

**REINGENIERÍA E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE INSTRUMENTOS  
ELECTRÓNICOS Y NEUMÁTICOS PARA EL LABORATORIO DE  
INSTRUMENTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**EDWIN SALOMÓN MÉNDEZ OSORIO  
FABIO ANDRÉS PINILLA OREJARENA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA  
2018**

**REINGENIERÍA E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE INSTRUMENTOS  
ELECTRÓNICOS Y NEUMÁTICOS PARA EL LABORATORIO DE  
INSTRUMENTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**INTEGRANTES:  
EDWIN SALOMÓN MÉNDEZ OSORIO  
FABIO ANDRÉS PINILLA OREJARENA**

**PROYECTO DE GRADO**

**DIRECTOR:  
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA  
2018**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

Bucaramanga, Octubre de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Como consecuencia de un esfuerzo humano en mi paso por la Universidad Pontificia Bolivariana presento esta tesis ante la academia dando gracias al Todopoderoso por concederme el don de la sabiduría e inteligencia para generar este aporte electrónico en el servicio a los demás. Exalto mi perenne gratitud a mis padres que desde su esfuerzo y apoyo consolidaron mi formación den mi alma mater.

Al finalizar mi labor educativa dejo el recuerdo de este trabajo en la mente y en el corazón de mi familia de manera especial en mi hija Salomé Méndez Bermúdez.

Edwin Salomón Méndez Osorio

Imposible no agradecerle a la Universidad Pontificia Bolivariana por acogerme en el trayecto de mi carrera como Ingeniero Electrónico.

A los docentes que con su carisma y temple me formaron como profesional, ser humano y con su forma de ser me enseñaron a nunca rendirme. A nuestro director el ingeniero Juan Carlos Mantilla por acompañarnos, orientarnos y permitirnos ser parte de este proyecto, al personal del laboratorio que siempre estuvo presente a darnos una mano cuando lo necesitábamos, a mi novia que con su cariño durante este camino siempre estuvo a mi lado. Al Maestro Andres Páez y el coro UPB que me enseñaron a: “primero familia y después cantar bonito”.

Fabio Andres Pinilla Orejarena

## **DEDICATORIA**

Con esta tesis electrónica puesta al servicio del desarrollo y el avance académico e investigativo deseo fervientemente dedicarla a todos aquellos que incursionaron en mi vida educativa buscando desde lo que sembraron mi crecimiento personal y educativo.

Edwin Salomón Méndez Osorio

Este proyecto lo dedico de todo corazón a mi familia, por ser quienes me formaron en todos los aspectos de mi ser, por su educación y su gran ejemplo, por no perder la fe en mí.

A mi Madre Martha.

Por apoyarme en todo momento, por su motivación constante que me ha forjado como una persona de bien

A mis Hermanos Cesar y Adriana

Por ser ejemplo, apoyarme en todo momento y estar siempre a mi lado con una voz de aliento

Fabio Andres Pinilla Orejarena

## Contenido

<b>INTRODUCCION</b> .....	14
<b>1. INGENIERIA DE DETALLE</b> .....	15
<b>1.1. ESPECIFICACIONES DEL MODULO DE INSTRUMENTOS FASE I</b> .....	15
<b>1.2. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE MÓDULO DE INSTRUMENTOS FASE II</b> .....	16
<b>1.3 DETALLADO DE INSTRUMENTOS INSTALADOS</b> .....	19
1.3.1 Instrumentos modulo neumático. ....	19
1.3.1.1 Válvula solenoide Airtac 2v025-08. ....	19
1.3.1.2 Unidad de mantenimiento MACP300L-D. ....	20
1.3.1.3 Electroválvula 5/2 Airtac. ....	20
1.3.1.4 Electroválvula 3/2 Airtac. ....	21
1.3.1.5 Cilindro de simple efecto. ....	21
1.3.1.6 Cilindro de doble efecto. ....	22
1.3.1.7 Válvula de control de caudal. ....	22
1.3.1.8 Válvula neumática 5/2 de control manual - Airtac. ....	23
1.3.1.9 Válvula neumática 3/2 de control manual - Airtac. ....	23
1.3.1.10 Pinza neumática. ....	24
1.3.2 Instrumentos electrónicos. ....	24
1.3.2.11 Definición y Conexiones Sensores Electrónicos. ....	24
1.3.2.12 Identificación de los terminales de los sensores .....	24
1.3.2.13 Sensores de proximidad de 2 hilos. ....	25
1.3.2.14 Sensores de proximidad de 3 hilos. ....	25
1.3.2.15 Sensor de proximidad de 4 hilos salida tipo On/Off. ....	26
1.3.2.16 Sensor de 4 hilos con salida programable. ....	27
1.3.2.17 Conexión de sensores con salida 4-20 mA. ....	27
1.3.2.18 Sensores de proximidad Ultrasónicos. ....	27
1.3.2.19 Sensor radar para medicion continua nivel - VEGA PLUS 64. ....	28
1.3.2.20 Sensores inductivos de proximidad. ....	28
1.3.2.21 Sensores Capacitivos. ....	29
1.3.2.22 Sensores Fotoeléctricos. ....	30
1.3.2.23 Sensor Fotoeléctrico tipo Barrera (Emisor -Receptor). ....	30
1.3.2.24 Sensor Fotoeléctrico tipo Retro reflectivo con reflector. ....	30

1.3.2.25	Sensor Fotoeléctrico tipo Retro reflectivo polarizado. ....	31
1.3.2.26	Sensor Fotoeléctrico tipo reflectivo difuso. ....	31
<b>2.</b>	<b>IMPLEMENTACION DEL MODULO DE INSTRUMENTOS. ....</b>	<b>32</b>
<b>2.1</b>	<b>ÁREA DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN CORRIENTE ALTERNA- CORRIENTE DIRECTA .....</b>	<b>34</b>
<b>3.</b>	<b>MÓDULO DE SENSORES INDUSTRIALES .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>ESPECIFICACIONES, ORGANIZACIÓN Y DISTRIBUCION DE INSTRUMENTOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>NUMERACION E IDENTIFICACIONE DE TERMINALES .....</b>	<b>36</b>
3.2.1	Sensor fotoeléctrico retro reflectivo #1. ....	36
3.2.2	Transmisor fotoeléctrico # 1.....	37
3.1.1	Sensor magnético # 3. ....	37
3.1.2	Receptor fotoeléctrico tipo barrera # 1.....	38
3.1.3	Receptor fotoeléctrico tipo barrera # 2.....	38
3.1.4	Sensor fotoeléctrico auto réflex # 6. ....	39
3.1.5	Sensor fotoeléctrico polarizado reflectivo # 7.....	39
3.1.6	Sensor fotoeléctrico reflectivo difuso # 8.....	40
3.1.7	Sensor capacitivo blindado # 9. ....	40
3.1.8	Sensor capacitivo blindado # 10. ....	41
3.1.9	Sensor inductivo blindado # 11. ....	41
3.1.10	Sensor inductivo # 12. ....	42
3.1.11	Sensor inductivo no blindado # 13. ....	42
3.1.12	Sensor capacitivo # 14.....	43
3.1.13	Sensor interruptor de nivel vibratorio #15.....	43
3.1.14	Interruptor de nivel - Aeco. ....	44
3.1.15	Detector resistivo de temperatura RTD PT100.....	44
3.1.16	Encoder incremental de doble canal con cuadratura de fase tipo A .....	45
3.1.17	Encoder incremental de doble canal con cuadratura de fase tipo B .....	45
3.1.18	Sensor ultrasónico de nivel. ....	46
3.1.19	Sensor Vega plus 64 para medición de líquidos. ....	47
3.1.20	Sistema de comunicación inalámbricas tipo Zigbee .....	47
3.1.21	Pantalla registradora. ....	48
<b>4</b>	<b>MODULO NEUMÁTICO .....</b>	<b>49</b>

<b>4.1</b>	<b>ESPECIFICACIONES Y DISEÑO DEL SISTEMA NEUMATICO .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2</b>	<b>FUNCIONAMIENTO MODULO NEUMÁTICO .....</b>	<b>52</b>
<b>5.</b>	<b>PRACTICAS DE LABORATORIO .....</b>	<b>55</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>58</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> TABLERO INSTRUMENTOS. [FUENTE: AUTOR].....	15
<b>FIGURA 2.</b> SIMULADOR ESTRUCTURA PRINCIPAL [FUENTE AUTOR] .....	17
<b>FIGURA 3.</b> ESTRUCTURA PRINCIPAL [FUENTE AUTOR] .....	17
<b>FIGURA 4.</b> SOPORTE INSTRUMENTOS TIPO 1 [FUENTE AUTOR].....	18
<b>FIGURA 5.</b> SOPORTE INSTRUMENTOS TIPO 2 [FUENTE AUTOR].....	18
<b>FIGURA 6.</b> SOPORTES INSTALADOS EN LA ESTRUCTURA [FUENTE AUTOR] .....	19
<b>FIGURA 7.</b> ELECTROVÁLVULA DE CONTROL [2].....	19
<b>FIGURA 8.</b> UNIDAD DE MANTENIMIENTO MIDMAN [3] .....	20
<b>FIGURA 9.</b> ELECTROVÁLVULA 3/2 [4].....	20
<b>FIGURA 10.</b> ELECTROVÁLVULA 3/2 [4] .....	21
<b>FIGURA 11.</b> ESTRUCTURA INTERNA DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO [6] .....	21
<b>FIGURA 12.</b> ESTRUCTURA DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO [6] .....	22
<b>FIGURA 13.</b> VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL [FUENTE: AUTOR].....	22
<b>FIGURA 14.</b> VÁLVULA 5/2 MANUAL [4].....	23
<b>FIGURA 15.</b> VÁLVULA MANUAL 3/2 [4].....	23
<b>FIGURA 16.</b> PINZA NEUMÁTICA [3] .....	24
<b>FIGURA 17.</b> REPRESENTACIÓN ELEMENTOS NPN Y PNP [7] .....	24
<b>FIGURA 18.</b> ESQUEMA GENERAL Y DETALLADO PARA EL SENSOR DE 2 HILOS [FUENTE: AUTOR].....	25
<b>FIGURA 19.</b> ESQUEMA GENERAL Y DETALLADO PARA EL SENSOR DE 3 HILOS [FUENTE: AUTOR].....	26
<b>FIGURA 20.</b> ESQUEMA GENERAL Y DETALLADO PARA EL SENSOR DE 4 HILOS [FUENTE: AUTOR].....	26
<b>FIGURA 21.</b> ESQUEMA GENERAL Y DETALLADO DE PARA EL SENSOR DE 5 HILOS [FUENTE: AUTOR] .....	27
<b>FIGURA 22.</b> DIAGRAMA DE CONEXIÓN LAZO 4-20 MA [FUENTE: AUTOR] .....	27
<b>FIGURA 23.</b> SENSOR RADAR PARA LA MEDICIÓN CONTINÚA DE LÍQUIDOS [9].....	28
<b>FIGURA 24.</b> COMPORTAMIENTO EN SEÑAL DE UN SENSOR INDUCTIVO DE PROXIMIDAD [10].....	28
<b>FIGURA 25.</b> COMPONENTES DE UN SENSOR INDUCTIVO DE PROXIMIDAD [10].....	29
<b>FIGURA 26.</b> SENSORES INDUCTIVOS BLINDADOS Y NO BLINDADOS [10].....	29
<b>FIGURA 27.</b> COMPORTAMIENTO EN SEÑAL DE UN SENSOR CAPACITIVO [10] .....	30
<b>FIGURA 28.</b> SENSOR FOTOELÉCTRICO CONFIGURACIÓN TIPO BARRERA [11].....	30
<b>FIGURA 29.</b> SENSOR FOTOELÉCTRICO CONFIGURACIÓN RETRO REFLECTIVO [11].....	31
<b>FIGURA 30.</b> SENSOR FOTOELÉCTRICO POLARIZADO [11] .....	31
<b>FIGURA 31.</b> SENSOR FOTOELÉCTRICO REFLECTIVO DIFUSO [11] .....	31
<b>FIGURA 32.</b> DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL MÓDULO DE SENSORES [FUENTE: AUTOR].....	33
<b>FIGURA 33.</b> ÁREA DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN CORRIENTE ALTERNA- CORRIENTE DIRECTA [FUENTE. AUTOR].....	34
<b>FIGURA 34.</b> DISTRIBUCIÓN POR NIVELES MÓDULO DE SENSORES INDUSTRIALES.....	35
<b>FIGURA 35.</b> IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES Y NOMENCLATURA.....	36
<b>FIGURA 36.</b> TERMINALES DE CONEXIÓN PARA ENCODER INCREMENTAL TIPO B.....	46
<b>FIGURA 37.</b> IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS NEUMÁTICOS .....	50
<b>FIGURA 38.</b> IDENTIFICACIÓN ELEMENTOS MÓDULO.....	52
<b>FIGURA 39.</b> SECUENCIA DE INICIO MÓDULO NEUMÁTICO .....	53

**FIGURA 40.** TABLERO DE CONTROL SISTEMA NEUMÁTICO ..... 53  
**FIGURA 41.** MANIFOLD DE 8 ESTACIONES CON ELECTROVÁLVULAS 5/2 ..... 54

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> ELEMENTOS PRESENTES INVENTARIO MÓDULOS DE INSTRUMENTOS [1].....	16
<b>TABLA 2.</b> IDENTIFICACIÓN COLORES SENSORES .....	25
<b>TABLA 3.</b> ELEMENTOS ÁREA DE POTENCIA .....	32
<b>TABLA 4.</b> TABLA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA .....	33
<b>TABLA 5.</b> DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS SECUNDARIOS .....	34
<b>TABLA 6.</b> CONEXIONES SENSOR RETRO REFLECTIVO #1.....	37
<b>TABLA 7:</b> CONEXIONES TRANSMISOR FOTOELÉCTRICO # 1 .....	37
<b>TABLA 8.</b> CONEXIONES SENSOR MAGNÉTICO #3.....	38
<b>TABLA 9.</b> CONEXIONES RECEPTOR FOTOELÉCTRICO TIPO BARRERA # 1.....	38
<b>TABLA 10.</b> CONEXIONES RECEPTOR FOTOELÉCTRICO TIPO BARRERA # 2 .....	39
<b>TABLA 11.</b> SENSOR FOTOELÉCTRICO AUTO RÉFLEX # 6 .....	39
<b>TABLA 12.</b> SENSOR FOTOELÉCTRICO POLARIZADO #7 .....	40
<b>TABLA 13.</b> CONEXIONES SENSOR FOTOELÉCTRICO REFLECTIVO DIFUSO # 8 .....	40
<b>TABLA 14.</b> CONEXIONES SENSOR CAPACITIVO BLINDADO # 9 .....	41
<b>TABLA 15.</b> CONEXIONES SENSOR CAPACITIVO BLINDADO # 10.....	41
<b>TABLA 16.</b> CONEXIONES SENSOR INDUCTIVO BLINDADO # 11 .....	42
<b>TABLA 17.</b> SENSOR INDUCTIVO # 12 .....	42
<b>TABLA 18.</b> CONEXIONES SENSOR INDUCTIVO NO BLINDADO # 13. ....	43
<b>TABLA 19.</b> CONEXIONES SENSOR CAPACITIVO # 14.....	43
<b>TABLA 20.</b> CONEXIONES SENSOR ULTRASÓNICO DE NIVEL # 15.....	44
<b>TABLA 21.</b> CONEXIONES DETECTOR DE NIVEL DE LÍQUIDOS .....	44
<b>TABLA 22.</b> CONEXIONES TERMO RESISTENCIA PT100 TRANSMISOR .....	45
<b>TABLA 23.</b> CONEXIONES ENCODER INCREMENTAL TIPO A .....	45
<b>TABLA 24:</b> CONEXIONES ENCODER INCREMENTAL TIPO B .....	46
<b>TABLA 25.</b> CONEXIONES SENSOR ULTRASÓNICO DE NIVEL .....	47
<b>TABLA 26.</b> CONEXIONES SENSOR VEGA PLUS 64 PARA MEDICIÓN DE LÍQUIDOS.....	47
<b>TABLA 27.</b> CONEXIONES TRANSMISOR ZIGBEE .....	48
<b>TABLA 28.</b> CONEXIONES RECEPTOR ZIGBEE .....	48
<b>TABLA 29.</b> CONEXIONES PANTALLA REGISTRADORA .....	48
<b>TABLA 30.</b> ELEMENTOS MÓDULO NEUMÁTICO.....	51

**RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** REINGENIERÍA E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS Y NEUMÁTICOS PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

**AUTOR(ES):** EDWIN SALOMÓN MÉNDEZ OSORIO  
FABIO ANDRÉS PINILLA OREJARENA

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Electrónica

**DIRECTOR(A):** JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

**RESUMEN**

En el presente documento se expone el desarrollo de la tesis de grado en el área de instrumentación electrónica, en la que se elaboró una reingeniería del módulo de instrumentos electrónicos y neumáticos. Se presenta la actualización de una fase anterior denominada Modulo entrenador de instrumentación; en esta nueva etapa se actualizo el módulo en temas como: Estructura, ingreso de nuevos instrumentos industriales a manera de sensores ultrasónicos, radar de medición de nivel, un medio de comunicación inalámbrica industrial, sensores inductivos, capacitivos, entre otros; presentación de cableado, marcaciones y el diseño de una simulación de un sistema neumático en el cual actúan múltiples cilindros y distintos medios de accionamiento neumático. Se diseñó una guía de laboratorio con la que se desea presentar las distintas aplicaciones de los sensores industriales instalados y el sistema neumático para así generar una fuente de conocimiento para los programas de Ingeniería Electrónica, Mecánica e Industrial.

**PALABRAS CLAVE:**

Registrador, transmisor, Cilindro, Sensor, Actuador neumático, montaje neumático

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** RE-ENGINEERING AND IMPLEMENTATION OF THE ELECTRONIC AND PNEUMATIC INSTRUMENT MODULE FOR THE INSTRUMENTATION LABORATORY OF THE PONTIFICAL UNIVERSITY BOLIVARIANA

**AUTHOR(S):** EDWIN SALOMÓN MÉNDEZ OSORIO  
FABIO ANDRÉS PINILLA OREJARENA

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Electrónica

**DIRECTOR:** JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

**ABSTRACT**

In this document it is presented the development for the degree's thesis on the field of electronic instrumentation, in which a reengineering of the electronic and pneumatic instruments module was developed. It has been presented an update for an earlier phase called instrumentation trainer module; in this new stage, the module has been updated on topics such as structure, entry on new industrial instruments such as ultrasonic sensors, level measurement radar, a wireless industrial communication medium, inductive and capacitive sensors, among others; introducing the wiring, markings and the design of a simulation of a pneumatic system in which multiple cylinders and multiple ways of pneumatic actuation act. A laboratory guide was designed to present the different applications of the industrial sensors installed and the pneumatic system to generate a source of knowledge for the Electronic, Mechanical and Industrial Engineering programs.

**KEYWORDS:**

Recorder, transmitter, Cylinder, Sensor, Pneumatic actuator, pneumatic assembly

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## **INTRODUCCION**

El desarrollo del presente proyecto está orientado en el campo de la instrumentación electrónica, área que se encarga principalmente del diseño y manejo de elementos eléctricos y electrónicos enfocados de manera especial a mediciones físicas, como son: temperatura, nivel, flujo, entre otros.

La reingeniería del módulo se desarrolló por la necesidad de actualizar el existente, ya que este presentaba un deterioro por su amplio uso. La oportunidad de incorporar nuevos instrumentos amplía el área del conocimiento con dispositivos de aplicación industrial como lo son: Pantallas registradoras, transmisores de señales, sensores inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, transmisores de temperatura, sensores de nivel y encoders.

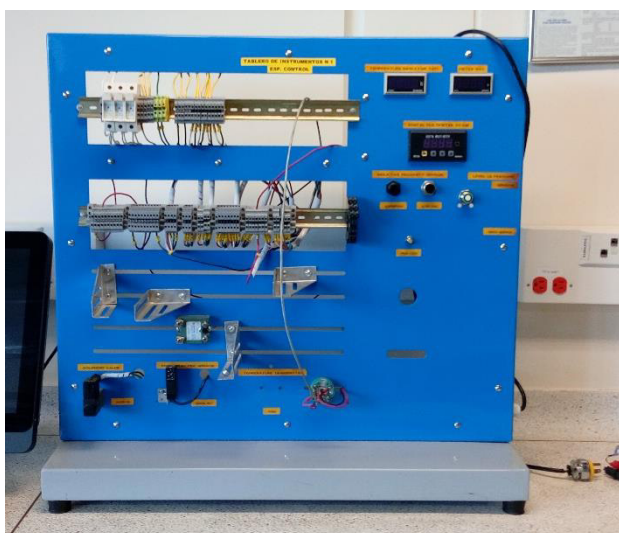
Para la mejora del módulo se puso en marcha un plan de trabajo que consistió en evaluar los elementos que se tenían disponibles, clasificarlos según su modo de operación, crear nuevos medios de sujeción a la nueva estructura, diseñar un sistema neumático con múltiples elementos que en conjunto formaran un módulo didáctico, así como presentar un cableado organizado y etiquetado.

## 1. INGENIERIA DE DETALLE

La ingeniería de detalle tiene como finalidad profundizar en conocimientos sobre los sensores industriales y sistemas neumáticos, observando su conexión, funcionamiento y aplicaciones a escala, en un montaje presentado como unidad de laboratorio.

### 1.1. ESPECIFICACIONES DEL MODULO DE INSTRUMENTOS FASE I

La actualización de los módulos del laboratorio de instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana se dio tras la necesidad de implementar nuevos componentes, por lo cual se realizó el inventario de 5 tableros indicados en la figura 1. A los instrumentos se les realizaron pruebas de funcionamiento, se clasificaron según sus características y se asignó un lugar en el nuevo módulo.



**Figura 1.** Tablero instrumentos. [Fuente: autor]

En cada módulo al que se le realizó un inventario obteniéndose los siguientes elementos, como se indica en la Tabla 1.

CANTIDAD	NOMBRE	REFERENCIA
4	BRAKER 230V	
4	FUENTE 110-24V	S-100-24
9	PORTA-FUSIBLES	
3	MULTIMETRO DIGITAL	MT4W

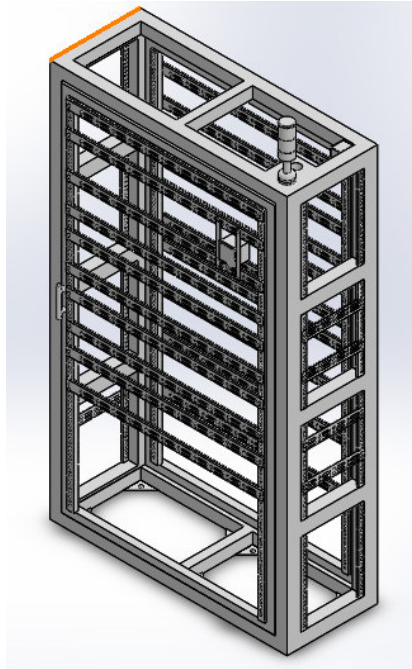
4	INDICADOR DE TEMPERATURA DIGITAL	T4YI
2	RELE DE ESTADO SOLIDO	TD24A15
1	SENSOR FOTO-ELECTRICO	BMS2M-MDT
1	Sensor FOTO-ELECTRICO Proximidad	VT180-N142
2	Sensor Inductivo de Proximidad	PR08-1.5DN
1	Sensor INFRARROJO de Proximidad	XU5P18PP340
2	SENSOR ULTRASONICO	UB800-18GM40A-U-V1
3	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	TH100
5	VALVULA SOLENOIDE	2V025-08
1	SENSOR CAPACITIVO	KAS-1000-30-M32
1	SENSOR INDUCTIVO	PK300-1A
1	SENSOR FOTO-ELECTRICO	XU1P18NP340
2	SENSOR CAPACITIVO	SC18SM-C5 NO+NC
2	SENSORES FOTO-ELECTRICO	FT18SM-CP50
2	Sensor Inductivo	SI6,5-DC2
2	SENSOR FOTO-ELECTRICO	FTQSP-BR-R

**Tabla 1.** Elementos presentes inventario módulos de instrumentos [1]

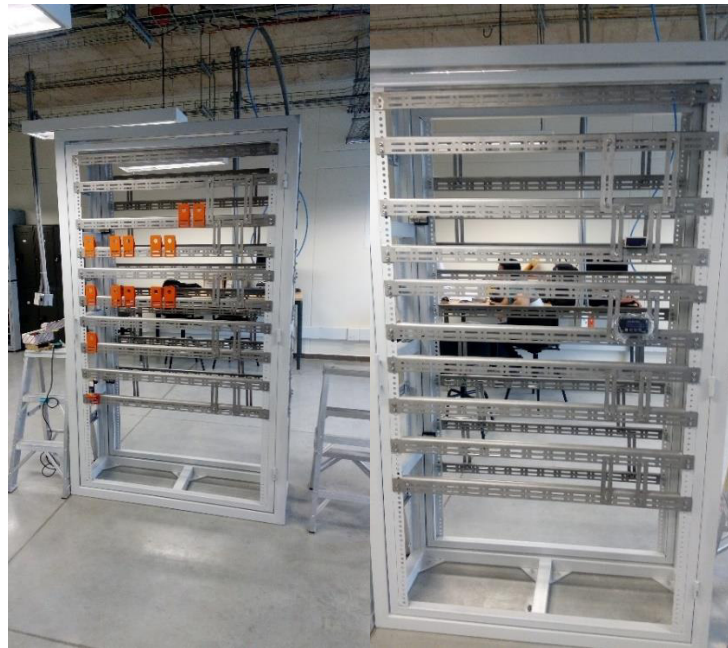
## 1.2. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE MÓDULO DE INSTRUMENTOS FASE II

Para el proyecto se presenta una estructura en acero inoxidable fija a la superficie del suelo de dimensiones 2.20 m de altura, 1.31 m de ancho y 0.50 m de profundidad, con dos puertas móviles que, por medio de guías, permiten instalar rieles de acero inoxidable para la ubicación de los múltiples instrumentos. También existen guías rectangulares que permiten interconectar los múltiples niveles dando facilidad a la instalación y proporcionando soporte a la estructura como se observa en la figura 2 y figura 3.



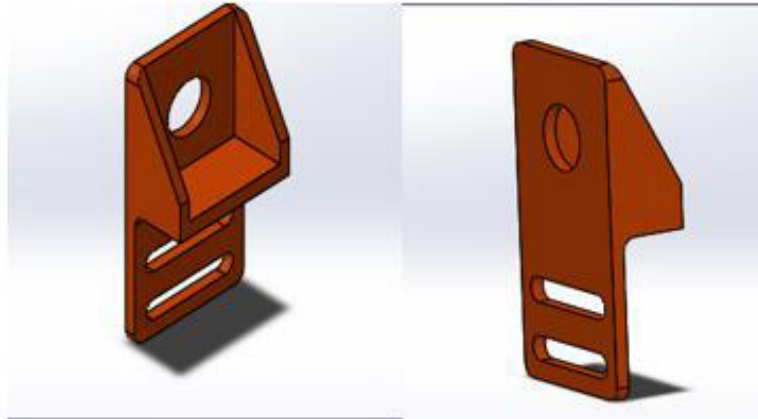


**Figura 2.** Simulador estructura principal [Fuente autor]

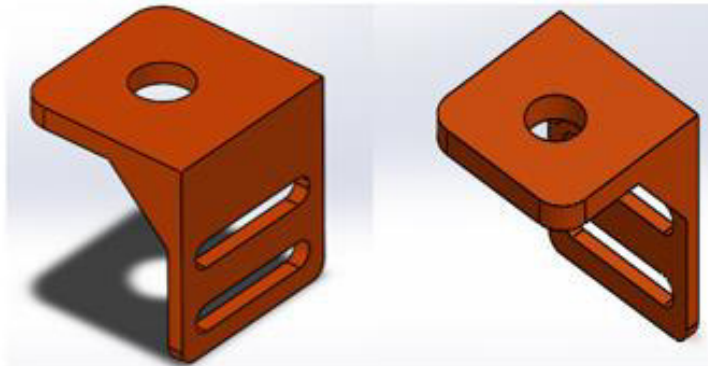


**Figura 3.** Estructura principal [Fuente Autor]

Seguido de la instalación de la estructura principal, se diseñaron dos clases de soportes para instrumentos que se adecuan a las necesidades del proyecto como lo son: fácil instalación, acceso al dispositivo instalado y facilidad para su identificación, obteniendo como resultado los soportes presentados en la Figura 4 y Figura 5.

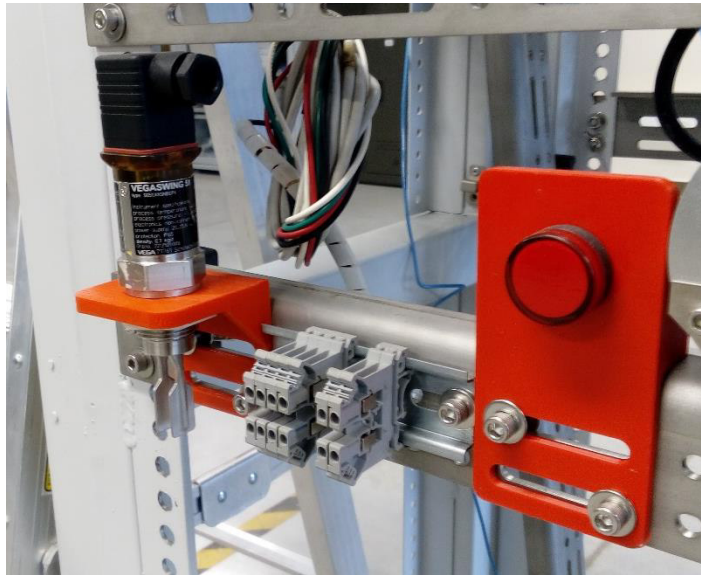


**Figura 4.** Soporte Instrumentos tipo 1 [Fuente Autor]



**Figura 5.** Soporte Instrumentos tipo 2 [Fuente Autor]

En la figura 6 se presentan los resultados del diseño de los soportes, los cuales se elaboraron por medio de la Impresora 3D de la Universidad Pontificia Bolivariana. Seguidamente, se realizó el proceso de compra de elementos necesarios para la continuación del proyecto. El presupuesto del mismo fue financiado de manera compartida por la Escuela de Ingenierías, el Laboratorio de Instrumentación Electrónica y el Laboratorio de Automatización de la Universidad Pontificia Bolivariana, realizándose la compra de los elementos a numerar presentes en la tabla denominada Anexo 1.



**Figura 6.** Soportes instalados en la estructura [Fuente autor]

### 1.3 DETALLADO DE INSTRUMENTOS INSTALADOS

En los siguientes numerales se describen los instrumentos instalados en el módulo de sensores electrónicos y elementos neumáticos.

#### 1.3.1 Instrumentos modulo neumático.

Los elementos que actúan en el módulo neumático son principalmente de control de flujo de aire, interruptores eléctricos, pulsadores, finales de carrera, cilindros y una estructura en acrílico con la que interactúan todos los equipos antes mencionados de forma directa o indirecta

##### 1.3.1.1 Válvula solenoide Airtac 2v025-08.



2V130, 250



**Figura 7.** Electroválvula de Control [2]

Esta válvula está diseñada para controlar flujo de elementos tales como agua, aire o aceite. La válvula solenoide instalada se observa en la Figura 7. Se describen especificaciones:

- Alimentación 120Vac

- Presión de operación 0:142 psi
- Protección ip65
- Temperatura de funcionamiento óptimo -1 a 80°C [2]

### 1.3.1.2 Unidad de mantenimiento MACP300L-D.



**Figura 8.** Unidad de Mantenimiento Midman [3]

La unidad de mantenimiento Midman observada en la figura 8 está compuesta por dos compartimientos, uno ejecuta dos funciones, filtrar el aire comprimido y regular la presión. Estas funciones contribuyen a eliminar impurezas provenientes de la red de aire que suministra la universidad y ajustar la presión para adecuarse a diferentes ámbitos de trabajo que se requieren. El segundo compartimiento es un lubricador, el cual almacena aceite mineral que se libera gradualmente para evitar desgastes del sistema, conservando los sistemas de funcionamiento [3].

### 1.3.1.3 Electroválvula 5/2 Airtac.



**Figura 9.** Electroválvula 3/2 [4]

Las electroválvulas 5/2 como se muestra en la figura 9 están compuestas por una bobina oscilante, que puede tener un funcionamiento en 12Vdc y 120Vac, una

válvula de asiento neumático, cuyo principio activo es el control de flujo de aire en dos sentidos, su aplicación principal es el accionamiento de cilindros de doble efecto en los que se requiere controlar la posición del embolo [4].

#### 1.3.1.4 Electroválvula 3/2 Airtac.

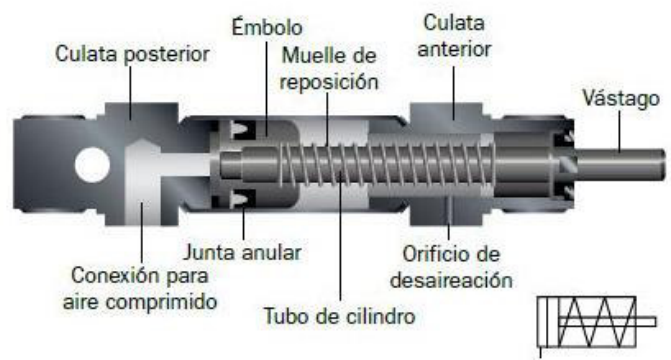


**Figura 10.** Electroválvula 3/2 [4]

La electroválvula 3/2 como se muestra en la figura 10, al igual que la Electroválvula 5/2, posee una bobina oscilante para accionar una válvula neumática. Este dispositivo se presenta en dos configuraciones, Normalmente Abierto (NA) y normalmente cerrada (NC) [4].

En la configuración Normalmente cerrada la línea de suministro se encuentra bloqueada y la línea de circulación comunicada con la vía de escape. Cuando la bobina se encuentra energizada, se acciona la válvula neumática permitiendo el flujo entre la línea de suministro y la línea de circulación permitiendo el flujo, mientras que en la de escape se genera un cierre [5]. Las electroválvulas 3/2 son usadas principales en procesos donde se accionan cilindros de Simple Efecto.

#### 1.3.1.5 Cilindro de simple efecto.

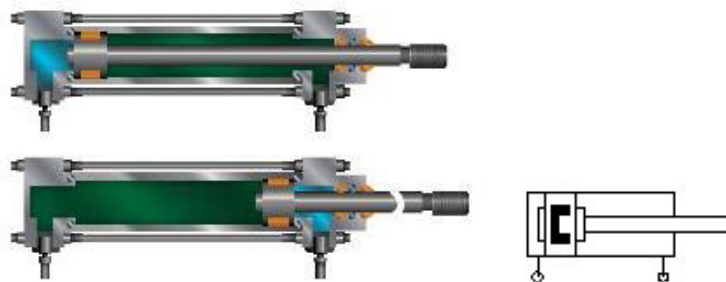


**Figura 11.** estructura interna de un Cilindro de simple efecto [6]

Los cilindros de simple efecto son aquellos actuadores de movimiento lineal que por su construcción solo necesitan una conexión de aire.

Esta clase de cilindro posee en su interior un muelle de reposición, como se observa en la figura 11, el cual al momento de liberar su suministro de aire lo lleva a su posición inicial, esta acción genera que el cilindro necesite una menor cantidad de aire (la mitad) para su funcionamiento [6].

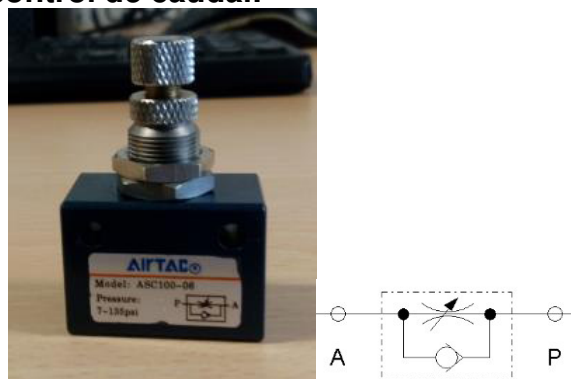
### 1.3.1.6 Cilindro de doble efecto.



**Figura 12.** Estructura de un cilindro de doble efecto [6]

Los cilindros de doble efecto como se observa en la figura 12 poseen una construcción similar a los de simple efecto. Estos poseen dos tomas de aire, una para cada lado del embolo y así poder controlar las acciones de avance y retroceso por medio de dispositivos de control de caudal [6].

### 1.3.1.7 Válvula de control de caudal.



**Figura 13.** Válvula de control de caudal [Fuente: Autor]

La válvula de control como se observa en la figura 13 permite controlar el flujo de aire en un determinado proceso, siendo su función principal el control de velocidad de desplazamiento en actuadores lineales [4].

### 1.3.1.8 Válvula neumática 5/2 de control manual - Airtac.



**Figura 14.** Válvula 5/2 Manual [4]

La aplicación de la Válvula manual es similar a la Electroválvula 5/2, en comparación, el accionamiento de esta válvula es completamente manual, su principio activo es el control de flujo de aire en dos sentidos, su aplicación principal es el accionamiento de cilindros de doble efecto en los que se requiere controlar la posición del embolo del mismo. La válvula instalada se puede observar en la figura 14 [4].

### 1.3.1.9 Válvula neumática 3/2 de control manual - Airtac.



**Figura 15.** válvula manual 3/2 [4]

Esta válvula presenta gran similitud con la Electroválvula 3/2, con la diferencia que esta es completamente manual. Este dispositivo se presenta en dos configuraciones Normalmente Abierto (NA) y normalmente cerrada (NC).la válvula manual instalada se puede observar en la figura 15.

En la configuración Normalmente cerrada la línea de suministro se encuentra bloqueada y la línea de circulación comunicada con la vía de escape. Cuando el el

control manual se encuentra accionado la válvula neumática permitiendo el flujo entre la línea de suministro y la línea de circulación. Estas válvulas son usadas principalmente en cilindros de simple efecto [4].

### 1.3.1.10 Pinza neumática.



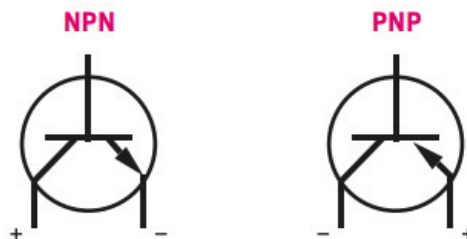
**Figura 16.** Pinza neumática [3]

La pinza neumática Airtac observada en la figura 16 es la combinación de un cilindro 5/2 con un sistema de sujeción, que, por su construcción, es de fácil instalación acorde a las necesidades, como brazos automatizados y cilindros en sus diferentes configuraciones [3].

## 1.3.2 Instrumentos electrónicos.

### 1.3.2.11 Definición y Conexiones Sensores Electrónicos.

La conexión PNP Y NPN tal como se observa en la figura 17 se encuentra vinculada a la naturaleza de cada sensor, uno de los principales criterios para la elección de los sensores y su conexión es vincularlos a un PLC, donde es necesario conocer sus entradas de señal.



**Figura 17.** Representación Elementos NPN y PNP [7]

En cuanto a las ventajas los sensores con configuración NPN son más rápidos en conmutación, ya que cuentan con referencia a 0V, menor caída de tensión y menor inmunidad al ruido [7]

### 1.3.2.12 Identificación de los terminales de los sensores

Los terminales que se encuentran en cada sensor poseen un código de colores que se basan en la norma europea EN 50004 que determina el color de los diferentes



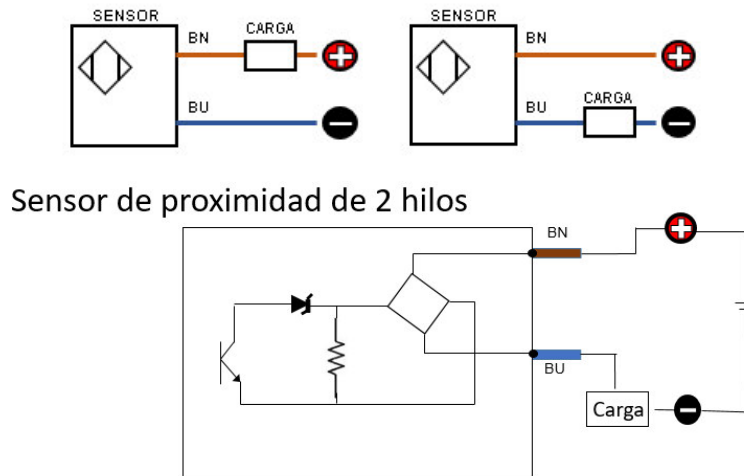
hilos acorde a su función, así como se observa en la tabla 2, la cual se construyó tomando como referencia las conexiones estandarizadas de sensores discretos usados en el módulo (ópticos, inductivos, etc.)

Color del Aislante	Notación Según fabricante Basada En el idioma Ingles	aplicación Típica
Marrón	BN	Alimentación Positiva
Azul	BU	Alimentación Negativa
Negro	BK	Salida de Señal
Blanco	WH	Señal de Salida, Terminal de Programación
Gris	GY	Terminal de Sincronismo
Naranja	OG	Configuración de estado
Verde	GR	Terminal de tierra o masa

**Tabla 2.** Identificación colores Sensores

### 1.3.2.13 Sensores de proximidad de 2 hilos.

Esta clase de sensores que solo posee dos hilos se alimentan y su carga va conectada en serie, puede ser un contacto normalmente abierto o normalmente cerrado dependiendo del sensor y su conexión. Los dos colores utilizados son el marrón y el azul, esta conexión no posee polaridad como se observa en la figura 18.

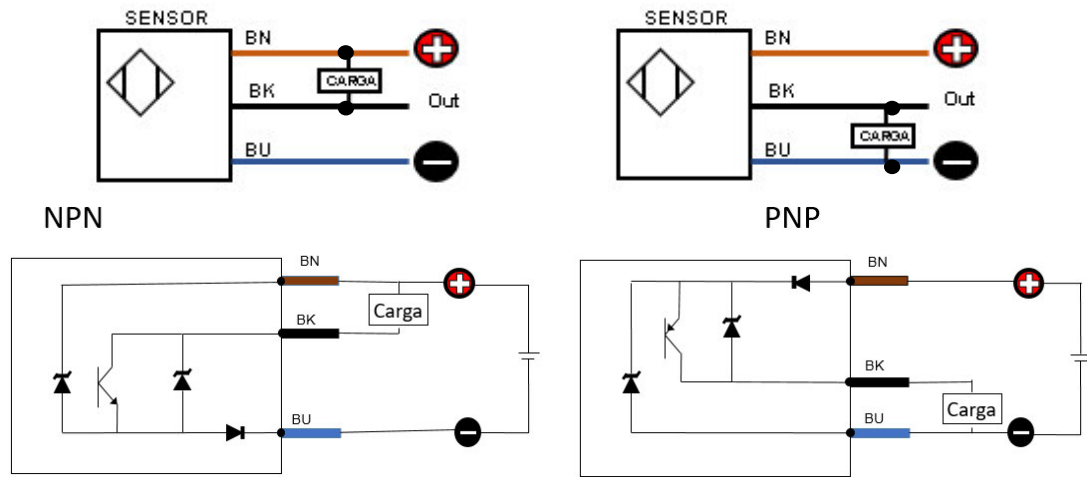


**Figura 18.** Esquema general y detallado para el sensor de 2 hilos [Fuente: Autor]

### 1.3.2.14 Sensores de proximidad de 3 hilos.

Los sensores de proximidad que tienen 3 hilos, como se observa en la figura 19, identifican plenamente su alimentación según la clasificación mencionada en la tabla 2: Marrón positivo y azul negativo, el tercer hilo identificado con color negro se presenta como salida de señal o acople a una carga. La conexión puede ser PNP que tiene activo alto donde la carga se conecta entre el terminal de salida y el

terminal negativo. La conexión NPN presenta un funcionamiento activo bajo, en el cual la carga se conecta entre el terminal de salida y el positivo.

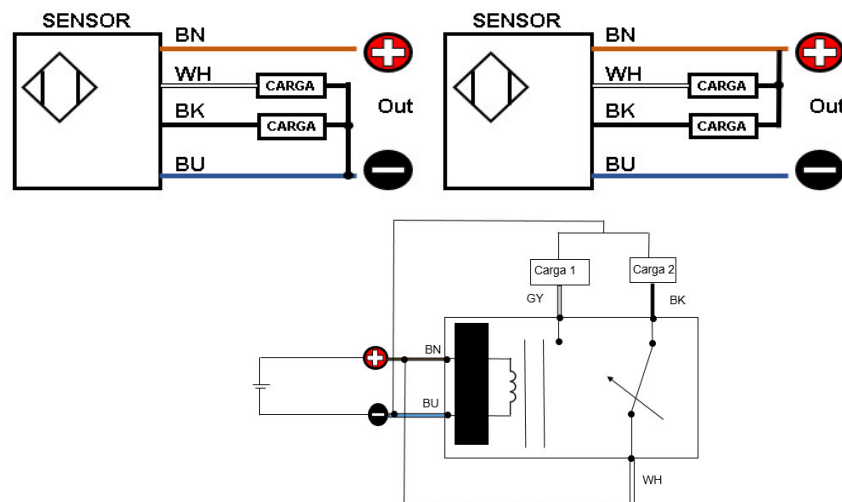


**Figura 19.** Esquema general y detallado para el sensor de 3 hilos [Fuente: Autor]

### 1.3.2.15 Sensor de proximidad de 4 hilos salida tipo On/Off.

Estos sensores poseen características similares a los de 3 hilos, la línea adicional representa una conexión ya sea normalmente abierta o normalmente cerrada, por lo que estos sensores tienen dos salidas simultaneas (NO, NC).

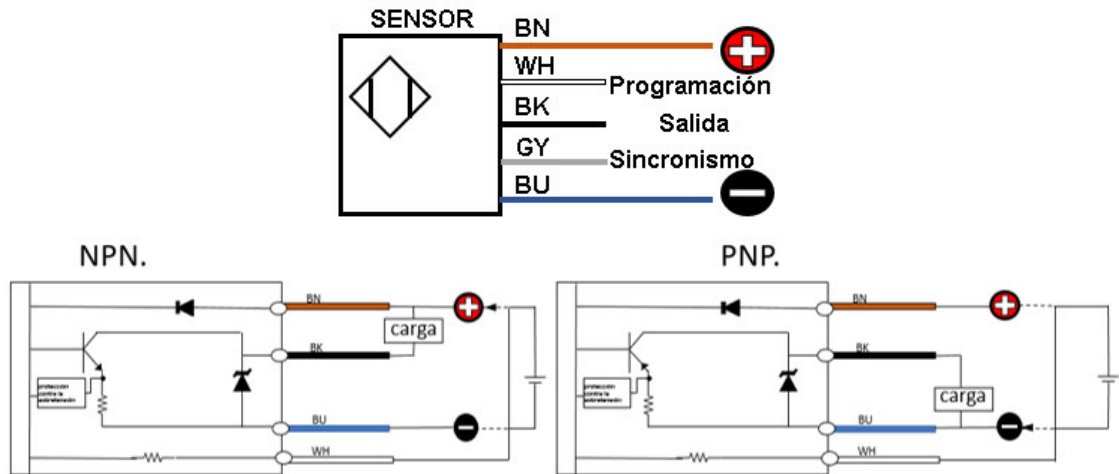
Estas salidas pueden ser dadas en forma de reles dinámicos o transistorizados lo que permite identificar los terminales de conexión, como se observa en la figura 20 [8] .



**Figura 20.** Esquema general y detallado para el sensor de 4 hilos [Fuente: Autor]

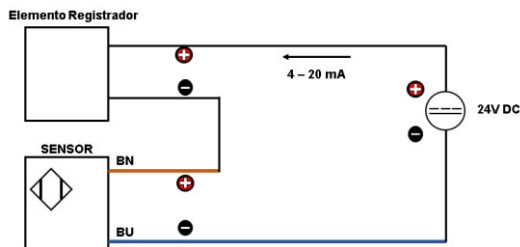
### 1.3.2.16 Sensor de 4 hilos con salida programable.

Los sensores de proximidad con salida analógica (figura 21) presentan un esquema de conexión distinto a las salidas de conmutación, estos sensores disponen de la posibilidad de programación para ajustarlos a las condiciones específicas de trabajo (Anexo7).



**Figura 21.** Esquema general y detallado de para el sensor de 5 hilos [Fuente: Autor]

### 1.3.2.17 Conexión de sensores con salida 4-20 mA.



**Figura 22.** Diagrama de conexión lazo 4-20 mA [Fuente: Autor]

### 1.3.2.18 Sensores de proximidad Ultrasónicos.

Los sensores que basan su funcionamiento en el ultrasonido son elementos de trabajo que dan versatilidad ya que son libres de contacto, roces metálicos y poseen capacidad de detectar elementos desde pocas distancias. El rango de detección depende del fabricante.

Estos sensores generan un pulso de ultrasonido y reciben el eco, que posteriormente es convertido en señales eléctricas las cuales son evaluadas para

entregar un resultado final. Los materiales que pueden medirse son: líquidos, sólidos o partículas suspendidas, según sea el caso de su funcionamiento.

### 1.3.2.19 Sensor radar para medición continua de nivel- VEGA PLUS 64

“El VEGAPULS 64 es un sensor para la medición continua de nivel en líquidos (figura 23). En depósitos pequeños o en espacios reducidos, sus conexiones a proceso pequeñas son una gran ventaja. La buena focalización de la señal permite su uso en depósitos con elementos internos como agitadores y sistemas de calefacción” [9]



Figura 23. Sensor radar para la medición continua de líquidos [9]

- Alcance: hasta 30m
- Precisión  $\pm 2\text{mm}$  [9]
- Salida electrónica 4...20 mA/HART [9]

### 1.3.2.20 Sensores inductivos de proximidad.

Diseñados para detectar la proximidad de materiales ferromagnéticos. Su principio de operación se basa en generar un campo electromagnético por medio de una bobina y analizar los cambios del mismo para determinar su proximidad, como se evidencia en la figura 24, considerando que las corrientes de Foucault generan una disminución en la amplitud del campo magnético, lo que identifica la proximidad de un objeto, para generar una señal lógica a su salida, tal como se observa en el diagrama de bloques de la figura 25 [10].

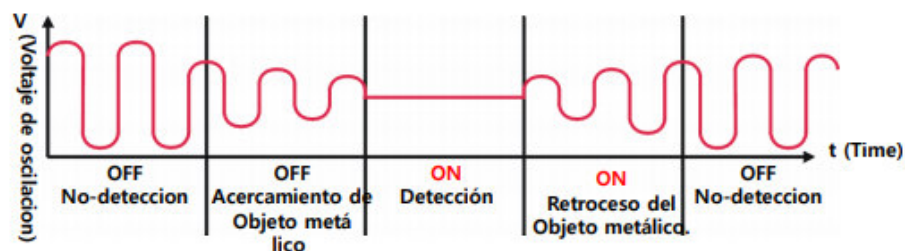
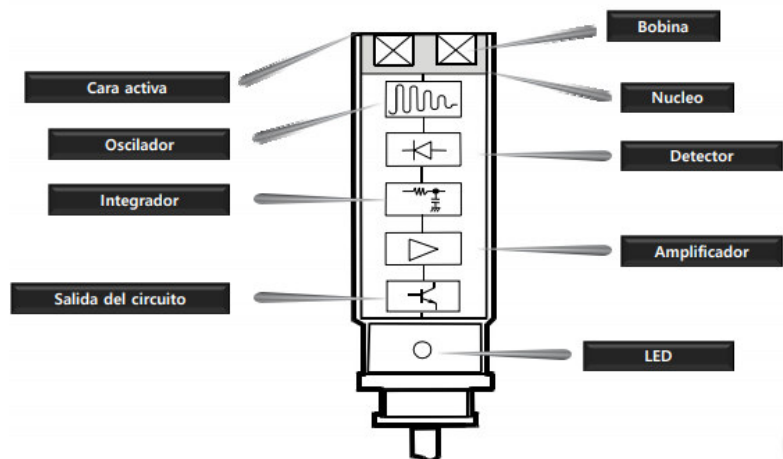
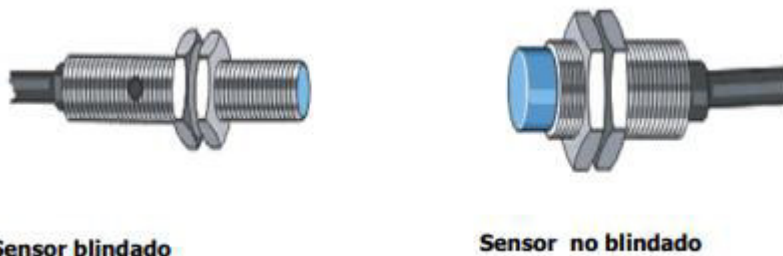


Figura 24. Comportamiento en señal de un sensor inductivo de proximidad [10]



**Figura 25.** Componentes de un sensor inductivo de proximidad [10]

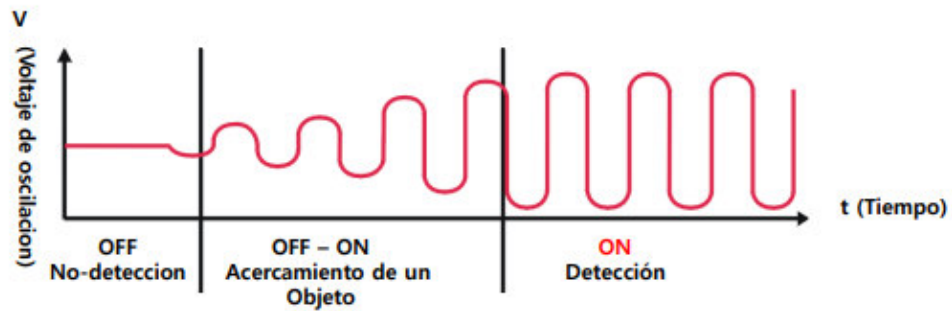
Los sensores inductivos se pueden presentar de forma blindada o no blindada (figura 26), esta modificación está relacionada con el alcance de su medida. Los sensores no blindados poseen un alcance más amplio frente a los blindados.



**Figura 26.** Sensores Inductivos blindados y no blindados [10]

### 1.3.2.21 Sensores Capacitivos.

Los sensores capacitivos tienen un comportamiento en su base similar a los inductivos. Estos sensores generan un campo electrostático por medio de osciladores, este campo está ligado directamente con el cambio de la capacitancia en el medio, que es afectada a medida que se aproxima cualquier objeto al sensor. Al tener proximidad con objetos, estos generan un cambio en el medio lo que aumenta la capacitancia y a su vez incrementa la corriente en el circuito oscilador, lo que favorece que la señal aumente, produciendo una señal lógica a su salida, tal como se muestra en la figura 27 [10].



**Figura 27.** Comportamiento en señal de un sensor capacitivo [10]

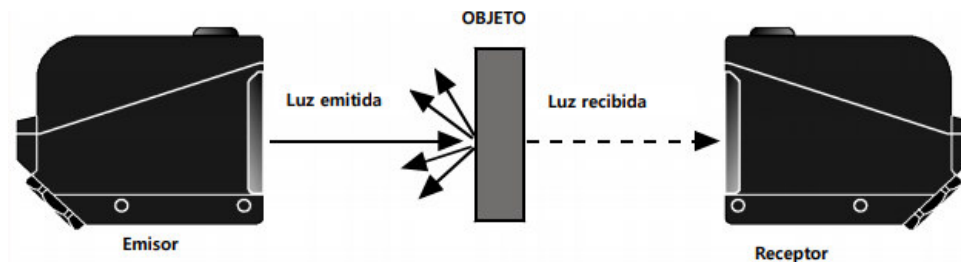
### 1.3.2.2 Sensores Fotoeléctricos.

Los sensores fotoeléctricos son dispositivos que detectan la presencia de objetos mediante un haz de luz, ya sea visible o invisible. Sus principales ventajas son la detección de objetos sin necesidad de contacto, amplio rango de detección, alta velocidad de respuesta y baja influencia de campos magnéticos [11].

Los sensores fotoeléctricos pueden clasificarse en diferentes categorías dependiendo de su instalación [11]

### 1.3.2.23 Sensor Fotoeléctrico tipo Barrera (Emisor -Receptor).

Esta configuración consiste en la medición de intensidad de luz que emite el emisor y la que llega al receptor, tal como se diagrama en la figura 28.



**Figura 28.** Sensor fotoeléctrico configuración tipo barrera [11]

### 1.3.2.24 Sensor Fotoeléctrico tipo Retro reflectivo con reflector.

Esta configuración usa un espejo especial (Réflex) con alta reflectividad para medir y comparar la luz emitida con la recibida. En esta configuración el emisor y el receptor se encuentran en el mismo dispositivo, así como se dispone en la figura 29 [11].

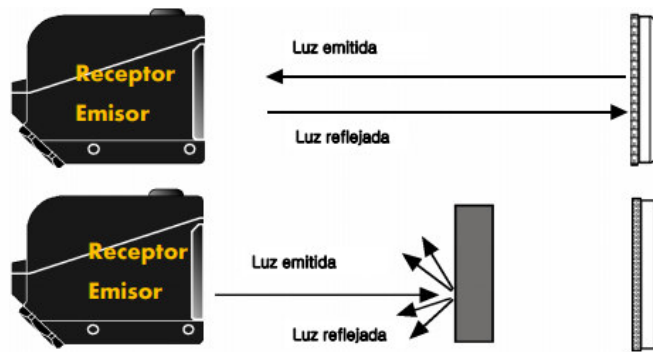


Figura 29. sensor fotoeléctrico configuración retro reflectivo [11]

### 1.3.2.25 Sensor Fotoeléctrico tipo Retro reflectivo polarizado.

Estos sensores reflectivos poseen un filtro polarizado que solo les permite recibir la luz reflejada proveniente de la zona reflectiva. Es usado ampliamente en procesos donde los objetos a detectar poseen superficies brillantes (figura 30) [11].

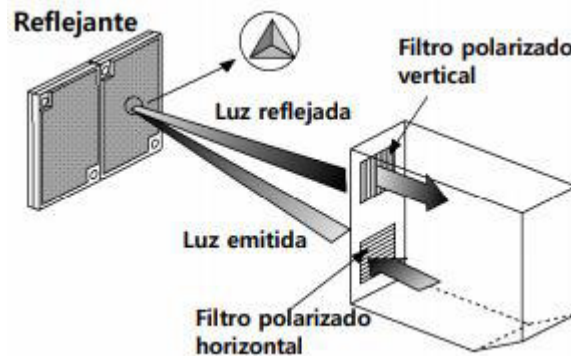


Figura 30. Sensor fotoeléctrico polarizado [11]

### 1.3.2.26 Sensor Fotoeléctrico tipo reflectivo difuso.

En esta configuración el transmisor y el receptor se encuentran en la misma estructura (figura 31). Su método de detección corresponde a captar directamente la luz reflejada en el objeto que se presenta frente a él [11].

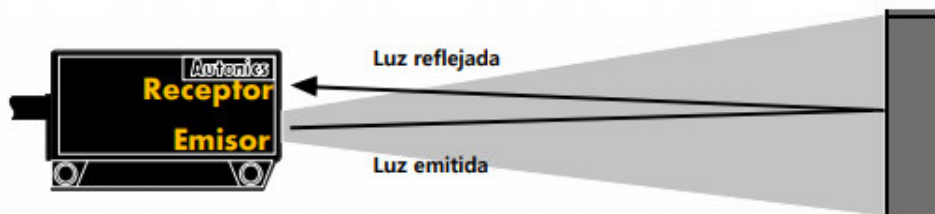


Figura 31. Sensor fotoeléctrico reflectivo difuso [11]

## 2. IMPLEMENTACION DEL MODULO DE INSTRUMENTOS

Para la ejecución del proyecto y optimización de la estructura instalada se decidió crear subdivisiones, las cuales exhiben funciones específicas para la operación total del módulo de instrumentos y sistemas neumáticos. dichas subdivisiones corresponden a: área de potencia y distribución, módulo de sistemas neumáticos juego de trampas y circuito serie, módulo de sensores e instrumentos electrónicos y elementos de comunicación industrial.

El área de potencia y distribución es la encargada de recibir la energía eléctrica de la red de la Universidad Pontificia Bolivariana y distribuirla en las diferentes secciones del proyecto, ya sea de manera directa o transformándola por medio de fuentes AC-DC a los distintos elementos instalados.

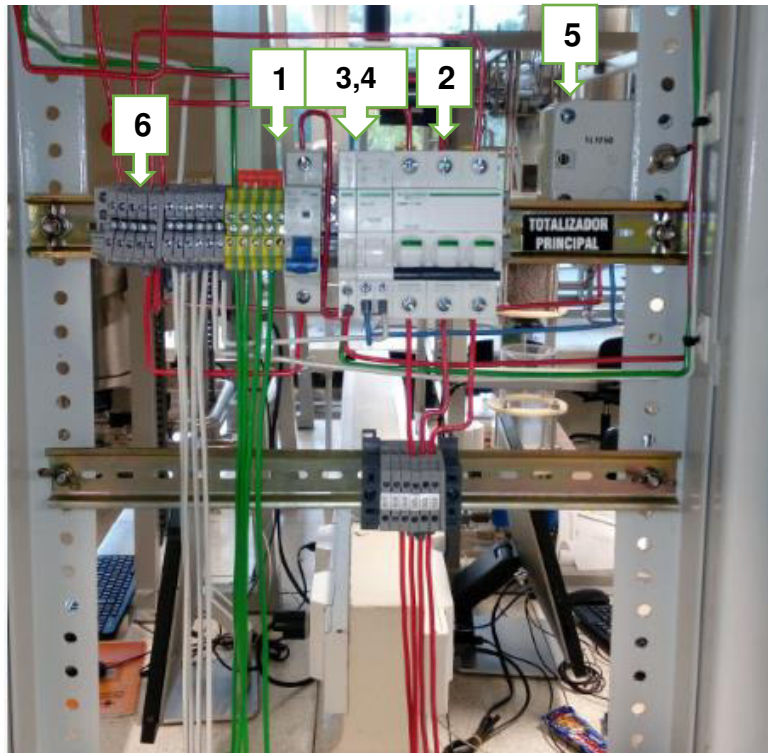
En el área de distribución se presentan los elementos de la tabla 3

No	Elemento	Descripción, Función
1	Interruptor automático magnetotérmico #1	Interruptor independiente para energizar la baliza indicadora del estado del módulo (Activo, Apagado o Falla).
2	Interruptor automático magnetotérmico de 3 polos	Interruptor de 3 polos, 16 A encargado de llevar la energía eléctrica al sistema interconectado con Bobina de disparo y contacto auxiliar.
3	Bobina de disparo en derivación con contacto	Bobina interconectada con el interruptor de 3 polos y el contacto auxiliar, para accionamiento por medio de la parada de emergencia o presencia de sobre-tensiones.
4	Contacto inversor auxiliar	Contacto instalado para energizar la Baliza indicadora en sus dos estados de funcionamiento (Activo, Apagado - Falla).
5	Parada de emergencia con caja (NO)	Parada de emergencia del sistema en general
6	Borneras	Borneras y puentes usados para conectar diferentes ramas sin necesidad de empalmes Las borneras son de Fase, Nutro y Tierra

**Tabla 3.** Elementos área de potencia

Los elementos nombrados se identifican en la figura 32, que presenta la primera parte del área de distribución 110v.



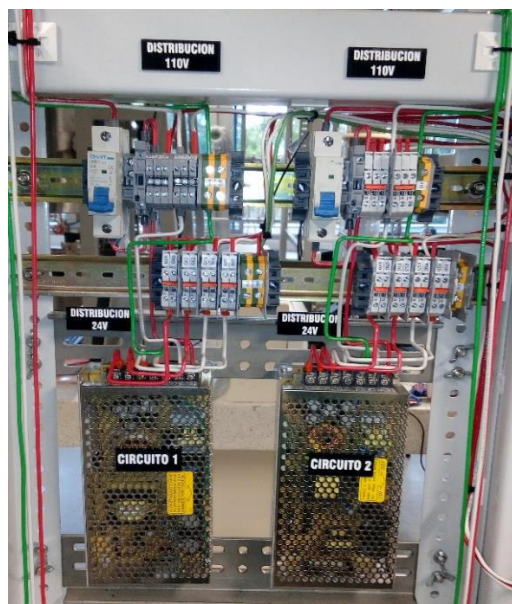


**Figura 32.** Distribución principal Modulo de sensores [Fuente: Autor]

La tabla 4 identifica la distribución secundaria de todo el sistema, contando con dispositivos de transformación, protección y distribución observados en la figura 33.

No	Elemento	Descripción, Función
1	Interruptor automático magnetotérmico	Protección instalada para seguridad en caso de sobrecarga o cortocircuito
2	Bornera Porta Fusibles	Protección instalada en cada circuito como protección en caso de corto circuitos
3	Borneras (Voltaje, Tierra)	Borneras y puentes usados para conectar diferentes ramas sin necesidad de empalmes. Las borneras son de Fase, Nutro y Tierra +24VDC -0VDC
4	Fuente S100-24	Fuente de alta fidelidad salida 24V Corriente nominal 4.5A y 108W de salida

**Tabla 4.** Tabla de distribución secundaria



**Figura 33.** Área de distribución y transformación corriente alterna- corriente directa [Fuente. Autor]

## 2.1 ÁREA DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN CORRIENTE ALTERNA- CORRIENTE DIRECTA

En los niveles inferiores se presentan 4 circuitos identificados e independientes, que poseen subdivisiones, cuyo objetivo es dar suministro eléctrico a las diferentes áreas del módulo indicadas en la tabla 5.

Circuitos	Salidas	Nivel Conectado
<b>Circuito1</b>	Salida1	Nivel 2: Sensores del 3 al 5 con respectivos pilotos incluido registrador
	Salida2	Nivel 1: Sensores del 1 y 2 con sus respectivos pilotos
<b>Circuito2</b>	Salida1	Nivel 3: Sensores del 6 al 8 con respectivos pilotos y voltímetro #1
	Salida2	Nivel 4: Sensores del 9 al 11 con respectivos pilotos y voltímetro #2
<b>Circuito3</b>	Salida1	Nivel 5: Sensores del 12 al 14 con respectivos pilotos y voltímetro #3
	Salida2	Nivel 6: Sensores del 15 al 18 con respectivos pilotos, amperímetro digital y voltímetro #2
<b>Circuito4</b>	Salida1	Sistema Neumático
	Salida2	Sensores: Ultrasonido, Radar, Encoder's y transmisor Zigbbe

**Tabla 5.** Distribución de circuitos secundarios

### 3. MÓDULO DE SENSORES INDUSTRIALES

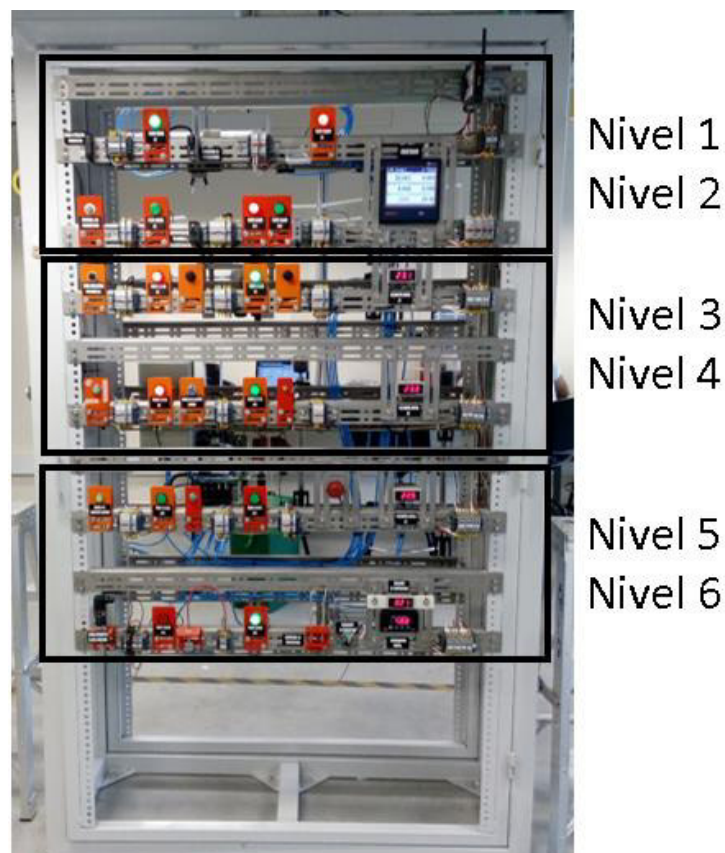
Esta sección del módulo presenta una amplia variedad de sensores industriales, junto con diferentes tipos de conexión y aplicación: conexión PNP, NPN, salida 0-10VDC, instalación tipo barrera y sus voltajes de funcionamiento.

Los sensores que se exponen en este proyecto son: magnéticos, capacitivos, inductivos, nivel, ultrasónicos, radar, así como detectores de temperatura en sus salidas por medio de transmisores de temperatura 4-20mA y pantallas indicadoras.

#### 3.1 ESPECIFICACIONES, ORGANIZACIÓN Y DISTRIBUCION DE INSTRUMENTOS

En la ejecución de esta sección del módulo se instalaron los sensores en un orden consecutivo y de manera horizontal, esta organización permitió realizar subdivisiones a las que se les llamo niveles (figura 34).

Esta clasificación va acorde a los circuitos que se controlan desde la sección Área de Distribución, mencionada en ítems anteriores.



**Figura 34.**Distribución por niveles módulo de sensores industriales

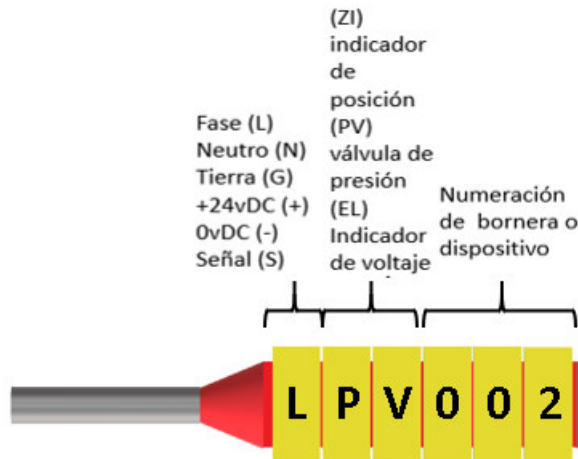
### 3.2 NUMERACION E IDENTIFICACIONE DE TERMINALES

Tomando como referencia el texto guía, *Automatismos industriales* de Juan Carlos Martín y María Del Pilar García, en el capítulo 8 se describe una representación avanzada de esquemas, la numeración de conductores se optó por el método de numeración de únicos hilos, según el cual a cada cable se asigna una identificación.

Del texto guía identificado anteriormente, se estableció la organización de los circuitos basándose en la numeración de regleteros y borneros, implementando el cableado por niveles según las fuentes de alimentación.

Para la identificación de terminales, se optó por la marca *telemecanique*, la cual presenta terminal fijo con extensión para inserción de marquillas. A continuación, se describe la topología elegida para esta tarea (Figura 35). [12]

Se designó la primera posición partiendo del terminal metálico como la polaridad del circuito; las marcaciones dos y tres se asignaron como tag del instrumento; las marcaciones cuatro, cinco y seis corresponden a la numeración de destino del instrumento o de la línea.



**Figura 35.** Identificación de terminales y nomenclatura

#### 3.2.1 Sensor fotoeléctrico retro reflectivo #1.

Características del sensor.

- Rango de trabajo= 0.1 metros – 2 metros
- Conexión= Este sensor se puede conectar como un NPN Y PNP, en el módulo se encuentra NPN.
- Detecta= Objetos opacos a una distancia mínima de 60 mm.
- Conexión= 0-24 VDC

Este sensor de 4 hilos presenta una conexión acorde a la figura 19 y su conexión en borneras se ajusta a la tabla 6, en la que se indica el instrumento, borneras en las que se encuentra conectado y la señalización de su salida

Sensor 1 fotoeléctrico retro reflectivo BMS2M-MDT	BLE01	WHT01	BLK01		BRN01	B130	B132
	<b>B177</b>	<b>B118</b>	<b>B119</b>	<b>B120</b>	<b>B121</b>	<b>B122</b>	<b>B123</b>
	B122		ZI01+	ZI01-	B123	VDC-	VDC+

**Tabla 6.** Conexiones sensor retro reflectivo #1

### 3.2.2 Transmisor fotoeléctrico # 1

Características del sensor (Anexo 7).

- Rango de trabajo= 0 metros – 15 metros.
- Detecta= objetos opacos a una distancia mínima de 2 mm
- Salida= un rele,5 /250Vac
- Conexión= 0-24 VDC

Sensor de 2 hilos presenta una conexión acorde a la figura 18.y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 7

Transmisor 1 fotoeléctrico LS3-15MX	BU2-		B131	BN02+		B133
	<b>B124</b>	<b>125</b>	<b>B126</b>	<b>B127</b>	<b>B128</b>	<b>B129</b>
	PUENTES			PUENTES		

**Tabla 7:** Conexiones transmisor fotoeléctrico # 1

### 3.1.1 Sensor magnético # 3.

Características del sensor (Anexo 7).

- Corriente máxima de conmutación= 500 mA
- Detecta= imanes
- Tiempo de activación del contacto= 2msec
- Conexión= 110 VAC

Sensor de 2 hilos presenta una conexión acorde a la figura 18, y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 8.

sensor 3 magnético SMC-12NO	BU03 -	BN03 +	B161	B162
	<b>B134</b>	<b>B135</b>	<b>B136</b>	<b>B137</b>
	ZI03 +	B137	ZI03 -	B135

**Tabla 8.** Conexiones sensor magnético #3

### 3.1.2 Receptor fotoeléctrico tipo barrera # 1.

Características del sensor (Anexo 7).

- Distancia detección= 0-15 metros
- Detecta objetos= opacos a una distancia mínima de 2 cm
- Salida= tipo relé de 5A / 250VAC
- Terminal gris= normalmente cerrado
- Terminal negro= normalmente abierto

Sensor de 4 hilos presenta una conexión acorde a la figura 20, y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 9.

Receptor 1 fotoeléctrico tipo barrera LS315MT	PUENTE BU04 -			BK04	GY04	WH04	BN04 +	B154	B146
	<b>B138</b>	<b>B139</b>	<b>B140</b>	<b>B141</b>	<b>B142</b>	<b>B143</b>	<b>B144</b>	<b>B145</b>	<b>B146</b>
	ZI42-	ZI41-	B145	ZI41+	ZI42+	PUENTES VDC+		VDC-	VDC+

**Tabla 9.** conexiones Receptor fotoeléctrico tipo barrera # 1

### 3.1.3 Receptor fotoeléctrico tipo barrera # 2.

Características del sensor (Anexo 7).

- Distancia detección= 0-500 cm
- Detecta objetos= opacos
- Tipos de intervención= inmediato
- Corriente de salida máxima= 200 mA.

Sensor de 4 hilos presenta una conexión acorde a la figura 21, y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 10 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 10.

Receptor 2 fotoeléctrico tipo barrera FTQSP-CAR	WH05	BK05	PUENTES BU05-		BN05 +	B160	B158
	<b>B147</b>	<b>B148</b>	<b>B149</b>	<b>B150</b>	<b>B151</b>	<b>B152</b>	<b>B153</b>
	ZI05 +		ZI05 -	B152	B153	VDC-	VDC+

**Tabla 10.** Conexiones Receptor fotoeléctrico tipo barrera # 2

### 3.1.4 Sensor fotoeléctrico auto réflex # 6.

Características del sensor (Anexo 7).

- Distancia= 0-400 mm
- Función= conexión NPN-PNP este sensor está conectado en el módulo en función NPN
- Detecta objetos= transparentes, translucidos y materiales opacos.
- Conexión= 0-24 VDC

Sensor de 4 hilos presenta una conexión acorde a la figura 21 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 11.

Sensor 6 fotoeléctrico auto réflex. BR100-DDT	BU06 -	BK06	WH06	PUENTE BN06 +		B185	B188
	<b>B164</b>	<b>B165</b>	<b>B166</b>	<b>B167</b>	<b>B168</b>	<b>B169</b>	<b>B170</b>
	B169	ZI06 +		ZI06 -	B170	VDC -	VDC +

**Tabla 11.** sensor fotoeléctrico auto réflex # 6

### 3.1.5 Sensor fotoeléctrico polarizado reflectivo # 7.

Características sensor (Anexo 7).

- Distancia= 0-15 metros
- Función= PNP-NPN este sensor se encuentra conectado de forma PNP
- Corriente de salida= 100 mA
- Alimentación= 0-24 VDC

Sensor de 4 hilos presenta una conexión acorde a la figura 21 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 12.

sensor 7 fotoeléctrico polarizados reflectivo XU1P18NP340	BU07 -	BK07	OG07	PUENTE BN07 +		B186	B189
	<b>B171</b>	<b>B172</b>	<b>B173</b>	<b>B174</b>	<b>B175</b>	<b>B176</b>	<b>B177</b>
	B176	ZI07+		ZI07-	B177	VDC -	VDC +

**Tabla 12.** sensor fotoeléctrico polarizado #7

### 3.1.6 Sensor fotoeléctrico reflectivo difuso # 8.

Características sensor (Anexo 7).

- Distancia= 0-10 centímetros
- Función= PNP-NPN este sensor se encuentra conectado de forma PNP
- Corriente de salida= 100 mA
- Alimentación= 0-24 VDC

Sensor de 4 hilos presenta una conexión acorde a la figura 21 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 13.

Sensor 8 fotoeléctrico reflectivo difuso XU5P18PP340	PUENTE BN08 +		OG08	BK08	BU08 -	B187	B190
	B178	B179	B180	B181	B182	B183	B184
	EI01 -	B184		EI01 +	B183	VDC -	VDC +

**Tabla 13.** Conexiones sensor fotoeléctrico reflectivo difuso # 8

### 3.1.7 Sensor capacitivo blindado # 9.

Características del sensor (Anexo 7):

- Distancia= 0-10 milímetros
- Salida = configuración PNP y voltaje DC
- Corriente de salida= 200 mA
- Alimentación= 0-24VDC.



Sensor de 4 hilos presenta una conexión acorde a la figura 21 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 14.

Sensor 9 capacitivo blindado SC18SM-C5 PNP NO+NC	PUENTE BU09 -		BK09	WH09	BN09 +	B209	B211
	<b>B193</b>	<b>B194</b>	<b>B195</b>	<b>B196</b>	<b>B197</b>	<b>B198</b>	<b>B199</b>
	ZI09 -	B198		ZI09 +	B199	VDC -	VDC +

**Tabla 14.** Conexiones sensor capacitivo blindado # 9

### 3.1.8 Sensor capacitivo blindado # 10.

Características del sensor (Anexo 7):

- Distancia= 0-5milímetros
- Salida = configuración SCR, NO es decir normalmente abierto
- Corriente de salida= 200 mA
- Alimentación= 0-110vAc

Sensor de 2 hilos presenta una conexión acorde a la figura 18. y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 15.

Sensor 10 capacitivo blindado CM18-2005 <sup>a</sup>	BU10	BN10	B213	B215
	<b>B200</b>	<b>B201</b>	<b>B202</b>	<b>B203</b>
	B202	ZI10 +	VDC -	VDC +

**Tabla 15.** Conexiones sensor capacitivo blindado # 10

### 3.1.9 Sensor inductivo blindado # 11.

Características del sensor (Anexo 7):

- Distancia= 0 - 1.5 milímetros
- Salida = configuración NPN.
- Corriente de salida= 200 mA
- Alimentación= 0-24VDC

Sensor de 3 hilos presenta una conexión acorde a la figura 19 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 16.

PR08-1.5DN	BU11 +	B210	BK11	BN11 -	B212
	<b>B204</b>	<b>B205</b>	<b>B206</b>	<b>B207</b>	<b>B208</b>
	PUENTES EIO2 -		EIO2 +	PUENTES	

**Tabla 16.** Conexiones sensor inductivo blindado # 11

### 3.1.10 Sensor inductivo # 12.

Características del sensor (Anexo 7):

- Distancia= 0- 4 milímetros
- Salida = configuración PNP.
- Corriente de salida= 100 mA
- Alimentación= 0-24VDC.

Sensor 3 hilos presenta una conexión acorde a la figura 19. y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 17.

Sensor 12 inductivo blindado PK3/00-1A	PEUNTE BU12 -		BK12	WH12	BN12 +	B235	B238
	<b>B217</b>	<b>B218</b>	<b>B219</b>	<b>B220</b>	<b>B221</b>	<b>B222</b>	<b>B223</b>
	ZI12 -	B222	ZI12 +	B221 PUENTE		VDC -	VDC +

**Tabla 17.** Sensor inductivo # 12

### 3.1.11 Sensor inductivo no blindado # 13.

Características del sensor (Anexo 7):

- Distancia= 0- 3.2 milímetros
- Salida = configuración PNP.
- Corriente de salida= 150 mA
- Alimentación= 0-24VDC.

Sensor 3 hilos presenta una conexión acorde a la figura 19 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 18.

Sensor 13 inductivo no blindado TS-1204PA	BU13 + PUENTE		BK13	BN13 -	B236	B239
	<b>BB224</b>	<b>B225</b>	<b>B226</b>	<b>B227</b>	<b>B228</b>	<b>B229</b>
	B228	ZI13 -	ZI13 +	B229	VDC -	VDC +

**Tabla 18.** Conexiones sensor inductivo no blindado # 13.

### 3.1.12 Sensor capacitivo # 14.

Características del sensor (Anexo 7):

- Distancia= 0- 15 milímetros
- Salida = configuración PNP.
- Corriente de salida= 330mA
- Alimentación= 0-24VDC

Sensor de 2 hilos presenta una conexión acorde a la figura 18. y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla19.

sensor 14 capacitivo KAS-1000-30-M32	BU14 +	B237	BN14 +	S. RESISTENCIA	RESISTENCIA	B240
	B230	B231	B232	B233		B234
	EI03 - PUENTE		EI03 + PUENTE			VDC +

**Tabla 19.** Conexiones sensor capacitivo # 14

### 3.1.13 Sensor interruptor de nivel vibratorio #15.

Características del sensor (Anexo 7):

- Distancia= detecta líquidos por contacto vibratorio
- Salida = configuración PNP
- Corriente de salida= 250mA
- Alimentación= 0-24VDC

Sensor 2 hilos presenta una conexión acorde a la figura 18 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 20.

Sensor 15 ultrasónico de nivel VEGASWING 51		B246	E. SENSOR				E. SENSOR	A2	
	<b>B243</b>	<b>A2</b>	<b>A1</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>B244</b>	<b>B245</b>	<b>B246</b>	<b>B247</b>
				B246	ZI15 +	VDC -	ZI15 -	21	VDC +

**Tabla 20.** Conexiones Sensor ultrasónico de nivel # 15

### 3.1.14 Interruptor de nivel - Aeco.

Características del sensor (Anexo 7):

- Es utilizado principalmente para medir el nivel de fluidos de baja densidad.
- Para su funcionamiento debe ser instalado en forma vertical.

Sensor de 2 hilos presenta una conexión acorde a la figura 18 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 21.

Detector 16 de nivel TIPO FLOTADOR	SN01	SN02	ZI16 -
	<b>B248</b>	<b>B249</b>	<b>B250</b>
	VDC +	ZI16 -	VDC -

**Tabla 21.** Conexiones detector de nivel de líquidos

### 3.1.15 Detector resistivo de temperatura RTD PT100

Características del sensor (Anexo 7):

- Trabaja por medio de temperatura, basando su comportamiento en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.
- Al calentarse el metal estimula los electrones aumentando la resistencia.

La presencia de 3 hilos en este sensor tiene como objetivo eliminar señales parasitas, el equipo al que se ve conectado realiza unos cálculos de compensación para así obtener una correcta medición. Su conexión se representa por medio de la tabla 22.

Transmisor 17 de temperatura RTD PT-100	TT +	VDC -	B'	B	A
	1	2	3	4	5

**Tabla 22.** Conexiones termo resistencia pt100 transmisor

### 3.1.16 Encoder incremental de doble canal con cuadratura de fase tipo A

Características del Encoder (Anexo 7):

- Ideal para aplicaciones que requieren una onda cuadrada simple, simétrica y unidireccional.
- En la industria es utilizado para trabajos como máquinas de llenado, manejo de materiales, devanado de alambre, PLC y motores.
- Posee eje para acople para facilitar su acople con elementos de rotación

Su conexión se denota en la tabla de conexiones (tabla 23)

Encoder 24 óptico incremental con eje	B265	IO10	IO11	
	<b>B277</b>	<b>B276</b>	<b>B274</b>	<b>B273</b>
	GR234	WH24	VDC24-	VDC24+

**Tabla 23.** Conexiones Encoder incremental tipo A

### 3.1.17 Encoder incremental de doble canal con cuadratura de fase tipo B

Características del Encoder (Anexo 7):

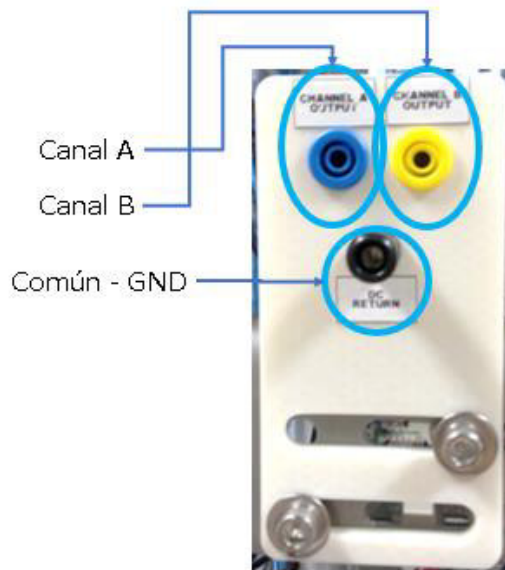
- Cuenta con tres entradas y tres salidas.
- Es un Encoder de eje ciego el cual permite la inserción del eje a monitorear.

Su conexión se denota en la tabla de conexiones (tabla 24)

Encoder 23 óptico incremental tipo B	VDC23-	VDC23+	OUTPUT B 23	OUTPUT A 23
	<b>INPUT 1</b>	<b>INPUT2</b>	<b>INPUT3</b>	<b>INPUT4</b>

**Tabla 24:** Conexiones Encoder incremental tipo B

Este instrumento se encuentra conectado a un soporte para observar sus respectivas señales por medio de un osciloscopio como se observa en la figura 36



**Figura 36.** Terminales de conexión para Encoder incremental tipo B

### 3.1.18 Sensor ultrasónico de nivel.

Características del sensor (Anexo 7):

- Rango de detección= 50-800 milímetros.
- Zona ciega= 0 50 milímetros.
- Tipo de salida = salida análoga de 0-10 v
- Frecuencia de funcionamiento: 255kHz

La conexión de este instrumento se observa en la tabla 25

Sensor ultrasónico de nivel UB800-18GM40-U-V1	ST1	24VDC	ST2	0 VDC			S3
--	-----	-------	-----	-------	--	--	----

	<b>B281</b>	<b>B282</b>	<b>B283</b>	<b>B284</b>	<b>B285</b>	<b>B286</b>	<b>B287</b>
	BN25 +	VDC23 +	BU25 -	VDC23 -		WH25	BK25

**Tabla 25.** Conexiones sensor ultrasónico de nivel

### 3.1.19 Sensor Vega plus 64 para medición de líquidos.

Características del sensor (Anexo 7):

- Alcance= hasta 30 metros
- Precisión=  $\pm 2$ mm
- Entrada= 0- 24 VDC
- Salida= 4-20 mA/HART
- Frecuencia de trabajo :80GHz

Sensor 3 hilos presenta una conexión acorde a la figura 19 y su conexión en el módulo se presenta por medio de la tabla 24.

Sensor 26 Vega Plus 64	B278	IA5	
	<b>B261</b>	<b>B262</b>	<b>B263</b>
	WH26	BK26	BN26

**Tabla 26.** Conexiones Sensor Vega plus 64 para medición de líquidos

### 3.1.20 Sistema de comunicación inalámbricas tipo Zigbee

Características del enlace (Anexo 7):

- Transmite señales analógicas y digitales por medio de un enlace inalámbrico.
- Modulación: QPSK
- Tasa de transmisión RF: 250Kb/s
- Potencia de transmisión RF: 10mW - 100mW
- Gracias al protocolo de comunicación, admite la conexión de varias señales al mismo tiempo.

La conexión de los Transmisores y Receptores que conforman el medio de comunicación industrial se evidencia en las tablas 25 y tabla 26.

Transmisor Intech Instruments Z-2400-A21	B267	B264	B284	B280	B263	B268	B276	B274	Z117+	B265
	B1	B2	A12	A13	A15	A16	IO10	IO12	RO18	RO19

**Tabla 27.** Conexiones transmisor Zigbee

Esquema de conexión del receptor.

RECEPTOR Intech Instruments Z-2400-A21	B130	B132	B128	P-201	B127	P-206	A-IC26	B-IC26
	B1	B2	A02	A03	A05	A06	IO10	IO13

**Tabla 28.** Conexiones receptor Zigbee

### 3.1.21 Pantalla registradora.

Características de la pantalla (Anexo 7):

- Puede registrar 48 entradas diferentes.
- Permite la configuración de 3 a 27 módulos de entrada y de salida.
- Presenta múltiples modos de visualización de las variables
- Permite conexión vía Ethernet para descarga de históricos

Esquema de conexión en el módulo.

La conexión de la pantalla registradora se evidencia en la tabla 27.

REGISTRADOR	B160	B163	A03	B125	A06	B126
	1	2	201	202	206	207

**Tabla 29.** Conexiones pantalla registradora



## 4 MODULO NEUMÁTICO

Esta sección del proyecto consiste en una simulación didáctica de un proceso en el que actúan: electroválvulas, Cilindros de simple y doble efecto, Finales de carrera eléctricos y neumáticos para cumplir con el objetivo de desplazar una esfera por una estructura de acrílico, cumpliendo un ciclo de movimiento en el que interactúan diferentes tipos de actuadores.

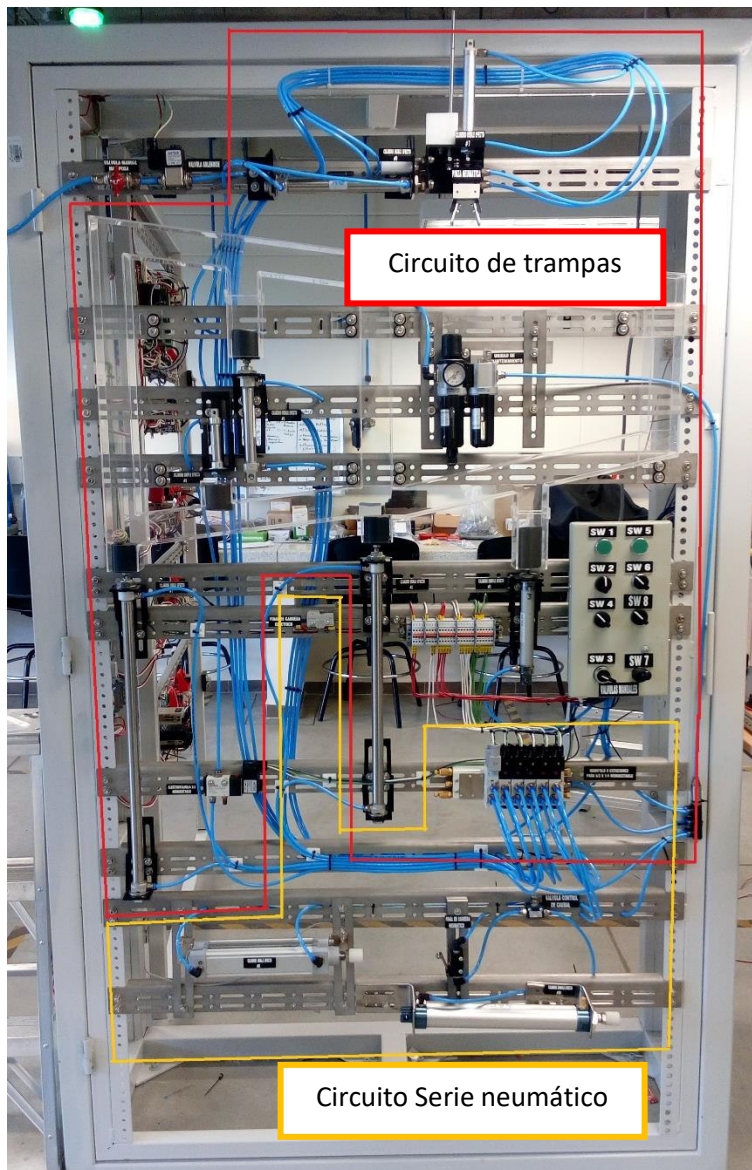
### 4.1 ESPECIFICACIONES Y DISEÑO DEL SISTEMA NEUMATICO

En la ejecución de esta sección del módulo, su principal objetivo es presentar una aplicación neumática, junto con la implementación de múltiples dispositivos de tal función.

Se elaboró un diseño en asesoría de la empresa *SMARTS Ingeniería*, obteniendo como resultado final el presentado en Anexo 3, figura 37. Exhibe una estructura en material acrílico traslucido de 1.85mm de espesor, en la que actúan 7 cilindros de diferente recorrido junto con una pinza neumática, que en conjunto conforman un circuito de trampas identificados en la tabla 28 (figura 38).

En la parte inferior de la estructura se presenta un circuito neumático independiente conformado por 2 cilindros en conexión cascada.

Para el control del flujo del aire de los elementos instalados se diseñó un tablero de control, encargado de accionar los cilindros participantes en el circuito de trampas, y para la manipulación del circuito serie se tiene un interruptor (Final de carrera eléctrico) y un Final de carrera Neumático.

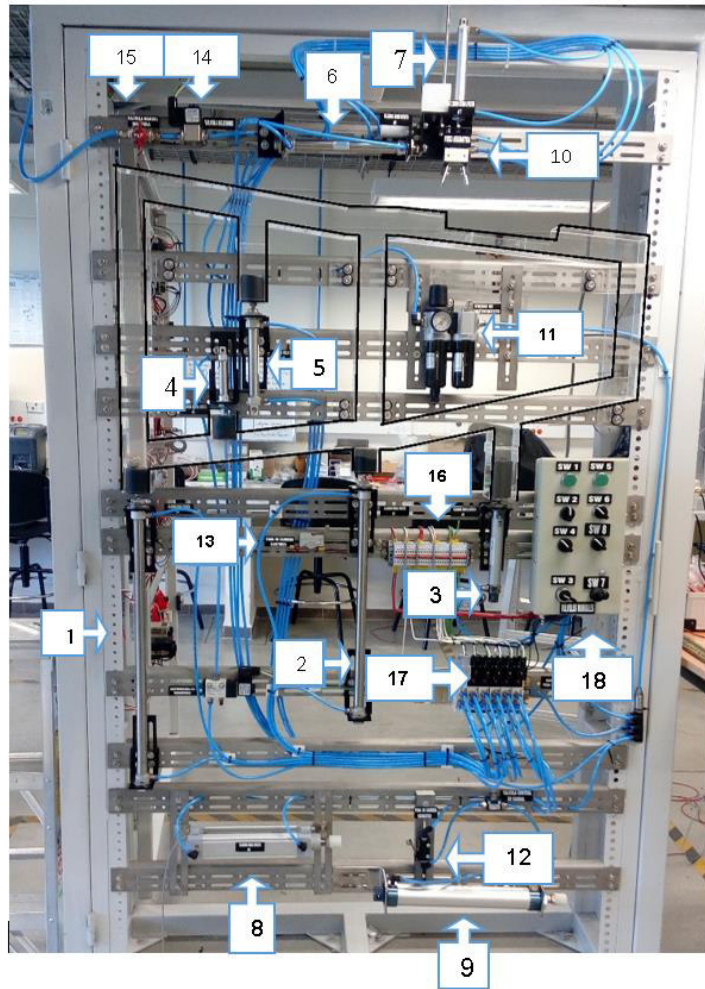


**Figura 37.** Identificación de circuitos neumáticos

Numero	Elemento	Descripción
1	Cilindro doble efecto #1	Cilindro de 50cm de recorrido
2	Cilindro doble efecto #2	Cilindro de 40cm de recorrido

<b>3</b>	Cilindro simple efecto #3	Cilindro de 7cm de recorrido
<b>4</b>	Cilindro simple efecto #4	Cilindro de 3cm de recorrido
<b>5</b>	Cilindro doble efecto #5	Cilindro de 10cm de recorrido
<b>6</b>	Cilindro doble efecto #6	Cilindro de 15cm de recorrido
<b>7</b>	Cilindro doble efecto #7	Cilindro de 10cm de recorrido
<b>8</b>	Cilindro doble efecto #9	Cilindro de 15cm de recorrido
<b>9</b>	Cilindro simple efecto #10	Cilindro de 15cm de recorrido
<b>10</b>	Pinza neumática	Elemento neumático con un cilindro de doble efecto, construido para función de pinza
<b>11</b>	Unidad de Mantenimiento	Unidad de mantenimiento FRL (filtro, regulador y lubricador)
<b>12</b>	Final de carrera neumático	Elemento de activación manual o neumática para el cilindro #10
<b>13</b>	Final de carrera eléctrico	Elemento de activación para el circuito 2, serie (cilindro #9)
<b>14</b>	Válvula solenoide	Válvula de corte general eléctrica
<b>15</b>	Válvula manual tipo mariposa	Válvula de corte general flujo de aire
<b>16</b>	Bloque de distribución eléctrica	Centro de distribución tanto en 24 VDC como en 110vAC
<b>17</b>	Manifold 8 estaciones	Unidad de distribución para 6 electroválvulas 5/2 de funcionamiento 24VDC y 110v AC
<b>18</b>	Bloque de control	Bloque con 6 interruptores eléctricos y 2 manuales neumáticos

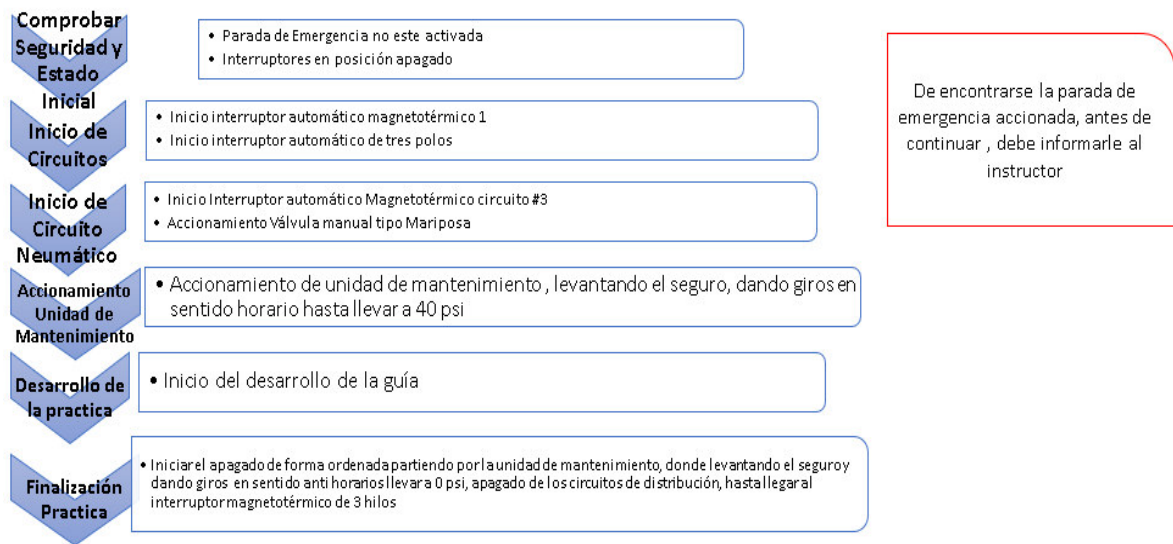
**Tabla 30.** Elementos módulo neumático



**Figura 38.**Identificación elementos modulo

## 4.2 FUNCIONAMIENTO MODULO NEUMÁTICO

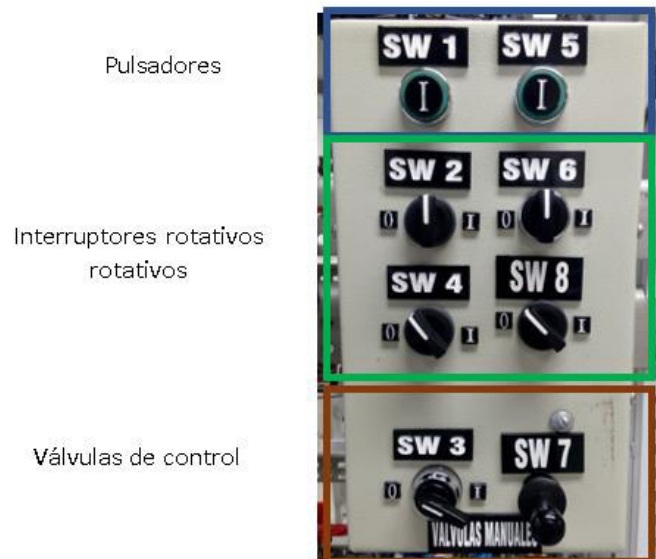
Para un correcto funcionamiento de este módulo se diseñó un procedimiento de inicio con el objetivo de evitar accidentes. Se contempla una revisión de seguridad y un orden de activación de la práctica.



**Figura 39.** Secuencia de inicio modulo Neumático

En cuanto al módulo neumático se cuenta con un tablero de control para el circuito de trampas y un final de carrera eléctrico para activar el circuito serie de cilindros. El tablero de control (figura 40) para el circuito de trampas consta de 8 interruptores, dos pulsadores, cuatro interruptores rotativos, una válvula de control neumático rotativo y una válvula de palanca manual. La marcación que se ubica sobre cada elemento corresponde al cilindro sobre el cual tiene efecto.

El circuito serie de cilindros está controlado por un final de carrera eléctrico que activa la electroválvula 5/2 llamada PV09, generando el recorrido del cilindro #9, este a su vez, al terminar con su recorrido activa un final de carrera neumático para iniciar el recorrido del cilindro #10.



**Figura 40.** Tablero de Control sistema neumático

Los elementos que actúan bajo el dominio del tablero de control están instalados en un manifold de 8 estaciones (figura 41), en el que se encuentran instalados 6 electroválvulas 5/2 identificados acorde con el tablero de control.



**Figura 41.**Manifold de 8 estaciones con electroválvulas 5/2

Complementando lo anterior, se presenta una marcación en las líneas de aire con la notación Ax, que corresponde a las líneas que se dirigen a la vía de aire en la culata trasera del cilindro, y la marcación con la letra Bx, la cual se conecta a la culata delantera del cilindro.

## 5. PRACTICAS DE LABORATORIO

La guía de laboratorio para el módulo de sensores e instrumentos neumáticos que se observa en el Anexo 7 describe el funcionamiento del mismo, los componentes y la disposición de los diversos sensores, proponiendo actividades y preguntas que permiten no solo comprender el funcionamiento del módulo, sino también el campo de aplicación en el que se implementa cada dispositivo.

La estructura sobre la cual se ideó el desarrollo de esta guía, está basada en la propuesta de Contreras, Tristancho y Gonzales (2015), quienes indican las opciones de objetivos a desarrollar en los laboratorios, a partir de las habilidades cognitivas y profesionales que se pretenden fomentar en los estudiantes [13]. De igual manera se tomó la plantilla como modelo para la elaboración de la guía.

El documento de la misma se encuentra dividido en tres secciones, la primera compete a la identificación del cableado por medio de sus terminales dando a entender la organización del mismo, así como el funcionamiento de los sensores y el estudio de su aplicabilidad. La segunda sección corresponde a los elementos que componen un sistema neumático, proponiendo su identificación, clasificación y diagramación. La tercera sección se refiere a un sistema de comunicación industrial en el que se presenta la transmisión de variables análogas como señales 4-20mA y 0-10VDC, y digitales, exhibiéndolas en un elemento registrador e indicador lumínico.

Cada sección puede ser aplicada de manera independiente según lo considere el docente encargado.

## **RECOMENDACIONES**

La recomendación principal respecto al módulo corresponde a la instalación de un panel acrílico transparente en la parte posterior al área de distribución y transformación de corriente alterna corriente directa, con el objetivo de aumentar la seguridad y evitar posibles accidentes.

Se recomienda realizar mantenimientos preventivos con regularidad semestral al área neumática, con el fin de remover impurezas que puedan afectar el funcionamiento de los cilindros y electroválvulas.

Se sugiere una continua actualización del módulo de acuerdo a los requerimientos de la industria y también proyectar la automatización del módulo neumático. De igual manera, se recomienda el diseño de una red industrial que vincule los diferentes módulos del laboratorio para la implementación de prácticas de visualización y control remoto, así como de seguridad industrial.



## CONCLUSIONES

Luego de la evaluación de los módulos de instrumentos existentes en la Universidad, el estudio de su pertinencia y la procedencia de un proceso de reingeniería, se logró hacer un aporte que representa un avance en las herramientas educativas que buscan la incorporación de los estudiantes en ambientes prácticos que complementan el proceso formativo.

Partiendo de la utilidad del módulo anterior el cual estaba dirigido a prácticas relacionadas a conexiones y pruebas de instrumentos; el módulo desarrollado en este trabajo de grado creó una herramienta que permite un trabajo continuo, evitándose de esta forma desgastes en los elementos de conexión y así evitar posibles conexiones erróneas, que a la larga causarían daños a los múltiples instrumentos.

Para el rediseño del módulo se utilizó una estructura flexible cuya característica principal es la movilidad de los instrumentos y la readecuación de la celda según las necesidades del usuario.

Las dimensiones de la estructura proveen el espacio suficiente para la instalación de nuevos equipos, que complementen las funciones del módulo y garanticen los objetivos propuestos en este trabajo de investigación.

El impacto generado con este trabajo se da en que se puede observar la evolución en la parte estructural y la implementación de sensores considerándolos como equipo de campo en la base de la pirámide de automatización hasta proyectarlo a un sistema de red tipo SCADA integrando los diferentes módulos presentes en el laboratorio de instrumentación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. A. Manosalva Galvis, Práctica Empresarial Grupo Siatec Ltda, Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana , 2009, p. 122.
- [2] TRIMANTEC, 11 Junio 2018. [En línea]. Available: [https://trimantec.com/wp-content/uploads/2016/02/Airtac\\_2V\\_Trimantec2016.pdf](https://trimantec.com/wp-content/uploads/2016/02/Airtac_2V_Trimantec2016.pdf). [Último acceso: 11 Junio 2018].
- [3] Mindman, «Mindman Web site,» 7 Junio 2018. [En línea]. Available: <http://www.mindman.com.tw>. [Último acceso: 7 Junio 2018].
- [4] Airtac, «Airtac,» 11 Junio 2018. [En línea]. Available: [http://en2.airtac.com/pro.aspx?c\\_kind=4&c\\_kind2=19&c\\_kind3=40&c\\_kind4=49](http://en2.airtac.com/pro.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=40&c_kind4=49).
- [5] «Sistemas Numáticos,» 11 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://neumaticabasicaepp.wordpress.com/>. [Último acceso: 11 Junio 2018].
- [6] Blinklearning Soluciones educativas, 11 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.blinklearning.com/coursePlayer/clases2.php?idclase=66248629&idcurso=1186409#>. [Último acceso: 11 Junio 2018].
- [7] «Tecnical- Automatización Industrial,» Tecnical , 11 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.tecnical.cat/apunts-tecnics/cas-diferencias-entre-pnp-y-npn-apuntes-tecnicos-tecnical-manresa-igualada.pdf>. [Último acceso: 11 Junio 2018].
- [8] Automantenimiento, «automantenimiento,» 11 Junio 2018. [En línea]. Available: <http://automantenimiento.net/electricidad/tipos-de-conexiones-de-los-sensores-de-proximidad/>. [Último acceso: 11 Junio 2018].
- [9] VEGA, «VEGA,» VEGA, 2017 Agosto 16. [En línea]. Available: [https://www.vega.com/en/home\\_sr/Products/Product-catalog/Level/Radar/VEGAPULS-64](https://www.vega.com/en/home_sr/Products/Product-catalog/Level/Radar/VEGAPULS-64). [Último acceso: 16 Agosto 2017].
- [10] Autonics , «<http://dominion.com.mx>,» Autonics Sensors & Controllers, 05 Julio 2018. [En línea]. Available: <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-de-proximidad.pdf>. [Último acceso: 05 Julio 2018].
- [11] AUTONICS, «<http://dominion.com.mx/>,» AUTONICS, 06 Julio 2018. [En línea]. Available: <http://dominion.com.mx/descargas/sensores-fotoelectricos.pdf>. [Último acceso: 06 Julio 2018].
- [12] J. C. G. M. P. Martín Castillo, Automatismos Industriales, Pozuelo de Alarcón(Madrid): Editorial Editex, S. A., 2010.

- [13 L. E. C. B. & J. A. T. Ortiz,  
] «<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/ravi/article/view/1427>,» 19 JUNIO 2015. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5236377.pdf>. [Último acceso: 12 JUNIO 2018].
- [14 PEPPERL+FUCHS, «PEPPERL+FUCHS,» 11 Junio 2018. [En línea]. Available:  
] [https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid\\_186.htm?view=productdetails&prodid=39580](https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_186.htm?view=productdetails&prodid=39580). [Último acceso: 11 Junio 2018].

**ANEXO 1**  
**RESUMEN DE COMPRAS PERIODO**  
**2015-2018**  
**(Ver CD)**

**ANEXO 2**  
**Plano Estructura General**  
**(Ver CD)**

**ANEXO 3**  
**Plano Eléctrico**  
**(Ver CD)**

**ANEXO 4**  
**Plano Neumático**  
**(Ver CD)**

**ANEXO 5**  
**Plano Diseño Soportes**  
**(Ver CD)**



**ANEXO 6**  
**Hojas de Datos**  
**(Ver CD)**