto de un alimentador por vibración que traslada, posiciona y coloca las tapas de los envases en un tobogán de transportación y ubica los tapones encima de los recipientes.
- Colocado de tapas: posterior a la etapa de ubicación sobre la boquilla del recipiente, procede a colocar la tapa en forma adecuada mediante el accionamiento de un golpe suave en el centro de la misma.
- Enroscamiento: proceso conformado de un motor rotatorio con desplazamientos de altura encargado de la terminación en el sellado de los envases llenados.
- Finalizado de productos: la etapa final del equipo de Tecnofarma consiste en el traslado de los recipientes llenos y sellados a través de una banda transportadora despachando los envases hacia el lugar de revisión o etiquetado de productos hacia otra máquina.

Entre las etapas escritas se determinó un problema de funcionamiento en el alimentador de tapas, con las características de poca fuerza de vibración sin la capacidad de traslado y colocación de los tapones, como también la generación de fallas en el proceso de arranque con incertidumbres en que no en todas las ocasiones el sistema encendía.

También durante en el proceso de desarrollo del EPS, se generó un problema bastante importante que dejó todo el sistema de llenado, colocado y enroscado de tapa inservible, el cual fue un efecto de la descompostura del variador principal que manipulaba estos ciclos.

Este problema no pudo ser corregido por el equipo de personal de mantenimiento por cuestiones en que el variador fue fabricado y configurado para el funcionamiento específico del equipo de Tecnofarma y que no lograron adaptar un variador genérico con la implementación del mecanismo del tablero de control original.

2.1.1. Reporte de daños de los elementos más importantes

Durante el estudio exploratorio se determinaron aspectos importantes que influían en los problemas identificados en la sección superior, los cuales son expresados por los siguientes:

- Los cables de alimentación entre el motor y la salida del variador de frecuencia no contaban con continuidad en la distribución de corriente.
- Los conectores de tipo industrial de 3 pines HDC HA 3 FS presentaban deterioro y fallo de continuidad por parte los adaptadores machos (quebrado de pines en su interior).
- La configuración interna del controlador del motor vibrador se encontraba ajustada en un modo de funcionamiento incorrecto, que operaba en un funcionamiento de mayor velocidad y menor fuerza en su vibración.
- Falla en el variador central de la maquinaria generando como efecto el detenido general de los sistemas de dosificación, colocado y enroscado de tapa. Los inconvenientes del diseño del driver AC, el modelo de fabricación y la ubicación de la empresa que construyen los equipos,

eran factores que impedirían la rehabilitación del sistema de manera pronta, y el equipo dañado provocaría un efecto sobre los procesos de producción y entregas de mercadería en cantidades voluminosas.

2.1.2. Mantenimiento y reparación de componentes dañados con requerimientos de intervención

A través de la detección de los problemas presentados en el equipo Monobloque LA50, se realizar un conjunto de reparaciones y adaptaciones que restablecieran el funcionamiento general y operatividad correcta de todas las etapas de trabajo que realiza el equipo de Tecnofarma. La rectificación de los problemas se expresa así:

- Intercambio de los cables que no presentaba continuidad al paso de corriente eléctrica.
- Intercambio de los *sockets* dañados por borneras de conexión enchufables de fabricación plástica y ajustable de tornillo para amperajes altos.
- Cambio en la configuración de la placa controladora a un estado de funcionamiento de menor velocidad y mayor capacidad en su fuerza de vibración.
- Configuración de un variador de frecuencia marca WEG modelo CFW500 en modo de funcionamiento de operación remoto.
- Intercambio y adaptación del variador de frecuencia central al equipo de Tecnofarma para funciones de operatividad iguales a las realizadas a través del mismo tablero de control general.

2.2. Diseño de un conjunto de elementos adaptables que reduzcan el trabajo de llenado de envases con cuentagotas en el equipo de marca Tenofarma modelo Monobloque LA50

La maquinaria de Tenofarma Monobloque LA50 presenta un diseño limitado en el manejo de recipientes con productos de despacho sobre envases de colirios o cuentagotas, la integración del *plug* y colocado del mismo son dos instrucciones que el equipo de llenado no procede a realizar por causa de diseño mecánico y electrónico que limitan la capacidad de la realización de otras acciones.

2.2.1. Diseño de un sistema de alimentación o de recibimiento de objetos en modelo de tornamesa

Los equipos de mesas giratorias son herramientas incorporables a los sistemas de producción con la finalidad de recolectar o transferir una cantidad de objetos determinados sobre una línea de fabricación. Las tornamesas de alimentación o recibimiento de objetos, son equipos adaptables que generan una opción en la reducción y ejecución de las actividades que realizan los operarios durante los procesos de fabricación, facilitando así el desarrollo constante del ingreso o retiro objetos sobre las cintas de transportación.

En el área de laboratorios de líquidos y estériles de la planta de producción de Wellco Corporation, se posee un equipo dedicado especialmente al llenado de fluidos mediante un proceso semi-automatizado conformado de un manejo manual entre la intercesión y resección de los envases y una etapa automática en el proceso de llenado y sellado de los productos. Las instalaciones de esta área de producción no cuentan con la capacidad de espacio en la incorporación de mesas giratorias del tamaño estándar, ya que

son limitadas por el tamaño del equipo de Tecnofarma y la proporción de los espacios de los laboratorios y la ubicación establecida del equipo dentro de las mismas habitaciones.

2.2.1.1. Realización de circuito prototipo adaptable al controlador de motor con graduación de velocidad

Las necesidades del espacio dentro del laboratorio de líquidos y estériles no permiten la incorporación de un equipo de mesa giratoria de tipo comercial, las unidades de fábrica por defecto vienen con un tamaño mínimo de 1 metro de diámetro, aspecto a considerar inadecuado para incorporación sobre el equipo de llenado. Se ha considerado el desarrollo de una mesa giratoria prediseñada a las necesidades de los espacios correspondientes y accesorios electrónicos adecuados a los mismos.

El funcionamiento general de los equipos de mesas giratorias consiste en movimientos circulares constantes y sin fin de manera controlado y con mucho torque con un sentido de giro asignado, los equipos comunes por lo general están contruidos de un motor de corriente alterna con agregación de una caja reductora y un variador de frecuencia en el ajuste del sentido de giro y la cantidad de revoluciones en el motor.

La principal característica tomada en el diseño electrónico del funcionamiento del equipo de mesa giratorio fue la selección e implementación de un motor que cumpliera la demanda de los aspectos de fuerza, velocidad, bajo costo y reemplazo fácil como también la consideración del tamaño para la reducción de un modelo diseñado.

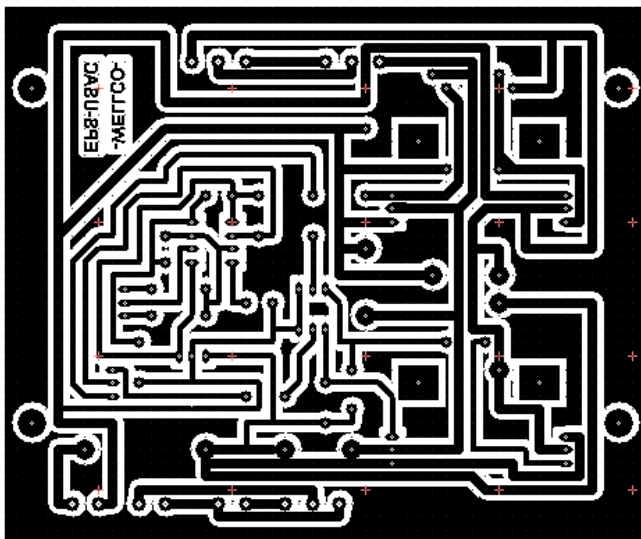
El modelado del circuito simple contiene la implementación de motores de corriente directa utilizados comúnmente en los parabrisas de automóviles, cambio de giro con circuitos de potencia en configuración de puente H y controlador de velocidad en las revoluciones de motor con circuitos de PWM.

El modelado complejo conlleva la realización de las acciones el circuito simple con el agregado de un controlador por medio de una tarjeta programable que contiene también las funciones de contador de objetos con muestreo de pantalla de datos en *display* de 7 segmentos, alarma auditiva entre 25 elementos contados, visualizaciones de modo de operatividad con *leds* y botones de control de *reset*, puesta en marcha y paro del sistema en general.

2.2.1.1.1. Modelado y construcción del circuito prototipo

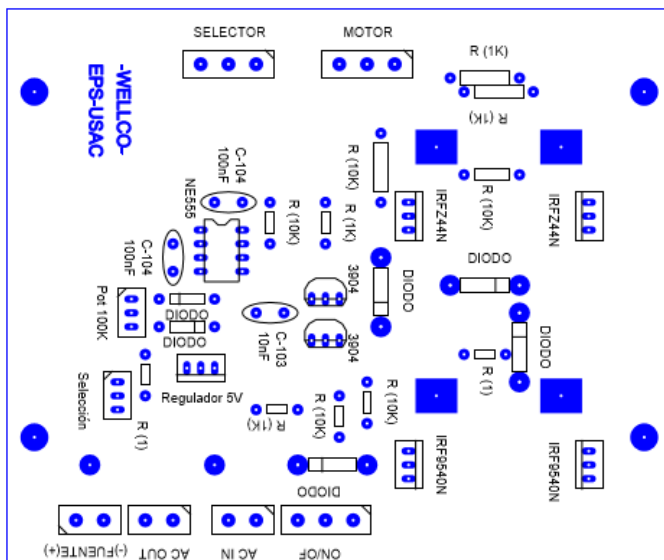
En la figura 17 se muestra el circuito electrónico que representa el comportamiento de una mesa giratoria simple.

Figura 17. **Diseño de PCB circuito de mesa giratoria simple**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

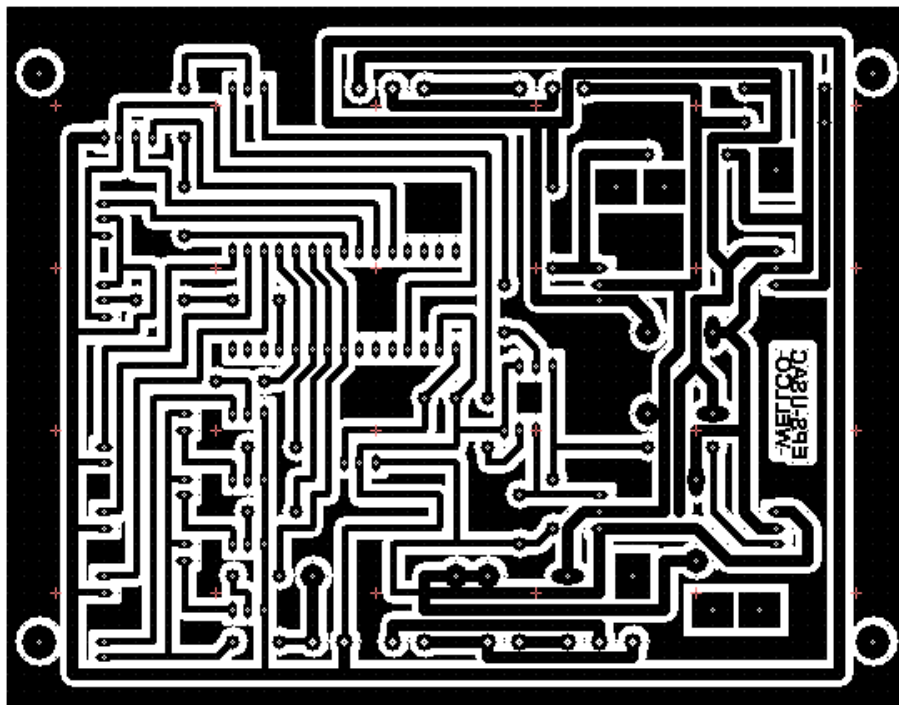
Figura 18. **Diseño de parte superior de mesa giratoria simple**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

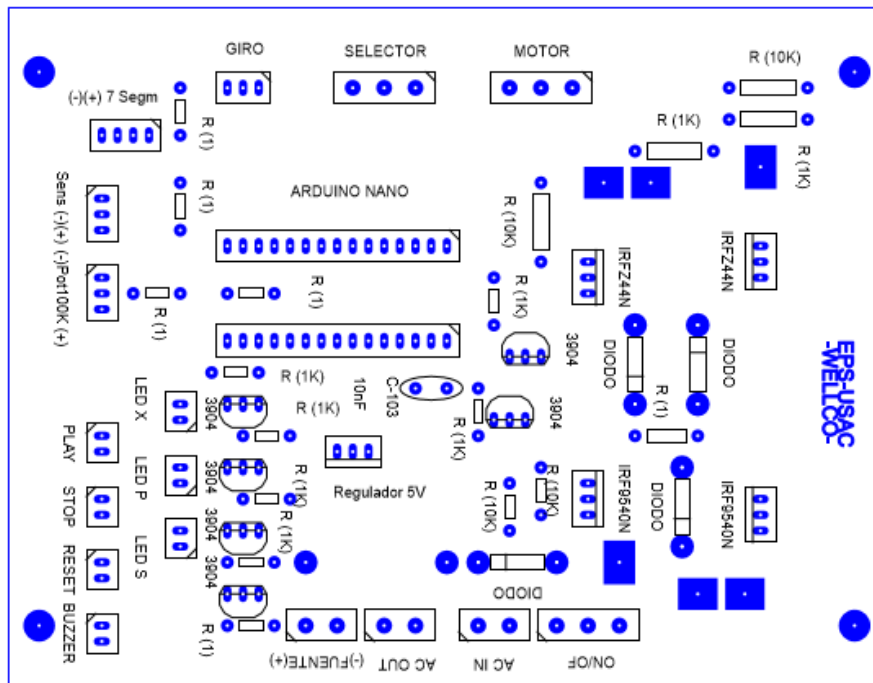
En la figura 19 y 20 se muestra el circuito electrónico que representa el comportamiento de una mesa giratoria compleja y código de programación en el funcionamiento respectivo.

Figura 19. **Diseño de PCB circuito de mesa giratorio complejo**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 20. **Diseño de parte superior de mesa giratoria compleja**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

El siguiente código de programación representa las instrucciones del funcionamiento del microcontrolador Arduino Nano, incorporado en la placa del circuito del modelado de mesa giratorio compleja.

```
//----Código de Programación ---
//-----
#include <TM1637Display.h>
//librería para pantalla de 4 display
//----DECLARACIÓN DE PINES-----
const int CLK = 2; //conectar el PIN CLK del display
```



```
const int DIO = 3; //conectar el PIN DIO del display
int sensor_distancia = 4;
// Declaramos el pin para el sensor de objetos
int Motor = 5;
// Declaramos el pin para el motor
int boton_play = 12;
int boton_stop = 11;
int boton_reset = 10;
int buzzer = 9;
int LED_X = 8;
int LED_P = 7;
int LED_S = 6;
```

```
//----DECLARACIÓN DE VARIABLES----
```

```
int contador_general = 0;
//contador con un maximo de 9999
int contador_general_2 = 0;
//contador que lleva una suma de 10,000
int contador_general_3 = 0;
//control de buzzer a los 25 objetos
//-----
int estado_sensor_distancia = 1;
int ultimo_estado_sensor_distancia = 1;
int estado_boton_play = 1;
int ultimo_estado_boton_play = 1;
int estado_boton_stop = 1;
int ultimo_estado_boton_stop = 1;
int estado_boton_reset = 1;
```

```

int ultimo_estado_boton_reset = 1;
//-----
int valor_entrada_analogica = 0;
//declaramos las variables de tipo entero
int valor_salida_pwm=0;
//debe verificarse que el pin asignado sea PWM
//-----
unsigned long tiempo_alarma = 0;
unsigned long tiempo_alarma_2=0;
boolean bandera_play = false;
boolean bandera=false;
int estado_led = LOW;
//-----
TM1637Display display(CLK, DIO);
// Configuración de la pantalla de 4 dígitos
//-----

void setup() {

    pinMode(entrada_analogica, INPUT);
// Asignamos el pin como entrada
    pinMode(sensor_distancia, INPUT);
// Asignamos el pin como entrada
    pinMode(boton_reset, INPUT_PULLUP);
// Asignamos el pin como entrada
    pinMode(boton_stop, INPUT_PULLUP);
    pinMode(boton_play, INPUT_PULLUP);
    pinMode(LED_X, OUTPUT);
// Asignamos el pin como salida

```

```

pinMode(LED_P,OUTPUT);
pinMode(LED_S,OUTPUT);
pinMode(Motor, OUTPUT);
// Asignamos el pin como salida
pinMode(buzzer, OUTPUT);
// Asignamos el pin como salida
display.setBrightness(0x0a);
//configuración del display a brillo máximo 100 %
display.showNumberDec(0); //valor inicial del display [0]
}

void loop() { //entramos a un ciclo repetitivo

estado_sensor_distancia = digitalRead(sensor_distancia);
estado_boton_reset = digitalRead(boton_reset);
estado_boton_play = digitalRead(boton_play);
estado_boton_stop = digitalRead(boton_stop);
//-----SENSOR DISTANCIA-----
if(estado_sensor_distancia!=ultimo_estado_sensor_distancia&&contador_general<20000&&bandera_play==true){
//(maximo 19,999)
if(estado_sensor_distancia == HIGH){
contador_general++;
contador_general_3++;
delay(100);
}
delay(20);
}
//-----BOTON REINICIO-----

```

```

if(estado_boton_reset != ultimo_estado_boton_reset){
  if(estado_boton_reset == HIGH){
    contador_general = 0;
    contador_general_3 = 0;
    bandera_play = false;
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----BOTON PLAY-----
if(estado_boton_play != ultimo_estado_boton_play){
  if(estado_boton_play == HIGH){
    bandera_play = true;
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----BOTON STOP-----
if(estado_boton_stop != ultimo_estado_boton_stop){
  if(estado_boton_stop == HIGH){
    bandera_play = false;
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----Mostrar display condicionado-----
if(contador_general >= 10000){
  contador_general_2 = (contador_general - 10000);
  display.showNumberDec(contador_general_2);
}

```

```

digitalWrite(LED_X,HIGH);
}
else{
display.showNumberDec(contador_general);
digitalWrite(LED_X,LOW);
}
//-----Graduación de velocidad (PWM)-----
if (bandera_play ==true){
digitalWrite(LED_P,HIGH);
digitalWrite(LED_S,LOW);
valor_entrada_analogica=analogRead(entrada_analogica);
// Guardamos la lectura analogica en la variable //(valor_entrada_analógica)
valor_salida_pwm=map(valor_entrada_analogica,0, 1023,0,255);
// guardamos el mapeo en la variable (valor salida)
analogWrite(Motor, valor_salida_pwm);
//manifestamos en el led la lectura analógica que hemos reducido de( 0 - 255)
}
else {
digitalWrite(LED_P,LOW);
digitalWrite(LED_S,HIGH);
analogWrite(Motor, 0);
}

//-----Control de alarma-----
// Se asigna los ms actuales al cronometro
if(contador_general_3==25){
contador_general_3=0;
bandera=true;
tiempo_alarma=millis();
}

```

```

    tiempo_alarma_2=millis();
}
if(bandera==true){
    if(millis()-tiempo_alarma_2>50){
        tiempo_alarma_2=millis();
        if(estado_led == LOW){
            estado_led = HIGH;
        }
        else{
            estado_led = LOW;
        }
        digitalWrite(buzzer, estado_led );
    }
}

if(millis()-tiempo_alarma>3000){
    bandera=false;
    digitalWrite(buzzer,LOW);
}
//-----
ultimo_estado_sensor_distancia = estado_sensor_distancia;
ultimo_estado_boton_reset  = estado_boton_reset;
ultimo_estado_boton_play   = estado_boton_play;
ultimo_estado_boton_stop   = estado_boton_stop;
//-----
}
//Finalización del programa
//-----

```

2.2.2. Diseño de un sistema contador de objetos adaptable a cualquier equipo de manejo elementos sólidos

Los instrumentos de conteo son accesorios electrónicos que permiten la visualización sobre una cantidad de objetos transcurrido a través de una línea de producción en serie.

El equipo de Tecnofarma de líquidos y estériles es una maquinaria utilizada principalmente por sus capacidades en el envasado de productos a altas velocidades y el manejo de cantidades voluminosas sin necesidad de descanso, aspectos considerables que no permite tener un determinado número exacto en el conteo del operario y otras distracciones como limpieza de derrames, rechazo de productos mal sellados y el funcionamiento general de la maquinaria durante el proceso de producción.

El equipo diseñado principalmente es conformado por medio de un controlador programable con instrucciones que determinan el comportamiento de la lectura a través de un sensor objetos y botones en la configuración de operatividad del sistema en general, la visualización del equipo de conteo es realizada por medio de un conjunto de 4 *displays* interconectados en serie y manipulados a través del protocolo de comunicaciones I2C con un número máximo de muestreo de 9 999 y un *led* indicador arriba de 10 000 elementos, permitiendo así un máximo número de operaciones de 19 999 muestras.

El sistema diseñado cuenta con botones de configuración en el ajuste de la cantidad de objetos con funciones de reinicio, suma y resta sobre el valor del conteo general y la integración de un sistema de respaldo energético con durabilidad alrededor a las 40 horas de uso continuó sin conexión a la red de alimentación alterna.

2.2.2.1. Investigar, analizar y seleccionar los tipos de sensores de distancia que pueden ser utilizados

Durante el proceso de selección del sensor en el proyecto de contador de objetos se consideraron aspectos básicos como lo son el costo de sustitución por desperfectos, disponibilidad de existencias en electrónicas, intercambio rápido y principalmente un funcionamiento confiable y estable antes las variables de las lecturas expuestas.

La evaluación entre los sensores con las características descritas fue seleccionada entre un grupo de los cuales se mencionan los medidores de distancia por ultrasonido, receptores de tipo láser y los utilizados de tipo emisor y receptor infrarrojo.

Figura 21. **Sensor de objetos infrarrojo**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.2. Investigar, analizar y seleccionar los módulos de visualización gráfico en el modelo de *display* de 7 segmentos

Los sistemas de visualización de números, letras y símbolos en dispositivos de electrónica digital son representaciones realizadas mediante agregados como pantallas LCD o de manera más sencilla y simple al muestreo de números con *display* de 7 segmentos, estos elementos de visualización conllevan un amplio campo en el desarrollo de proyectos dedicados al muestreo de variables o ingreso de datos visibles entre la comunicación de un dispositivo electrónico emisor y el regreso de la información del equipo receptor con forme las variables detectadas.

Conforme las exigencias del modelo del circuito a realizar se seleccionó la utilización de un módulo de *display* de 7 segmentos que contenía dentro del mismo la integración de 4 pantallas *led* en configuración serie y un módulo de comunicación con protocolo I2C, dichos parámetros permitieron visualizar un conteo entre los números 0 a 9 999.

También se realizó la incorporación de un *led* indicativo (enciende si el valor de conteo general es mayor o igual a 10 000), que al detectar el máximo número posible en el módulo de *display* reinicia el valor de muestreo en la pantalla de 0 y cuenta nuevamente hasta un máximo de 9 999 para un total de 19 999 valores posibles en la lectura.

Figura 22. **Módulo 4-Digit *Display* V1.0**



Fuente: elaboración propia.

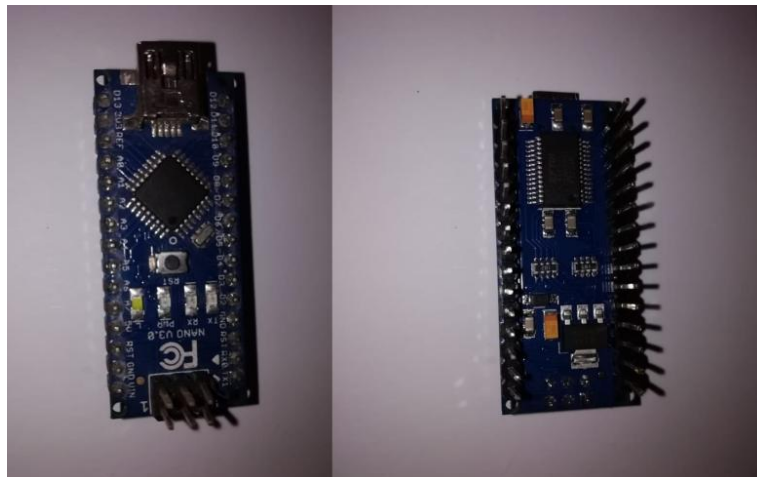
2.2.2.3. Analizar la cantidad de periféricos y seleccionar un microcontrolador de Arduino que cumpla las características de los elementos a incorporar

Las tarjetas programables denominadas microcontroladores son circuitos integrados de gran potencia utilizados específicamente en la ejecución de instrucciones pregrabadas en su memoria, estos microchip en la actualidad han modificado el desarrollo de proyectos reduciendo de manera considerable los costos de fabricación de los sistemas automatizados, la generalidad del uso de los sensores y la activación de actuadores con forme la lecturas de variables respecto a señales analógicas y digitales.

Para el desarrollo del contador de objetos se ha escogido la implementación del microcontrolador Arduino Nano, que cumple con las características necesarias para el desarrollo del mismo, las cuales puede ser resumido en los siguientes aspectos:

- Tamaño considerable para la incorporación en placas electrónicas en tamaños reducidos.
- Cantidad suficiente de periféricos en la lectura y salidas señales eléctricas de tipo digital (14 pines de E/S con denominación D0 a D13).
- Voltaje de funcionamiento en corriente directa en los niveles de tensión entre 5 y 12 voltios.
- Alta velocidad de procesamiento a frecuencias de 16 MHz.
- Programación amigable, amplio campo de compatibilidad de bibliotecas, librerías y documentación relacionada con sensores y otros elementos integrables.
- Bajo costo de obtención y facilidad de sustitución.

Figura 23. **Microcontrolador Arduino Nano**

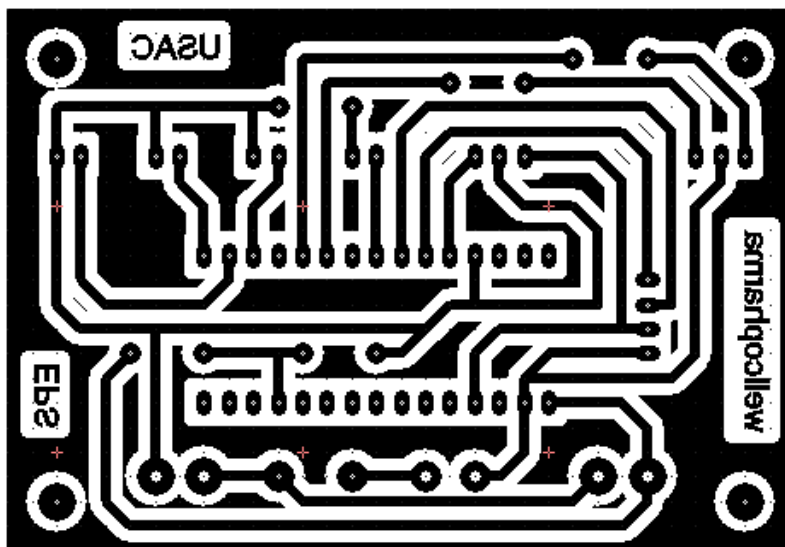


Fuente: elaboración propia.

2.2.2.3.1. Conexión de los dispositivos de entrada y salida

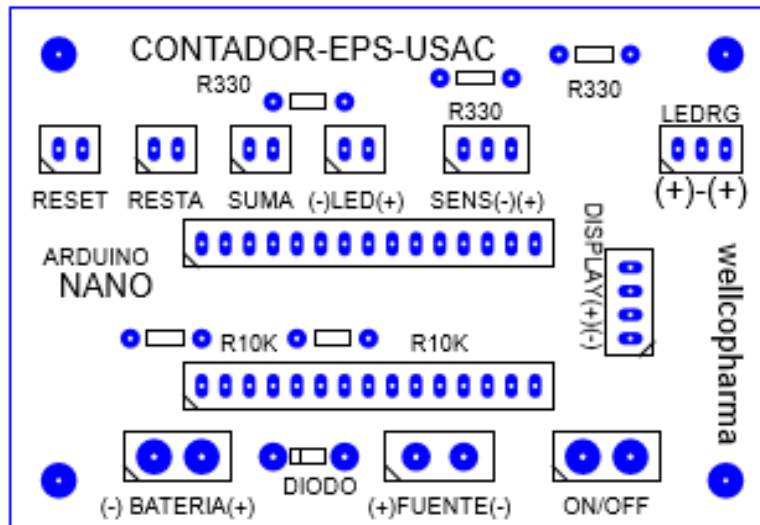
La cantidad de pines utilizados en el microcontrolador son proporcionales al número de botones, sensores y complejidad de los componentes interconectados en el circuito integrado, en el diseño del contador de objetos se utiliza un pin digital en configuración de entrada para la lectura de los botones de reinicio, suma, resta y lectura del sensor de objetos, e implementa una salida digital en el *led* indicador de muestreo superior al número de diez mil, el sistema en general también contiene un indicador de carga con un *led* bicolor (1 pin de salida utilizado por cada color) y 2 pines para el control de datos y reloj en el módulo de *display* del protocolo de comunicación I2C. La asignación de los pines correspondientes con forme las señales utilizadas puede ser vista en la sección de programación o en las fotografías del diseño de placa correspondiente al contador de objetos.

Figura 24. Diseño PCB del contador objetos



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 25. **Diseño de parte superior del contador de objetos**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

2.2.2.3.2. Código de programación

A continuación, se expresan las instrucciones de programación quemadas dentro del microcontrolador Arduino Nano que representan el funcionamiento y operatividad del proyecto de contador de objetos.

```
//----Código de Programación-----
#include <TM1637Display.h>
//-----
const int CLK = 3; //conectar el PIN CLK del display
const int DIO = 4; //conectar el PIN DIO del display
//-----
int sensor_distancia= 2;
int boton_resta= 12;
```

```

int boton_suma = 10;
int boton_reinicio = 11;
int LED_XD = 2;
int LED_VERDE = 7;
int LED_ROJO = 8;
//La entrada analógica A0 toma de control en el nivel de carga
int valor_entrada_analogica = 0;
//-----
int contador_general = 0;
int contador_general_2 = 0;
//-----
int estado_sensor_distancia = 1;
int ultimo_estado_sensor_distancia = 1;
int estado_boton_resta = 1;
int ultimo_estado_boton_resta = 1;
int estado_boton_suma = 1;
int ultimo_estado_boton_suma = 1;
int estado_boton_reinicio = 1;
int ultimo_estado_boton_reinicio = 1;
//-----
TM1637Display display(CLK, DIO);
// Configuración de la pantalla de 4 dígitos
//-----

void setup() {
//-----
pinMode(sensor_distancia, INPUT);
pinMode(boton_resta, INPUT_PULLUP);

```

```

pinMode(boton_suma, INPUT_PULLUP);
pinMode(boton_reinicio, INPUT_PULLUP);
pinMode(LED_XD, OUTPUT);
pinMode(LED_VERDE, OUTPUT);
pinMode(LED_ROJO, OUTPUT);
pinMode(entrada_analogica, INPUT);
display.setBrightness(0x0a);
//Configuración del display a brillo máximo 100 %
//display.setBrightness(0x07);
//Configuración del display a brillo máximo 70 %
//display.setBrightness(0x05);
//Configuración del display a brillo máximo 50 %
//display.setBrightness(0x04);
//Configuración del display a brillo máximo 40 %
//display.setBrightness(0x03);
//Configuración del display a brillo máximo 30 %

display.showNumberDec(0);
//valor inicial del display [0]
//-----
//Serial.begin(9600);
}

void loop() {

estado_sensor_distancia = digitalRead(sensor_distancia);
estado_boton_resta = digitalRead(boton_resta);
estado_boton_suma = digitalRead(boton_suma);
estado_boton_reinicio = digitalRead(boton_reinicio);

```

```

//-----
valor_entrada_analogica = analogRead(entrada_analogica);
//lectura de 0 (0V) hasta 1023 (5V)

if(valor_entrada_analogica>495){
//540 = 6 V
//495 = 5.5V
digitalWrite(LED_VERDE, HIGH);
digitalWrite(LED_ROJO, LOW)
}

else if (valor_entrada_analogica > 450 && valor_entrada_analogica <= 495){
//495 = 5.5 V
//450 = 5 V
digitalWrite(LED_VERDE, HIGH);
digitalWrite(LED_ROJO, HIGH);
}

else if (valor_entrada_analogica<=450){
// 5 VOLTIOS
digitalWrite(LED_VERDE, LOW);
digitalWrite(LED_ROJO, HIGH);
}

else{
digitalWrite(LED_VERDE, LOW);
digitalWrite(LED_ROJO, LOW);
}

```



```

//-----SENSOR DISTANCIA-----
if(estado_sensor_distancia != ultimo_estado_sensor_distancia &&
contador_general<20000){
  //(maximo 20,000)
  if(estado_sensor_distancia == HIGH){
    contador_general++;
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----BOTON RESTA-----
if(estado_boton_resta != ultimo_estado_boton_resta && contador_general>0){
  if(estado_boton_resta == HIGH){
    contador_general--;
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----BOTON SUMA-----
if(estado_boton_suma != ultimo_estado_boton_suma &&
contador_general<20000){ //(maximo 20,000)
  if(estado_boton_suma == HIGH){
    contador_general++;
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----BOTON REINICIO-----
if(estado_boton_reinicio != ultimo_estado_boton_reinicio){

```

```

if(estado_boton_reinicio == HIGH){
    contador_general = 0;
    delay(100);
}
delay(20);
}
//---Mostra display condicionado--
if(contador_general>=10000){
    contador_general_2=(contador_general-10000);
    display.showNumberDec(contador_general_2);
    digitalWrite(LED_XD,HIGH);
}
else{
    display.showNumberDec(contador_general);
    digitalWrite(LED_XD,LOW);
}
//-----
ultimo_estado_sensor_distancia = estado_sensor_distancia;
ultimo_estado_boton_resta      = estado_boton_resta;
ultimo_estado_boton_suma      = estado_boton_suma;
ultimo_estado_boton_reinicio  = estado_boton_reinicio;
//-----
}

```

2.2.2.4. Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuito

El desarrollo de pruebas en el circuito logro ajustar problemas relacionados principalmente al rebote de las lecturas de las entradas digitales y a un principio de funcionamiento cercano a la modalidad de paralelismo, sin afectar la lectura y ejecución de instrucción mediante los diferentes valores de entrada y salida simultáneos de todos los componentes interconectados en la tarjeta de programación.

2.2.3. Diseño de un sistema de colocación de *plug* y tapa en los envases que conlleven la integración de cuentagotas

El equipo de Tecnofarma Monobloque LA50 es un sistema de llenado específicamente fabricado para envases con productos de jarabes, y su diseño de fábrica es limitado a procesos automáticos de llenado y enroscado por recipientes que contenga una etapa intermedia como la puesta de *plug* y colocado del mismo como los de tipo de colirios o cuentagotas.

Las adaptaciones al equipo Monobloque de acciones intermedias a los movimientos que realiza por defecto la maquinaria son correspondientes a las ejecuciones de puesta de *plug* y presionado del mismo mediante el uso de cilindros neumáticos, electroválvulas de control de liberación de aire, sensores de objetos para la determinación de envases y tapones como también el sistema principal de control de instrucciones.

El sistema de control agregado debe de manipular los interruptores de distintas etapas que permitan la ejecución en conjunto de diferentes accesorios

mediante la interacción de variables correspondientes, las cuales pueden ser clasificadas de la manera en que la puesta y colocado de *plug* deben ser realizados posteriormente después del proceso de llenado y previamente al proceso de enroscado.

Teniendo en consideración que estos procesos solo serán ejecutados mediante la detección de un sensor de objetos respectivos a las ubicaciones de los envases, otro punto que se puede repasar es la activación de motores de vibración en tolvas de alimentación de *plug* y tapa controlando la cantidad de objetos colocados y alimentados durante un riel de transportación de los mismos.

Estos procesos de funcionamiento son ejecutados con el fin de mantener una cantidad de objetos abastecidos en las líneas de producción y permitir un mejor funcionamiento ante el desgaste de los equipos y ahorro energético controlado.

2.2.3.1. Investigar los tipos de actuadores y complementos que se implementan en la industria farmacéutica

Los componentes de tipo actuador son elementos que implementan un tipo de energía eléctrica o de presión en un movimiento de efecto mecánico, sobre un sistema complejo con partes electromecánicas que comúnmente es utilizado en los procesos de automatización y fabricación. Los actuadores dentro de las empresas son seleccionados principalmente por sus características de operatividad, principios de funcionamiento en la utilización de presión y usos específicamente por su calidad de higiene y fuerza razonable con aspectos en su movimiento y velocidad.

Para el caso de la industria alimenticia y farmacéutica solo es permitido el uso de actuadores de tipo neumático por cuestiones de calidad de higiene y que son accionados mediante el uso de la presión de aire generados a través de compresores, y este tipo de actuadores no contaminan la materia de los productos con ningún tipo de líquido de lubricación o toxico en su funcionamiento.

Semejante al uso de actuadores eléctricos en el que su movimiento es basado a través de mecanismos motorizados con deficiencia a los de tipo neumáticos en factores de velocidad, fuerza y tamaño del actuador, por otro lado también mencionados los actuadores con funcionamiento de tipo hidráulico que presentan su operatividad basado en la presión de fluidos generalmente de tipo aceites, aspecto por lo cual no son permitidos en los procesos de fabricación de las industrias que trabajan con altos estándares en la calidad de higiene durante su producción.

2.2.3.1.1. Cilindros neumáticos que pueden incorporarse

Los actuadores neumáticos en el proceso de desarrollo del proyecto dedicado a la instalación y acople de *plug* en recipientes de tipo colirios, son elementos recomendados con las características de selección de cilindros con funcionamiento de doble efecto en los tamaños de carrera más cortos posibles, por lo que el accionamiento y la efectividad de su largo no son elementos muy exigentes en la realización de las tareas solicitadas.

Durante los procesos de prueba y accionamiento de los circuitos de control se utilizó un cilindro de doble efecto de fabricación *bosh* retirado de un equipo dañado encontrado en la bodega de almacenamiento del área de

mantenimiento de Wellco Corporation, este se puede visualizar en la figura 26 del documento.

Figura 26. **Actuador de doble efecto neumático**

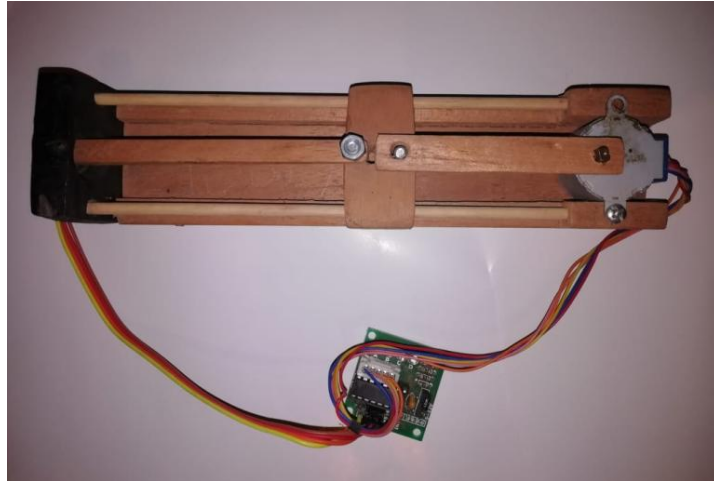


Fuente: elaboración propia.

Como propuesta opcional al uso de los cilindros neumáticos se diseñó el funcionamiento de un actuador eléctrico operado a través de un motor de pasos, sin embargo, entre el análisis de las pruebas del cilindro neumático y el actuador eléctrico se determinó que la efectividad del primero era bastante notable en comparación de los aspectos de velocidad, fuerza y efectividad en el comportamiento constante de ambos.

En la imagen de la figura 27 se logra mostrar el diseño del actuador motorizado con el driver de control de un motor de pasos.

Figura 27. **Actuador motorizado**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.1.2. Tipos de electroválvulas

Las electroválvulas son llaves de paso de líquidos o gases controlados a través de señales eléctricas y accionadas mediante solenoides en el ajuste de una válvula mecánica en posiciones fijas de abierto o cerrado en el transporte de distintos tipos de fluidos. El principio de funcionamiento de las electroválvulas son solenoides que están basados en el fenómeno de magnetismo que pueden modificar el estado de una válvula mecánica en un todo o nada del paso en el flujo de cualquier fluido.

Las clases de electroválvulas mayormente utilizadas son las de tipo sencillas que permiten el paso de fluidos en una sola dirección y las electroválvulas de tres vías con seleccionan conmutada entre dos salidas y una sola entrada. En el desarrollo de la placa control para la instalación de *plug* e inserción del mismo se incorporará un cilindro neumático con la característica

de activación sobre el vástago en tiempos controlados, por lo que en el diseño del funcionamiento deseado se agregó un sistema de pistón neumático de doble efecto y una electroválvula 5/2 monoestable con retorno por muelle para la activación y regreso del actuador de manera controlado.

Figura 28. **Electroválvula 5/2 monoestable**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.1.3. Unidades de mantenimiento

Las unidades de mantenimiento son específicamente utilizadas en el manejo de aire, los cuales son los principales encargados de realizar la limpieza del flujo en el sistema de aire comprimido y regulación del caudal sobre el sistema mismo, los componentes de unidades de mantenimiento son indispensable en el uso de equipos neumáticos ya que alargan la durabilidad del mismo y el control de presión deseado sobre las tuberías, mangueras, electroválvulas y actuadores empleados. La regulación de caudal de flujo es un punto muy importante en el desarrollo de proyectos neumáticos debido a que

deben de considerarse aspecto de fabricación sobre los elementos empleados con forme la cantidad presión máxima soportada y solicitada por la demanda de los componentes utilizados.

2.2.3.2. Investigar y seleccionar los tipos de sensores que pueden implementarse

Los sensores utilizados en el diseño de placa para la puesta e instalación *plug* son los mismos que se encuentran indicados en la sección 2.2.2.1 y visualizado en la imagen de la figura 21, con diferencia en que la placa electrónica del contador de objetos implementa la utilización de un solo sensor, mientras que en el circuito de puesta e instalación de cuenta gotas, incorpora el uso de 4 sensores de objetos de tipo infrarrojo que son agregados en la detección de posición del envase, *plug* y tapa, con fines de generación de las señales eléctricas para la detección de entrada hacia un microcontrolador que cree como efecto la activación de interruptores de manera sincrónica en la operatividad de un sistema semiautomatizado.

2.2.3.3. Analizar la cantidad de periféricos y seleccionar un Microcontrolador de Arduino que cumpla las características de los elementos a incorporar

Al igual que en el diseño de contador de objetos se analizó la cantidad de periféricos de entrada y salida implementados para el control de interruptores de los distintos componentes a interconectarse con la tarjeta de programación, dicha microcontrolador de Arduino Nano fue nuevamente escogido por las características vista en la sección 2.2.2.3 y visualizado en la imagen de la figura número 23.

2.2.3.3.1. Conexión de los dispositivos de entrada y salida

Los pines del chip integrado utilizados en el proyecto de puesta y colocado de *plug* de cuentagotas, implementa un conjunto de pines digitales en configuración de entrada y salida que corresponde al funcionamiento de varios componentes relacionados a la activación de dos motores de tolvas vibratorias, dos electroválvulas, 4 luces piloto, 2 botones para funciones de marchoparo y 4 entradas con asignación de lecturas correspondientes a sensores de objetos.

La declaración de los pines expresa el modo de operatividad asignado con forme la funcionalidad de los componentes instalados, como en el caso de los elementos pulsadores y sensores es necesario una configuración en los pines digitales en modalidad de entrada y para el caso de los de tipo actuadores y luces de señalización es indispensable una asignación de los pines digitales en un modo de configuración de salida.

El diseño del circuito electrónico está conformado por un conjunto de borneras que interconectan una variedad de componentes externos con una placa de control programada con instrucciones de operatividad con elementos exteriores, los cuales principalmente pueden ser resumidos en un sistema de regulación y conversión de corriente alterna a corriente directa en los niveles de tensiones de 5 y 24 voltios, voltajes respectivos a las recomendaciones asignadas en los componentes del microcontrolador y las señalizaciones de luces piloto, como también las conexiones generales de las salidas de los relés de estado sólido para el control del motor vibradores y electroválvulas.

2.2.3.3.2. Código de programación

A continuación, se expresan las instrucciones de programación quemadas dentro del microcontrolador Arduino Nano que representan el funcionamiento y operatividad del proyecto de puesta y colocador de *plug* de cuentagotas.

```
//-----Código de Programación -----  
int sensor_distancia_plug = 5; // sensor actuador neumático 1  
int sensor_distancia_tapa = 6; //sensor actuador neumático 2  
int sensor_distancia_motor_plug_inicial = 3; //sensor activación motor 1  
int sensor_distancia_motor_tapa_inicial = 4; //sensor activación motor 2  
  
int actuador_plug = 9;//pistón neumático  
int actuador_tapa = 2;//pistón neumático  
int boton_play = 8;//inicio  
int boton_stop = 7;//parada o pausa  
  
int luz_verde_motor_tapa = 11;//motor y luz piloto  
int luz_verde_motor_plug = 10;//motor y luz piloto  
int luz_verde_play = 13;//luz general de play  
int luz_roja_stop = 12;// luz general de stop  
  
int estado_sensor_distancia_plug = 1;  
int ultimo_estado_sensor_distancia_plug = 1;  
int estado_sensor_distancia_tapa = 1;  
int ultimo_estado_sensor_distancia_tapa = 1;  
  
int estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial = 1;  
int ultimo_estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial = 1;
```

```

int estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial = 1;
int ultimo_estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial = 1;

int estado_boton_play = 1;
int ultimo_estado_boton_play = 1;
int estado_boton_stop = 1;
int ultimo_estado_boton_stop = 1;

boolean bandera_play = false;
boolean bandera_1 = false;
boolean bandera_2 = false;
int contador_inicial_plug = -30;
int contador_inicial_tapa = -30;
int contador_general_1 = 0;
int contador_general_2 = 0;

int periodo_1 = 1000;
byte temp_1 = 0;
unsigned long tiempoAnterior_1 = 0;

int periodo_2 = 1000;
byte temp_2 = 0;
unsigned long tiempoAnterior_2 = 0;

void setup() {

pinMode(sensor_distancia_plug, INPUT_PULLUP);
pinMode(sensor_distancia_tapa, INPUT_PULLUP);
pinMode(sensor_distancia_motor_plug_inicial, INPUT_PULLUP);

```

```
pinMode(sensor_distancia_motor_tapa_inicial, INPUT_PULLUP);
```

```
pinMode(boton_play, INPUT_PULLUP);
```

```
pinMode(boton_stop, INPUT_PULLUP);
```

```
pinMode(luz_verde_motor_tapa, OUTPUT);
```

```
pinMode(luz_verde_motor_plug, OUTPUT);
```

```
pinMode(luz_verde_play, OUTPUT);
```

```
pinMode(luz_roja_stop, OUTPUT);
```

```
pinMode(actuador_plug, OUTPUT);
```

```
pinMode(actuador_tapa, OUTPUT);
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
Serial.println("inicio de programa");
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    //currentTime = millis();
```

```
    estado_sensor_distancia_plug = digitalRead(sensor_distancia_plug);
```

```
    estado_sensor_distancia_tapa = digitalRead(sensor_distancia_tapa);
```

```
    estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial =  
digitalRead(sensor_distancia_motor_plug_inicial);
```

```
    estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial =  
digitalRead(sensor_distancia_motor_tapa_inicial);
```

```
    estado_boton_play = digitalRead(boton_play);
```

```
    estado_boton_stop = digitalRead(boton_stop);
```

```
    //-----
```

```

//lectura de sensor plug en maquina
//-----

if(estado_sensor_distancia_plug!=ultimo_estado_sensor_distancia_plug&&band
era_play==true){
  if(estado_sensor_distancia_plug == HIGH){
    bandera_1 = true;
    contador_general_1++;
    Serial.print("general 1: ");
    Serial.println(contador_general_1);
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----
//lectura de sensor tapa en maquina
//-----

if(estado_sensor_distancia_tapa!=ultimo_estado_sensor_distancia_tapa&&band
era_play==true){
  if(estado_sensor_distancia_tapa == HIGH){
    bandera_2 = true;
    contador_general_2++;
    Serial.print("general 2: ");
    Serial.println(contador_general_2);
    delay(100);
  }
  delay(20);
}

```

```

//-----
//lectura de sensor plug inicial
//-----

if(estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial!=ultimo_estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial&&bandera_play==true){
  if(estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial == HIGH){
    contador_inicial_plug++;
    Serial.print("plug: ");
    Serial.println(contador_inicial_plug);
    delay(100);
  }
  delay(20);
}

//---lectura de sensor tapa inicial---

if(estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial!=ultimo_estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial&&bandera_play==true){
  if(estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial == HIGH){
    contador_inicial_tapa++;
    Serial.print("tapa: ");
    Serial.println(contador_inicial_tapa);
    delay(100);
  }
  delay(20);
}

//lectura de botones

```

```

//-----BOTON PLAY-----
if(estado_boton_play != ultimo_estado_boton_play){
  if(estado_boton_play == HIGH){
    bandera_play = true;
    Serial.println("play");
    delay(100);
  }
  delay(20);
}
//-----BOTON STOP-----
if(estado_boton_stop != ultimo_estado_boton_stop){
  if(estado_boton_stop == HIGH){
    bandera_play = false;
    Serial.println("stop");
    delay(100);
  }
  delay(20);
}

//--Señalización de funcionamiento--
if (bandera_play == true){
  digitalWrite(luz_verde_play,HIGH);
  digitalWrite(luz_roja_stop,LOW);
}
else{
  digitalWrite(luz_verde_play,LOW);
  digitalWrite(luz_roja_stop,HIGH);
  digitalWrite(luz_verde_motor_tapa,LOW);
  digitalWrite(luz_verde_motor_plug,LOW);
}

```



```
digitalWrite(actuador_plug,LOW);
digitalWrite(actuador_tapa,LOW);
}
```

```
//-----Accionamiento de piston 1-----
```

```
if(bandera_play == true && bandera_1 == true){
  tiempoAnterior_1=millis();//guarda el tiempo actual como referencia
  temp_1 = 1; //indica que esta activo el temporizador 1
  Serial.println("piston ON");
  digitalWrite(actuador_plug,HIGH);
  bandera_1 = false;
}
```

```
if((millis()-tiempoAnterior_1>=periodo_1)&&temp_1==1){//si ha transcurrido el
periodo
```

```
  Serial.println("piston OFF");
  digitalWrite(actuador_plug,LOW);
  temp_1 = 0;//y desactivo el temporizador
}
```

```
//-----Accionamiento de piston 2-----
```

```
if(bandera_play == true && bandera_2 == true){
  tiempoAnterior_2=millis();//guarda el tiempo actual como referencia
  temp_2 = 1;//indica que esta activo el temporizador 2
  Serial.println("piston ON");
  digitalWrite(actuador_tapa,HIGH);
  bandera_2 = false;
}
```

```
    if((millis()-tiempoAnterior_2>=periodo_2)&&temp_2==1){//si ha transcurrido el periodo
```

```
    Serial.println("piston OFF");  
    digitalWrite(actuador_tapa,LOW);  
    temp_2 = 0;//y desactivo el temporizador  
}
```

```
//-----encendido motor tapa-----
```

```
if(bandera_play == true && contador_inicial_tapa<=30){  
    //Serial.println("motor tapa ON");  
    digitalWrite(luz_verde_motor_tapa,HIGH);// reley y luz piloto  
}
```

```
else if(bandera_play == true && contador_inicial_tapa>30){  
    //Serial.println("motor tapa OFF");  
    digitalWrite(luz_verde_motor_tapa,LOW);  
}
```

```
if(bandera_play == true && contador_general_2>=30){  
    contador_inicial_tapa = 0;  
    contador_general_2 = 0;  
}
```

```
//-----encendido motor plug-----
```

```
if(bandera_play == true && contador_inicial_plug<=30){  
    //Serial.print("motor plug ON");  
    digitalWrite(luz_verde_motor_plug,HIGH);//reley y luz piloto  
}
```

```
else if(bandera_play == true && contador_inicial_plug>30){
```

```

    //Serial.println("motor plug OFF");
    digitalWrite(luz_verde_motor_plug,LOW);
}

if(bandera_play == true && contador_general_1>30){
    contador_inicial_plug = 0;
    contador_general_1 = 0;
}

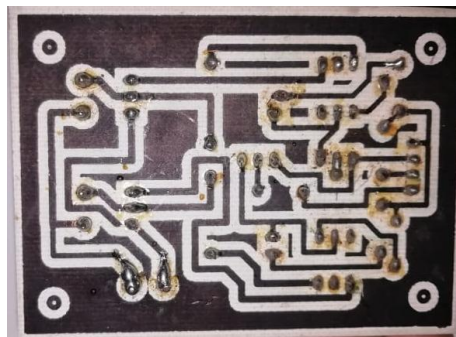
ultimo_estado_sensor_distancia_plug = estado_sensor_distancia_plug;
ultimo_estado_sensor_distancia_tapa = estado_sensor_distancia_tapa;
ultimo_estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial =
estado_sensor_distancia_motor_plug_inicial;
ultimo_estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial =
estado_sensor_distancia_motor_tapa_inicial;
ultimo_estado_boton_play = estado_boton_play;
ultimo_estado_boton_stop = estado_boton_stop;
}
//----Finalización del programa-----

```

2.2.3.4. Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuito

Las pruebas de circuitos realizadas mediante componentes de tipo Triac permitieron confeccionar un diseño de relés de estado sólido confiables en la activación de cargas de electroválvulas y encendido de motores de bajos niveles sobre su exigencia de potencia.

Figura 29. **Diseño PCB del relé de estado solido**



Fuente: elaboración propia.

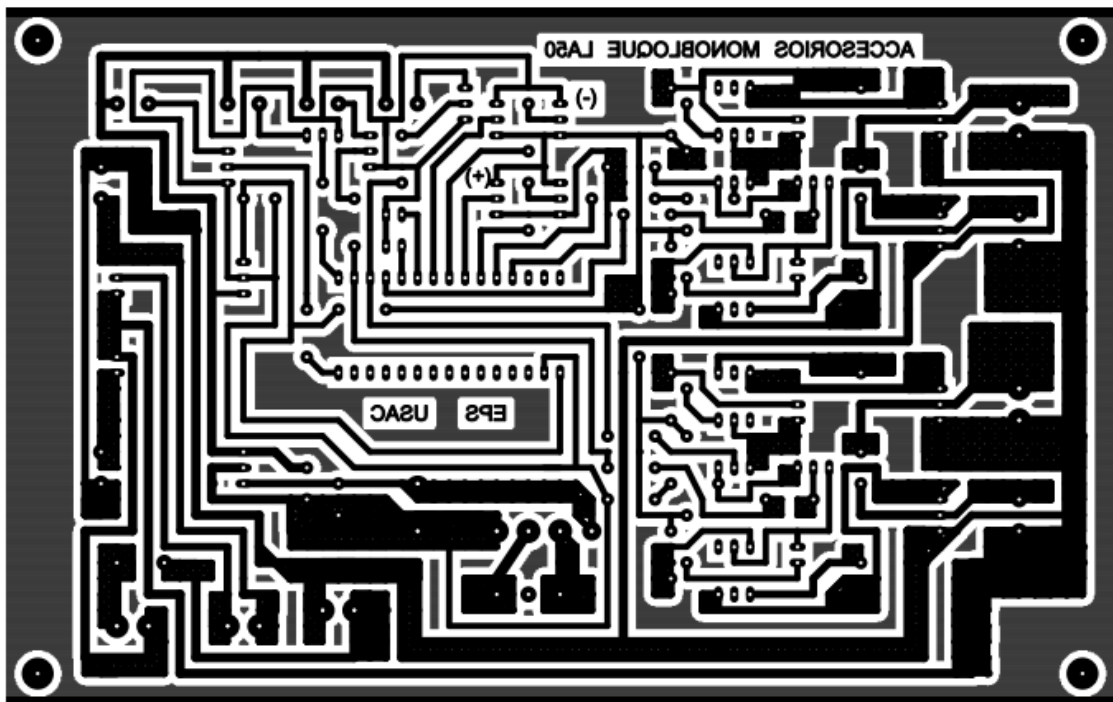
Figura 30. **Diseño superior del relé de estado solido**



Fuente: elaboración propia.

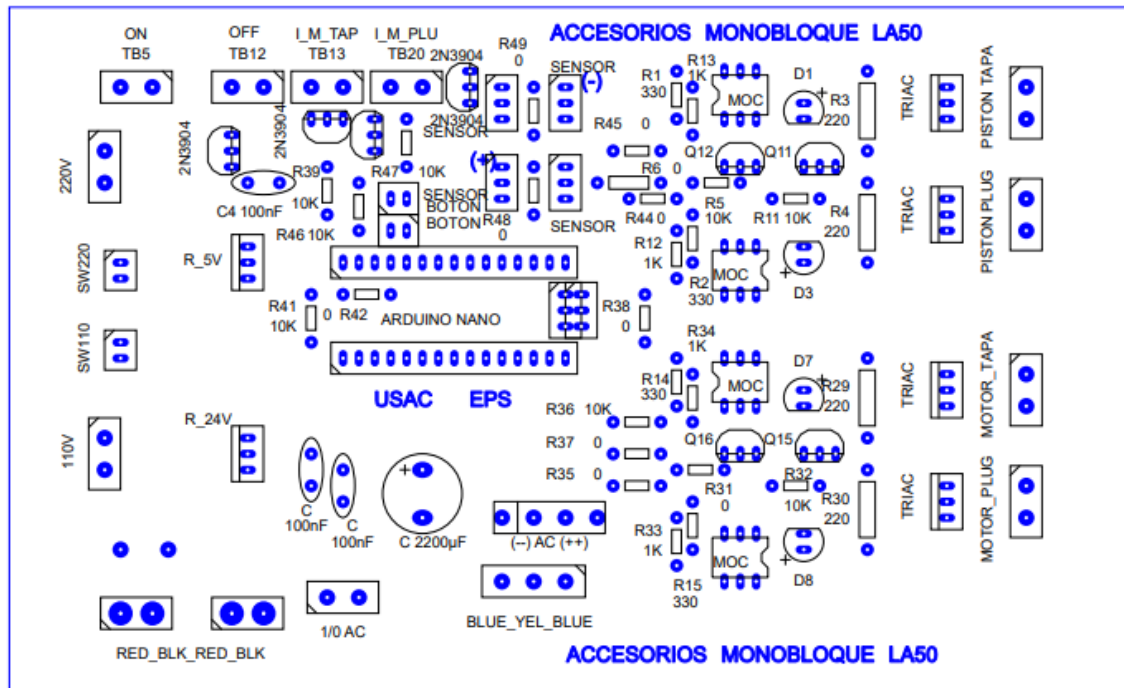
El diseño final del circuito controlador de cuenta gotas fue proyectado especialmente con los grosores de pistas en consideración a los componentes exteriores que exigen un mayor nivel de corriente en su consumo de funcionamiento. El diseño siguiente representa el modelado de circuito del controlador sobre actuadores y accesorios en la inserción y el manejo de recipientes de cuentagotas.

Figura 31. **Diseño PCB del circuito de control cuentagotas**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 32. **Diseño de placa superior del circuito control cuentagotas**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

2.3. **Desarrollo de un mando de control de tiempos deliberados para bomba peristáltica LP-BT300-2J**

El sistema de bombeo de tipo peristáltico es un nuevo método de llenado utilizado en el área de las farmacéuticas por sus características de portabilidad, precisión sobre llenado y método simple de limpieza entre intercambios de fluidos de distintos productos en cantidades no voluminosas.

El sistema peristáltico por defecto viene diseñado para un modo de operatividad manual con configuraciones en variables de

funcionamiento de velocidad, sentido de giro y accionamiento por pulsado constante.

El sistema de bombeo por otra parte contiene un adaptador de controlador externo que permite la incorporación de otros medios como interruptores de pedal o en los casos más dedicados como el realizado mediante la manipulación del equipo en llenados semiautomáticos a través de la configuración de tiempos deliberados de manera preajustados a través de controles de tarjetas programables.

El desarrollo de un mando de control adaptable al equipo peristáltico debe de contener un conjunto funcionalidades que pueden ser expresadas por los siguientes puntos:

- Pantalla de visualización con muestreo de configuración de tiempos ajustables.
- Perillas de control para el aumento, disminución y cambios de estado sobre la modificación en las variables de tiempos.
- Perillas de control y ajuste de velocidad de rotación de llenado.
- Botón de marcha para la activación de un ciclo repetitivo y constante de los procesos de funcionamiento y detenido de ciclo.
- Botón de paro y pausa en el detenido general del sistema.
- Botón de reinicio de variables configuradas.
- *Led* señalizador en el estado de operatividad activo y detenido.
- Interruptor de encendido general.
- *Plug* de alimentación de energía.
- Conector adaptable entre el equipo de control y bomba peristáltica.

2.3.1. Investigar y estudiar toda la documentación relacionada con el modelo de bomba peristáltica LP-BT300-2J

Mediante el estudio documentado en el equipo peristáltico se logró recolectar información importante sobre el funcionamiento y adaptación de medios externos a través del uso de controladores incorporables que modifiquen el comportamiento del equipo de manera directa y precisa en sus ajustes primarios de llenado de fluidos sobre métodos manuales. Durante el proceso de investigación realizada se pudo determinar que el equipo de bomba de tubo peristáltico puede ser controlado mediante procesos automatizados a través de cambios efectuados con señales eléctricas con modificaciones en los modos de operación y cambios en las variables ajustables de velocidad y sentido de giro.

Los 5 pines controlados en el adaptador de controlador externo modifican de manera directa los siguientes modos de operatividad en el equipo:

- El pin de entrada de numeración 1 modifica el valor de las revoluciones por minuto del motor de la bomba a través del cambio de tensión generado de una señal analógica respecto a un valor máximo y de referencia determinados en los extremos de un potenciómetro. Un valor de tensión de referencia es relacionado a 0 rpm mientras que su valor de tensión máximo es proporcional a 300 rpm.
- El pin secundario es comúnmente utilizado para la adaptación de interruptores que controlen el arranque y parada del proceso de llenado. Un valor de tensión de referencia es relacionado a un modo operatividad activo, mientras que un valor máximo entre una escala de 5 y 12 voltios es considerado modo inactivo.

- El tercer pin de conexión modifica de manera directa el sentido de giro del motor de la bomba peristáltica respecto al valor de su señal detectada. Un valor de tensión de referencia es relacionado a un sentido de giro en dirección hacia la derecha mientras que un valor entre una escala de 5 y 12 voltios es considerado un sentido de giro en dirección hacia la izquierda.
- El cuarto pin del adaptador de control externo es un modo de configuración de velocidad respectivo a la frecuencia de oscilación entre un valor de 0 a 10 KHz, pero también es utilizado como el valor de referencia de potencial ligado la conexión de la señal analógica del potenciómetro del pin inicial.
- El ultimo pin del adaptador externo es la referencia de tierra a las que están asignadas las variables de cambio de giro y la activación y desactivación (marcho y paro) del equipo en general.

2.3.2. Estudiar y analizar las respuestas sobre señales eléctricas

La bomba de tubo peristáltica puede ser manipulada de forma controlada a través de señales eléctricas ingresadas en el adaptador de controlador externo que manifiesten la representación del comportamiento físico del equipo de bombeo peristáltico. Según las investigaciones previas realizadas el equipo, puede operarse mediante los rangos de señales correspondientes, los cuales son:

- Control de velocidad en un rango de 0 a 300 rpm del motor de la bomba peristáltico.
 - 4 a 20 mA
 - 0 a 5 Voltios

- 0 a 10 Voltios
- 0 a 10 kHz
- Cambio de giro del motor de la bomba peristáltico.
 - Referencia de tierra de 0 voltios
 - Voltaje máximo de referencia de 5 o 12 Voltios
- Activación y desactivación del bombeo (marcho y paro).
 - Referencia de tierra de 0 voltios
 - Voltaje máximo de referencia de 5 o 12 Voltios

A través del análisis de los parámetros eléctricos se utilizaron instrumentos dedicados al área de la electrónica en la visualización y proyección de señales eléctricas controlables, dichos comportamientos en su ejecución de pruebas mostraron las bases en las que se diseñó y construyó el mando de control del equipo de bomba de tubo peristáltico.

2.3.2.1. Generador de onda y osciloscopio

Los equipos generadores de ondas y osciloscopios son instrumentos importantes utilizados en el estudio de señales eléctricas, analizando desde un modo gráfico los niveles de tensión y formas de siluetas el comportamiento de la señal respecto a un desplazamiento en el tiempo.

En el estudio de funcionamiento del equipo peristáltico se utilizó el uso de un laboratorio portátil con herramientas de osciloscopio y generador de ondas que simuló el comportamiento y el análisis de las señales eléctricas ingresadas dentro del equipo de bombeo, permitiendo así entender el funcionamiento general y asegurar el control de la maquinaria mediante el análisis del diseño sobre el modelado de la placa final con el comportamiento captado. El laboratorio USB Portátil Analog Discovery del fabricante Digilent proporciona un

conjunto de herramientas disponibles en los sistemas operativos de Windows y Linux que permiten interactuar en diferentes formas con los circuitos eléctricos, y para este caso de estudio, se utilizaron las herramientas previamente escritas en el análisis de su funcionamiento.

Figura 33. **Laboratorio USB Analog Discovery**



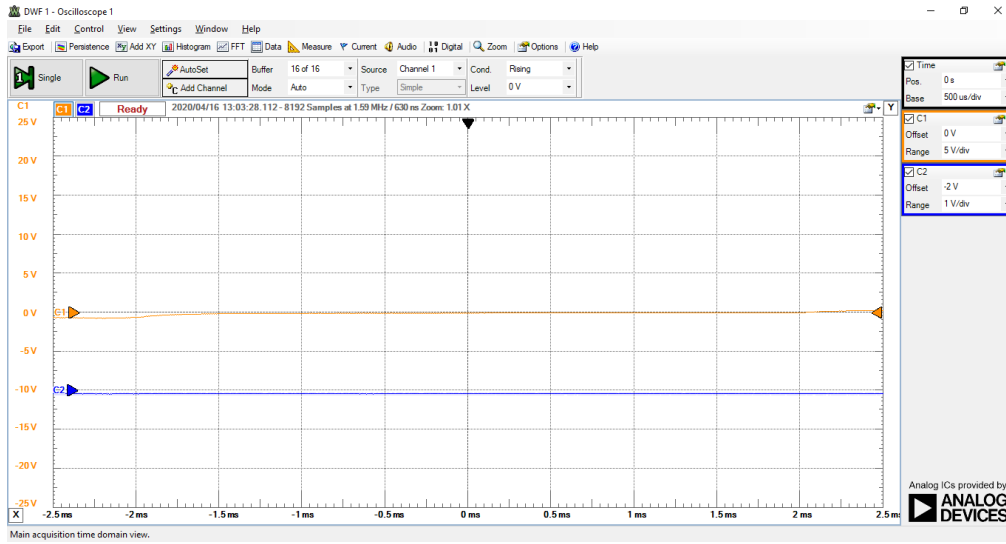
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Herramientas de Software Analog Discovery**



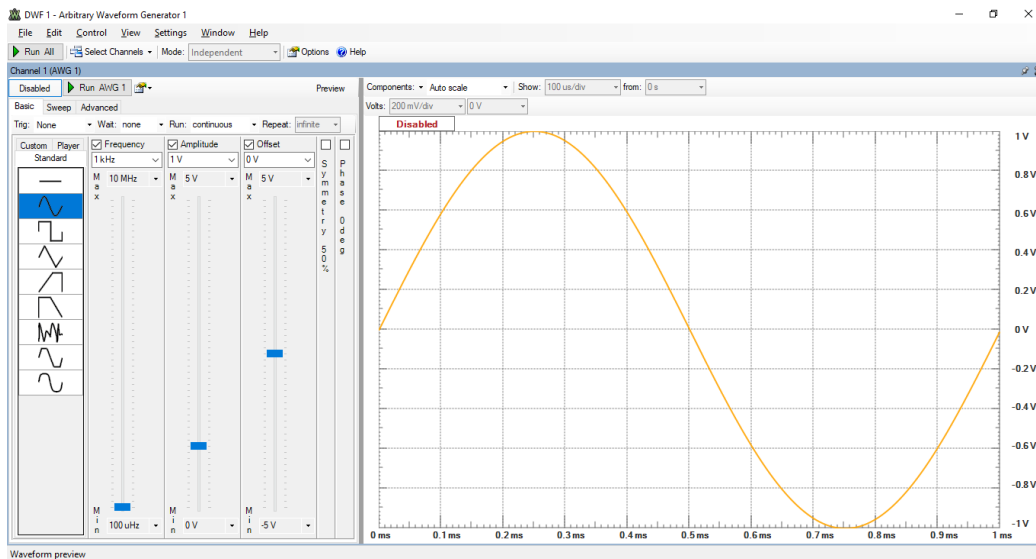
Fuente: elaboración propia, empleando Digilent WaveForms 2015.

Figura 35. Herramienta de osciloscopio



Fuente: elaboración propia, empleando Digilent WaveForms 2015.

Figura 36. Herramienta de generación de onda



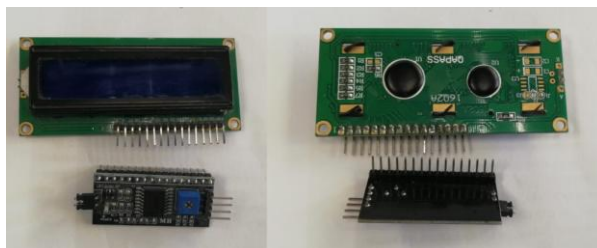
Fuente: elaboración propia, empleando Digilent WaveForms 2015.

2.3.3. Investigar las pantallas LCD y módulos de comunicación I2C en el desarrollo de proyectos con interfaz gráfica

La visualización de información a través de pantallas LCD ha sido un medio que ha modificado la construcción y el diseño de los circuitos simples a sistemas complejos mediante la representación de números y letras en formatos digitales que expresan diferentes variables de las señales de entrada o de salida de los dispositivos electrónicos.

En la investigación de pantallas se consideraron aspectos importantes sobre la selección de la pantalla como la cantidad de datos visibles y manipulables necesarios para el ajuste de las variables en el mando de control de manera simple y agradable hacia operario, como también rasgos de funcionalidad, intercambio pantalla rápido y módulos de comunicación en el transporte de información. Entre la selección de las pantallas se analizó la cantidad de caracteres y el modo de visualización posible utilizando los modelos accesibles de LCD16x2, LCD20x4 y GLCD, de los cuales fue seleccionado el modelo LCD20x4 con incorporación de módulo de I2C para la transferencia de información de datos entre el microcontrolador y la pantalla.

Figura 37. Pantalla LCD con módulo de comunicación I2C



Fuente: elaboración propia.

2.3.4. Investigar y analizar los componentes electrónicos que pueden implementarse para la graduación y configuración de tiempos

Los componentes de ajuste de variables en presentación de perillas son uno de los métodos y formas más comunes encontradas y utilizadas en la mayoría de dispositivos electrónicos, la selección del uso de estos es dependiente de la funcionalidad y precisión que se requiera sobre los equipos manipulados.

En el caso de equipos y maquinarias industriales es común encontrar componentes de tipo potenciómetro para el ajuste de parámetros sobre el funcionamiento de los mismo, dichos componentes se encuentran limitados por su proceso de fabricación y funcionamiento a un desplazo sobre la variable de resistencia entre el rango asignado, es decir tiene un inicio y un fin de manipulación en su giro.

Los componentes de tipo *encoder*, son elementos de mayor complejidad comparados con el funcionamiento y uso de los potenciómetros, estos modelos principalmente están diseñados para el control de variables en dispositivos digitales que integran la opción de giro continuo en ambos sentidos sin fin alguno, algunos de estos pueden encontrarse en casi todas las perillas de control de nivel de volumen utilizadas de casi todos los equipos de audio.

2.3.4.1. Potenciómetros

Los potenciómetros son componentes que alteran el valor de una resistencia interna mediante el sentido de movimiento de giro de una perilla, este tipo de resistencia variable se encuentra presente en la mayoría de los

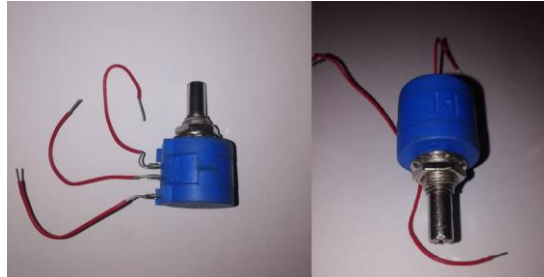
circuitos electrónicos analógicos y sin embargo también puede ser aplicado en dispositivos contruidos fundamentalmente con electrónica digital mediante la lectura y uso de pines con configuraciones de convertidor analógico a digital (ADC).

El diseño de los potenciómetros o resistencias variables puede ser diferenciado en dos principales modelos, los cuales son los potenciómetros convencionales de casi una vuelta y los potenciómetros de presión de múltiples vueltas con un rango de ajustes bastante alto, su construcción de estos componentes está conformado principalmente por 3 terminales de salidas que manipulan una escala de variación pin sobre rango variado.

Con forme la configuración en el adaptador de control externo del equipo peristáltico se puede manipular la cantidad de revoluciones de giro en el motor de la bomba mediante el cambio de valores sobre el nivel de tensión de salida de la variable de un potenciómetro con potencial entre 5 o 10 Voltios y referencia de tierra.

Un potenciómetro de presión permite realizar una determinación muy precisa y exacta sobre un rango entre 0 a 300 rpm, mediante la variabilidad de tensión sobre el mismo ingresadas en el pin 1 del adaptador de control externo.

Figura 38. **Potenciómetro de precisión**



Fuente: elaboración propia.

2.3.4.2. Encoders

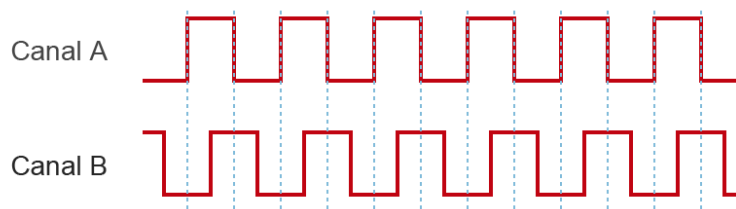
Los *encoders* son componentes utilizados en dispositivos contruidos con electrónica digital en los controles variables respecto a los sentidos de giros realizados sobre estos mismos, estos elementos son utilizados en sistemas que requieran un amplio rango de variación de sus valores sobre cualquier escala configurada y en los saltos de cambios deseados.

El funcionamiento general de los *encoders* consiste en realizar una cantidad de saltos por giro que proporcionan una respuesta o señal eléctrica que es detectada por un medio de un pin de lectura digital, en el caso del controlador de bomba peristáltica esta señal es interpretada por una tarjeta de desarrollo programable Arduino Nano.

El uso de estos dispositivos en la placa de control de bomba peristáltica se implementó en la configuración de tiempos y desplazamiento sobre escalas entre 99 centésimas de segundo y 99 segundos, su funcionamiento radica el realizar los ajustes de tiempos deliberados en el modo de operación activo e inactiva de la operatividad del llenado con la bomba de tubo peristáltico.

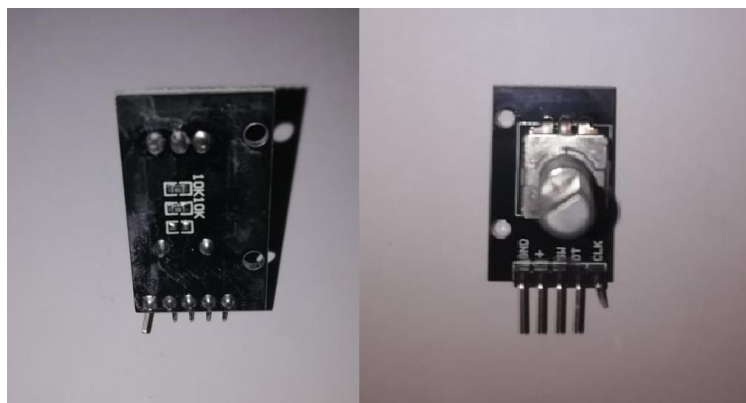
El modelo de *encoder* rotativo implementado incorpora dentro de su perilla de giro un pulsador que actúa al momento de presionarlo, dicho elemento está conformado de la salida de dos pines denominados canal A y canal B con un comportamiento de señal cuadrada y un desplazamiento de 90 grados entre ambos, gráficamente estas señales generadas durante el giro del *encoder* se pueden verificar en la siguiente imagen, y posterior a esta se muestra el tipo de *encoder* incorporado en el mando de control de la bomba peristáltica.

Figura 39. **Señal de giro del *encoder* rotatorio**



Fuente: Grupo MS MSRobotics. *Uso de encoder con Arduino*. msrobotics.net. Consulta: 1 junio de 2020.

Figura 40. ***Encoder* rotatorio**



Fuente: elaboración propia.

2.3.5. Analizar la cantidad de periféricos y seleccionar un Microcontrolador de Arduino que cumpla con las características de los elementos a incorporar

Para el desarrollo de proyecto del mando de control de funcionamiento peristáltico se implementó una tarjeta de control Arduino Nano con periféricos de entrada de tipo digital en la lectura de las señales eléctricas de un par de *encoders*, tres pulsadores NA y un potenciómetro con conexión independiente de precisión de 20 k Ω , mientras que en los periféricos digitales en configuración de salida se colocaron las señales correspondientes al control del adaptador conectado al equipo peristáltico y los pines de control y visualización de un *led* y pantalla LCD de 20x4. Se consideraron las mismas características expuesta en la sección 2.2.2.3 y el microcontrolador mostrado en la imagen 23.

2.3.5.1. Conexión de los dispositivos de entrada y salida

Los periféricos de la tarjeta de desarrollo contienen una asignación en la configuración y utilización de los pines correspondientes implementados a los elementos agregados, en la incorporación de los dos *encoders* se realizó la configuración de dos entradas digitales correspondientes a los dos sentidos de giro de la perilla, además se utiliza un pin de entrada digital en la lectura del pulsador integrado dentro del mismo elemento.

El sistema de mando de control incorpora el uso de 3 pulsadores correspondiente a las funciones de marcha, paro y *reset* de variables de tiempo ajustados dentro de una configuración de pines digitales en modo de entrada en funcionamiento *pull-up*, el sistema también incorpora un *led* de señalización

para el muestro del tiempo activo e inactivo de la operatividad de la bomba mediante la configuración de pin digital en modo de salida.

La comunicación con la pantalla de visualización se realiza mediante la incorporación de un módulo I2C, generando como ventaja la implementación de solamente de dos pines digitales en modo de salida para las variables respectivas del reloj y datos de información.

El diseño del circuito electrónico está conformado por un par de borneras correspondientes a la entrada de alimentación del circuito y el interruptor general de encendido, además el diseño de placa contiene conectores hembras y machos HX de 2 pines correspondientes a las entradas de botones, salida del *led* señalizador y un conector HX de 3 pines para uso del potenciómetro, el diseño de placa también contiene pin sil macho y hembra para la adaptación de los componentes de *encoders*, módulo de comunicación I2C y microcontrolador Arduino Nano.

Las salidas respectivas al funcionamiento del equipo peristáltico se encuentran asignados por pines sil tipo macho que interconectan a un adaptador RJ45 hembra que transporta por cable de red la información hacia otro conector RJ45 hembra hacia el adaptador control externo.

2.3.5.2. Código de programación

A continuación, se expresan las instrucciones de programación quemadas dentro del microcontrolador Arduino Nano que representan el funcionamiento y operatividad del proyecto de mando de control de funcionamiento del equipo bomba de tubo peristáltico.

```

//---Código de Programación -----
// ---Declaración de librerías para pantalla 20X4 LCD con I2C----
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
//-----Declaro Encoder 1-----
int pinEnt_1 = 2; // Conectado al SW de KY-040
int pinA_1 = 3; // Conectado al CLK de KY-040
int pinB_1 = 4; // Conectado al DT de KY-040
int Posicion_1 = 0; // Es el que indica la posición del encoder
int Posicion_2 = 0; // Es el que indica la posición del encoder

//----- Declaro Encoder 2 -----
int pinEnt_2 = 5; // Conectado al SW de KY-040
int pinA_2 = 6; // Conectado al CLK de KY-040
int pinB_2 = 7; // Conectado al DT de KY-040
int Posicion_3 = 0; // Es el que indica la posición del encoder
int Posicion_4 = 0; // Es el que indica la posición del encoder
//-----Variables encoder 1-----
unsigned long time;
unsigned long t;
bool C = true;
bool D = true;
bool E = false;

//-----Variables encoder 2-----
unsigned long t_2;
bool C_2 = true;
bool D_2 = true;

```

```

bool E_2 = false;

//-----
int valor= 0;
int valor_2= 0;
int valor_control = 0;
int temporizador_alto;
int temporizador_bajo;

//-----Botones-----
int detenido = 9;
int avanzar = 10;
int reset =8;

//-----Estado de botones-----
int estado_detenido = 1;
int estado_avanzar = 1;
int estado_reset = 1;

int ultimo_estado_detenido = 1;
int ultimo_estado_avanzar = 1;
int ultimo_estado_reset = 1;

//----Pin de activación peristáltica y led----
int salida = 12;
int salida2= 11;
boolean estadoLed = true;
unsigned long tiempoAnteriorEncendido =0;
//guarda el tiempo de referencia de inicio

```

```

unsigned long tiempoAnteriorApagado = 0;
//---Inicialización del programa-----
void setup() {
//----Mensaje de inicialización-----
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("BOMBA PERISTALTICA");
  lcd.setCursor(4,2);
  lcd.print("WELLCOPHARMA");
  delay(2000);
  lcd.clear();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print("SISTEMA DE CONTROL");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Tiempo: ");
  lcd.setCursor(10,1);
  lcd.print("seg");
  lcd.setCursor(16,1);
  lcd.print("cs");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Activo ");
  lcd.setCursor(11,2);
  lcd.print("00 : 00");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Inactivo ");
  lcd.setCursor(11,3);
  lcd.print("00 : 00");

```

```
//-----Declaro pines Encoder -----  
  pinMode (pinA_1, INPUT); // Derecha  
  pinMode (pinB_1, INPUT); // Izquierda  
  pinMode (pinEnt_1, INPUT); // Enter  
  pinMode (pinA_2, INPUT); // Derecha  
  pinMode (pinB_2, INPUT); // Izquierda  
  pinMode (pinEnt_2, INPUT); // Enter
```

```
//---Declaro pines de botones y salidas---  
  pinMode(detenido, INPUT_PULLUP);  
  pinMode(avanzar, INPUT_PULLUP);  
  pinMode(reset, INPUT_PULLUP);  
  pinMode(salida, OUTPUT);  
  digitalWrite(salida, LOW);  
  pinMode(salida2, OUTPUT);  
  digitalWrite(salida2, LOW);  
}
```

```
//----Función repetitiva de control ---
```

```
void loop() {
```

```
  time = millis(); // Registra el tiempo en todo el programa
```

```
  //---registra la pulsación de los botones---  
  estado_detenido = digitalRead(detenido);  
  estado_avanzar = digitalRead(avanzar);  
  estado_reset = digitalRead(reset);
```

```

if(estados_detenido != ultimo_estado_detenido){
  if(estados_detenido == HIGH){
    valor_control = 0;
    // Detiene la función de activación de peristáltica
    delay(100);
  }
  delay(50);
}

```

```

if(estados_avanzar != ultimo_estado_avanzar){
  if(estados_avanzar == HIGH){
    valor_control=1;
    // Activa la función de activación de peristáltica
    delay(100);
  }
  delay(50);
}

```

```

if(estados_reset != ultimo_estado_reset){
  if(estados_reset == HIGH){
    digitalWrite(salida,LOW);
    digitalWrite(salida2,LOW);
    Posicion_1 = 0;
    Posicion_2 = 0;
    Posicion_3 = 0;
    Posicion_4 = 0;

```

```

String texto_1 = (String) Posicion_1;
String texto_2 = (String) Posicion_2;

```



```
String texto_3 = (String) Posicion_3;  
String texto_4 = (String) Posicion_4;
```

```
lcd.setCursor(16,2);  
lcd.print("0");  
lcd.setCursor(17,2);  
lcd.print(texto_1);
```

```
lcd.setCursor(11,2);  
lcd.print("0");  
lcd.setCursor(12,2);  
lcd.print(texto_2);
```

```
lcd.setCursor(16,3);  
lcd.print("0");  
lcd.setCursor(17,3);  
lcd.print(texto_3);
```

```
lcd.setCursor(11,3);  
lcd.print("0");  
lcd.setCursor(12,3);  
lcd.print(texto_4);  
valor_control=0;  
delay(100);
```

```
}  
delay(50);  
}
```

```
if (valor_control==0){
```

```

digitalWrite(salida,LOW);
digitalWrite(salida2,LOW);
//-----
    // Enter ENCODER 1
if(E == false){
    if(digitalRead(pinEnt_1) == LOW){
        E = true;
    }
}

if(E == true){
    if(digitalRead(pinEnt_1) == HIGH){
        E = false;
        if(valor == 0){
            valor = 1;;
        }
        else{
            valor = 0;
        }
        delay(300);
    }

}

//-----
    // Enter ENCODER 2
if(E_2 == false){
    if(digitalRead(pinEnt_2) == LOW){
        E_2 = true;

```

```

    }
}

if(E_2 == true){
  if(digitalRead(pinEnt_2) == HIGH){
    E_2 = false;
    if(valor_2 == 0){
      valor_2 = 1;;
    }
    else{
      valor_2 = 0;
    }
    delay(300);
  }

}

//-----
switch (valor){
  case 0:
    // Código del encoder 1
    if (digitalRead(pinA_1)==LOW){
      t = time;
      if(C == true){
        Posicion_1 ++; //pos = pos + 1
        if (Posicion_1>99){Posicion_1 --;} // Evito conflicto con Encoder
//    Serial.print("Encoder Position: ");
//    Serial.println(Posicion_1);
        String texto_1 = (String) Posicion_1;
        //lcd.clear();

```

```

if (Posicion_1<=9){
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("0");
    lcd.setCursor(17,2);
    lcd.print(texto_1);
}
else{
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print(texto_1);
}
C = false;
D = false;
}
}

//-----
if (digitalRead(pinB_1)==LOW){
    t = time;
    if(D == true){
        Posicion_1 --; // pos = pos - 1
        if (Posicion_1<0){Posicion_1 ++;} // Evito conflicto con Encoder
//    Serial.print("Encoder Position: ");
//    Serial.println(Posicion_1);
String texto_1 = (String) Posicion_1;
if (Posicion_1<=9){
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("0");
    lcd.setCursor(17,2);
    lcd.print(texto_1);
}
}
}

```

```

}
else{
  lcd.setCursor(16,2);
  lcd.print(texto_1);
}

  D = false;
  C = false; // Bloquea la lectura del A porque el B llego primero
  //y si no me entra y pasa a la posición anterior
}
}

//-----
if (time-t>8){ // Tengo que esperar 8 ms para registrar nuevamente
  C = true;
  D = true;
}
lcd.blink();
break;

case 1:
// Código del encoder 1
  if (digitalRead(pinA_1)==LOW){
    t = time;
    if(C == true){
      Posicion_2 ++; //pos = pos + 1
      if (Posicion_2>99){Posicion_2 --;} // Evito conflicto con Encoder
//   Serial.print("Encoder Position: ");
//   Serial.println(Posicion_1);

```

```

String texto_2 = (String) Posicion_2;
//lcd.clear();
if (Posicion_2<=9){
    lcd.setCursor(11,2);
    lcd.print("0");
    lcd.setCursor(12,2);
    lcd.print(texto_2);
}
else{
    lcd.setCursor(11,2);
    lcd.print(texto_2);
}
    C = false;
    D = false;
}
}

//-----
if (digitalRead(pinB_1)==LOW){
    t = time;
    if(D == true){
        Posicion_2 --; // pos = pos - 1
        if (Posicion_2<0){Posicion_2 ++;} // Evito conflicto con Encoder
//    Serial.print("Encoder Position: ");
//    Serial.println(Posicion_1);
String texto_2 = (String) Posicion_2;
if (Posicion_2<=9){
    lcd.setCursor(11,2);
    lcd.print("0");
}
}
}

```

```

        lcd.setCursor(12,2);
        lcd.print(texto_2);
    }
    else{
        lcd.setCursor(11,2);
        lcd.print(texto_2);
    }

    D = false;
    C = false; // Bloquea la lectura del A porque el B llevo primero
    //y si no me entra y pasa a la posición anterior
    }
}

//-----
if (time-t>8){ // Tengo que esperar 8 ms para registrar nuevamente
    C = true;
    D = true;
}
lcd.blink();
break;

}

switch (valor_2){
    case 0:

//-----
// Código del encoder 2

```

```

    if (digitalRead(pinA_2)==LOW){
    t_2 = time;
    if(C_2 == true){
        Posicion_3 ++; //pos = pos + 1
        if (Posicion_3>99){Posicion_3 --;} // Evito conflicto con Encoder
//    Serial.print("Encoder Position: ");
//    Serial.println(Posicion_2);
    String texto_3 = (String) Posicion_3;
    //lcd.clear();
    if (Posicion_3<=9){
        lcd.setCursor(16,3);
        lcd.print("0");
        lcd.setCursor(17,3);
        lcd.print(texto_3);
    }
    else{
        lcd.setCursor(16,3);
        lcd.print(texto_3);
    }
    C_2 = false;
    D_2 = false;
    }
}

//-----
if (digitalRead(pinB_2)==LOW){
    t_2 = time;
    if(D_2 == true){
        Posicion_3 --; // pos = pos - 1

```



```

    if (Posicion_3<0){Posicion_3 ++;} // Evito conflicto con Encoder
    Serial.print("Encoder Position: ");
    Serial.println(Posicion_3);
    String texto_3 = (String) Posicion_3;
    //lcd.clear();
    if (Posicion_3<=9){
        lcd.setCursor(16,3);
        lcd.print("0");
        lcd.setCursor(17,3);
        lcd.print(texto_3);
    }
    else{
        lcd.setCursor(16,3);
        lcd.print(texto_3);
    }
    D_2 = false;
    C_2 = false; // Bloquea la lectura del A porque el B llego primero
    //y si no me entra y pasa a la posición anterior
    }
}

//-----
if (time-t_2>8){ // Tengo que esperar 8 ms para registrar nuevamente
    C_2 = true;
    D_2 = true;
}

//-----
lcd.blink();

```

```

break;
case 1:

//----- Código del encoder 2
  if (digitalRead(pinA_2)==LOW){
    t_2 = time;
    if(C_2 == true){
      Posicion_4 ++; //pos = pos + 1
      if (Posicion_4>99){Posicion_4 --;} // Evito conflicto con Encoder
      Serial.print("Encoder Position: ");
      Serial.println(Posicion_4);
      String texto_4 = (String) Posicion_4;
      //lcd.clear();
      if (Posicion_4<=9){
        lcd.setCursor(11,3);
        lcd.print("0");
        lcd.setCursor(12,3);
        lcd.print(texto_4);
      }
      else{
        lcd.setCursor(11,3);
        lcd.print(texto_4);
      }
      C_2 = false;
      D_2 = false;
    }
  }

//-----

```

```

if (digitalRead(pinB_2)==LOW){
  t_2 = time;
  if(D_2 == true){
    Posicion_4 --; // pos = pos - 1
    if (Posicion_4<0){Posicion_4 ++;} // Evito conflicto con Encoder
    Serial.print("Encoder Position: ");
    Serial.println(Posicion_4);
    String texto_4 = (String) Posicion_4;
    //lcd.clear();
    if (Posicion_4<=9){
      lcd.setCursor(11,3);
      lcd.print("0");
      lcd.setCursor(12,3);
      lcd.print(texto_4);
    }
    else{
      lcd.setCursor(11,3);
      lcd.print(texto_4);
    }
    D_2 = false;
    C_2 = false; // Bloquea la lectura del A porque el B llego primero
    //y si no me entra y pasa a la posición anterior
  }
}

//-----
if (time-t_2>8){ // Tengo que esperar 8 ms para registrar nuevamente
  C_2 = true;
  D_2 = true;
}

```

```

}

//-----
  lcd.blink();
  break;
}
}
if (valor_control==1){
  lcd.noBlink();
  temporizador_alto=(( Posicion_1 ) * 10 ) + (( Posicion_2 ) * 1000); //10 =
0.01 , 1000= 1.00
  temporizador_bajo=(( Posicion_3 ) * 10 ) + (( Posicion_4 ) * 1000 );
  if(( millis() - tiempoAnteriorEncendido >= temporizador_alto) && estadoLed
== true ){
    estadoLed=false;
    digitalWrite(salida,estadoLed);
    digitalWrite(salida2,LOW);
    tiempoAnteriorApagado=millis();
  }

  if ((millis()-tiempoAnteriorApagado >= temporizador_bajo ) && estadoLed ==
false ){
    estadoLed=true;
    digitalWrite(salida,estadoLed);
    digitalWrite(salida2,HIGH);
    tiempoAnteriorEncendido=millis();
  }
}
}

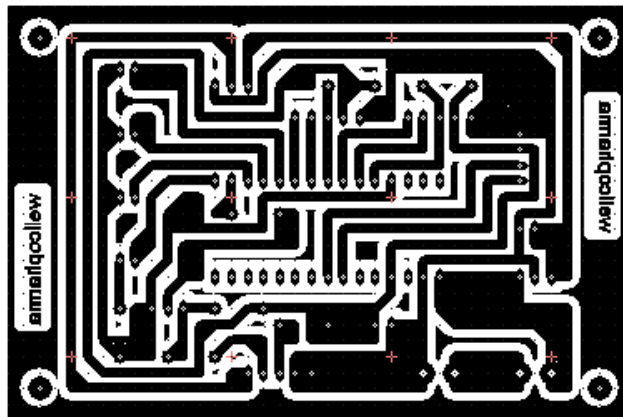
```

```
ultimo_estado_detenido = estado_detenido;  
ultimo_estado_avanzar = estado_avanzar;  
ultimo_estado_reset = estado_reset;  
}
```

2.3.6. Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuito

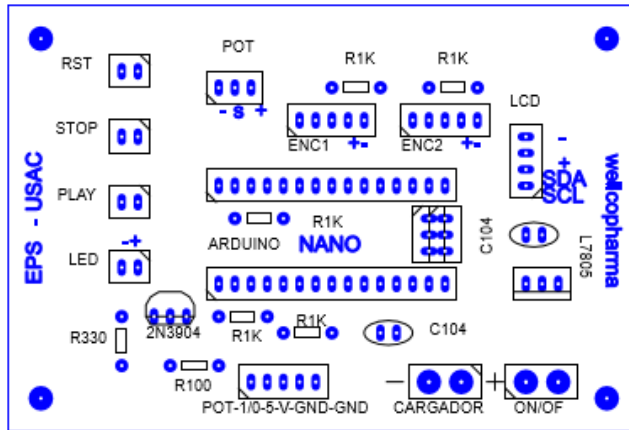
A continuación, se presenta el diseño y desarrollo de pruebas del circuito controlador.

Figura 41. **Diseño PCB del circuito controlador de bomba peristáltica**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 42. **Diseño de placa superior del circuito controlador de bomba peristáltico**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

2.4. **Desarrollo de un sistema indicador y alarma de flujo de viento para las unidades manejadoras de aire**

Las unidades manejadoras de aire son los equipos responsables de regular la calidad y presión de aire dentro de las instalaciones de los laboratorios y áreas de fabricación de la planta de producción de Wellco Corporation.

Los sistemas climatizadores conllevan un rol muy importante de permanecer en una alimentación constante sin intervención del ingreso de ventilación sobre las áreas de producción, estos sistemas en caso de inconvenientes en la generación de flujo de aire deben ser asistidos y corregidos de la manera más pronta posible.

El desarrollo de un sistema indicador y alamar de flujo de ventilación de aire permite al personal mantenimiento actuar y responder de forma rápida una solución al desperfecto del equipo.

El circuito controlador fue diseñado con los ajustes de funcionamiento solicitados por el personal del área encargado de las unidades de tratamiento de aire (área de mantenimiento), con el fin de aplicar las necesidades evaluadas en la detección de problemas en el flujo de ventilación, entre los cuales se describe un método de identificación visual que permitiera al personal de planta de producción, y al personal de mantenimiento identificar el equipo manejador de aire dañado o el área afectada, con la agregación de un sistema de alarma auditiva con un sonido alertador y constante notificando la falta de inyección de aire sobre el área designada.

La placa electrónica diseñada cuenta con un conjunto de circuitos particulares que interactúan entre sí para conformar un diseño complejo y adaptable a las necesidades solicitadas del indicador y alarma de flujo de aire.

El modelo planteado en un formato general puede ser expresado inicialmente por la conversión de corriente alterna a corriente directa con 24V de salida y un par de fuentes de baterías utilizadas como respaldo energético ante la usencia de energía en la red de alimentación, este bloque transfiere la corriente según la posición de un interruptor de presión diferencial seleccionable entre dos salidas que corresponde al modo de operatividad de los climatizadores (encendido o apagado).

El sistema de respaldo energético activa una luz piloto opcional con un sonido distinto a través de un integrado con compuertas indicando así que el equipo manejador de aire ha dejado de funcionar por un fallo eléctrico sobre la

red de alimentación, este circuito permite hacer funcionar durante un lapso de varias horas sin alimentación a la red de corriente alterna, efectuando así un aviso constante a los interesados sobre la falta de funcionamiento de la maquinaria por desperfectos o por falta de energía.

2.4.1. Investigar y analizar los tipos de sensores que se utiliza en la industria en el control de ventilación

Los componentes detectores o medidores de flujo de aire son elementos que se integran de cierto modo sobre el canal de transportación de ventilación, oponiéndose al paso de este o captándolo durante el curso de movimiento del flujo de aire.

Principalmente en el área industrial se utilizan interruptores accionados por la presión del movimiento de aire, y pueden configurarse para accionar mediante el ajuste de presiones específicas, permitiendo así para este caso la utilización de esta característica, para el desarrollo del indicador y alarma de flujo a través del estado de la lectura del sensor de flujo.

Estos instrumentos por la operatividad que realizan en su interior en un modo de cambio de salida normalmente abierto y normalmente cerrado respecto a su entrada común, son denominados con mayor frecuencia como interruptores de presión diferencial.

Se clasificaron dos tipos de interruptores a seleccionar con consideración de aspectos sobre su forma y método de instalación, capacidad de ajuste sobre presión detectada, representación de la marca de fabricante y el modelo de funcionamiento, los sensores enlistados constituían al fabricante de la marca Dwyer, compañía que se especializa en el área de instrumentación y

proporciona altos estándares en su calidad de fabricación, confianza y productos con costos considerables y adaptables a un amplio rango de escalas de medición.

2.4.1.1. Sensores de presión diferencial

El interruptor de flujo de aire diferencial es un componente con amplia escala en su rango de detección y alta precisión en el ajuste de las conmutaciones en su particularidad en el análisis del valor de presión resultante entre dos entradas, característica que permite el control entre un par de conductos de ventilación o simplemente en análisis individual respecto a la una cantidad de flujo de aire sobre el ambiente.

En la construcción del proyecto del indicador y alarma de flujo de aire se utilizó el interruptor de presión diferencial de la marca Dwyer ADPS-03-2-N *pressure switch* 0.2-2.0 In. WC, por sus características y sus metodologías de funcionamiento, instalación, detección del aire en un modo simple (inserción de una manguera en la dirección del flujo de ventilación) y ajuste de presión en el nivel de detección del movimiento de aire.

Figura 43. Interruptor de presión diferencial Dwyer



Fuente: elaboración propia.

2.4.1.2. Sensores de vialeta

El interruptor de flujo de aire con accionamiento respectivo a la posición de la paleta, es un conmutador que debe colocarse sobre el interior del canal de la transportación de ventilación, este *switch* por lo general contiene un tornillo de ajuste que modifica la presión contraria del aire para poder cambiar entre las salidas respectivas de normalmente abierta y cerrada con referencia a la señal de entrada en común.

Figura 44. **Interruptor de flujo de aire**



Fuente: Industrias Asociadas S.A.S. *Switch De Flujo*. Industriasasociadas.com. Consulta: 6 de febrero de 2020.

2.4.2. Investigación, comprobación y análisis sobre los circuitos de respaldo energético considerando como punto la vital la durabilidad y mantenimiento de este

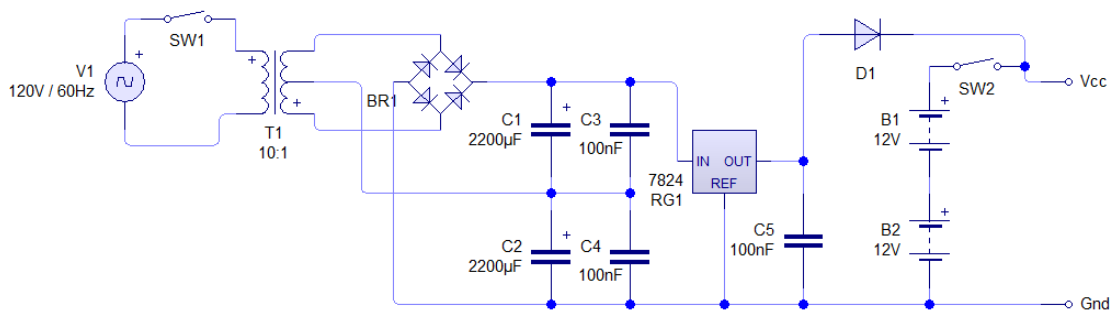
Los sistemas de respaldo energético son fuentes alternativas de corriente que compensa las líneas principales de alimentación en caso de ausencia o fallo sobre la red principal, los métodos de resguardos a través de baterías son fuentes limitadas en su proceso constante de alimentación de corriente y voltaje sobre una línea de tiempo, dicha capacidad de la batería es determinada por

aspectos de fabricación como lo son los materiales con que están contruidos, el tamaño de los almacenadores y la capacidad de amperios/horas soportados por la batería.

En el desarrollo del proyecto indicador y alarma de flujo de aire la incorporación de las baterías de material de ácido plomo, proporcionan una amplia durabilidad en tiempo de uso, larga operatividad de funcionamiento y gran capacidad descarga constante como también el aspecto inmediato de compensación sobre las líneas de alimentación.

Las asignaciones de tensión sobre las líneas de corriente corresponden a una salida de 24 voltios, conformado de dos baterías de 12 voltios en configuración serie y el modelo del circuito tipo tampón, la cual corresponde a una instalación en paralela sobre la línea de corriente con la agregación de un diodo que evita retorno hacia fuente principal.

Figura 45. Fuente de alimentación con respaldo energético



Fuente: elaboración propia, empleando LiveWire 2004.

2.4.3. Investigar y seleccionar mediante pruebas de prototipo los circuitos de temporizadores que pueden implementarse

Los circuitos temporizadores cumplen un rol de funcionamiento sobre el componente de alarma auditiva, indicando así principalmente dos tipos de causas sobre el detenido del flujo de ventilación hacia las áreas controladas, las cuales son referidas por falta de alimentación de energía sobre la red principal con una notificación de un sonido constante y uno largo entre las pausas.

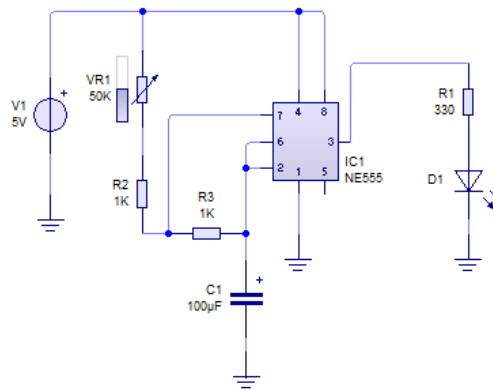
También se alerta con la activación de otro sonido un problema de fallo relacionado que es identificado por un detenido de flujo de ventilación respectivo a desperfectos mecánicos o eléctrico del equipo en general, el cual es avisado a través de un sonido constante y corto entre las pausas de activación de un *buzzer*, en relación a estos dos modos de señalización auditiva se puede mencionar que uno posee una frecuencia de operatividad más rápida que el otro.

2.4.3.1. Circuito en modo astable

Un circuito integrado NE555 en configuración astable es un modo de operatividad constante sobre dos salidas contrarias en duración de tiempos iguales, refiriéndose así una sucesión interminable de valores lógicos 1 (voltaje de referencia) y valores lógicos 0 (referencia de tierra).

El ajuste del integrado en funcionamiento astable corresponde directamente a la activación del sonido sobre la salida *buzzer*, esta frecuencia de oscilación puede ser modificada ante manipulación del valor de resistencia sobre la pata 7 del integrado visualizada en la imagen siguiente.

Figura 46. **Circuito integrado 555 en configuración estable**



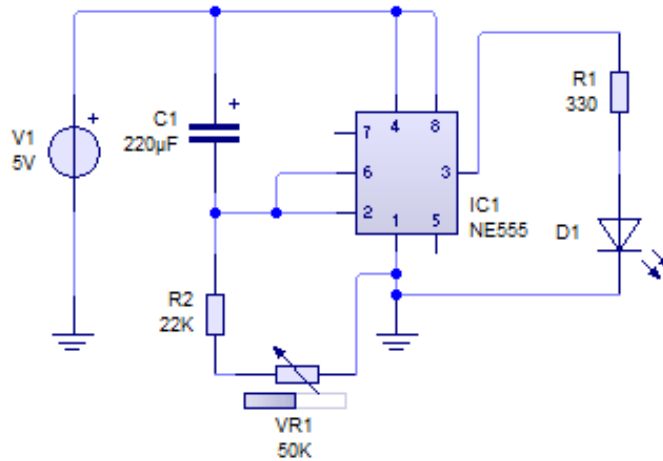
Fuente: elaboración propia, empleando LiveWire 2004.

2.4.3.2. **Circuito en modo de espera**

El circuito integrado NE555 en configuración monoestable actúa de la manera que realiza una salida constante y sin fin ante la entrada de un pulso eléctrico sobre el pin 2 del componente multivibrador, esta configuración de funcionamiento fue adaptada para accionarse brevemente después de un tiempo asignado, que conllevó la integración sobre el proceso de carga de un capacitor con graduación de su tiempo de carga mediante el ajuste de la resistencia del mismo capacitor.

La operatividad de la configuración monoestable con retardo de encendido permitió que la alarma instalada sobre el equipo climatizador no se active ante variaciones leves o momentáneas como lo pueden ser los bajones de luz o interrupciones cortas sobre las redes de alimentación de energía o algún fallo momentáneo sobre el equipo climatizador o el nivel de detección del sensor.

Figura 47. **Circuito integrado 555 en configuración monoestable con retraso**



Fuente: elaboración propia, empleando LiveWire 2004.

2.4.4. Investigar y analizar los circuitos o integrados que pueden implementarse como medio de compuertas lógicas en el manejo de señales eléctricas, tomando en consideración las que sean necesarias en el diseño del indicador y alarma de flujo

El diseño del circuito debe de poder identificar dos causas de fallo de las unidades de tratamiento de aire, las cuales son referidas por los siguientes dos puntos:

- El equipo climatizador se ha detenido por una causa de avería dentro de su mecanismo de operatividad, como lo puede ser el sobrecalentamiento del motor o alguna parte dañada dentro del equipo en general.
- La unidad de mantenimiento de aire se ha detenido por la falta de alimentación de corriente sobre la red principal de la conexión del equipo, las cuales pueden ser por algún daño sobre la conexión física del mismo o externa sobre las redes de alimentación públicas.

Según el análisis realizado en esta identificación se implementa la detección de estos comportamientos a través del funcionamiento de una compuerta XOR, que conlleva la tarea de analizar dos señales eléctricas referidas a la entrada antes del diodo, utilizado en el circuito de configuración de tampón de respaldo energético, después de la aplicación del mismo y considerando que se envía una señal de pulso eléctrico si hay energía convertida a través del transformador de corriente alterna, y otro tipo de señal, si hay energía después del circuito tampón.

Si estas dos señales están activas y se detecta una caída del flujo de ventilación accionara un modo de operación indicado que el equipo se ha detenido por algún problema sobre el mismo, visualizando así una luz piloto roja o naranja con una alarma auditiva con sonido constante.

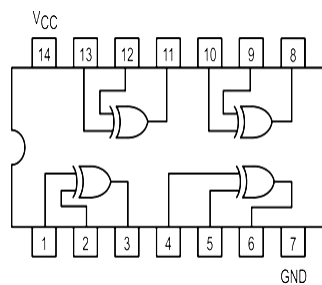
El segundo modo de operatividad identifica si el equipo se ha detenido por falta de alimentación sobre la línea principal de corriente, la cual es leída en el modo que recibe una señal de 0 por la falta de energía sobre el transformador y un valor de 1 por la activación y descarga del circuito tampón de manera inmediata, logrando de esta manera que la compuerta XOR pueda acomodarse a las lecturas de señales deseados.

Tabla II. **Compuerta XOR**

A	b	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Circuito integrado 74LS86 (compuerta XOR)**



Fuente: RAJA Dilip. *XOR gate*. Circuitdigest.com. Consulta: enero de 2020.

2.4.5. Analizar y construir un modelo de fuente de voltaje que abarque los voltajes de operación con lo que se desea trabajar

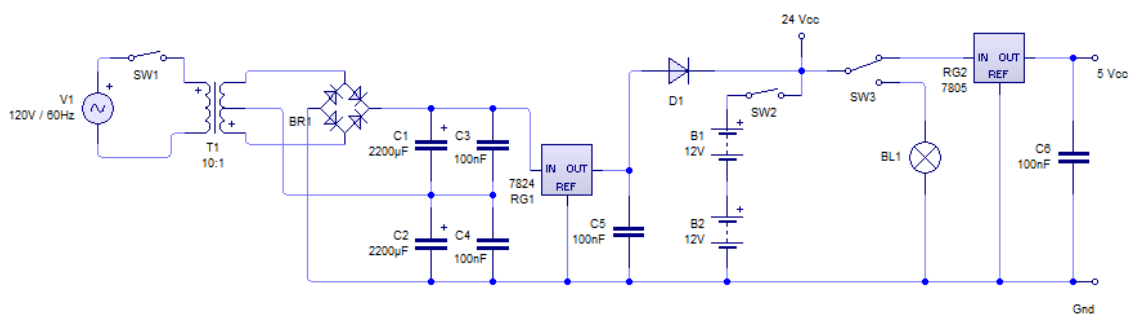
La fuente de alimentación del circuito en general contiene la selección de dos voltajes de tensión, los cuales son referidos al funcionamiento con una línea de 110 V o 220 V, la etapa primera consiste en reducir el nivel de tensión seguido del proceso de rectificación, filtrado y terminado en una salida regulada, el voltaje final hasta esta sección es correspondiente a un nivel de 24 V,

contiene un diodo y una conexión en paralelo de las baterías que permite mantener el circuito en un modo estable, y cargado completamente durante la habilitación de la principal fuente de corriente.

En caso de ausencia de energía sobre la fuente primaria se compensa de manera inmediata la descarga de corriente sobre las baterías sin retorno a los elementos previos sobre el sistema de respaldo.

El sistema contiene dos niveles de tensión principal, los cuales energizan las señalizaciones del circuito y los componentes controladores. La regulación de 24 voltios es utilizada para la alimentación de las luces piloto y alarma zumbadora del circuito, la regulación de 5 voltios es implementada en el funcionamiento de los circuitos controladores de compuerta xor, temporizador monoestable en operación de tiempo retardado y los modelos de temporizadores en configuración astable.

Figura 49. Fuente y voltajes regulables



Fuente: elaboración propia, empleando LiveWire 2004.

2.4.5.1. Investigar elementos de larga durabilidad que cumplan con los factores de temperatura y protección sobre descargas eléctricas

Los componentes con protección sobre calentamiento y excedentes de corrientes en el funcionamiento de los mismos, evitan el avance de posibles daños a los elementos más delicados y complejos sobre los circuitos de control y componentes de análisis de señales, en el caso del circuito interesa proteger el interruptor de flujo diferencial, el comparador de compuerta XOR y los circuitos temporizadores.

El diseño del circuito electrónico contiene un regulador LM7824 con salida de 24 voltios y un amperio de capacidad máxima con protección de sobrecarga térmica y protección de cortocircuito, dispositivo conectando principalmente para la alimentación de las luces piloto, carga de baterías y suministro directo al interruptor de flujo diferencial que interconecta conforme su activación, a un regulador R-78E5.01.0 de la marca Recom con salida de 5 voltios y una capacidad máxima de un amperio con protección contra cortocircuito, y sin necesidad de disipadores térmicos como en caso del regulador LM7824 que integra un disipador pequeño, correspondido conforme la cantidad la potencia que disipa en calor, para el caso de este componente en el pin entrada se le ingresa un valor entre 25 y 26 voltios, por lo cual generara una cantidad de calor muy reducida ante la caída de tensión a 24 Voltios.

Las características del regulador LM7824 son las siguientes:

- Corriente de salida: 1A a 1.5 Amperios máximos
- Voltaje de salida: 24 Voltios

- Temperatura de operación 0 °C a 125 °C
- Protección de sobrecarga térmica
- Protección de cortocircuito

Figura 50. **Regulador LM7824 encapsulado TO220**



Fuente: elaboración propia.

La característica del regulador R-78E5.01.0 son las siguientes:

- Perfil bajo
- Regulador de conmutación
- Amplio rango de entrada: 8 a 28 voltios
- Alta eficiencia de 91 %
- Sin necesidad de disipadores térmicos
- Temperatura mínima de -40 °C a 85 °C
- Tamaño compacto
- Compatibilidad con reguladores de la serie 78
- Corriente de salida: 1 amperios
- Voltaje de salida: 5 voltios

Figura 51. **Regulador R-78E5.01.0 encapsulado SIP**



Fuente: elaboración propia.

2.4.5.2. Investigar, analizar y seleccionar los tipos de sistemas auditivos que pueden implementarse en el desarrollo de una alarma auditiva

Los componentes de tipo sirenas o zumbadores representan el principal elemento en la construcción de alarmas, sin embargo, la aplicación y utilidad de cada uno es dependiente a la integración y necesidad del diseñador encargado, esto puede definirse de otro motor que la selección entre estos dos componentes es respectiva al funcionamiento eléctrico sobre el diseño de la placa electrónica o la cantidad de ruido o sonidos solicitados en la identificación de variables a controlar.

2.4.5.2.1. Sirenas

Las sirenas son elementos acústicos que por lo general a través de su construcción emiten un sonido muy fuerte y bastante molesto para advertir algún tipo de fenómeno o problema surgido en alguna instalación. Las sirenas

principalmente son colocadas en las industrias para advertir el cambio de turnos o emergencias graves sobre algún fallo de un equipo o un peligro potencial hacia el personal de la planta de producción, estos aspectos mencionados no consideraron la implementación de sirenas en el proyecto indicador y alarma de flujo de aire ante la molestia de ruidos excesivos innecesarios.

2.4.5.2.2. Zumbadores

Los zumbadores, por otro lado, denominados *buzzer*, son elementos transductores capaces de convertir la energía eléctrica en sonido, dichos elementos pueden encontrarse en dos tipos de fabricación, las cuales son las de tipo activo y pasivo que corresponden a diferentes modos de ingreso en la señal eléctrica de alimentación, los cuales pueden comprenderse en los siguientes dos puntos:

- Zumbadores activos: este tipo de componente posee una frecuencia fija determinada sobre el sonido emitido, por lo cual este elemento solo contiene un modo de operatividad que es accionada mediante la alimentación del *buzzer*, los voltajes de funcionamiento oscilan entre 24 y 3 voltios de alimentación (a más voltaje mayor fuerza sobre el sonido).
- Zumbadores pasivos: este tipo de componente a diferencia del activo requiere mayor complejidad sobre la activación y manipulación del sonido. Un *buzzer* pasivo requiere el ingreso de una onda de frecuencia que afecta de manera directa la salida del sonido dentro de este componente, de tal manera que una frecuencia alta genera una salida de sonido agudo y una frecuencia baja una salida de sonido grave, se debe considerar también que este tipo de zumbador, es principalmente utilizado en tarjetas de control digital y que no se encuentran con altos niveles de volumen producidos.

Estos aspectos considerados logro determinar el *buzzer* utilizado en el desarrollo del proyecto de indicador y alarma de flujo de aire a través de un componente activo por sus capacidades en el nivel de sonido y el funcionamiento simple en su conexión.

2.4.6. Investigar, analizar y seleccionar los tipos de indicadores que pueden implementar para la realización de un control visual

Los indicadores visuales en equipos de maquinarias industriales son principalmente compuestos a través de tamaleras con tecnología *led* o señalizaciones por medio de luces piloto, estos dispositivos se encuentran específicamente para ser instalados en el control de los equipos sobre el comportamiento de variables en el funcionamiento general o advertencias efectuadas durante procesos de operatividad y de producción.

Los modelos de señalizaciones implementados en el indicador y alarma de flujo de aire corresponden a luces piloto en los colores de verde para un funcionamiento normal sobre el flujo de ventilación, un color amarillo de advertencia indicando un paro en el equipo por daño sobre el sistema mecánico o eléctrico del climatizador y un color rojo notificando la ausencia de aire sobre el canal por fallo sobre la red de alimentación de corriente alterna.

Estos componentes de visualización se encuentran de manera comercial en los voltajes de 110/220 VAC y 24 VDC, dispositivos sobre los cuales se implementó el uso de los indicadores de corriente directa por su principal conveniencia en su incorporación del voltaje continuo sobre el circuito de respaldo energético.

Figura 52. **Indicadores visuales - Luces piloto**



Fuente: elaboración propia.

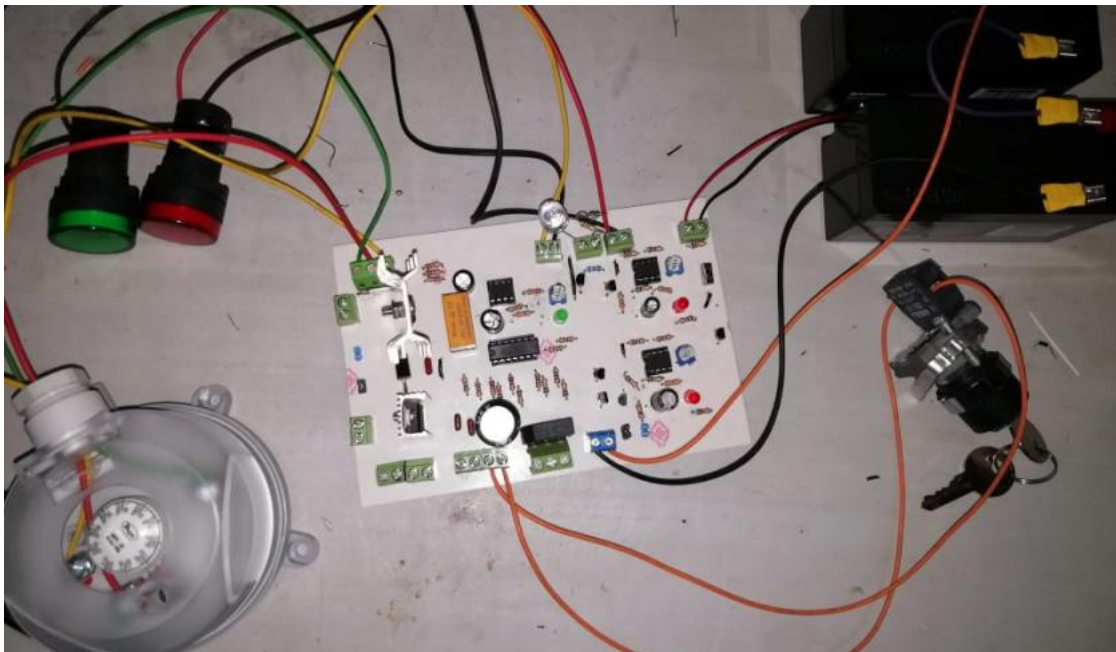
2.4.7. Diseño y desarrollo de pruebas en el prototipo de circuitos

El circuito inicial se diseñó en *protoboard* correspondiente al funcionamiento básico sobre el control de dos estados leídos en el interruptor diferencial de presión de aire, los cuales eran representados por un indicador visual demostrando un flujo continuo sobre el canal ventilación de aire y un sistema de iluminación con alamar auditiva sobre la detección de falta de ventilación a través del canal de transportación de aire.

El diseño inicial en el circuito consistió de un análisis básico a través de componentes de corriente alterna, como lo eran las luces piloto y los componentes auditivos de tipo sirenas, dicho prototipo fue visto muy sencillo y molesto en su capacidad de análisis como también la falta de un retardo para el accionamiento del audio sobre la sirena, otro aspecto visto sobre este proyecto fue la identificación clara de un circuito detector de tipo de fallo y con sostenibilidad de energía para el control constante del equipo climatizador,

también se consideró la importancia de esta adaptación sobre la tarjeta de control logrando así la incorporación de un sistema encendido y apagado sobre equipos generadores de electricidad para aplicaciones futuras.

Figura 53. **Prototipo de indicador y alarma de flujo**

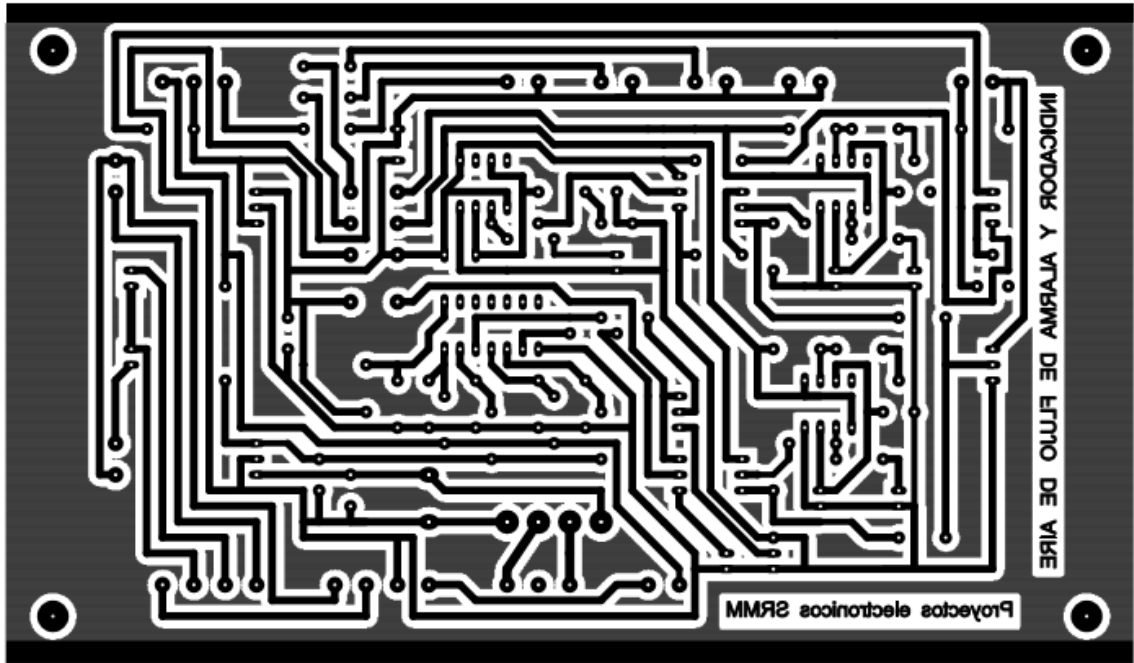


Fuente: elaboración propia.

2.4.8. Construcción del modelo final de cambios previsto en el prototipo

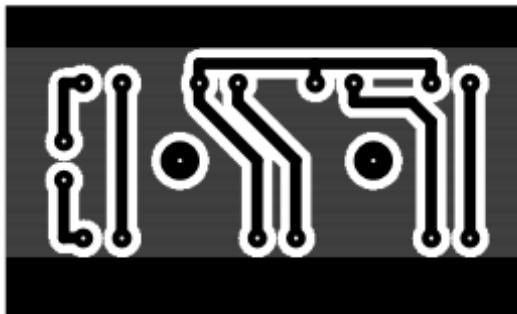
El modelo del circuito final conlleva ajustes en el funcionamiento de algunos circuitos de control como también el intercambio sobre los reguladores LM7805 por R-78E5.01.0, incorporación de borneras independientes para componentes individuales y una placa de señal para conexión de un segundo módulo de visualización e indicador auditivo.

Figura 54. Circuito PCB de indicador y alamar de flujo de aire



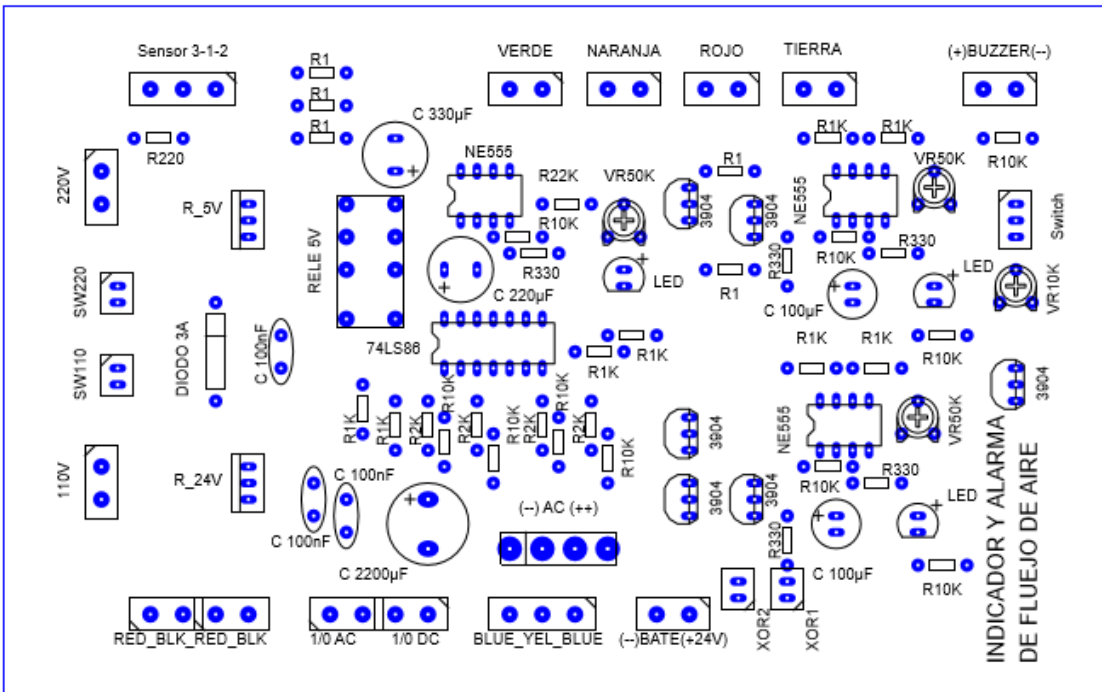
Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 55. Circuito PCB de conexión de señalizadores



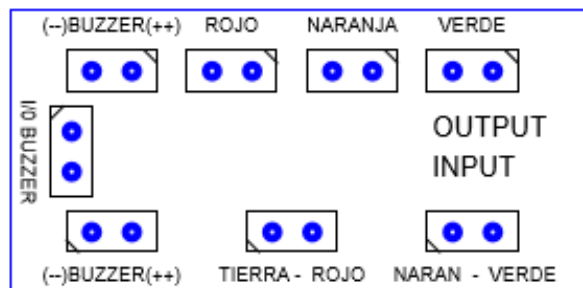
Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 56. Circuito superior de placa indicador y alamar de flujo de aire



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 57. Circuito superior de conexión de señalizadores



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Diseño y circuitos de reconfiguración de Tecnofarma Monobloque LA50

La reconfiguración del equipo Tecnofarma incluye un conjunto de accesorios incorporables que facilitan los procesos de llenado y alimentación de productos a través de envases con cuentagotas, estos pueden verse en las secciones 3.1.1 a 3.1.3, referidos a los circuitos alimentadores o recibidores de botellas, contadores de objetos y placa de control de puesta y colocación de *plug*.

3.1.1. Diseño del componente de tornamesa

El funcionamiento de tornamesa simple es el control de un motor de corriente directa en las variables de velocidad y cambio de giro por medio de transistores de potencia a través de componentes puramente analógicos.

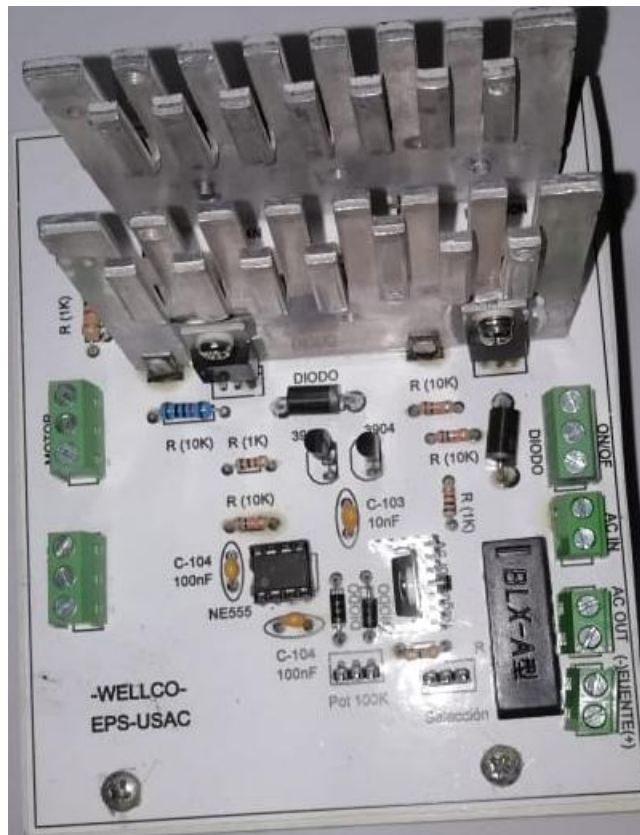
El circuito electrónico contiene un conjunto de terminales que interactúan con las señales eléctricas de entrada que interconectan a través de un fusible de protección los elementos de control y manejo de operatividad del motor, los transistores de potencia contienen disipadores de tamaño considerable que se ubican en sentidos contrarios para permitir el cambio de transistores por daños o desgaste de uso continuo de los mismos.

El Listado de componentes de tornamesa simple es el siguiente:

- 3 Terminables de bloque de 3 entradas
- 3 Terminables de bloque de 2 entradas
- 1 Potenciómetro de 100 K Ω
- 2 Resistencias de 1 K Ω ½ W
- 2 Resistencias de 10 K Ω ½ W
- 2 Resistencias de 1 K Ω ¼ W
- 3 Resistencias de 10 K Ω ¼ W
- 2 Resistencias de 1 Ω ¼ W
- 2 Capacitores de 100 nF
- 1 Capacitor de 10 nF
- 2 Diodos de 1 A
- 2 Mosfet IRZ44N (NPN)
- 2 Mosfet IRF9540N (PNP)
- 1 Regulador LM7805
- 1 Disipador pequeño
- 2 disipadores grandes
- 1 cama de 8 pines
- 1 circuito integrado NE555
- 2 Transistores 3904 (NPN)
- 4 diodos de 3 A
- 1 Porta fusible de tipo europeo
- 1 Fusible de 5 A tipo europeo
- 1 Selector de 3 posiciones grande
- 1 Selector de 3 posiciones pequeño
- 1 Fuente de 12 voltios de 5/10 A con alimentación AC
- 1 Interruptor AC con luz piloto

- 1 Motor DC con torsión de 12 voltios (motor de limpiaparabrisas)
- 6 Pines header macho
- Pasta térmica
- Terminales de conexión
- Jumpers
- Cables

Figura 58. **Construcción de placa electrónica de tornamesa simple**



Fuente: elaboración propia.

La tarjeta electrónica del componente de tornamesa compleja posee un sistema de control digital que manipula el aspecto de velocidad, cambio de giro

y el control numérico digital de objetos atravesado por medio este. El diseño del circuito contiene un conjunto de botones que ponen en marcha, el detenido y el reinicio general del componente como también señalizadores visuales sobre el funcionamiento y conteo de los elementos, el circuito también incorporar un indicador de alarma de audio sobre intervalo de 25 números contados.

Estos elementos a diferencia del modelo simple permiten tener un control más exacto y preciso sobre los elementos atravesados por medio de este y un funcionamiento completamente digital.

El listado de componentes de tornamesa compleja es el siguiente:

- 3 Terminables de bloque de 3 entradas
- 3 Terminables de bloque de 2 entradas
- 1 Potenciómetro de 100 K Ω
- 2 Resistencias de 1 K Ω ½ w
- 2 Resistencias de 10 K Ω ½ W
- 7 Resistencias de 1 K Ω ¼ W
- 2 Resistencias de 10 K Ω ¼ W
- 5 Resistencias de 1 Ω ¼ W
- 1 Capacitor de 100 nF
- 1 Regulador LM7805
- 1 Disipador pequeño
- 6 Transistores 3904 (NPN)
- 2 Mosfet IRZ44N (NPN)
- 2 Mosfet IRF9540N (PNP)
- 4 diodos de 3 A
- 1 Porta fusible de tipo europeo
- 1 Fusible de 5 A tipo europeo

- 1 Selector de 3 posiciones grande
- 1 Módulo 4-Digit *Display* con I2C
- 1 Sensor de objetos con infrarrojo
- 1 *Buzzer* pasivo
- 3 *Leds* de 12 voltios
- 3 Pulsadores normalmente abiertos
- 1 Arduino nano
- 2 Disipadores grandes
- 1 Selector de 3 posiciones pequeño
- 1 Fuente de 12 voltios de 5/10 A con alimentación AC
- 1 Interruptor AC con luz piloto
- 1 Motor DC con torsión de 12 voltios (motor de limpiaparabrisas)
- 28 Pines *header* macho
- 30 Pines *header* hembra
- Pasta térmica
- Terminales de conexión
- *Jumpers*
- Cables

Figura 59. Construcción de placa electrónica de tornamesa compleja



Fuente: elaboración propia.

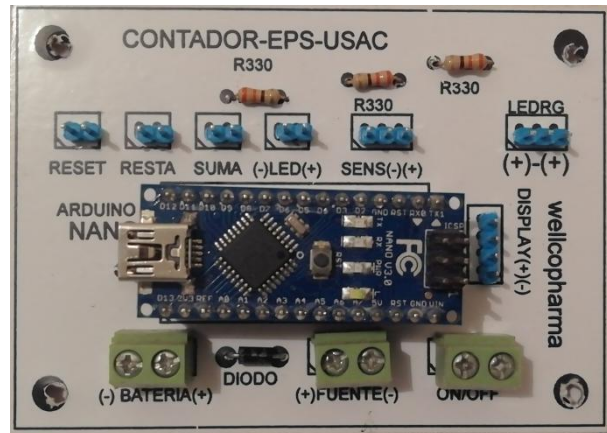
3.1.2. Diseño del elemento de conteo

El circuito de contador de objetos está controlado plenamente por la tarjeta de desarrollo Arduino Nano que integra un conjunto de configuraciones programadas que interpreta la lectura de diferentes señales eléctricas sobre sus entradas digitales, estas son correspondientes a un sensor infrarrojo de objetos y pulsadores que manipulan el valor de conteo general sobre la tarjeta electrónica, y se integra el control sobre señales de salida que manipulan directamente los elementos visualizadores sobre una pantalla de *display* de 7 segmentos, *led* señalizador de 10,000 elementos y el nivel de cantidad de carga sobre la batería de respaldo a través de un *led* bicolor.

El listado de componentes de contador de objetos es el siguiente:

- 3 Terminales de bloque de 2 entradas
- 3 Resistencias de $330 \Omega \frac{1}{4} W$
- 2 Resistencias de $10 K\Omega \frac{1}{4} W$
- 1 *Led*
- 1 *Led* bicolor
- 18 Pines *header* macho
- 30 Pines *header* hembra
- 1 Jack de alimentación
- 1 Batería de 6 voltios de ácido de plomo 4 Ah
- Terminales
- *Jumpers*
- Cables
- 1 Arduino nano
- 1 Módulo 4-Digit *Display* con I2C
- 1 diodo de 1 A
- 1 Sensor de objetos con infrarrojo
- 3 Pulsadores NA
- 1 Interruptor *ON/OFF*
- 1 Fuente de alimentación de 9 VDC

Figura 60. **Construcción de placa electrónica de contador de objetos**



Fuente: elaboración propia.

3.1.3. **Diseño del sistema neumático**

La placa del sistema neumático y activación de motores es un circuito de control digital sobre dispositivos de corriente alterna y directa mediante el análisis de señales obtenidas de sensores y pulsadores que influyen sobre el comportamiento directo de los componentes a interconectar en el funcionamiento y operatividad del equipo de llenado Tecnofarma Monobloque LA50.

El sistema general contiene dentro de su interior el diseño de 4 relés de estados sólido implementados para el control de 2 electroválvulas monoestables de corriente alterna de configuración 5/2 y 2 interruptores en la habilitación motovibradores de potencia no muy elevados.

La placa de control contiene 4 sensores de objetos que interactúan en la habilitación de los relés de estado de sólido y la señalización a través de luces

piloto sobre los ciclos realizados durante su proceso de operatividad, debe recalcar también que se integró la utilización de los voltajes de funcionamiento respectivos a la alimentación del circuito en general y la habilitación de los voltajes a controlar por medio de los relés, el sistema también contiene dos pulsadores que habilitan o detiene el funcionamiento sobre los sistemas a controlar, como un funcionamiento de parada de emergencia ante cualquier situación generada durante el proceso de fabricación en el llenado de productos.

La tarjeta de control sobre el equipo Tecnofarma determina la activación en conjunto de varios sistemas individuales que interactúan sobre el funcionamiento del equipo de llenado, es decir que mientras este equipo se encuentra realizando su tarea convencional, la tarjeta analiza los tiempos en que estos se ejecutan y realizan acciones de por medio como la puesta y colocada de *plug* durante la operatividad de esta.

A través de los sensores se analiza la posición en que estos se ubican sobre los puntos asignados y se realiza un conteo interno sobre la cantidad de *plug* y tapones correspondientes a los recipientes a llenarse sobre el riel de transportación de los mismos.

El listado de componentes del colocador y puesta de *plug* es el siguiente:

- 1 Puente de diodos de 5 A
- 13 Terminales de bloque de 2 entradas
- 1 Terminal bloque de 3 entradas
- 1 Capacitor de 2200 uF a 36 voltios
- 3 Capacitores de 100 nF
- 1 Regulador de 24 voltios

- 1 regulador de 5 voltios
- 4 Triac BT137
- 8 Transistores 2n3904 (NPN)
- 8 Resistencias de $10\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$
- 1 Arduino Nano
- 4 Integrados MOC3021
- 4 *Leds*
- 4 Resistencias de $220\ \Omega$ $\frac{1}{2}\text{ W}$
- 4 Resistencias de $330\ \Omega$ $\frac{1}{2}\text{ W}$
- 4 Resistencias de $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{2}\text{ W}$
- 10 Resistencias de $0\ \Omega$ $\frac{1}{2}\text{ W}$
- 30 Pines *header* hembra
- 14 Pines *header* macho
- 1 Interruptor ON/OFF
- 2 Pulsadores NA
- 1 Transformador de CA a 24 VAC
- 4 Luces piloto
- 4 Sensores de objetos infrarrojos
- 1 Pin de unión para *header*

Figura 61. **Construcción de placa electrónica del control del sistema neumático y motores alimentadores**



Fuente: elaboración propia.

3.2. Reparaciones y mantenimiento general de la llenadora Monobloque LA50

A través de la investigación y análisis técnico efectuado de los componentes que conforman el funcionamiento y control de la tolva vibratoria alimentadora de tapones del equipo Tecnofarma Monobloque LA50, se procedió a restaurar la alimentación principal de la salida de la placa controladora hacia el motor, intercambiando los conectores originales que presentaban problemas en pines de falso contacto por daños internos entre los adaptadores hembra y los conectores machos (pines quebrados y faltantes), el sistema se corrigió

mediante la sustitución de componentes de terminales de tornillo con barreras conectoras de 2 piezas de conexión de cable eléctrico de un valor máximo de soporte de 10 Amperios.

La tarjeta controladora del motor vibrador es la encargada de ajustar la cantidad de velocidad y fuerza destinada sobre los tapones ubicados dentro la tolva alimentadora, dicho elemento fue inspeccionado debido a que el equipo por momentos dejaba de funcionar y su fuerza era muy débil, para asignar los tapones en su área de tobogán de transportación.

Los resultados presentados consistieron en soldaduras sin contacto entre las terminales de conexión de alimentación y salida del variador hacia el motor, posterior a la reparación se procedió a identificar el problema de la poca eficiencia de fuerza generada en los manuales de fabricación y se encontró que el sistema estaba configurado en un modo de operación que brindaba mayor velocidad y menor fuerza de vibración, dicha corrección fue realizada ajustando en el equipo el cambio de operatividad con mayor fuerza que permitía la función correcta sobre el traslado de tapones en el tobogán de transportación, dirigiendo así los elementos hacia el área de colocado final de la tapa después del proceso de dosificación.

El equipo Tecnofarma Monobloque LA50 fabricado específicamente para procesos de llenado sobre fluidos, presento durante el periodo de desarrollo de EPS un fallo irreparable e incorregible de manera inmediata sobre el variador de frecuencia de fábrica que controla los procesos de desplazamiento de recipientes de uno en uno sobre las etapas de dosificación, colocado y enroscado de tapa, dicho problema no puedo ser corregido por un daño sobre los circuitos de control integrado, efectuando así una sustitución o reemplazo del variador de fábrica por uno de la marca WEG modelo CFW500, con

adaptaciones sobre el tablero de control existente para la manipulación de la configuración en modo remoto a través del mismo mando sobre el equipo de llenado.

Se implementaron diversas adaptaciones en el equipo en general, como el uso de las interrupciones de los contactores y configuraciones de programación que modelaron un funcionamiento correcto sobre el equipo de Tecnofarma. La programación implementada sobre el variador de frecuencia marca WEG modelo CFW500 fue realizada mediante la aplicación de los siguientes comandos que se muestran a continuación.

La configuración General del variador de frecuencia se inicia presionando el botón de *ENTER MENU*, buscando y seleccionando con las flechas la opción de *StartUp* y *ENTER MENU* para su acceso a la configuración de parámetros. Dentro de la opción de *StartUp* se encuentran varios números intercambiables que establecen el funcionamiento correcto del variador de frecuencia para cualquier motor que desee adaptarse, los parámetros que deben de configurarse para un uso remoto son los siguientes:

- El parámetro P0317 debe ser configurado con el valor de opción 1, para que el mismo variador oriente al programador a configurar los principales parámetros para el control de un motor. Posteriormente a esta selección dirigirá a otro parámetro de forma automática.
- El parámetro P0202 establece el tipo de control que se desea realizar, este debe ser configurado para este caso con la opción de 0 que corresponde al rango de valores de V o F.
- El parámetro P0296 corresponde a Tensión Nominal de Red con la que se desea trabajar, para el caso dicho valor adquiere el número 0 que corresponde a tensiones de 200- 240 V.

- 0 = 200 - 240 V
- 1 = 380 V
- 2 = 400 - 415 V
- 3 = 440 - 460 V
- 4 = 480 V
- 5 = 500 - 525 V
- 6 = 550 - 575 V
- 7 = 600 V
- El parámetro P0398 debe verificarse que presente el valor de opción 1, de lo contrario cambiarse al valor previamente mencionado que establece el Factor del Servicio del Motor, valor que por defecto no debe cambiarse y que está establecido en las instrucciones.
- El parámetro P0400 corresponde al valor de la Tensión Nominal con la que se trabaja el motor, el valor de configuración es dependiente del motor con que se esté trabajando y debe ingresarse enteros que corresponden al valor de voltaje, por ejemplo, el valor de 220 correspondiente al valor de la tensión.
- El parámetro P0401 corresponde al valor de la Corriente Nominal del motor, dicho valor asignado corresponde directamente al valor de los Amperios con el que operará, por ejemplo, un motor que se le asigne el valor de 8,57 que corresponde a la corriente de operación en amperios con el que este motor trabajará.
- El parámetro P0403 representa la frecuencia con la red de alimentación es suministrada, el valor a asignarse para el caso, es ingresado con la cantidad de 60 que corresponde a la frecuencia de 60 Hz con que trabaja en el país.
- El parámetro P402 contiene el valor de velocidad nominal del motor, dicho parámetro debe ser asignado conforme las características del

motor e ingresado en valores que representen las RPM del motor, por ejemplo, el valor 1450.

- El parámetro P0404 corresponde a la potencia nominal del motor, valor que debe ser asignado conforme las características del motor a implementar.
 - 0 = 0,16 HP (0,12 KW)
 - 1 = 0,25 HP (0,19 KW)
 - 2 = 0,33 HP (0,25 KW)
 - 3 = 0,50 HP (0,37 KW)
 - 4 = 0,75 HP (0,55 KW)
 - 5 = 1,00 HP (0,75 KW)
 - 6 = 1,50 HP (1,10 KW)
 - 7 = 2,00 HP (1,50 KW)
 - 8 = 3,00 HP (2,20 KW)
 - 9 = 4,00 HP (3,00 KW)
 - 10 = 5,00 HP (3,70 KW)
 - 11 = 5,50 HP (4,00 KW)
 - 12 = 6,00 HP (4,50 KW)
 - 13 = 7,50 HP (5,50 KW)
 - 14 = 10,00 HP (7,50KW)
 - 15 = 12,50 HP (9,00KW)
 - 16 = 15,00 HP (11,00KW)
 - 17 = 20,00 HP (15,00KW)
 - 18 = 25,00 HP (18,50KW)
 - 19 = 30,00 HP (22,00KW)

Regresando con el botón de back después de configurar los parámetros anteriormente escritos, puede utilizar el variador de frecuencia ya para uso con un motor en modo local, activando mediante marchos y paro con los botones I/O

(verde y rojo) ubicados en el frente del variador. Otros parámetros que son importantes para la configuración de un motor son los siguientes, a los cuales se accede tocando el botón de *ENTER MENU* e ingresando a la opción parámetros.

- El parámetro P0100 corresponde a la opción de rampa de aceleración, y su valor de asignación está dando en segundos, tiempo que conlleva el motor en alcanzar su velocidad máxima, por ejemplo, se desea que un motor llegue a los 60 Hz en un tiempo de 15,3 segundos.
- El parámetro P0101 indica la opción de rampa de desaceleración, y su valor de asignación esta dado en segundos, tiempo que conlleva el motor hasta el punto de detenerse de manera completa, por ejemplo, si se desea que un motor se detenga de manera suave en el rango de tiempos que se le asigne.

Hasta el momento las configuraciones asignadas solo permiten utilizar el variador de frecuencia en modo local, y las siguientes secciones corresponden a utilizar el variador mediante interruptores y un modo de operatividad remoto, dicha configuración fue la implementada en el equipo de llenado sobre el funcionamiento del tablero de control.

La aplicación de marcha y paro mediante el uso de un interruptor con conexión al variador de frecuencia permite detectar el cambio entre encendido y apagado del motor, configurando el parámetro y conectando el interruptor entre la bornera 1 (DI1) y la bornera 16 del variador de frecuencia (La bornera 16 corresponde al valor de referencia de GND al sistema del driver AC).

- El parámetro P0263, debe de contener el valor de asignación 1, que corresponde a las opciones de giro o paro.

- El intercambio de operación remoto y local por medio de un interruptor en conexión con el variador de frecuencia detecta el cambio entre estos dos estados de funcionamiento por la selección sobre el bornero número 5 (DI3), y la bornera 16 correspondiente a tierra (esta bornera cambia según el modelo).

- El parámetro P0220 debe corresponder con el valor de asignación número 4, el cual determina la fuente de comando para las situaciones de local y remoto, el parámetro expresa el modelo de selección que se utilizara para escoger el estado de funcionamiento de remoto y local, para el caso de este es a través de las entradas digitales DIX.
 - 0 = Siempre Local
 - 1 = Siempre Remoto
 - 2 = Tecla HMI Local/Remoto (LOC)
 - 3 = Tecla HMI Local/Remoto (REM)
 - 4 = Entrada Digital (DIX)
 - 5 = Serial/USB (LOC)
 - 6 = Serial/USB (REM)
 - 7 = Sin función
 - 8 = Sin función
 - 9 = CO/DN/PB/Eth (LOC)
 - 10 = CO/DN/PB/Eth (REM)
 - 11 = SoftPLC

- El parámetro P0265, implementa la entrada digital DI3 o bornera 5 interconectada con el bornero número 16 (tierra o GND), a la cual se le asigna el valor número 9 con correspondencia para local y remoto.

Para el cambio de giro en sentido horario y anti-horario de un motor debe de colocarse un interruptor entre el bornero número 3 y el bornero número 16 y configurar los siguientes parámetros:

- El parámetro P0264, implementa la entrada digital DI2 o bornero número 3, a la cual se le asigna el valor número 8 que corresponde a un sentido de giro horario.
- El parámetro P0226, se le debe asignar el valor número 4, el cual identifica en qué momento la entrada digital DIX esta activada o desactivada.
 - Cuando la entrada DIX esta inactiva se genera un giro horario
 - Cuando la entrada DIX está activa se genera un giro anti-horario

El ajuste de velocidad se realiza a través del uso de una resistencia variable de tipo potenciómetro de precisión mediante el parámetro P0222 habilitando con valor de asignación 1 la entrada analógica para el ajuste de la variable.

- El parámetro P0222, corresponde a la asignación de un valor de entrada analógico, en el caso correspondiente a un potenciómetro de precisión conectado de la siguiente forma:
 - Bornera 4, de salida positiva
 - Bornera 6, de entrada, variable
 - Bornera 8, de salida negativa

3.3. Adaptación de un controlador de tiempos deliberados de bomba peristáltica LP-BT300-2J

El mando de control de tiempos deliberados de la bomba de tubo peristáltico manipula el comportamiento de funcionamiento sobre el llenado de fluidos por medio de variables eléctricas que alteran los parámetros de velocidad, sentido de giro y tiempos de operación activos e inactivos sobre el despacho de los líquidos a depositar en los recipientes.

El sistema de bomba peristáltico es un componente con alta precisión sobre la cantidad de fluidos despachados por su modelo de control de motor de tipo de pasos, aplicación que permite tener cantidades de volumen iguales ante tiempos de operatividad controlados.

El mando de control diseñado incorpora los siguientes componentes:

- 2 Terminales de bloque de 2 entradas
- 1 Resistencia de 330Ω $\frac{1}{4} W$
- 5 Resistencias de $1 K\Omega$ $\frac{1}{4} W$
- 1 Resistencia de 100Ω $\frac{1}{4} W$
- 4 Conectores HX2.
- 1 Caja pequeña para proyecto
- 1 Caja mediana para proyecto
- Conectores hembra RJ-45
- Cable de red con conectores RJ-45 macho
- 1 Transistor 2N3904
- 2 Capacitores cerámicos de 100n (código 104)
- 1 *Led*
- 22 Pines *header* macho

- 30 Pines *header* hembra
- 1 Arduino Nano
- 1 Transformador de voltaje 110 AC/9 VDC
- 1 Disipador de calor pequeño
- 1 Regulador LM7805
- Terminales
- *Jumpers*
- 1 Pantalla LCD de 20x4
- 1 Módulo I2C
- 1 Porta *led* metálico
- 3 Pulsadores NA
- 1 Potenciómetro de precisión de 50K
- 2 Perillas plásticas para *encoder*
- 2 *Encoders* rotatorios KY-040

Figura 62. **Placa de mando de control de bomba peristáltica**



Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Prueba de prototipo

Las pruebas de operatividad en el control del equipo se realizaron mediante la manipulación el instrumento de laboratorio portátil Analog Discovery que permitió generalizar el diseño del circuito controlador mediante las respuestas efectuadas ante el ingreso de las señales eléctricas.

Los agregados de osciloscopio y generador de ondas fueron las herramientas implementadas para estudiar el comportamiento a través de software de manera visual de las señales eléctricas en su forma y amplitud, versus el comportamiento del equipo en su ejecución de llenado, las respuestas generadas durante el análisis de estos medios efectuaron el diseño en su estructura del código de programación para el microcontrolador Arduino Nano que ejecute los pulsos eléctricos hacia el adaptador del controlador externo de manera preconfigurada, para la realización de procesos de producción en serie a través de tiempos activos e inactivos de funcionamiento sobre el llenado de recipientes.

Figura 63. **Prototipo de placa de control de bomba peristáltica**



Fuente: elaboración propia

Figura 64. **Prototipo de conexión de adaptador de control externo**



Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Componente de interconexión física

Se construyó un adaptador de instalación práctico que interconecta los elementos de mando de control y el adaptador de control externo por medio de un cable de red que comunica las señales entre el módulo de control externo y el receptor para la ejecución de las tareas programadas. Los elementos de interconexión están conformados por conectores hembra RJ45, encapsulados dentro gabinetes plásticos que protegen el diseño de los circuitos electrónicos que transportan la información de las señales de operatividad sobre el sistema.

Figura 65. **Conector de comunicación para adaptador externo**



Fuente: elaboración propia.

Figura 66. **Interconexión de adaptador de control externo y conector de comunicación**



Fuente: elaboración propia.

3.3.3. **Modelado final**

La construcción del mando de control incorpora una pantalla LCD de 4 líneas y 20 caracteres que permite al usuario visualizar los valores ajustados mediante los elementos rotatorios correspondientes a la configuración de dos

tiempos definidos sobre la actividad de operatividad y pausas realizadas durante los procesos de llenados continuos.

El sistema general incorpora 3 botones correspondientes que determinan si el equipo inicia su proceso de funcionamiento continuo, detenido de emergencia o reinicio de variables a valores de configuración nulos. El diseño del mando de control solo manipula los aspectos más importantes durante los procesos de llenados continuos, por lo que deshabilita la capacidad de cambio de giro dejándolo por defecto en un sentido anti-horario.

Figura 67. **Mando de control de bomba peristáltico**



Fuente: elaboración propia.

Figura 68. **Conectores de comunicación y alimentación del controlador de bomba peristáltica**



Fuente: elaboración propia.

3.3.4. **Ajuste y configuración del equipo controlador**

El mando de control peristáltico se configura a través de los siguientes elementos que se integran en el componente:

- Ajuste de velocidad de rotación de 0 a 300 rpm en una escala de tensión de 0 a 5 Voltios salientes de un potenciómetro de precisión.
- *Encoder* rotativo en graduación de tiempos de 0 a 99 centésimas de segundo y de 0 – 99 segundos con intercambio de escalas por medio del pulsador *enter* integrado dentro del mismo elemento.
- Botón de *play* para inicio del proceso de llenado con los valores pre-configurados.
- Botón de *stop* para detenido general del proceso de llenado inmediato.

- Botón de *reset* utilizado para paro general del equipo y reinicio de los valores pre-configurados.

Estos elementos de control pueden visualizarse en la imagen de la figura 67 correspondiente al mando de control de bomba peristáltico.

3.4. Indicador y alarma de flujo de aire para unidades manejadoras de aire

El proyecto de nombre indicador y alarma de flujo de aire es un detector de la cantidad del estado de ventilación que existe sobre un canal de transportación dirigido hacia áreas de producción y laboratorios de trabajo, el sistema de señalización principalmente consiste en un trío de luces piloto que notifican al personal de planta y mantenimiento el funcionamiento correcto o la falta de aire sobre un área con necesidades de inyección flujo constante de oxígeno.

El equipo indicador además posee la capacidad de detectar una falta de alimentación de aire sobre dos tipos de problemas, los cuales son identificados como una falla sobre la red de alimentación de energía principal o un defecto de funcionamiento sobre la parte mecánica o eléctrica del equipo en general, el equipo por otro lado también contiene una señal auditiva correspondida al posible problema de fallo detectado sobre la falta del corrimiento de aire.

El diseño de la detección sobre fallo de inyección de aire permite a personal de mantenimiento restablecer el flujo continuo de la manera más inmediata con forme la advertencia generada, el diseño construido permite también la adaptación futura sobre interruptores de control para la activación y

desactivación automática de los sistemas de respaldo energético ante fallos de alimentación de energía sobre la red corriente principal.

La construcción del equipo indicador y alarma de flujo aire conlleva la implementación de los siguientes componentes:

- 2 Borneras de bloque de 3 entradas
- 20 Borneras de bloque de 2 entradas
- 3 Integrados temporizadores NE555
- 1 Integrado 74LS86
- 4 *Header* macho
- 1 Transformador 110-220VAC/24VAC
- 1 Puente de diodos de 6 A
- 3 Capacitores de 100 nF (104)
- 1 Diodo de 3 A
- 1 Regulador 7824
- 1 Regulador R-78E5.01.0
- 1 Relé doble polo y doble tiro de 5 V
- 2 *Trimpot* de 50 K Ω
- 1 *Trimpot* de 10 K Ω
- 6 Transistores 2N3904
- 2 *Leds* rojos
- 1 *Led* verde
- 1 Micro-*switch* de 2 posiciones 3 pines
- 5 Resistencias de 330 Ω
- 1 Resistencia de 220 Ω
- 1 Capacitor de 2200 μ F a 35 V
- 1 Capacitor de 330 μ F a 25 V

- 1 Capacitor de 220 uF a 25 V
- 2 Capacitores de 100 uF a 25 V
- 2 Pines *dupont* terminal *jumper* de 2
- 9 Resistencias de 10 K Ω
- 8 Resistencias de 1 K Ω
- 4 Resistencias de 2K Ω
- 1 Resistencia de 22 K Ω
- 5 Resistencias de 1 Ω
- Interruptor de llave con 2 *switch*
- 2 Baterías de 12 V a 4 AH
- 1 *Buzzer* pasivo de 3 a 24 V
- 2 Luces piloto color rojo a 24 VDC
- 2 Luces piloto color amarillo a 24 VDC
- 2 Luces piloto color verde a 24 VDC
- Cables para conexión
- Terminales
- 1 Caja plástica
- 1 Gabinete metálico
- 1 Interruptor de flujo diferencial
- 1 interruptor simple *ON/OFF*
- 3 Cama de 8 pines
- 1 Cama de 16 pines
- 1 Cama de 14 pines

3.4.1. Prueba de prototipo

El diseño del prototipo inicial mostro aspectos a mejorar y a considerarse sobre la construcción de la placa electrónica final, entre los cuales se pueden

mencionar el intercambio del componente LM7805 por un regulador conmutado que evita los problemas de sobrecalentamiento del factor de disipación de energía, la integración de transformadores con selección de voltaje de entrada entre 110 y 220 VAC (multivoltaje), selección de compuerta XOR a utilizar sobre el integrado 74LS86 para intercambio rápido por daño sobre compuerta, incorporación de porta-integrados para sustitución de remplazos simples y rápidos como la utilización de componentes de bajo consumo que favorecen la operatividad del equipo durante varias hora seguidas sin alimentación de la red principal, este factor también permite transportar los indicadores a través de un solo cable con múltiples líneas sin riesgos de contacto sobre redes de media tensión.

3.4.2. Capacidad de respuesta

El interruptor de flujo diferencial posee un pin común que interconecta una salida normalmente cerrada (NC), y normalmente abierta (NA), que se utilizan en la conexiones con forme la detección del flujo de ventilación, es decir que si la manejadora de aire está funcionando se utiliza el pin común con el normalmente abierto, efectuando así solamente el encendido de una luz piloto de color verde, mientras que si el equipo de tratamiento de aire esta sin funcionamiento se interconecta el pin común con el pin normalmente cerrado, el cual ejecuta la alimentación de una compuerta XOR, que seleccione la salida entre los modos detección de fallo sobre una luz piloto roja o amarilla, acompañados de sonidos de zumbadores ajustados con forme el tipo de fallo detectado sobre falta de alimentación o daño del equipo en general.

La respuesta sobre detección de fallos contiene un temporizador monoestable con retraso de encendido con el objetivo de reducir las posibles interrupciones o incertezas sobre las caídas del flujo ventilado generado

principalmente por problemas eléctricos momentáneos sobre la red de alimentación de energía.

El sistema también contiene un leve retraso en la detección de fallo eléctrico sobre la red de alimentación que es provocado a través de la carga almacenada sobre los condensadores de la fuente de alimentación, dichos componentes al terminar de descargarse permiten a la compuerta XOR detectar el fallo eléctrico, debe mencionarse también que un tiempo relativamente corto que no afecta al sistema en general de manera grave.

El tiempo de respuesta de cambio sobre el interruptor de flujo diferencial es habilitado de manera rápido sin interferir con el modo de funcionamiento que se encuentre, de igual manera es realizado de manera inmediata el intercambio entre los estados de fallo de funcionamiento, como por ejemplo el paso de una detección a fallo eléctrico sobre la red principal a problemas generados por el funcionamiento de la unidad de tratamiento de aire o viceversa entre estos dos.

Los retrasos generados sobre el proceso de descarga de capacitores y el temporizador monoestable con retraso y la deshabilitación instantánea ante la alimentación del equipo por red de energía principal hacen que este equipo pueda ser implementando en un futuro para el control de respaldos energéticos, activando de manera automático con forme la señales detectadas sobre el funcionamiento del mismo, la ventilación y alimentación eléctrica por interruptores hacia los equipos de generadores eléctricos.

3.4.3. Comparación con otros sistemas

Un equipo convencional diseñado para la detección de flujo de aire solo permite explorar dos estados de funcionamiento, los cuales son relacionados a

un estado activo o inactivo, sin embargo, estos sistemas son diseñados para uso genérico que no integran indicadores adecuados ni alarmas auditivas como también graduación sobre la presión deseada a detectar.

Los equipos comúnmente diseñados conllevan un problema que es radicado generalmente en que dejan de operar cuando existe un fallo eléctrico sobre la red de alimentación a la que se encuentran conectados, por lo que su detección de flujo solo es posible en el caso en que estos equipos dejen de operar por algún daño sobre la unidad de tratamiento mismo.

El modelo construido permite tener un control total de los climatizadores que deben abastecer por generadores eléctricos y que puede llegar a tener algún problema que deban corregirse sobre las áreas más importantes a controlar dentro de la planta de producción.

3.4.4. Modelado final

La construcción del circuito electrónico del proyecto indicador y alarma de flujo contiene un conjunto de borneras que interactúan con los sistemas de visualización, sensor de flujo diferencial, etapa de conversión sobre el nivel de tensión y la alimentación general del funcionamiento del equipo.

El modelado del circuito está diseñado de tal manera que los componentes que realizan las funciones de detección de fallo y retardos de multivibradores sean reemplazados de manera simple e inmediatamente considerando un costo bajo sobre los componentes implementados.

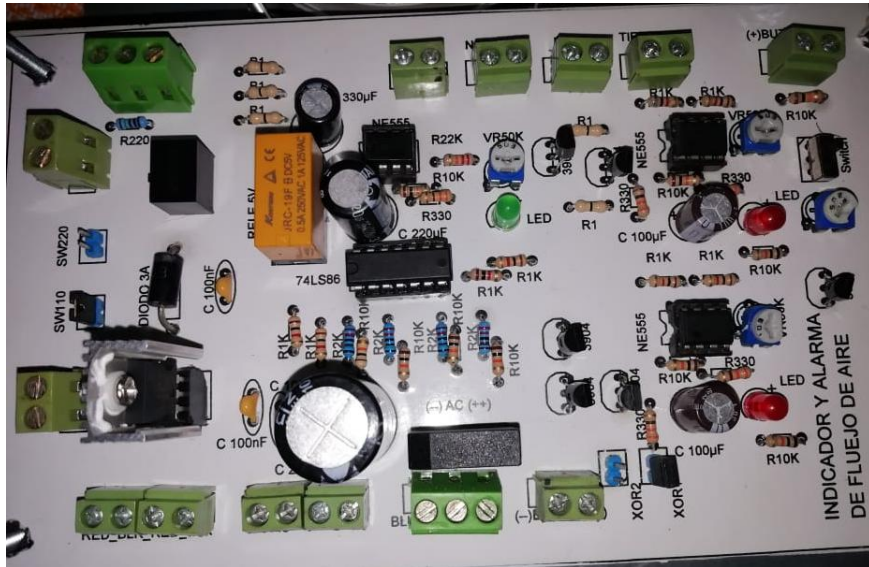
Se integraron elementos reguladores con características de protección de sobrecalentamiento y cortocircuito previamente a los componentes de circuitos

integrados, salvaguardando principalmente los elementos de control incorporados dentro la placa electrónica, el interruptor diferencial de flujo de aire, los elementos de visualización y auditivos.

La interrupción de un estado de funcionamiento es el método en el cual los circuitos de control entran en operatividad, por lo que mientras el flujo de ventilación este activo no usará ni un circuito integrado y permitirá tener un rango de vida bastante considerable por el poco uso sobre elementos, debido que las unidades de tratamiento de aire son equipos que deben inyectar oxígeno filtrado las 24 horas del día sin descanso del proceso.

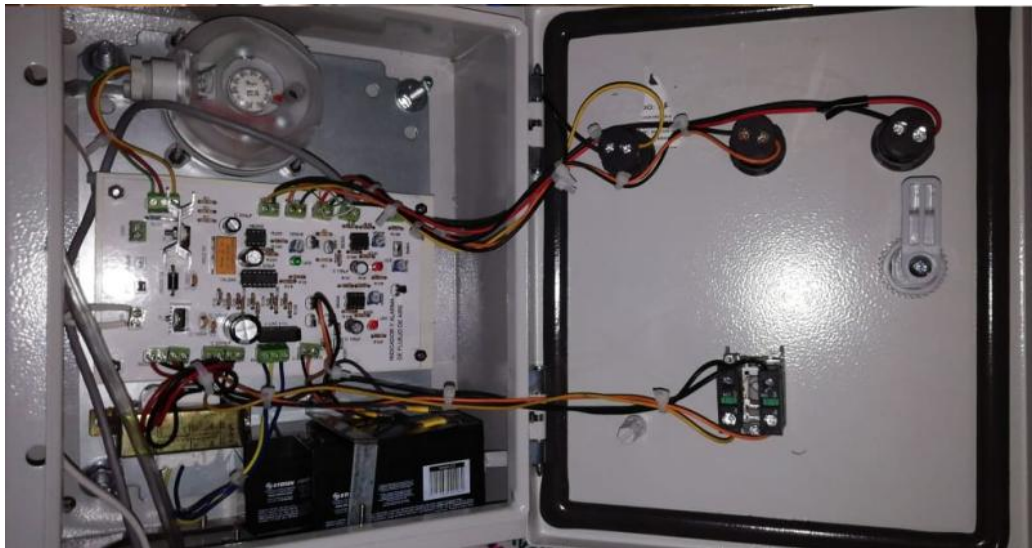
La alimentación de la placa electrónica puede ser a través de los voltajes de 110 o 220 VAC, convirtiendo así en el interior a una etapa de corriente directa que permite incorporar un sistema de respaldo energético conformado principalmente por baterías de ácido de plomo, elementos que permite mantener una carga constante sobre las mismos sin causar daño alguno sobre los almacenadores de energía, también se menciona que el sistema interno funciona por corriente directa y su consumo medido ronda entre los 180 y 220 mA, permitiendo así una larga durabilidad del sistema sin alimentación externa sobre una red principal de energía.

Figura 69. **Placa electrónica de indicador y alarma de flujo de aire**



Fuente: elaboración propia.

Figura 70. **Montaje interno del indicador y alarma de flujo de aire**



Fuente: elaboración propia.

Figura 71. **Presentación externa del indicador y alarma de flujo de aire**



Fuente: elaboración propia.

Figura 72. **Instalación del indicador y alarma de flujo de aire**



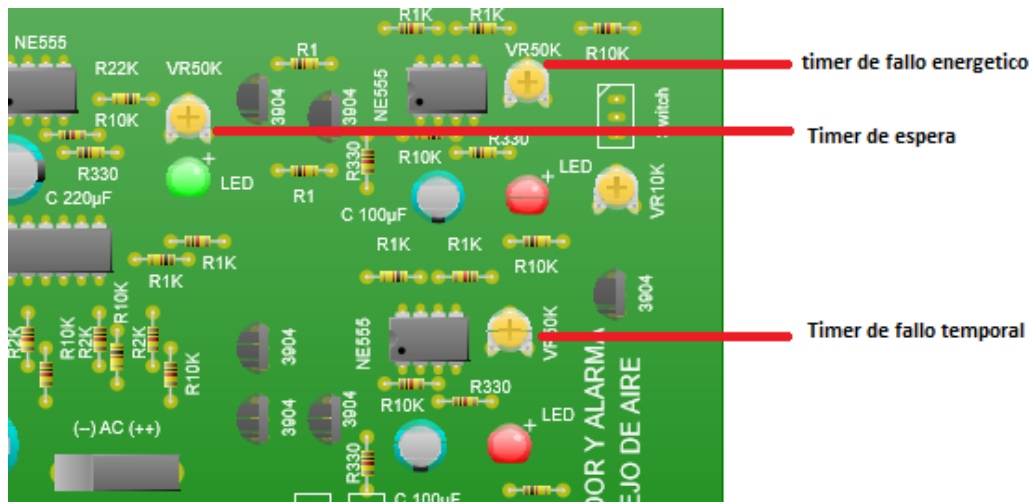
Fuente: elaboración propia.

3.4.5. Ajustes y configuración del indicador y alarma de flujo de aire

El diseño de la placa electrónica permite configurar un conjunto de funciones relacionadas a los aspectos sobre comportamiento de señalización, respaldo de compuerta de detección de fallo y el nivel de tensión sobre operatividad tarjeta diseñada.

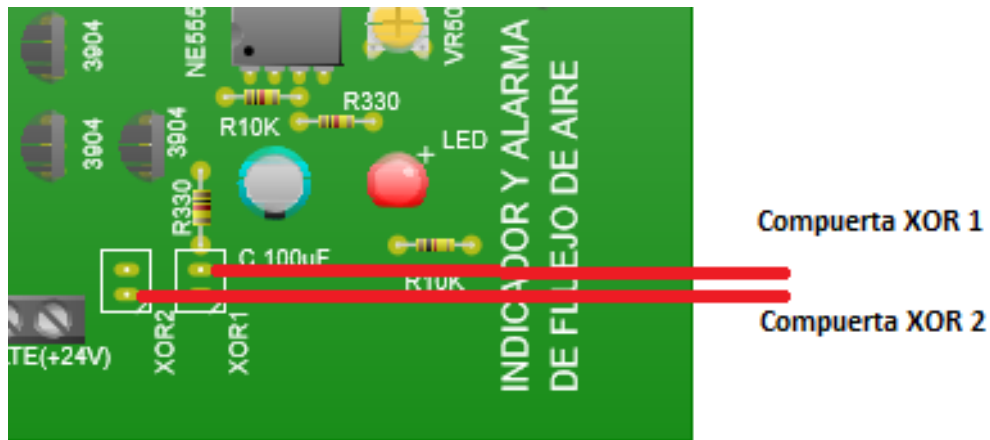
Los componentes utilizados para la graduación de volumen o modificación de los tiempos de los elementos multivibradores es a través de resistencias variables tipo *trimpot*, también se utilizaron jumper *dupont* de 2 conexiones para la unión de señales correspondientes a las entradas de los comparadores de compuertas y selección de voltaje de operatividad.

Figura 73. Variación de temporizadores del indicador de flujo



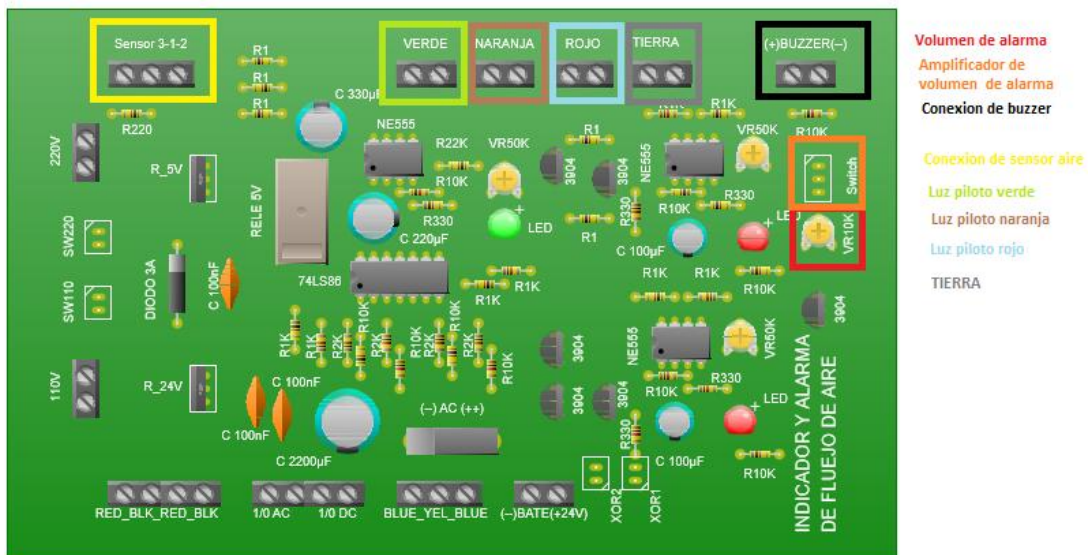
Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 74. **Seleccionador de compuerta XOR del indicador de flujo**



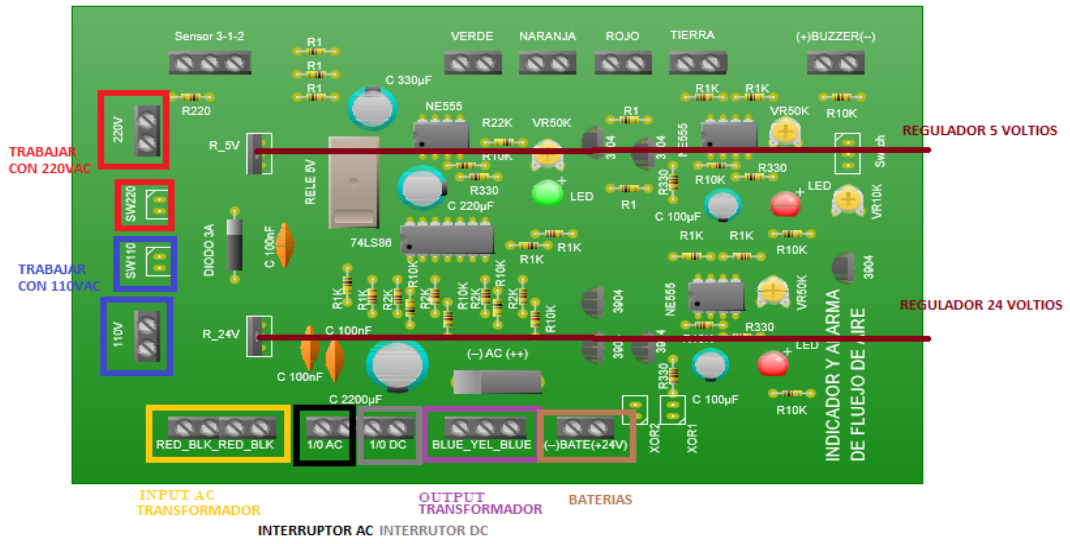
Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 75. **Salidas de señales sobre el indicador de flujo**



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

Figura 76. Entradas de voltajes exteriores del indicador de flujo



Fuente: elaboración propia, empleando PCB Wizard 2004.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio realizado permitió un análisis de diferentes puntos sobre debilidades o mejoras de los equipos de Tecnofarma Monobloque LA50, bomba peristáltica LP-BT300-2J y las unidades manejadoras de aire, los cuales por la integración de circuitos electrónicos permiten efectuar tareas más rápidas y precisas sobre el funcionamiento y operatividad normal de estos mismos.

Las reparaciones y adaptaciones sobre el equipo de Tecnofarma corrigieron la funcionalidad del equipo a un estado anterior sobre los procesos de dosificación, colocados y puesta de tapa de manera óptima. La construcción de un modelo de placas electrónicas para etapas de llenado en recipientes con cuentagotas permite ajustar el sistema de Monobloque convencional una operatividad de procesos automatizados en las acciones de puesta y colocado de *plug* como también el control de la activación de tolvas vibratorias para inyección de *plug* y tapones correspondientes, estas herramientas adaptables generan una alternativa para uso del equipo ante demandas excesivas sobre recipientes de colirios.

Los elementos de mesas rotatorias son equipos utilizados en áreas de producción para recibimiento o alimentación continua de objetos sobre una banda de transportación, los equipos estándares comerciables que se utilizan en los laboratorios no pueden incorporarse en todos las áreas designada de la planta de producción de Wellco Corporation, debido a que las instalaciones se encuentran limitadas por tamaños no alterables por el diseño de los laboratorios y el tamaño considerable de las maquinarias industriales ubicadas en sus áreas respectivas y es por ello que se diseñaron un par de controladores de motores

para que el equipo de mantenimiento pueda implementar diseños prediseñados de menor tamaño con las placas controladoras de motores con las medidas y requisitos deseados.

El equipo de bomba de tubo peristáltico LP-BT300-2J es un sistema reciente que se ha estado implementando en las industrias farmacéuticas en los procesos de llenados de productos en cantidades de despacho no voluminoso, este tipo de aparato es un sustituto a los sistemas complejos como el de la Tecnofarma Monobloque LA50 con características sobre la maquinaria de ser portátil y principalmente reducir la tarea de limpieza a simplemente el lavado o intercambio de una manguera, se recalca sobre este sistema que las bombas de funcionamiento peristáltico presentan un alto rango sobre los aspectos de precisión y cantidad de volumen dosificada a través del control de tiempos de funcionamiento sobre la misma.

Las necesidades de la institución solicito la creación de un mando de control de tiempo preconfigurables que permitan sustituir un modo de operatividad manual (activación por pulsación), a modo constante controlando sobre el proceso de llenado el tiempo de espera para la colación del siguiente recipiente, el ajuste de rango a través de tiempos en sistemas digitales permite tener un control preciso sobre la misma cantidad de líquidos llenados en los recipientes a una línea de producción en serie y ajustable a los valores más óptimos para los operarios.

Los indicadores de flujo de ventilación son herramientas de control en la inspección de la operatividad de las unidades de tratamiento de aire encargadas inyectar y extraer oxígeno en un proceso de filtrado de partículas sobre un canal dirigido hacia los laboratorios y áreas de fabricación.

El diseño del circuito construido compensa aspectos sobre equipos generales de control de presión por medio de visualizadores *led* y sonidos de alarmas con diferenciación entre estados de falta de funcionamiento por problemas en el equipo en general o la falta de flujo de aire ocasionado por fallo eléctrico sobre la red de alimentación de energía principal, este sistema implementado cumple con las características deseadas de la empresa farmacéutica con una modalidad simple sobre los aspectos de reparación y ajuste de las variables eléctricas sobre el funcionamiento del equipo.

Su diseño de construcción permite también la integración de posibles respuestas futuras con forme el tipo de problema detectado o indicar al personal del área de mantenimiento una rehabilitación del flujo ventilado sobre las áreas más delicadas de la planta de producción.

CONCLUSIONES

1. La empresa Wellco Corporation es dedicada a la fabricación de productos farmacéuticos humanos, veterinarios y servicios de maquila; se implementan equipos industriales para ámbito de fabricación y envasado de productos como también elementos de control del ambiente interior sobre las áreas de laboratorio y equipos dedicados dentro de la planta de producción.
2. Se diseño y construyó un mando de control de comunicación de señales eléctrica sobre el funcionamiento y operación del equipo peristáltico LP-BT300-2J, con ajustes sobre velocidad de revoluciones y visualización de tiempos de operación configurados sobre el llenado y descanso intermedio entre recipientes con habilitación de botones de inicio, paro y reinicio de ejecución sobre los ajustes configurados.
3. Se diseño y elaboro dos circuitos electrónicos que controlan la velocidad y el cambio de giro sobre un motor de corriente directa con caja reductora con diferencia entre ambos sobre un modelo simple y uno complejo diferenciados entre un control analógico y digital con incorporación de la herramienta de conteo y visualización por módulo *display*; se implementaron el uso de componentes comerciables y accesibles para situaciones de reemplazo y restablecimiento rápido.
4. Se realizó el diseño y construcción de circuitos electrónicos dedicados al conteo de objetos con batería de respaldo energético, pulsadores de

ajustes de variables sobre números e indicador visual por módulo *display* de 7 segmentos.

5. Se diseñó un circuito de control electrónico sobre dispositivos de actuadores neumáticos e interruptores sólidos de control digital para la adaptación del equipo Tecnofarma Monobloque LA50 sobre procesos de llenado en recipientes con cuentagotas.
6. Se diseño y construyó un sistema electrónico analógico con capacidad detección sobre el flujo de ventilación de las unidades de tratamiento de aire con indicadores visuales y alarmas auditivas; el modelado del proyecto de control de flujo contiene tres estados de detección relacionados a operatividad normal, fallo por problema sobre el equipo y detenido de flujo de ventilación por corte eléctrico sobre la red de alimentación.
7. Se diseñaron los modelos de placas electrónicas con porta-integrados. Y componentes comerciables con características de protección contra sobrecalentamiento y cortocircuitos en diseños de sustitución simple para el montaje y remplazo por personales no experimentados.

RECOMENDACIONES

1. Investigar más a fondo los diferentes métodos implementados sobre el control de flujo de ventilación en las unidades de tratamiento de aire, así como la tecnología y herramientas de software como también capacitaciones al personal de mantenimiento en áreas de electrónica básica.
2. Agregar un tablero general sobre el control de flujo ventilado en los equipos manejadores de aire importantes para fines de observación directa en un área conjunta sobre la estadía principal del personal de mantenimiento.
3. Integrar una tabla estandarizada sobre los valores de tiempos sobre llenados, cantidades de volúmenes, densidades de líquidos, y velocidades de despacho sobre las revoluciones en minuto del equipo peristáltico sobre productos comúnmente utilizados con la implementación del modelo de bomba LP-BT300-2J.
4. Evaluar los desperfecto sobre los sistemas instalados en los documentos guías sobre los equipos que contienen los datos relacionados al funcionamiento general de los mismos, códigos de programación con librerías utilizadas en microcontroladores y en algunos casos la detección de posibles errores que puedan llegar a ocasionarse.

5. Estudiar la implementación de instrumentos dedicados al comportamiento sobre señales eléctricas, como lo son los graficadores de tipo osciloscopio y generadores de ondas controlados para pruebas de pulsos sobre tarjetas electrónicas.
6. Implementar en el diseño exterior de las mesas giratorias modelos existentes con capacidad de ajuste sobre altura o diseñados específicamente para equipos fijos.
7. Corregir las configuraciones de los variadores de frecuencia WEG CFW500 conforme las capacidades y requerimientos de los motores a controlar, dichos parámetros principales a ajustarse se encuentran dentro de su documento de guía proporcionado.
8. Integrar la construcción de los modelos realizados para la creación e instalación de los sistemas electrónicos diseñados hacia otras áreas con las mismas necesidades a controlar.
9. Evaluar la alteración de los códigos de programación o componentes sustitutos o equivalentes sin tener el pleno conocimiento de las utilidades que estos conllevan dentro de los circuitos diseñados y los efectos que puede provocar ante una mala elección de los elementos.
10. Evaluar los aspectos técnicos sobre los elementos diseñados y así mismo evitar cualquier accidente o errores que generen pérdida recursos como circuitos y componentes utilizados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dong Luc Industriy Co. Ltd. *Van Festo JMFH-5-1/4-B*. [en línea]. <<https://www.khinen-festo.com/san-pham/van-dien-tu-festo-jmfh-5-1-4-b/>>. [Consulta: 11 de noviembre de 2019].
2. Drifton A/S. *Bomba peristálticas LP-BT300-2J*. [en línea]. <<https://drifton.es/tienda-online/8-bombas-peristaacutelticas-baacutesicas/329-bomba-peristaacuteltica-lp-bt300-2j/>>. [Consulta: 28 de junio de 2020].
3. Drifton A/S. *Bombas peristálticas*. [en línea]. <<https://drifton.es/tienda-online/7-bombas-peristaacutelticas/>>. [Consulta: 28 de junio de 2020.]
4. Electromag Machines. *Llenadora tapadora de líquidos automática. (Roll on filling capping machine)*. [en línea]. <<http://www.interempresas.net/Envase/FeriaVirtual/Videos-Etimag-Etiket-Ambalaj-San-ve-Tic-A-S-244432.html?TV=,10008777>>. [Consulta: 28 de junio de 2020].

5. Grupo MS MSRobotic. *Uso de encoder con Arduino*. [en línea]. <<http://msrobotics.net/index.php/laboratorio-ard/245-uso-de-encoder-con-arduino>>. [Consulta: 1 de junio de 2020].

6. Industrias Asociadas S.A.S. *Switch de flujo*. [en línea]. <<https://www.industriasasociadas.com/producto/switch-de-flujo/>>. [Consulta: 6 de febrero de 2020].

7. JLMC. *Instalaciones Térmicas y Certificación Energética*. [en línea]. <<http://instalaciones-termicas.blogspot.com/2013/10/climatizador-o-uta-unidad-de.html>>. [Consulta: marzo de 2020].

8. Longer Precision Pump Co. Ltd. *BT300-2J Operating manual*. [en línea]. <<http://www.longerpump.com>>. [Consulta: 15 de enero de 2020].

9. RAJA Dilip. *XOR gate*. [en línea]. <<https://circuitdigest.com/electronic-circuits/xor-gate-circuit-diagram>>. [Consulta: enero de 2020].

APÉNDICES

Se utilizó la misma configuración del variador instalado en el equipo de llenadora Tecnofarma Monobloque LA50 para un funcionamiento remoto y control a través de interruptores sobre tres gabinetes de acero inoxidable, para así evitar cortos directos ocasionados sobre los usuarios ante los manejos previos que se realizado conforme a un contacto directo.

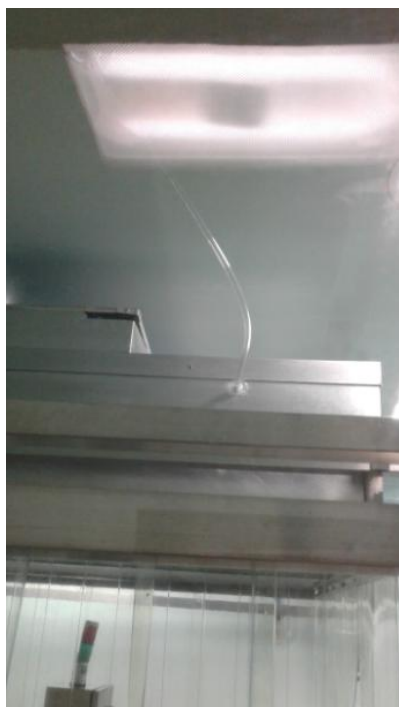
Apéndice 1. **Variador WEG CFW500 instalado en gabinete de acero inoxidable**



Fuente: elaboración propia.

La imagen de apéndice 2 muestra el método simple que implementa el interruptor de flujo de aire diferencial, sobre la instalación de un conducto de ventilación integrado en una misma maquinaria. La imagen de Anexo 3 muestra el indicador y alarma de flujo conectado al exterior del laboratorio que controla la inyección constante de aire sobre la maquinaria dentro del área.

Apéndice 2. **Manguera de transferencia de flujo de ventilación**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Indicador y alarma de flujo con instalación sobre un equipo**



Fuente: elaboración propia.

