

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA
DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA
MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA”**

Tesis presentada por el Bachiller:

Valdivia Ortega, Alejandro Aldehir

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Asesor:

Ing. Cuadros Machuca, Juan Carlos

Arequipa - Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 31 de Julio del 2021

Dictamen: 002618-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 002618, presentado por:

2012202421 - VALDIVIA ORTEGA ALEJANDRO ALDEHIR

Titulado:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA
DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA
MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1936 - MESTAS RAMOS SERGIO ORLANDO
DICTAMINADOR**

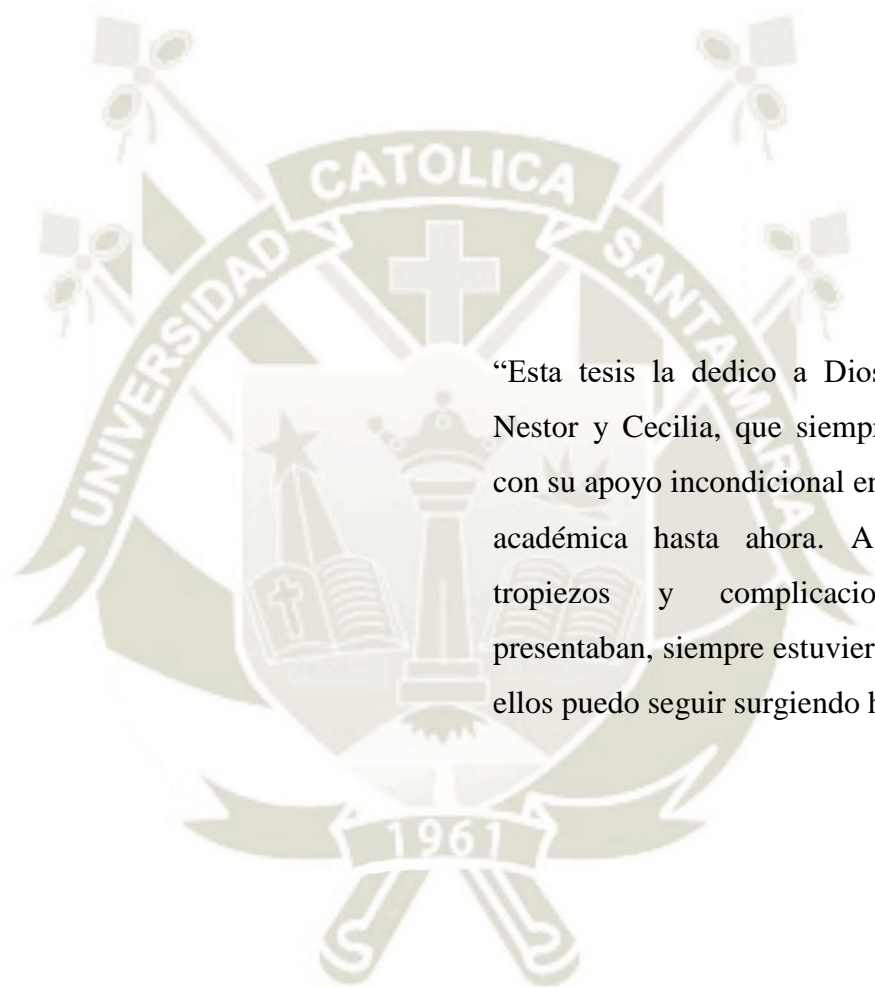


**2213 - QUISPE CCACHUCO MARCELO JAIME
DICTAMINADOR**



**2776 - COLLADO OPORTO CHRISTIAM GUILLERMO
DICTAMINADOR**





“Esta tesis la dedico a Dios, a mis padres Nestor y Cecilia, que siempre me animaron con su apoyo incondicional en toda mi carrera académica hasta ahora. A pesar de los tropiezos y complicaciones que se presentaban, siempre estuvieron ahí, gracias a ellos puedo seguir surgiendo hacia delante.”

RESUMEN

El siguiente proyecto de aplicación, mediante un diseño y construcción, evidencia el proceso que se puede desarrollar en el trabajo de elementos neumáticos tales como los músculos neumáticos y electroválvulas. En esta época el uso de sistemas neumáticos es de prioridad y forma parte importante en muchos procesos industriales. El objetivo de este proyecto consiste en poder trazar y memorizar rutas para el movimiento de una esfera los cuales se dan por el desnivel de una plataforma didáctica accionadas por músculos neumáticos para así poder llegar a un destino final. Todo esto se da mediante la coordinación óculo-manual. Para su operación, el proyecto utiliza un control digital basado en microcontroladores de Arduino. Siendo estos implementados en el mando de control y panel de control. Tras comprobar la correcta actividad de los diferentes sensores que se van a implementar en el proyecto, en el mando de control se diseña una PCB en la cual se ponen los elementos necesarios para el correcto funcionamiento, siendo el sensor acelerómetro fundamental para generar los datos para el adecuado control. A diferencia del proceso del panel de control, el cual está en conjunto con la plataforma didáctica, su funcionamiento se rige mediante una pantalla táctil marca Nextion que en conjunto con el microcontrolador arduino, permite el funcionamiento de los sensores, músculos neumáticos y electroválvulas. El conjunto de esto se desarrolla mediante una comunicación inalámbrica, tanto del mando de control como el panel de control.

Palabras-Clave: Músculos Neumáticos, Arduino, sensor acelerómetro, pantalla Nextion.

ABSTRACT

The following application project, through a design and construction, shows the process that can be developed in the work of pneumatic elements such as pneumatic muscles and solenoid valves. At this time, the use of pneumatic systems is a priority and is an important part of many industrial processes. The objective of this project is to be able to trace and memorize routes for the movement of a sphere which are given by the unevenness of a didactic platform activated by pneumatic muscles in order to reach a final destination. All this occurs through eye-hand coordination. For its operation, the project uses a digital control based on Arduino microcontrollers. These being implemented in the control knob and control panel. After verifying the correct activity of the different sensors that are going to be implemented in the project, a PCB is designed in the control unit in which the necessary elements are placed for correct operation, the accelerometer sensor being fundamental to generate the data for adequate control. Unlike the process of the control panel, which is in conjunction with the didactic platform, its operation is governed by a Nextion brand touch screen that together with the Arduino microcontroller, allows the operation of the sensors, pneumatic muscles and solenoid valves. All of this is developed through wireless communication, both from the control knob and the control panel.

Keywords: Pneumatic Muscles, Arduino, accelerometer sensor, Nextion display.

INTRODUCCIÓN

El mercado industrial que se encuentra globalizado exigiendo el empleo y desarrollo de nuevos actuadores que brinden mayor eficacia y confiabilidad, los sistemas neumáticos desempeñan un papel clave en aquellos procesos que puedan contribuir a lograr ventajas competitivas para las partes involucradas de tal modo que la higiene y la precisión sean de suma importancia.

Tal es el caso del músculo neumático, generan un movimiento lineal utilizando aire a presión, pero sin accesorios de pistones como los actuadores neumáticos o hidráulicos habituales.

Tienen el funcionamiento de un músculo humano, no solo en términos de cinemática, velocidad y la fuerza, sino también en la sensibilidad. El músculo neumático puede ejercer diez veces la fuerza de un cilindro de tamaño comparable, es muy robusto e incluso se puede utilizar en condiciones extremas, como en arena o polvo. (Imani, 2002)

En las industrias se encuentran tipos de control, permitiendo el control de los procesos mediante métodos heurísticos o empíricos. En la utilización de músculos neumáticos, se permite el control de ellos mediante este tipo de proceso, teniendo un funcionamiento en tiempo real. Dentro del ámbito del aprendizaje, este proyecto puede emplearse en asignaturas de control, como referencia para implementar controladores.

ÍNDICE

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	II
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
CAPÍTULO I	1
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1. Justificación técnica.....	2
1.3.2. Justificación social.....	3
1.4. OBJETIVO	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LIMITACIONES	4
1.5.1. Limitaciones técnicas	4
1.5.2. Limitaciones académicas	4
1.5.3. Limitaciones por materiales.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. SISTEMA DE FUERZA	5
2.1.1. Sistema neumático.....	5
2.1.1.1. Estructura de un sistema neumático.....	5
2.1.1.2. Componentes del sistema neumático	6
2.1.2. Actuadores neumáticos.....	8
2.1.2.1. Cilindro de simple efecto	8
2.1.2.2. Cilindro de doble efecto	9
2.1.2.3. Músculo neumático	9
2.1.3. Válvulas neumáticas	13
2.1.3.1. Forma esquemática de válvulas	13
2.1.3.2. Tipos de válvulas	15
2.1.3.3. Accionamiento de válvulas	18
2.2. SISTEMA DE CONTROL.....	21
2.2.1. Tipos de sistemas de control.....	21
2.2.1.1. Sistema de control de lazo abierto	21
2.2.1.2. Sistema de control de lazo cerrado	22
2.2.1.3. Comparación de los sistemas de control.....	23
2.2.2. Variables de interferencia en el sistema de control	24
2.2.2.1. Histéresis.....	24
2.2.2.2. Ruido.....	24
2.2.2.3. Precisión.....	24
	¡Error! Marcador no definido.

2.2.2.4. Exactitud	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3. Elementos Sistema de control	25
2.2.4. Variables de los sistemas de control.....	27
2.2.4.1. Variable de referencia	27
2.2.4.2. Variable manipulada	27
2.2.4.3. Variable perturbadora	27
2.2.4.4. Variable controlada.....	27
2.2.5. Tipos de controladores.....	28
2.2.5.1. Control ON-OFF.....	28
2.2.5.2. Control ON-OFF con histéresis	28
2.2.6. Sensores	29
2.2.6.1. Clasificación de los sensores	29
2.2.7. Microcontrolador	32
2.2.7.1. Tarjeta de desarrollo arduino	34
2.2.8. Pantallas táctiles	35
2.2.8.1. Funcionamiento	35
2.2.8.2. Tipos de pantallas táctiles	35
2.2.9. Sistemas de comunicación.....	38
CAPÍTULO III.....	40
3. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	40
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	40
3.2. DISEÑO DE INGENIERIA.....	40
3.2.1. Modelado.....	43
3.2.1.1. Diseño mecánico.....	44
3.2.2. Diseño preliminar	51
3.2.3. Análisis de diseño.....	53
3.2.3.1. Estimación de actitud.....	54
3.2.4. Propuesta de adquisición	55
3.2.4.1. Descripción de las propuestas.....	58
3.2.5. Descripción de los componentes	61
3.2.5.1. Dimensionamiento del músculo neumático.....	61
3.2.5.2. Compresor de aire.....	63
3.2.5.3. Selección de electroválvula.....	64
3.2.5.4. Selección de la válvula estranguladora y conectores rápidos	65
3.2.5.5. Selección de la unidad de mantenimiento.....	67
3.2.5.6. Selección de las mangueras neumáticas	68
3.2.5.7. Parada de emergencia	69
3.2.5.8. Luz piloto.....	71
3.2.5.9. Selector de 2 posiciones.....	71
3.2.5.10. Pantalla de interfaz.....	72
3.2.5.11. Llave termomagnética.....	73
3.2.5.12. Cable de conexión VGA	75
3.2.5.13. Microcontrolador arduino mega 2560	75
3.2.5.14. Micro servo SG90	76
3.2.5.15. Final de carrera	77

3.2.5.16. Módulo Relé	78
3.2.5.17. Fuente de poder.....	79
3.2.5.18. Microcontrolador arduino nano	80
3.2.5.19. Sensor acelerómetro	81
3.2.5.20. Comunicación de radio frecuencia.....	82
3.2.5.21. Antena	83
3.2.5.22. Interruptor	83
3.2.5.23. Pulsador	84
3.2.5.24. Diodo emisor de luz	84
3.2.5.25. Alimentación.....	85
3.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS.....	86
3.3.1. Montaje.....	87
3.3.2. Esquema del circuito de fuerza.....	92
3.3.3. Tablero del panel de control	93
3.3.4. Esquema de circuito de control del panel de control y plataforma didáctica	95
3.3.5. Circuito impreso	96
3.3.6. Esquema de circuito de control del mando a distancia.....	98
CAPÍTULO IV.....	99
4. DESARROLLO DEL SOFTWARE ARDUINO Y NEXTION.....	99
4.1. INTRODUCCIÓN	99
4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	99
4.2.1. Diagrama del mando a distancia.....	100
4.2.2. Diagrama del panel de control y plataforma didáctica	102
4.3. ENTORNO DE ARDUINO	103
4.4. ENTORNO DE LA PANTALLA NEXTION.....	104
4.5. SOFTWARE MANDO DE CONTROL	106
4.5.1. Creación de variables e inclusión de librerías	106
4.5.2. Hallar valores de Roll y Pitch.....	107
4.5.3. Comunicación de radio frecuencia	109
4.6. DESARROLLO DE INTERFAZ Y SOFTWARE DE PLATAFORMA DIDÁCTICA Y PANEL DE CONTROL	111
4.6.1. Desarrollo de interfaz HMI mediante Nextion Editor	111
4.6.2. Software de plataforma didáctica y panel de control	116
4.6.2.1. Creación de variables e inclusión de librerías	117
CAPÍTULO V.....	122
5. RESULTADOS.....	122
5.1. RESULTADOS DE LA PARTE FÍSICA	122
5.2. RESULTADOS DE LA PROGRAMACIÓN	127
CAPÍTULO VI.....	133
6. COSTOS.....	133
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	136

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
ANEXOS	141
ANEXO 1: ADQUISICIÓN DE DATOS	142
ANEXO 2: DATASHEET DE MÚSCULO NEUMÁTICO	148
ANEXO 3: DATASHEET DE ELECTROVÁLVULA 3/2	149
ANEXO 4: DATASHEET DE LLAVE TERMOMAGNÉTICA	150
ANEXO 5: DATASHEET DE PULSADOR TIPO HONGO	151
ANEXO 6: DATASHEET DE INDICADORES DE LUZ.....	152
ANEXO 7: DATASHEET DE SELECTOR DE 2 VIAS	153
ANEXO 8: DATASHEET DE PANTALLA NEXTION.....	154
ANEXO 9: DATASHEET DE ARDUINO MEGA 2560.....	155
ANEXO 10: DATASHEET DE MICRO SERVO SG90	156
ANEXO 11: DATASHEET DE FINAL DE CARRERA.....	157
ANEXO 12: DATASHEET DE OCTOACOPLADOR RELAY.....	158
ANEXO 13: DATASHEET DE FUENTE DE PODER	159
ANEXO 14: DATASHEET DE ARDUINO NANO.....	160
ANEXO 15: DATASHEET DE SENSOR ACELERÓMETRO ADXL335.....	161
ANEXO 17: UNIDAD DE MANTENIMIENTO	163
ANEXO 18: RÓTULA TIPO ROSCA HEMBRA	164
ANEXO 19: PLANO PARA MANDO CONTROL	165
ANEXO 20: CÓDIGO REALIZADO PARA MANDO CONTROL	166
ANEXO 21: CÓDIGO REALIZADO PARA PLATAFORMA DIÁCTICA Y PANEL DE CONTROL	169
ANEXO 22: MANUAL DE FUNCIONAMIENTO	173
ANEXO 23: NORMAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO	184
ANEXO 24: ESTRUCTURA DE MANDO CONTROL.....	185
ANEXO 26: ESTRUCTURA DE PANEL DE CONTROL.....	187
ANEXO 27: DISEÑO DE PIEZAS CREADAS PARA EL PANEL DE CONTROL....	188
ANEXO 28: ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA DIDÁCTICA.....	189
ANEXO 29: DISEÑO DE PIEZAS CREADAS PARA LA PLATAFORMA DIDÁCTICA	190
ANEXO 30: ESTRUCTURA DE CIRCUITO DE RECEPTOR	191
ANEXO 31: DISEÑO DE PIEZAS CREADAS PARA CIRCUITO RECEPTOR.....	192
ANEXO 32: DISEÑO DE PLANO ELÉCTRICO	193

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos de un sistema de control.	26
Tabla 2. Clasificación de los sensores.	31
Tabla 3. Características de los medios.....	39
Tabla 4. Lista de partes de la plataforma didáctica	46
Tabla 5. Lista de partes del panel de control.	47
Tabla 6. Lista de partes del circuito en el panel de control.	48

Tabla 7. Lista de partes del mando de control.	50
Tabla 8. cuadro morfológico.	55
Tabla 9. Valoración técnica.	59
Tabla 10. Valoración económica.	60
Tabla 11. Características del músculo escogido.	63
Tabla 12. Características de las electroválvulas.	65
Tabla 13. Características de la válvula estranguladora.	66
Tabla 14. Características de la unidad de mantenimiento.	67
Tabla 15. Características de manguera neumática.	68
Tabla 16. Características de parada de emergencia.	69
Tabla 17. Características de luz piloto.	71
Tabla 18. Características de selector de dos posiciones.	72
Tabla 19. Características de pantalla táctil.	73
Tabla 20. Consumo energético del panel de control.	74
Tabla 21. Características de la llave termomagnética.	74
Tabla 22. Características de arduino mega 2560.	76
Tabla 23. Características de micro servo sg90.	77
Tabla 24. Características de sensor final de carrera.	77
Tabla 25. Características de módulo Relay.	78
Tabla 26. Análisis de consumo energético del mando de control 5V.	79
Tabla 27. Características de la fuente de poder.	80
Tabla 28. Características de arduino nano.	80
Tabla 29. Características del módulo ADXL335.	82
Tabla 30. Características del módulo Rf 433MHz.	83
Tabla 31. Tabla de análisis del consumo energético del mando de distancia.	85
Tabla 32. Esquema neumático.	92
Tabla 33. Asignación de componentes para control de panel de control y plataforma didáctica.	95
Tabla 34. Asignación de componentes en el esquema de mando a distancia.	98
Tabla 35. Objetos para comunicación de microcontrolador Arduino con interfaz Nextion.	115
Tabla 36. costos generados en todo el proceso.	133
Tabla 37. Mando de control.	175
Tabla 38. Panel de control.	177

Tabla 39. Daños y posibles soluciones.....	183
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Señales de mando.....	6
Figura 2. Sistema neumático.....	7
Figura 3. Señales de mando.....	8
Figura 4. Cilindro de simple efecto.....	9
Figura 5. Cilindro de doble efecto.....	9
Figura 6. Músculo neumático.....	10
Figura 7. Sistema de accionamiento de prensa.....	10
Figura 8. Mecanismo de elevación.....	11
Figura 9. Brazo humanoide.....	12
Figura 10. Simulador hexápodo de vehículos Airmotion ride.....	12
Figura 11. Carro de aire comprimido.....	13
Figura 12. Representación de válvula.....	14
Figura 13. Dirección de flujo.....	14
Figura 14. Paso bloqueado.....	14
Figura 15. Vías y tipos de conexiones de la válvula.....	15
Figura 16. Válvulas distribuidoras.....	16
Figura 17. Válvula de retención con resorte.....	17
Figura 18. Válvula de control de flujo.....	17
Figura 19. Accionamiento manual.....	18
Figura 20. Accionamiento mecánico.....	19
Figura 21. Accionamiento neumático (diafragma).....	20
Figura 22. Accionamiento de electroválvula 3/2.....	20
Figura 23. Sistema de control.....	21
Figura 24. Sistema de lazo abierto.....	22
Figura 25. Sistema de lazo cerrado.....	23
Figura 26. Ciclo de histéresis.....	24
Figura 27. Exactitud y precisión.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 28. Diagrama de bloques de un sistema de control.....	26
Figura 29. Variables de un sistema de control.....	27

Figura 30. Control On-Off con histéresis.	29
Figura 31. Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes.	32
Figura 32. Esquema representado de un microcontrolador.	33
Figura 33. Arduino uno	35
Figura 34. Funcionamiento de pantalla táctil con infrarrojo.	36
Figura 35. Pantallas táctiles resistivas.	37
Figura 36. Pantalla táctil por capacitores.	37
Figura 37. Pantalla táctil de onda acústica superficial.	38
Figura 38. Diseño de ingeniería concurrente del prototipo.	41
Figura 39. SolidWorks.	44
Figura 40. Diagrama de lista de la plataforma didáctica.	45
Figura 41. Diagrama de lista del panel de control.	46
Figura 42. Diagrama de lista del circuito del panel de control.	48
Figura 43. Diagrama de lista del mando de control.	49
Figura 44. Diseño de unión de elementos requeridos.	51
Figura 45. Diagrama funcional del proceso del mando de control.	52
Figura 46. Diagrama funcional del proceso de la plataforma didáctica y panel de control.	52
Figura 47. Ángulos de rotación Euler.	53
Figura 48. Matriz de selección.	60
Figura 49. Dimensiones del músculo neumático.	62
Figura 50. Compresora de 18 L Outstanding.	64
Figura 51. Electroválvula 3/2.	65
Figura 52. Válvula estranguladora.	66
Figura 53. Conector rápido.	67
Figura 54. Unidad de mantenimiento AFC2000.	68
Figura 55. Mangueras neumáticas.	69
Figura 56. Parada de emergencia.	69
Figura 57. Luz piloto.	71
Figura 58. Selector de dos posiciones.	72
Figura 59. Pantalla de interfaz NX8048T070.	73
Figura 60. Llave termomagnética.	74
Figura 61. Conector VGA.	75
Figura 62. Arduino Mega 2560 R3.	75

Figura 63. Micro servo SG90	76
Figura 64. Final de carrera.....	77
Figura 65. Módulo Relay de ocho canales	78
Figura 66. Fuente conmutada.	79
Figura 67. Arduino nano.....	81
Figura 68. Módulo ADXL 335.....	81
Figura 69. Modulo RF 433Mhz.....	82
Figura 70. Antena de comunicación.....	83
Figura 71. Interruptor de dos posiciones.	84
Figura 72. Interruptor/pulsador.....	84
Figura 73. Diodo emisor de luz.....	85
Figura 74. Tablero cargador portátil PCB.....	86
Figura 75. Batería de 3.7V.....	86
Figura 76. Estructura del tablero didáctico.....	87
Figura 77. Soporte y tablero didáctico.....	88
Figura 78. rótula PHS.....	89
Figura 79. Tablero de nivel básico.	89
Figura 80. Tablero de nivel intermedio.....	90
Figura 81. Tablero de nivel difícil.....	90
Figura 82. Esfera solida de billar.....	91
Figura 83. Estructura y panel de control.....	91
Figura 84. Estructura de mando control.....	92
Figura 85. Esquema de sistema neumático.....	93
Figura 86. Interfaz del panel de control.....	94
Figura 87. Circuito eléctrico tablero del panel de control.....	94
Figura 88. Esquema de circuito de control del panel de control y plataforma didáctica.....	96
Figura 89. Distribución de componentes.....	97
Figura 90. Circuito a imprimir en la placa.....	97
Figura 91. Esquema del circuito del mando a distancia.....	98
Figura 92. Sistema del proceso del prototipo.....	100
Figura 93. Diagrama de flujo de mando a distancia.....	101
Figura 94. Diagrama de flujo de plataforma didáctica y panel de control.....	102
Figura 95. Funciones de diagrama de flujo de panel de control.....	102
Figura 96. Entorno arduino.....	103

Figura 97. Diseño de entorno gráfico.	105
Figura 98. Selección de tamaño y calidad de imagen.....	105
Figura 99. Selección de la orientación de la pantalla Nextion.	106
Figura 100. Página 0 de la interfaz.	112
Figura 101. Ventana Page Nextion Editor.....	112
Figura 102. Ventana Picture de Nextion Editor.	113
Figura 103. Ventanas de Toolbox y Attribute de Nextion Editor.	114
Figura 104. Pantallas de Interfaz en Nextion Editor.	114
Figura 105. Parte de barra de opciones.....	115
Figura 106. Ventana Output de entorno Nextion.	116
Figura 107. Carpeta del archivo TFT.	116
Figura 108. Colisión parada de emergencia con conector.....	122
Figura 109. Soluciones de rediseño de estructura acrílica	123
Figura 110. Colisión sensor ADXL335 con circuito de alimentación.	123
Figura 111. Solución de rediseño de circuito de alimentación.....	124
Figura 112. Cintilla para alrededor del cuello.	124
Figura 113. Rediseño de estructura acrílica y re organización por agregado de canaletas ranuradas.	125
Figura 114. Contracciones de los músculos neumáticos.	126
Figura 115. Esfera de billar.	126
Figura 116. Prueba 1 del comportamiento del ángulo roll y activaciones de posición adelante y atrás.....	128
Figura 117. Prueba 2 del comportamiento del ángulo roll y activaciones de posición adelante y atrás.....	129
Figura 118. Prueba 3 del comportamiento del ángulo roll y activaciones de posición adelante y atrás.....	130
Figura 119. Prueba 1 del comportamiento del ángulo pitch y activaciones de posición derecha e izquierda.....	131
Figura 120. Prueba 2 del comportamiento del ángulo pitch y activaciones de posición derecha e izquierda.....	131
Figura 121. Prueba 2 del comportamiento del ángulo pitch y activaciones de posición derecha e izquierda.....	132
Figura 122. Mando de control.	175
Figura 123. Tablero de panel de control.....	176

Figura 124. Pantalla de inicio	179
Figura 125. Pantalla principal.....	180
Figura 126. Escribir nombre.....	180
Figura 127. Pantalla de desarrollo.	181
Figura 128. Pantalla final de proceso.	182
Figura 129. Pantalla de parada de emergencia.	182



CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el paso de los años, el ser humano ha intentado descifrar el funcionamiento de las cosas que están a su alrededor incluyendo la misma anatomía humana, con ello ha quedado estupefacto de todos sistemas que lo integran. Generando que se dé la construcción de sistemas y mecanismos que imiten de algunas maneras las funciones y estructura de la anatomía humana.

Una parte fundamental en nuestro organismo son los músculos neumáticos, puesto que debido a ellos podemos realizar una infinidad de actividades en la vida diaria, tales como, arrojar, sujetar objetos, mover objetos, entre otras. Motivo por el cual es un tema de investigación y estudio de distintas universidades y centros de investigación.

Una manera de parecerse a esta parte del cuerpo es la utilización de un actuador que asemeje el fenómeno de contracción y expansión, dando origen a la creación del musculo neumático.

Los actuadores neumáticos como los cilindros neumáticos requieren mayor manteniendo dependiendo a su función y la fuerza que ejercen limitan al tipo trabajo que puedan realizar. generan un mayor costo para la producción.

De hacer uso de los músculos neumáticos se pronosticaría un cambio en el sistema industrial ya que afectaría tanto la infraestructura, debido a que se deberían construir nuevos puntos de producción.

Debido a ello, el estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica necesita identificar los componentes que se utilicen para el control de distintas plantas. Por ello, permitir interrelacionarse de una manera didáctica con el uso de los músculos neumáticos, les brindara mayores facilidades.

1.2. ANTECEDENTES

Como antecedentes de la presente investigación se tiene:

- Según Serrano, el cual realizó un estudio del control aplicado a la energía neumática, donde explica su experiencia de los sistemas, sensores y actuadores neumáticos con un control eléctrico. Se utilizó esta información como referencia para la selección de los tipos de actuadores a utilizar y como base para el planteamiento del sistema de fuerza. (Serrano, 2009)
- Según Festo, el cual realizó un estudio de las propiedades de los músculos neumáticos, donde explica que cada tipo de musculo que se puede adquirir, tiene una capacidad de uso distinto. Se utilizó esta información como referencia para la adquisición del tipo de musculo como base para el desarrollo de mi sistema de fuerza. (Festo, Músculos neumáticos DMSP/MAS, 2017)
- De acuerdo con Evans, donde indica de manera simplificada los beneficios del uso del arduino en general, por las particularidades de su hardware y software. El cual tomé como referencia para la selección del tipo de arduino para mi desarrollo. (Evans, 2011)
- Según Beauregard, el cual explica cómo utilizar un controlador de tipo PID, aplicado en un sistema de lenguaje de tipo C utilizado en un arduino. Esta información se tomó como referencia para el desarrollo de la programación. (Beauregard, 2011)
- Juárez, realizo un diseño e implementación de una parada de emergencia inalámbrica de la cual me base para mi desarrollo del sistema de paro de emergencia para mi conexión inalámbrica mediante radio frecuencia. (Juárez, 2012)

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

- Este proyecto se justifica por la utilización de habilidades adquiridas a lo largo de la carrera como conocimientos en mecánica, electrónica, electro neumática y sistemas de control.

- Poder implementar procesos reales con nuevos actuadores neumáticos como son los músculos neumáticos. Ofrecen ventajas en determinadas aplicaciones frente a los cilindros neumáticos, por ejemplo, en situaciones para utilizar gran fuerza y un desplazamiento corto, sin movimientos a tirones, para uso en zonas con gran cantidad de polvo y siendo de poco peso. Además, su mantenimiento es nulo al no tener partes mecánicas.

1.3.2. Justificación social

- Al implementar un prototipo didáctico permitirá obtener una mejor formación académica en esta área importante, debido a que se podrá conocer de manera práctica el funcionamiento de circuitos inalámbricos, interfaz de pantalla táctil y circuitos electro neumáticos con la cual garantiza que la formación sea utilizada con tecnología útil.
- Los procesos industriales están comprometidos con la gama de los sistemas neumáticos, por ser un recurso del cual no genera mucha contaminación en el proceso y por los costos.

1.4. OBJETIVO

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de una plataforma didáctica el cual representa un laberinto accionado por músculos neumáticos que por medio de un control manual inalámbrico se desplaza una esfera desde un inicio a un final.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer el dimensionamiento de las estructuras de la plataforma didáctica, panel de control y mando de control.
- Examinar y determinar los componentes y materiales necesarios en la implementación de la plataforma didáctica, panel de control y mando de control.
- Establecer el dimensionamiento y aplicación de los músculos neumáticos para accionar la plataforma didáctica.
- Determinar y especificar la programación del sistema del mando de control y panel de control.

- Realizar las pruebas de comunicación entre la pantalla táctil Nextion y el operador del panel de control.

1.5. LIMITACIONES

1.5.1. Limitaciones técnicas

- Para que haya movimiento del tablero, tiene que ser una coordinación armónica mediante el uso de actuadores neumáticos.
- La carrera del actuador neumático es de 25% de la longitud nominal.
- Los actuadores neumáticos deben poder trabajar en una presión entre 1-8 bar.
- Los componentes electrónicos tienen que estar adaptados para una alimentación de 5 voltios CC y eléctricos a 220 voltios AC.

1.5.2. Limitaciones académicas

- No debe necesitar añadir más componentes al sistema, cuando se genere el dominio del módulo.

1.5.3. Limitaciones por materiales

- La adquisición de los músculos neumáticos, tienen un proceso de tiempo prolongado, puesto que son obtenidos con especificaciones previas para su uso.
- La estructura del módulo es fija, puesto que los materiales utilizados tienden a estar en posiciones que no son fáciles de intercambiar.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMA DE FUERZA

2.1.1. Sistema neumático

Zhimnaycela y Camposano (2011) conceptualizan que “se enfoca en el estudio y la utilización del aire comprimido, siendo una tecnología de procedencias antiguas. La neumática en el proceso de fabricación, la industria se beneficia con el método de menor gasto de automatización” (p. 13).

Según Forouzan (2002) “se desarrollan entre dos dispositivos los cuales, que, a partir de algún tipo de medio de transmisión, se recopila los datos. Para que la comunicación de datos proceda, los dispositivos de comunicación deben estar introducidos en un sistema de comunicación” (p. 3).

La neumática promueve las siguientes ventajas:

- Facilidad de comprimir aire.
- Uso se enfoca en adquirir aire.
- Facilidad de contener aire en recipientes de presión.
- Facilidad de armado de los elementos neumáticos y con sencillez en el uso.
- Su mantenimiento es de fácil desarrollo.
- Símbolo de reconocimiento fácil. (Forouzan, 2002)

2.1.1.1. Estructura de un sistema neumático

Las constituciones de los sistemas neumáticos tienen variedad de grupos de elementos que conforman una vía para la transmisión de señales que parte de la señal de entrada y finaliza en la señal de salida. (Paucar Tenorio & Quinllay Ramos, 2014)

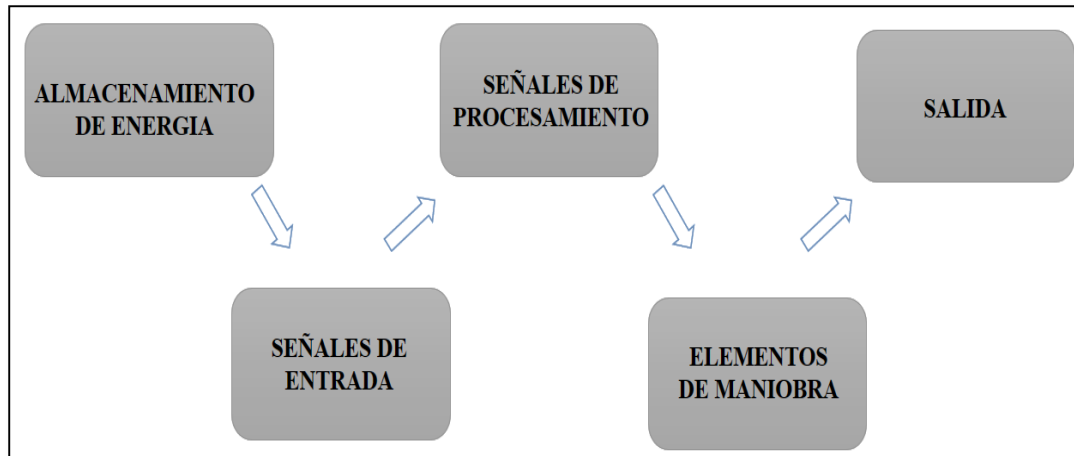


Figura 1. Señales de mando
Fuente: Elaboración Propia.

2.1.1.2. Componentes del sistema neumático

Un sistema neumático de manera sencilla se compone de dos secciones principales: sistema de consumo de aire (sistema de utilización) y sistema de producción y distribución de aire.

El sistema de producción y distribución de aire compuesto por los siguientes componentes:

- **Compresor:** el aire se inhala de la presión atmosférica ambiental, se comprime y entrega a presión más elevada al sistema neumático.
- **Motor eléctrico:** la que suministra desde la energía eléctrica, energía mecánica.
- **Preostato:** encargada de regular la presión, sea mínima o máxima, controlando el motor eléctrico para prenderla o apagarla.
- **Válvula anti-retorno:** encargada de que el flujo solo tenga una sola dirección, protegiendo componentes.
- **Deposito:** contenedor que almacena el aire comprimido, su tamaño puede ser lo más grande del compresor.
- **Manómetro:** muestra el valor de la presión que pasa por ese punto.
- **Purga automática:** elimina todo elemento líquido que se condensa en el depósito sin necesitar suprimirlo. (Carrillo & Silva, 2013)

El sistema de utilización de aire está compuesto por:

- **Filtro:** el aire se introduce dentro del cuerpo del filtro, retiene partículas que no son del flujo del aire comprimido, impidiendo que generen daños en los componentes que utilizaran ese aire comprimido.
- **Regulador del caudal:** es aquella que impide el exceso de presión que se pueda dar cuando el flujo del aire comprimido tenga mayor presión. Normalmente se utiliza una presión de 6 a 8 bares.
- **Válvula direccional:** la que se encarga de distribuir el aire comprimido para que pueda generar alguna acción.
- **Actuador:** aquella da conversión a la energía potencia del aire comprimido en un trabajo mecánico. Ya sea el movimiento de cilindro, un motor o un musculo neumático. (Carrillo & Silva, 2013)

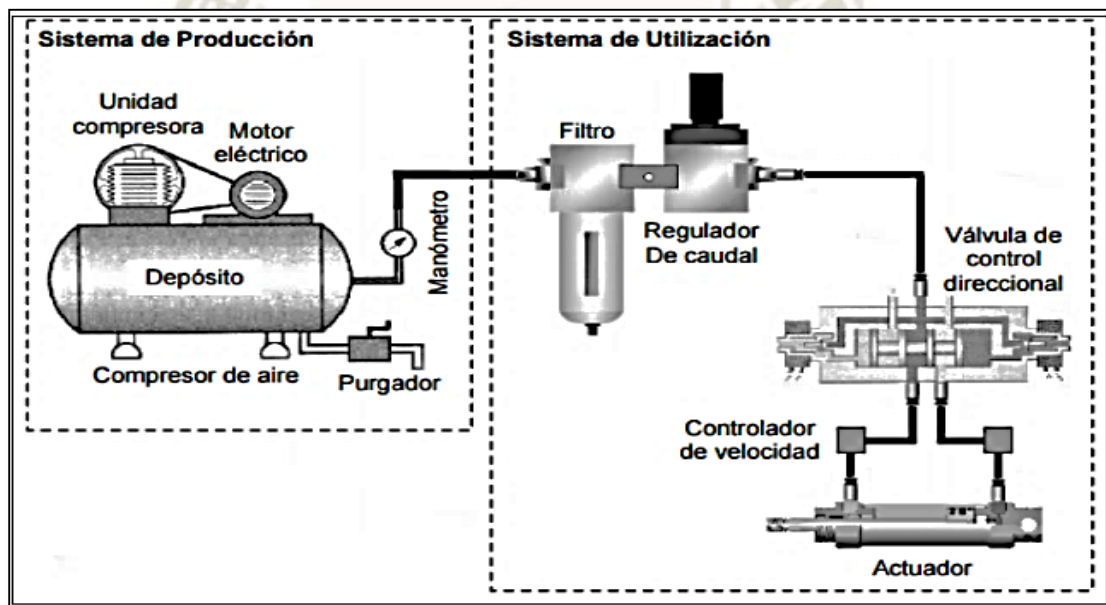


Figura 2. Sistema neumático.

Fuente: Carrillo & Silva, (2013) [12]

2.1.2. Actuadores neumáticos

Según Carrillo & Silva, (2013) “El proceso es lineal o rotativo. Los movimientos lineales son desarrollados por los cilindros de émbolo al igual que los músculos neumáticos. Los movimientos giratorios son por los actuadores de rotación continua. Se pueden combinar siendo nombrados actuadores combinados” (p. 33).

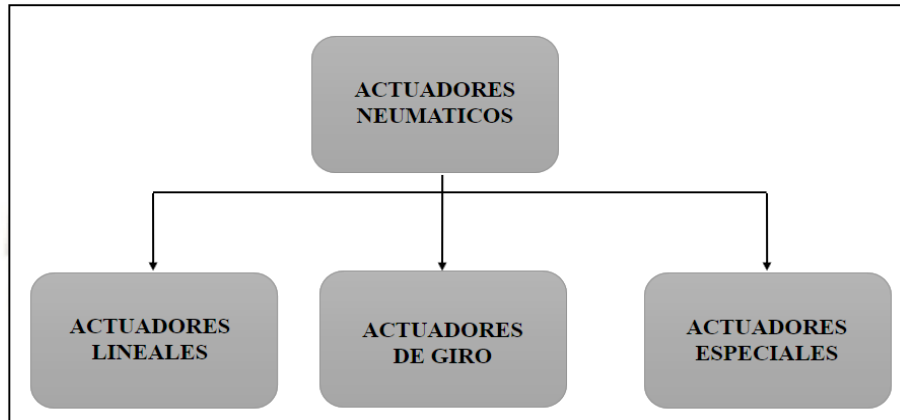


Figura 3. Señales de mando.

Fuente: Elaboración propia

Los actuadores que tienen mayor continuidad en los desarrollos de procesos son los lineales que transforman la energía neumática en energía mecánica con un movimiento recto. (Carrillo & Silva, 2013)

2.1.2.1. Cilindro de simple efecto

Su movimiento es solo de un solo sentido. El émbolo es expulsado hacia fuera del cilindro y este retorna por un resorte interno, permitiendo que no se utilice la fuerza neumática para hacer el retorno. (Festo, Músculos neumáticos DMSP/MAS, 2017)

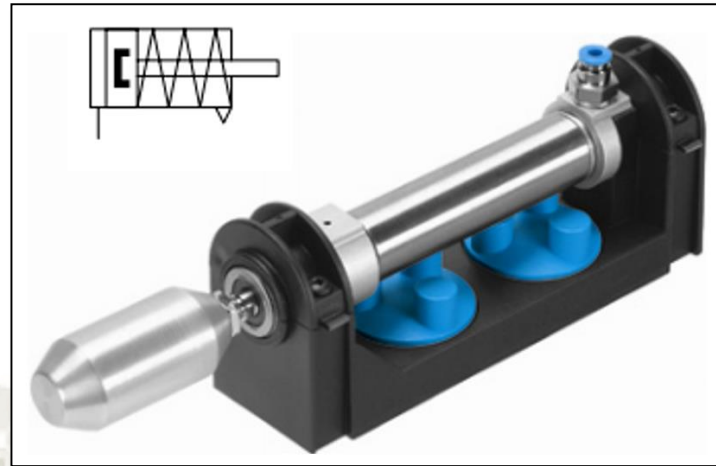


Figura 4. Cilindro de simple efecto.

Fuente: Festo, (2021) [29]

2.1.2.2. Cilindro de doble efecto

El proceso de trabajo se desenvuelve en las dos carreras del vástago, siendo esto en la salida como en el retroceso accionado por el aire comprimido que se alimenta en cada una de ellas en distintas circunstancias.

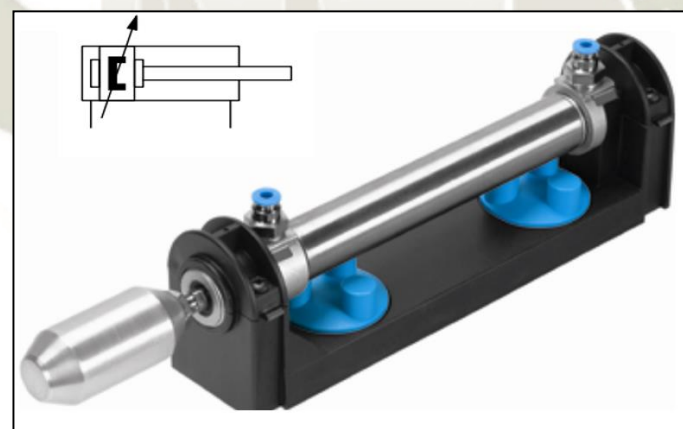


Figura 5. Cilindro de doble efecto.

Fuente: Festo, C. (2021) [30]

2.1.2.3. Músculo neumático

El proceso de trabajo se desenvuelve como si fuera un actuador de simple efecto. El músculo neumático tiene composiciones de una membrana cilíndrica (elástica y hermética) cubierta por una cantidad de fibras no extensibles entrelazadas en forma de rombos, permitiendo que sea elástico. Cuando se introduce el aire comprimido esta cámara formada comienza a

expandirse los lados hasta un cierto punto, el cual permite que se reduzca de tamaño y así se genere una diferencia de distancia. El músculo neumático tiene mayor capacidad de soportar peso que un cilindro neumático.



Figura 6. Músculo neumático.

Fuente: Festo, (2017) [30]

El músculo neumático tiene variedad de aplicaciones en la industria como en la parte de la medicina, siendo uno de ellos los que se presenta a continuación:

- Un mecanismo de Accionamiento de prensa por la gran fuerza que aplica en un recorrido corto tiene una facilidad de contraer objetos que estén en su camino y así poder generar un desarrollo aplicativo. El cual tiene como actuador un musculo neumático como se ve en la **Figura7**.

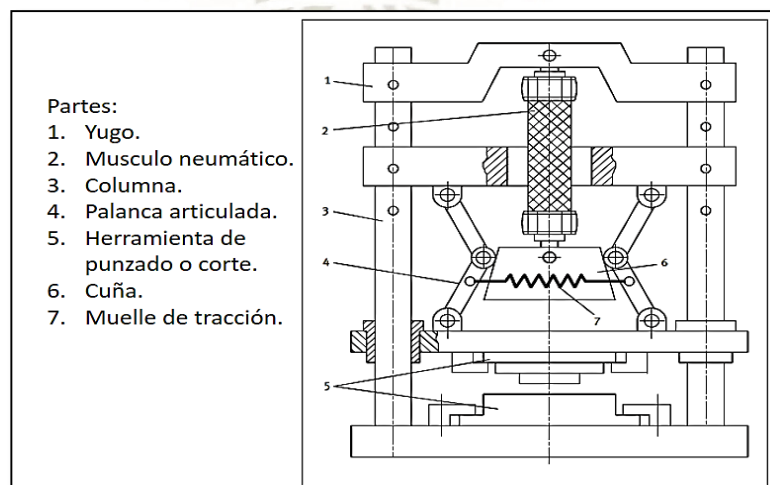


Figura 7. Sistema de accionamiento de prensa.

Fuente: KG, F. A. (2003) [35]

- Un mecanismo de elevación y manipulación que tiene como partes un brazo en voladizo el cual tiene el trabajo de rotación sobre la columna base. Encima posee un carro móvil que le da facilidad de trasladarse al musculo neumático, quien se encarga de la elevación de la carga. Representado por un esquema como el siguiente:

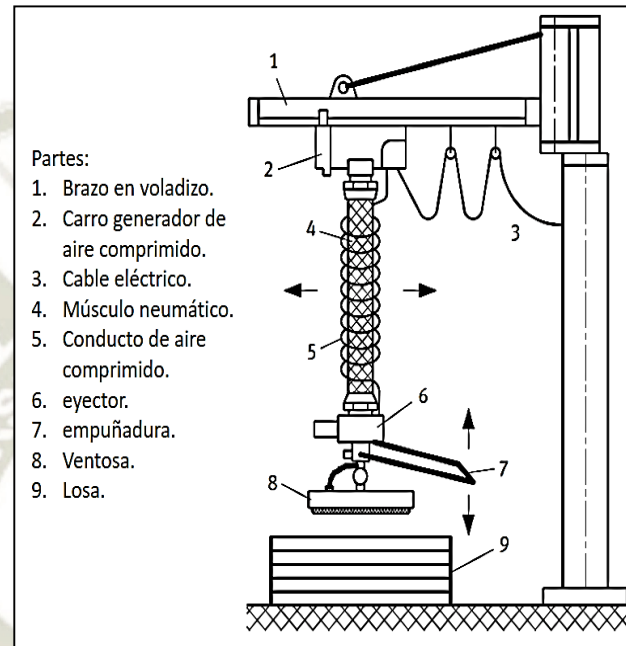


Figura 8. Mecanismo de elevación.

Fuente: KG, F. A. (2003) [35]

- En el campo de la robótica las propiedades principales de un músculo neumático son de elementos terminales por el desarrollo de la acción principal del manipulador. Siendo la operación de una mano robótica humanoide que desarrollo Festo, contando con músculos neumáticos en el brazo permitiendo la simulación de movimientos parecidos a la de un brazo humano.

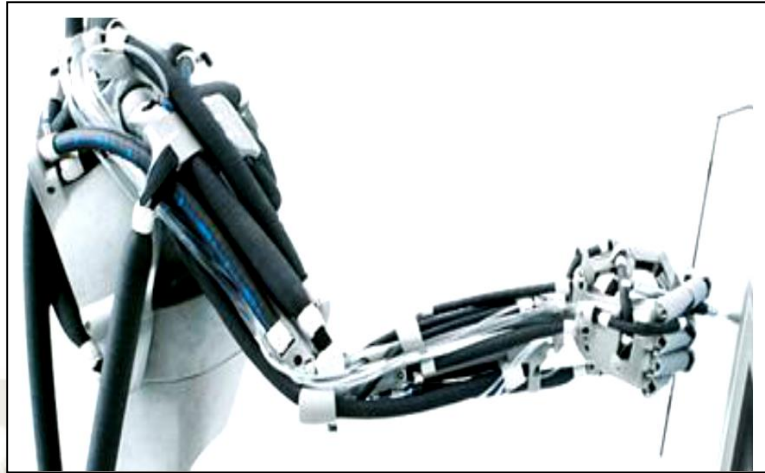


Figura 9. Brazo humanoide.

Fuente: KG, F. A. (2009) [36]

- El simulador está basado en la plataforma Stewart-Gough con actuadores lineales, el Airmotion ride usa como actuadores a los músculos neumáticos, permitiendo simular cualquier tipo de pista sea aéreo o terrestre para entrenamiento de pilotos y conductores.



Figura 10. Simulador hexápodo de vehículos Airmotion ride.

Fuente: Festo, (2010) [27]

- Se desarrolla una alternativa de transporte de aspecto innovador que es movida por los músculos neumáticos como motor. El diseño presentado tiene como sincronización de los músculos neumáticos para que tengan un ciclo de funcionamiento y así se llegue a utilizar la mayor eficacia entre ellas, dando la facilidad de no generar emisores dañinos para el

medio ambiente como una de las ventajas de su diseño. (Festo, Músculos neumáticos DMSP/MAS, 2017)



Figura 11. Carro de aire comprimido.

Fuente: Festo, (2000) [26]

2.1.3. Válvulas neumáticas

Según Hannifin (2003) “Las válvulas son encargadas del procedimiento que tendrá el aire comprimido, por su orientación del flujo, tener obstrucción del aire comprimido, la presión por la que el aire comprimido saldrá, teniendo distintos tipos para el uso de estos aspectos” (p. 39).

Según Serrano (2009) “Las válvulas son los encargados de controlar el arranque, dirección, parada y sentido del flujo de aire comprimido en un circuito neumático. Tienen el control del procedimiento en todo tipo de actuadores, siendo de manera directa e indirecta” (p. 136).

2.1.3.1. Forma esquemática de válvulas

Hannifin (2003) define que “representación de válvulas mediante cuadrados, de los cuales, el número de cuadrados representados en la simbología es igual al número de posiciones de la válvula. Teniendo como fin la cantidad de movimientos que puede desarrollar a través de los accionamientos” (Pág.39).

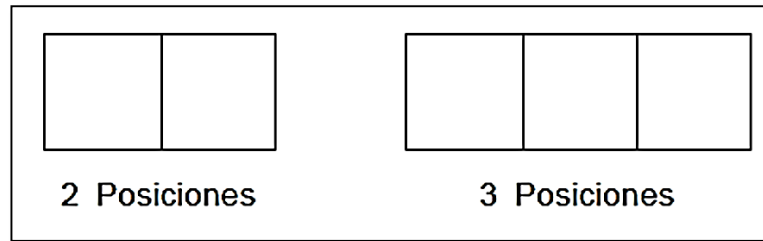


Figura 12. Representación de válvula.

Fuente: Hannifin (2003) [33]

Hannifin (2003) define que “Para la representación de las vías de las válvulas se utilizan líneas unidas a los cuadrados, donde son las conexiones del aire comprimido o escape.” (Pág.39).

En los cuadros de posiciones de la figura que está a continuación representa la dirección de flujo, ya sea con distintos símbolos diferentes, pero no que sea el sentido del flujo:

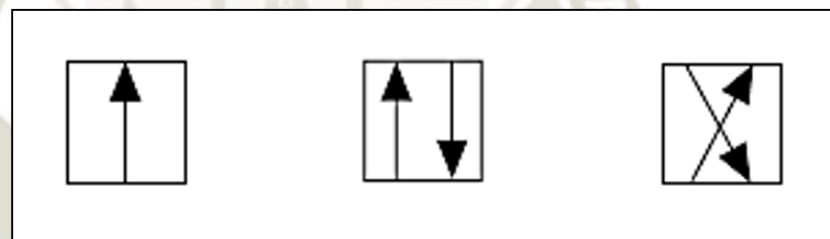


Figura 13. Dirección de flujo.

Fuente: Hannifin (2003) [33]

Las flechas nos dan a conocer la interrelación de manera interna de las conexiones, que estas tienen un paso de dos vías. Al igual que el símbolo de bloque, que tiene solo una vía.

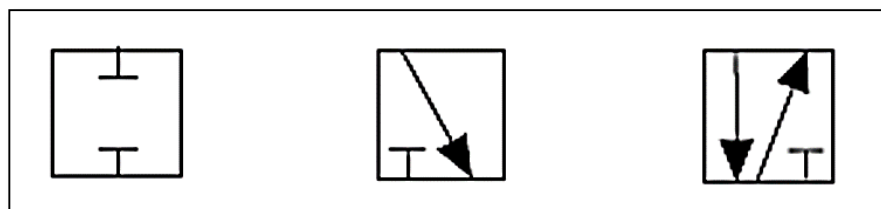


Figura 14. Paso bloqueado.

Fuente: Hannifin (2003) [33]

Cuando las conexiones son exteriores siempre se tienen que representar en los cuadrados para poder entender el estado actual de la válvula. Ya sea de entrada o salida se utilizan líneas que están conectadas a cada cuadrado, las cuales pueden ser orificios roscados. (Hannifin, 2003)

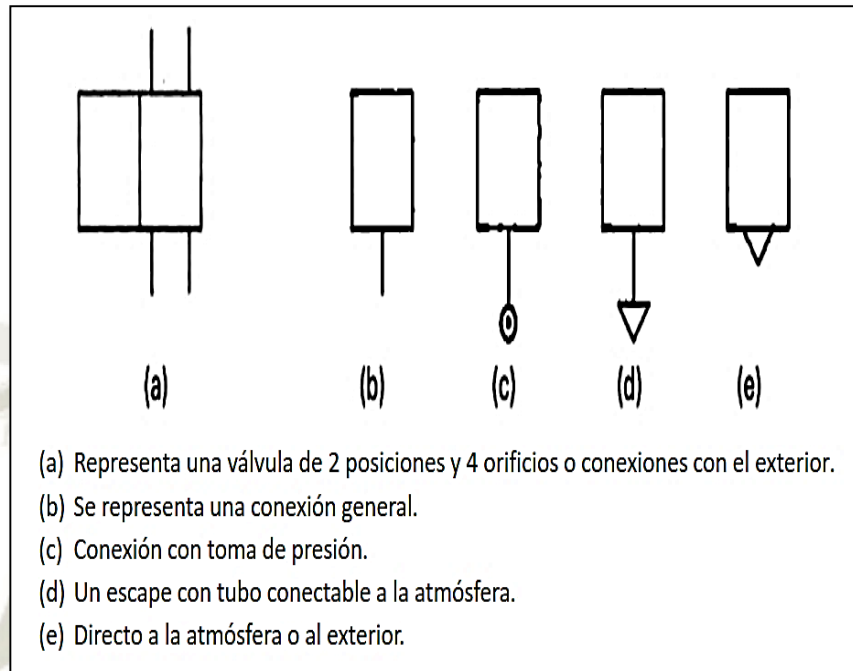


Figura 15. Vías y tipos de conexiones de la válvula.

Fuente: Serrano, (2009) [48]

2.1.3.2. Tipos de válvulas

Con la importancia de las válvulas en distintos aspectos de un sistema neumático, estas están subdivididas en distintas formas.

La forma con mayor relevancia es por el número de vías y posiciones, que a pesar de que tipo de clasificación.

2.1.3.2.1. Válvula distribuidora

Las válvulas distribuidoras son capaces de dividir el aire comprimido en los distintos actuadores neumáticos. Se pueden subdividir en diferentes maneras, ya sea por su construcción interna, por su accionamiento, por el número de vías y posiciones.

La clasificación con mayor relevancia es por el número de vías y posiciones. En las válvulas distribuidoras de manejo neumático, la entrada

de aire comprimido para el control de la válvula no se denomina vía, ya que se es un sistema de accionamiento.

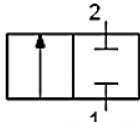
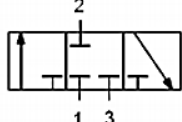
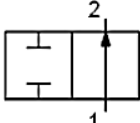
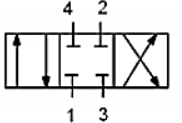
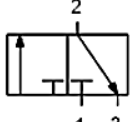
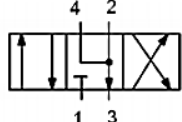
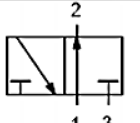
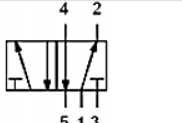
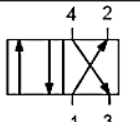
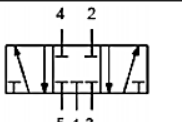
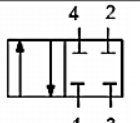
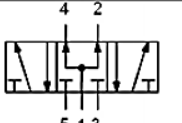
	Válvula 2/2 normalmente cerrada		Válvula 3/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 2/2 normalmente abierta		Válvula 4/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 3/2 normalmente cerrada		Válvula 4/3 con posición neutra a escape
	Válvula 3/2 normalmente abierta		Válvula 5/2
	Válvula 4/2		Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada
	Válvula 4/2 normalmente cerrada		Válvula 5/3 en posición normalmente abierta

Figura 16. Válvulas distribuidoras.

Fuente: Cienciasfera, (2020) [14]

2.1.3.2.2. Válvula de bloqueo

Las válvulas de bloqueo son aquellas que impiden el paso del aire comprimido en un sentido determinado, como consecuencia siendo de un solo sentido.

Hannifin (2003) define que “La válvula está compuesta por un resorte que tiene de asiento un cono, el cual impide el flujo del aire comprimido. La presión del resorte tiene que ser mayor que la del flujo para que haya una contra presión.” (p. 67).

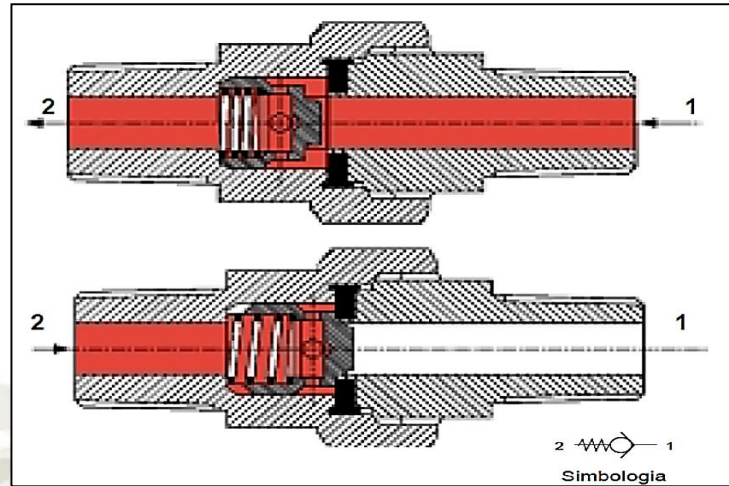


Figura 17. Válvula de retención con resorte.

Fuente: Hannifin (2003) [33]

2.1.3.2.3. Válvula de regulación de caudal

Hannifin (2003) define que “poder disminuir aire comprimido que circula por medio del circuito es muy importante, siendo la válvula de mayor uso para regular la velocidad. Su funcionamiento se da por estrechar el conducto, haciendo que se genere la disminución del aire comprimido.” (p. 70).

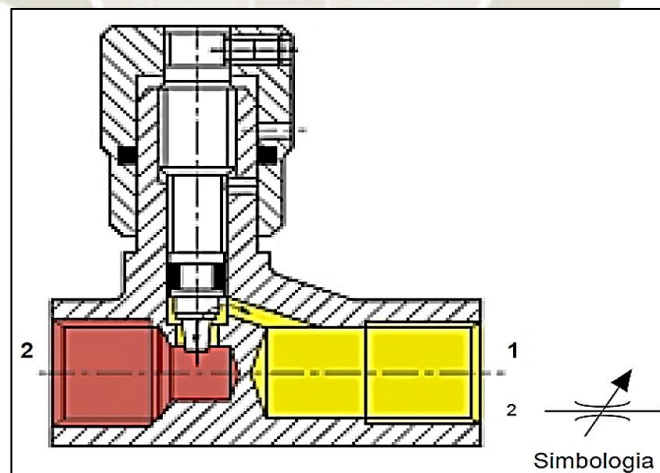


Figura 18. Válvula de control de flujo.

Fuente: Hannifin (2003) [33]

2.1.3.3. Accionamiento de válvulas

Hannifin (2003) define que “para poder generar un movimiento en la válvula es necesario el uso de un agente externo o interno, modificando las direcciones del flujo. Los accionamientos se dan de manera directa (la fuerza directamente) en indirecta (interviene en cualquier dispositivo externo)” (p. 41).

Los tipos de accionamientos son de distintas variedades, pero están dentro de las siguientes categorías:

2.1.3.3.1. Accionamiento manual

Hannifin (2003) define que “Las válvulas son llamadas también como válvulas de panel. Son accionamientos que indican un circuito, complementan una cadena de operaciones, proporcionan también acciones de emergencia y seguridad. Los principales tipos de accionamientos musculares son de botón, palanca y pedal.” (p. 42).

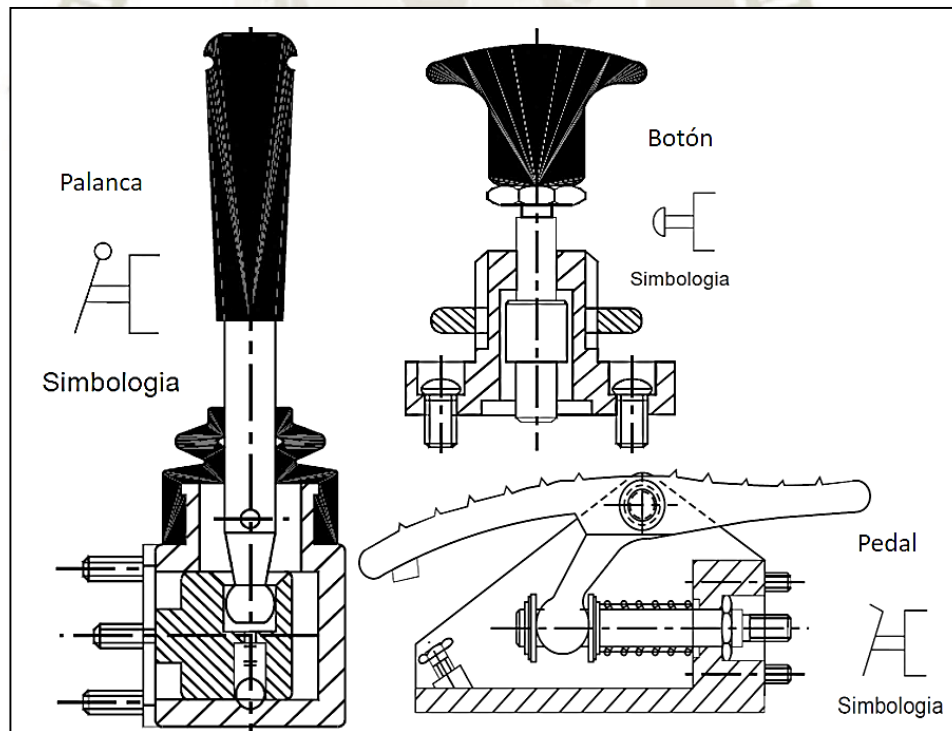


Figura 19. Accionamiento manual.

Fuente: Hannifin (2003) [33]

2.1.3.3.2. Accionamiento mecánico

Hannifin (2003) define que “los usos de válvulas con accionamiento mecánico son de mucha consideración por la automatización. El contacto es mediante un contacto mecánico sobre el accionamiento, para el uso de una secuencia de operación. También son llamadas válvulas de fin de curso” (p. 42).

Las válvulas con accionamiento mecánico son impulsadas por contacto mecánico. Normalmente son localizadas en lugares de posición, su mayor uso es en relación de los cilindros tanto para el desplazamiento de su pistón.

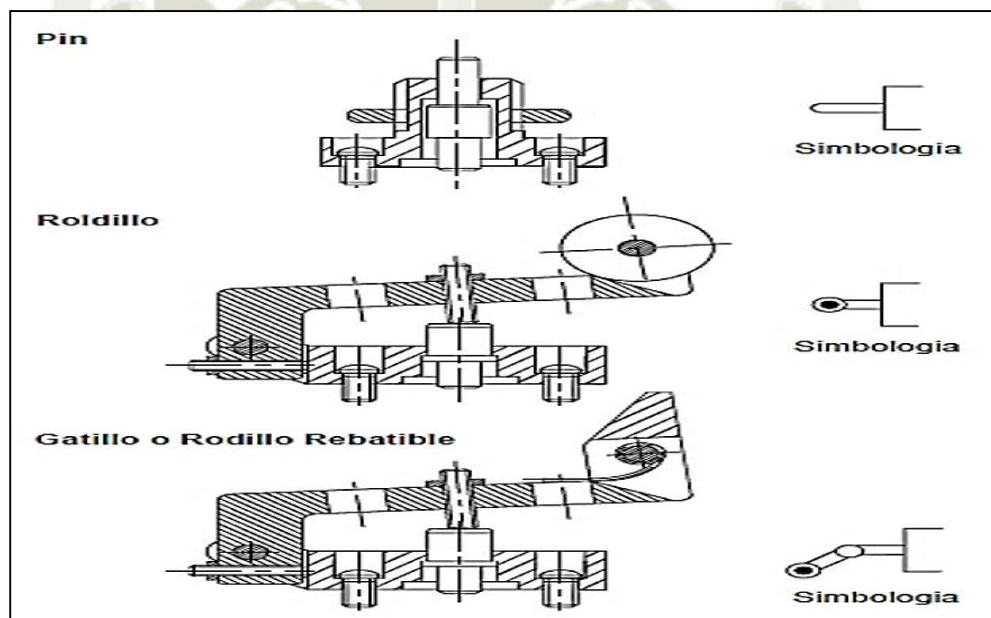


Figura 20. Accionamiento mecánico.

Fuente: Tecnología neumática industrial (2003) [33]

2.1.3.3.3. Accionamiento neumático

Hannifin (2003) define que “El accionamiento neumático tiene la activación mediante el aire comprimido. La operación se da por el circuito de trabajo a través de otra válvula que permite el ingreso del flujo” (p. 43).

Las válvulas con accionamiento neumático pueden ser de asiento plano, de corredera, con retrono por resorte y con pilotaje.

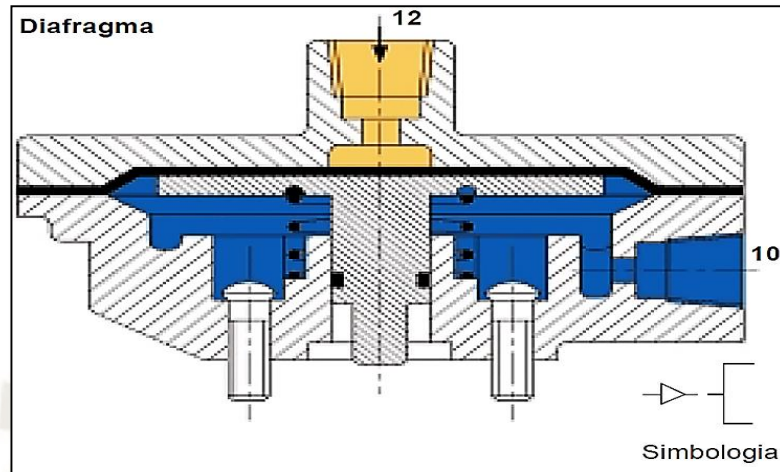


Figura 21. Accionamiento neumático (diafragma).

Fuente: Hannifin (2003) [33]

2.1.3.3.4. Accionamiento eléctrico

Hannifin (2003) define que “la válvula de accionamiento eléctrico (electroválvula) funciona por medio de señales eléctricas, con origen de microprocesadores, temporizadores, controles de fin de curso. La ventaja de este tipo de accionamiento es donde la rapidez de accionamiento es un punto importante.” (p. 44).

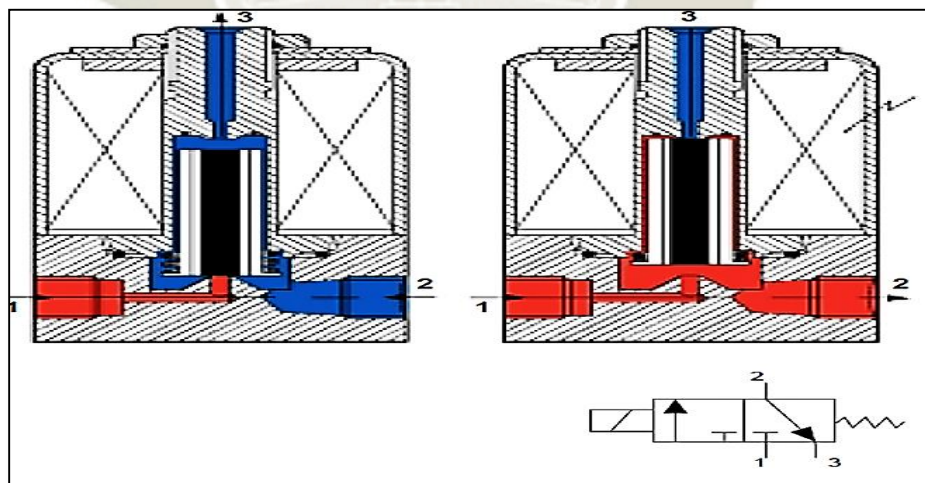


Figura 22. Accionamiento de electroválvula 3/2.

Fuente: Hannifin (2003) [33]

2.2. SISTEMA DE CONTROL

Según Bolton (2001) “grupo de componentes que se relacionan donde se dibuja una brecha imaginaria de modo que solo es de interés la relación entre la entrada y su salida, sin tener que profundizar en el estudio de los componentes” (p. 1), también “la salida del sistema se controla para tener un valor específico o cambiarlo según lo determina la entrada al sistema,” (p. 3) .

Pudiendo concluir que un sistema de control es un conjunto de componentes de los cuales se puede regular con el objetivo de alcanzar el resultado esperado, minimizando las probabilidades de falla y error. (Bolton, 2001)

La facilidad que nos permite el sistema de control es que puedan trabajar de forma independiente las máquinas y/o equipos sin la intervención de la mano humana. Otorgando automatizar diferentes procesos y minimizar peligros, costos y tiempo.

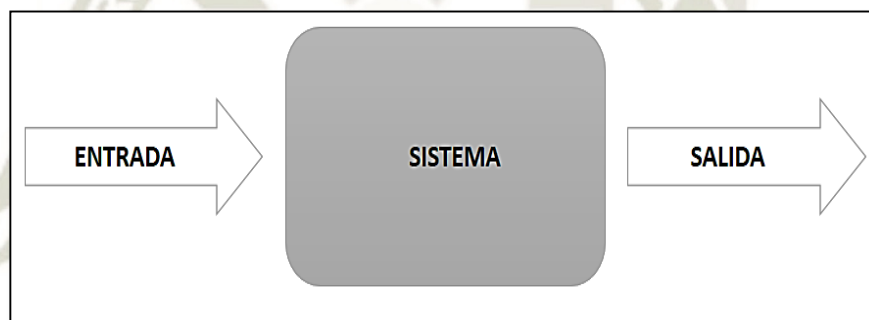


Figura 23. Sistema de control.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.1. Tipos de sistemas de control

2.2.1.1. Sistema de control de lazo abierto

Kuo, describe que los sistemas de bucle o lazo abierto se pueden componer en dos partes: el controlador y el proceso controlado, según la Fig.3. una entrada se aplica al controlador, cuya salida actúa como señal actuante, controla el proceso controlado de tal forma que la variable controlada y se desempeña de acuerdo con estándares preestablecidos. Por su simplicidad y costo reducido de los sistemas de control en lazo abierto se les encuentra en mucha aplicación no crítica. (Kuo, 1996)

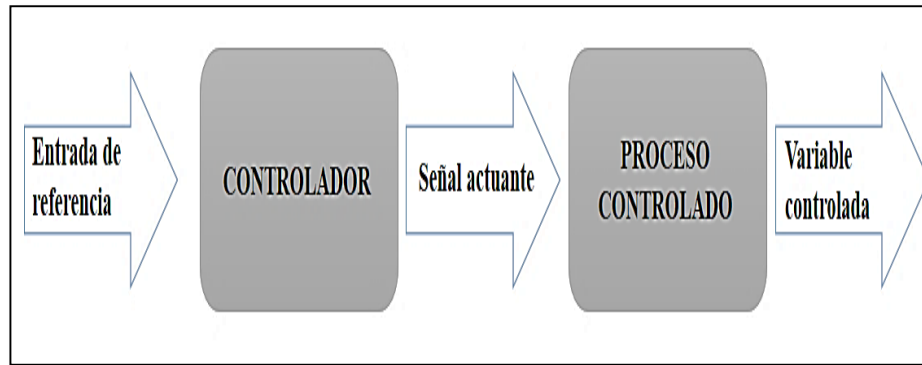


Figura 24. Sistema de lazo abierto

Fuente: Elaboración Propia.

Estos tipos de sistemas se caracterizan por:

- Tener conflicto por perturbaciones.
- Ser simples y económicos.
- La entrada no se compara con la salida.
- Difícil para satisfacer requerimientos críticos.
- Su precisión depende del proceso de la entrada.

2.2.1.2. Sistema de control de lazo cerrado

Kuo, conceptualiza que los sistemas de realimentación permiten que el proceso sea exacto y adaptable. Para obtener un control más exacto, la señal controlada debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia y se debe enviar una señal actuante proporcional a la diferencia de la entrada y la salida a través del sistema para corregir el error. Un sistema con una o más trayectorias de realimentación como el que se acaba de describir se denomina sistema en lazo cerrado. Además, Kuo “Se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia y lo continúa haciendo con base en esta diferencia” Mediante este tipo de control se puede manejar las perturbaciones, dado que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre pueden compensarse dentro del sistema. (Kuo, 1996, pág. 10)

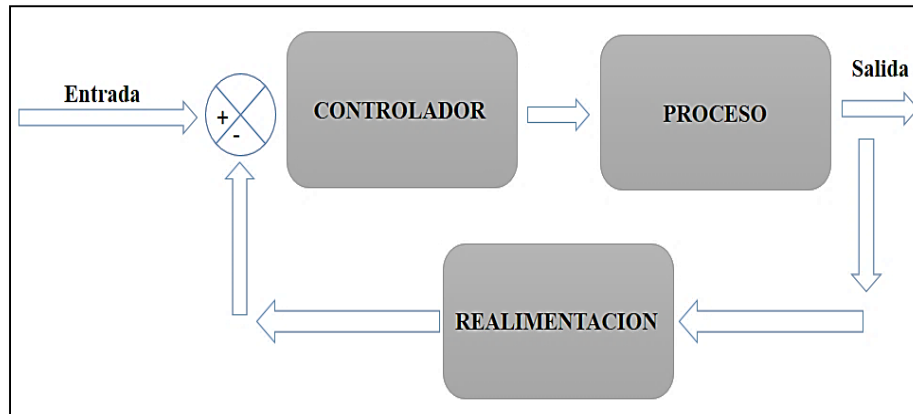


Figura 25. Sistema de lazo cerrado.

Fuente: Elaboración Propia.

Estos tipos de sistemas se caracterizan por:

- Estabilidad en perturbaciones y variaciones internas.
- Realimentación.
- Complejos, pero mayor estabilidad en parámetros.
- La entrada es comparada con la salida, afectando en el control de sistemas.

2.2.1.3. Comparación de los sistemas de control

Teniendo en comparación de los sistemas de control:

- El sistema de lazo abierto no se compara con ningún tipo de señal, cada ajuste hecho en este sistema actúa directamente en el sistema.
- El sistema de lazo cerrado tiene una realimentación que compara las señales de salida respecto a la entrada, generando una diferencia y así realiza un ajuste y a media que este se realiza más comparación tenemos mayor precisión, aproximándose a un error 0, por lo cual sería un proceso ideal.
- Teniendo a los sistemas de lazo cerrado como los asertivos por lo que en el proceso es exacto y adaptable.

En consideración de los dos sistemas, depende la aplicación que se va a utilizar se debe seleccionar el tipo de control y lazo adecuado. (Kuo, 1996)

2.2.2. Variables de interferencia en el sistema de control

Los sistemas de control tienen varios métodos y formas para que se puedan representar de funciones matemáticas, el análisis del sistema de su comportamiento dinámico en el tiempo, pero se dan valores no requeridos que generan problemas en el circuito de bucle cerrado, cambiando los valores deseados.

Teniendo relevancia los que se dan a continuación:

2.2.2.1. Histéresis

Creus, define que “es la desigualdad alta apreciada en valores adecuados por la señal de salida para el mismo valor cualquiera del campo medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente” (Creus A. , 2010).

Comprendiendo la histéresis que genera valores distintos estables llegando a una variación lenta al parámetro requerido, tanto de manera ascendente como descendente.

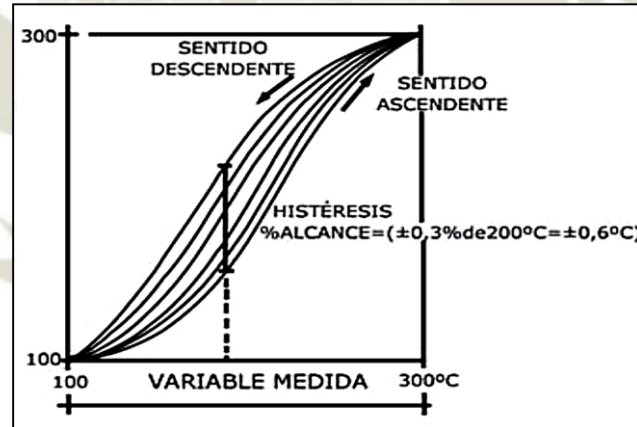


Figura 26. Ciclo de histéresis.

Fuente: Creus, (2010) [16]

2.2.2.2. Ruido

Creus, conceptualiza como un desorden eléctrico que se introduce en la transmisión, indicación o registro de la información requerida. Un caso especial es la interferencia de radiotransmisores RFI (Interferencia de radio

frecuencia). Puede expresarse en unidades de la señal de salida o en tanto por ciento del alcance. (Creus A. , 2010)

Unos de los problemas que abarco un tiempo de estudios puesto que las tecnologías de ahora si no tuvieran protección de ella no se podrían desarrollar mayores avances tecnológicos.

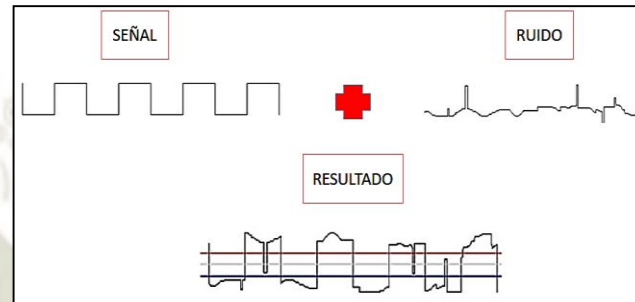


Figura 27. Señal afectada por ruido.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3. Elementos Sistema de control

Según Ogata (2010) define que “un sistema esquemático se puede representar por medio de un diagrama de bloques, siendo estructurado por elementos” (P. 22).

Los elementos de los cuales se una estructura son los siguientes:

- Comparador.
- Controlador.
- Actuador.
- Proceso.
- Sensor. (Ogata, 2010)

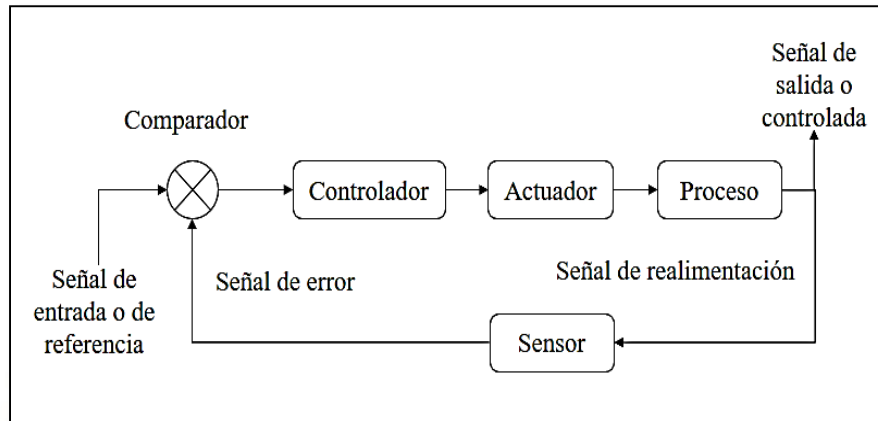


Figura 28. Diagrama de bloques de un sistema de control.

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante la **Tabla 1** se hace referencia a los elementos del sistema de control descritos en la **Figura 28**.

Tabla 1.

Elementos de un sistema de control.

Comparador	Elemento que compara la señal de referencia proveniente del selector de referencia, con la señal realimentada de la salida.
Controlador	Es el elemento más importante de un sistema de control. Condiciona la acción del elemento “actuador”, en función del error obtenido. Su acción de control puede ser: on- off, on-off con histéresis, proporcional (p), derivativa (d), integral (i), o una combinación de éstas tres (PD,PI,PDI).
Actuador	Elemento final del sistema de control. Actúa directamente sobre el proceso o sobre la salida
Proceso	Es el conjunto de elementos físicos o químicos susceptibles de ser controlados.
Sensor	Dispositivo (sensor) utilizado en el bloque de realimentación. Acondiciona la señal de salida para introducirla en el comparador.

Fuente: Ogata, (2010)

2.2.4. Variables de los sistemas de control

Se basa en las magnitudes que se interponen al control y que definen el comportamiento del control.

2.2.4.1. Variable de referencia

Variables de agitación que interfieren sobre el sistema desde el exterior, se pueden escoger a libre albedrío.

2.2.4.2. Variable manipulada

Magnitud o condición que el controlador cambia para escoger el valor de la variable controlada. Son las entradas del proceso. (Paucar Tenorio & Quinllay Ramos, 2014)

2.2.4.3. Variable perturbadora

Son los valores desconocidos. Normalmente estos valores no son medibles, pero la desigualdad que generan en el proceso permite que sean fáciles de detectar.

2.2.4.4. Variable controlada

Es aquella que se busca mantener constante de la variable que controla o con cambios mínimos. Su valor debe seguir al valor que debe tratar de ser igual de la variable del proceso.

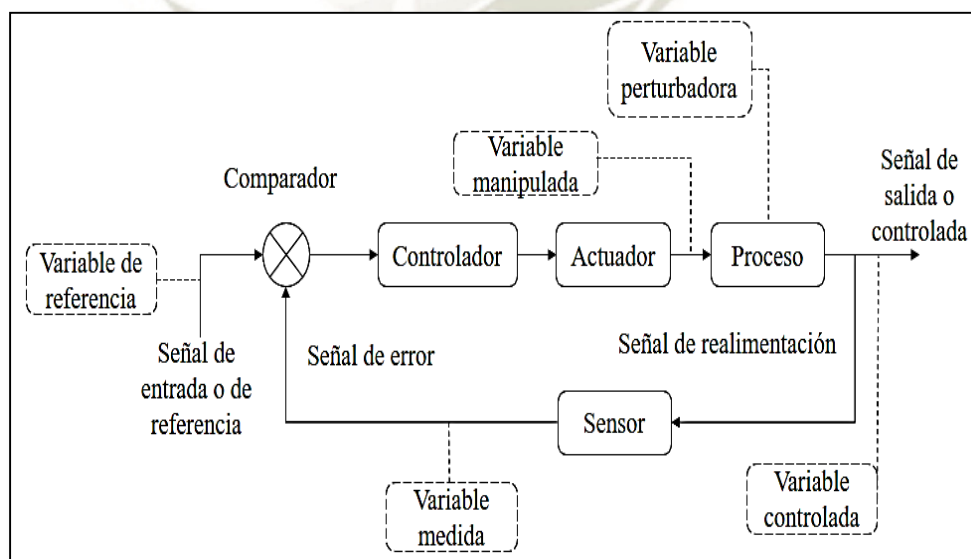


Figura 29. Variables de un sistema de control.

Fuente: Elaboración Propia

2.2.5. Tipos de controladores

2.2.5.1. Control ON-OFF

Este tipo de controlador es el más sencillo, la salida del controlador solo puede ser de manera de activación o de manera apagada y en el cual no existe un valor de que pueda ser intermedio. Su activación se da por medio que este pase la referencia proporcionada (error).

El poder utilizar el controlador puede generar un daño a largo paso en algunos componentes puesto que su activación y desactivación rápida genera que estas se desgasten.

2.2.5.2. Control ON-OFF con histéresis

Según Ogata (2010) define que “Este tipo de control significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar una señal de control al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medio a partir de un valor deseado”.

La histéresis ayuda a este controlador a que la activación en el valor de referencia al variar en otro valor pueda mantenerse hasta que pueda llegar a un punto en el cual pueda desactivarse, siendo esta zona muerta o histéresis.

A continuación, se nombrará unas ventajas que tiene este controlador:

- Fácil forma de ser implementado.
- Es un proceso de poca oscilación.
- Es un tiempo de respuesta inmediato.

Pero si bien tiene beneficios este tipo de controlador puede no puede ser recomendable para procesos de alto riesgo.

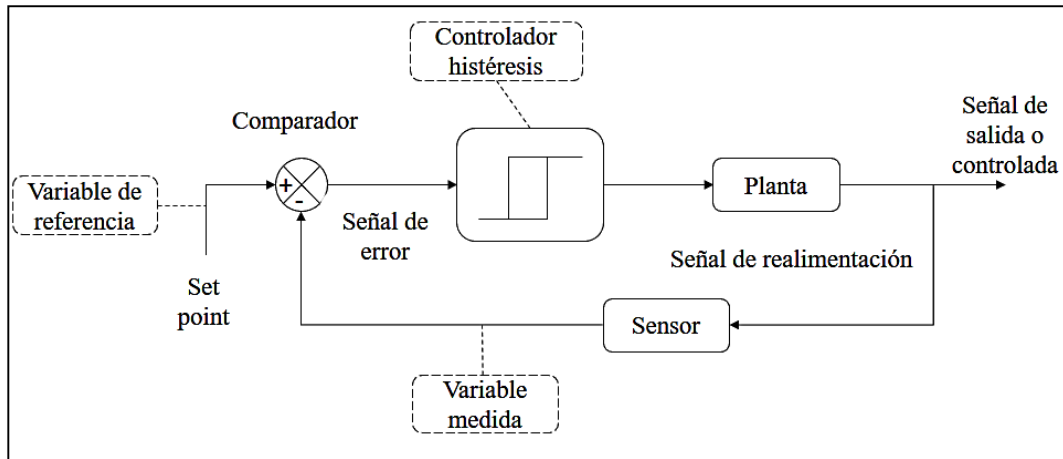


Figura 30. Control On-Off con histéresis.

Fuente: Elaboración Propia

2.2.6. Sensores

Pallás (2003) define que “Convierte una señal de una forma física en otra distinta. la señal de entrada es siempre una energía o potencia, pero al medir, la señal suele ser tan pequeña que puede despreciarse y no pueda ser adquirida al sistema” (p. 3).

Según Creus (2010) conceptualiza como “Captan el valor de la variable de proceso y envía una señal de salida predeterminada. El sensor puede formar parte de otro instrumento o bien puede estar separado. También se denomina detector o elemento primario” (p. 23).

2.2.6.1. Clasificación de los sensores

Según Bolton (2001) define que “La variedad de sensores existentes que se ejercen de magnitudes físicas distintas no pueden enfocarse racionalmente a su estudio sin clasificarlos previamente de acuerdo con algún criterio” (p. 6).

2.2.6.1.1. Aporte de energía

Según Pallás (2003) define que “la variedad de sensores existentes que se ejercen de magnitudes físicas distintas no pueden enfocarse racionalmente a su estudio sin clasificarlos previamente de acuerdo con algún criterio” (p. 6).

Criterios de acuerdo al aporte de energía:

- **Sensores moduladores o activos:** la energía de la señal de salida que requieren es parte auxiliar, por ende, la entrada solo controla la salida. Pero esta energía auxiliar genera un peligro de explosión de algunos lugares.
- **Sensores generadores o pasivos:** la energía de la señal de salida que requieren es de la suministrada por la entrada. (Pallás, 2003)

2.2.6.1.2. Señal de salida

Estos sensores se clasifican de la siguiente manera:

- **Sensores analógicos:** la señal de salida varia, a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo, los sensores con salida en el dominio temporal.
- **Sensores digitales:** las señales de salida se distinguen en manera de saltos o pasos discretos. No quieren conversión analógica/digital y la transmisión de su salida es más fácil. Con mayor fidelidad, fiabilidad y con mayor exactitud, pero no abarca magnitudes físicas de mayor interés. (Pallás, 2003)

2.2.6.1.3. Modo de operación

Dependiendo al modo de funcionamiento, los sensores pueden ser:

- **Sensores de deflexión:** la señal medida llega a producir un aparente efecto físico, que genera un cierto efecto similar, pero contradictorio, en alguna parte del instrumento y que esta enlazado con una variable útil.
- **Sensores de comparación:** se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector de desequilibrio y un medio para restablecerlo. (Paucar Tenorio & Quinllay Ramos, 2014)

Tabla 2.
Clasificación de los sensores.

CRITERIO	CLASES	EJEMPLOS
Aporte de energía	Moduladores	termistor
Señal de salida	Generadores	termopar
	Analógicos	Potenciómetro
Modo de operación	Digitales	Codificador de posición
	De deflexión	Acelerómetro de deflexión
	De comparación	servo acelerómetro

Fuente: Pallás (2003).

Pallás (2003) agrega que “la clasificación de los sensores es más llamativa de acuerdo con el parámetro de variable: resistencia, capacidad, inductancia, los sensores de tensión, carga o corriente y otros tipos no incluidos anteriormente.” (p. 7).

Con estas características nos permite reducir en grupos pequeños a los sensores, pudiendo tener una observación en el siguiente cuadro:

Sensores	Magnitudes								
	Posición Distancia Desplazamiento	Velocidad	Aceleración Vibración	Temperatura	Presión	Caudal Flujo	Nivel	Fuerza	Humedad
Resistivos	Potenciómetros Galgas Magnetoresistencias		Galgas + masa- resorte	RTD Termistores	Potenciómetros + tubo Bourdon	Anemómetros de hilo caliente Galgas + voladizo Termistores	Potenciómetro + flotador Termistores LDR	Galgas	Humistor
Capacitivos	Condensador diferencial				Condensador variable + diafragma		Condensador variable	Galgas capacitivas	Dielectrico variable
Inductivos y electromagnéticos	LVDT Corrientes Foucault Resolver Inductosyn Efecto Hall	Lay Faraday LVT Efecto Hall Corrientes Foucault	LVDT + masa- resorte		LVDT + diafragma Reluctancia variable + diafragma	LVDT + rotámetro Lay Faraday	LVDT + flotador Corrientes Foucault	Magneto-elástico LVDT + célula carga	
Generadores			Piezoeléctricos + masa-resorte	Termopares Piroeléctricos	Piezoeléctricos			Piezoeléctricos	
Digitales	Codificadores incrementales y absolutos	Codificadores incrementales		Osciladores de cuarzo	Codificador + tubo Bourdon	Vórtices			SAW
Uniones p-n	Fotoeléctricos			Diodo Transistor Convertidoras T/I			Fotoeléctricos		
Ultrasonidos	Reflexión	Efecto Doppler				Efecto Doppler Tiempo tránsito Vórtices	Reflexión Absorción		

Figura 31. Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes.

Fuente: Pallás (2003) [43]

2.2.7. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo que trabaja como un ordenador, que contiene en su interior básicamente un procesador, un reloj y un reset lógico, tanto como puertos de entrada y puertos de salida además es de fácil programación. Sus características principales son las siguientes:

- **Entrada Reset:** Reanuda el chip en cualquier instante y hace que vuelva al principio del proceso o código.
- **Reloj:** Llega a sincronizar la frecuencia del reloj, siendo el reloj interno o externo, usando cristales o un circuito resonante.
- **Central:** Es aquel que permite del microcontrolador el CPU, su objetivo de la central es decodificar y ejecutar los estudios almacenados en la memoria del programa.

- **Memoria del programa:** la importancia de esta característica es que contiene toda información adquirida en el microcontrolador que es utilizada.
- **Memoria RAM:** es la memoria de las operaciones, en las que se realizan los trabajos con las variables de programación definidas.
- **Registros hardware:** con procedencia de 2 tipos de registros, los cuales son registros internos del procesador y registros usados de cual se controla los dispositivos externos.
- **Puertos Entrada/Salida:** estas conexiones son puertos con la comunicación que se da en el exterior, mediante el cual se controla los dispositivos externos de salida (led, motores, relés, etc.).
- **Controladores y divisores:** los cuales son utilizados en procesos que necesitan de un control del tiempo con relojes alarmas y temporizadores. (Pallás, 2003)

Las características que se puedan representar en un microcontrolador se podrán desarrollar de acuerdo a las necesidades que se necesitan del proyecto y del usuario. Se representa un esquema de un microcontrolador en consiguiente:

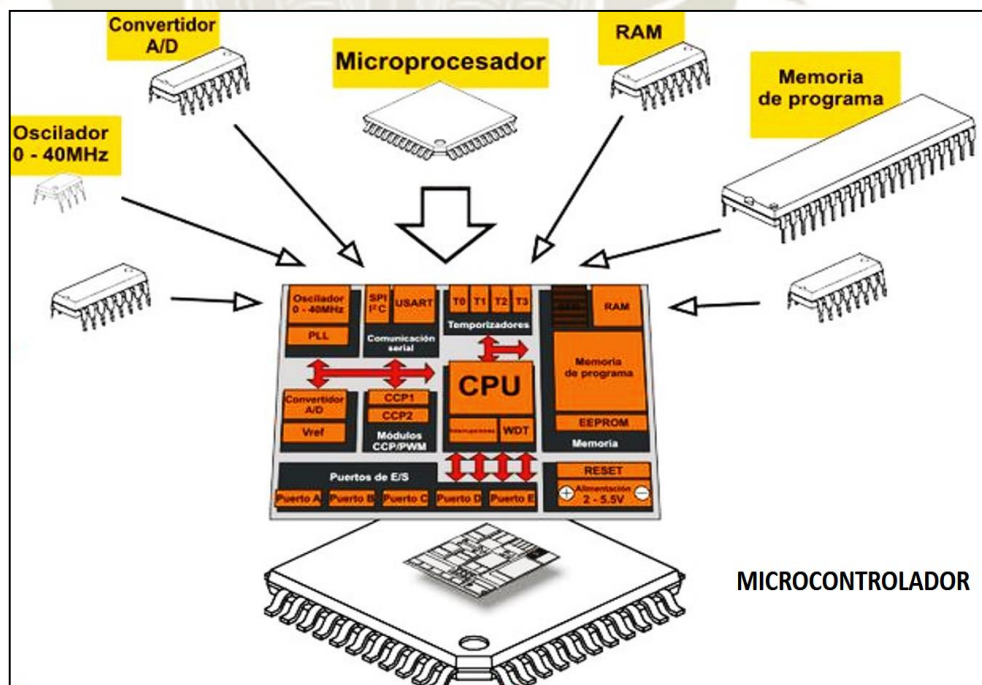


Figura 32. Esquema representado de un microcontrolador.

Fuente: Pallás, (2003) [43]

2.2.7.1. Tarjeta de desarrollo arduino

Aire Valencia, J; Cornejo Castro, J. definen como: “Es una plataforma de prototipos de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Teniendo como usuarios a artistas, diseñadores, programadores, etc. Para el uso de tiempo recreacional con el fin de crear proyectos iterativos.” (p. 8).

Se desarrollan variedades de microcontroladores y plataformas las cuales son complejas a comparación de la programación del arduino, el cual ofrece mayores ventajas que las otras. Una de ellas siendo las siguientes:

- **Barato:** en comparación **con** las otras plataformas o placas que ofrecen las mismas propiedades.
- **Multiplataforma:** la competitividad es eficaz puesto que tiene en ejecución en varios sistemas operativos, como: Windows, Macintosh, OSX y GNU, Linux.
- **Central:** es aquel que permite que el microcontrolador del CPU, su objetivo de la central es decodificar y ejecutar los estudios almacenados en la memoria del programa.
- **Memoria del programa:** la importancia de esta característica es que contiene toda información adquirida en el microcontrolador que es utilizada.
- **Programación simple y clara:** la programación de arduino es de fácil uso, incluyendo a personas sin conocimientos previos de cualquier tipo de lenguaje de programación. El entorno que abarca el lenguaje de programación de arduino es processing.
- **Código abierto y software extensible:** el software de arduino se puede adquirir de manera libre, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++.
- **Hardware extensible:** basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de atmel. Tanto como los componentes como los planos

para los módulos estas publicados bajo licencia Creative Commons. (Aire Valencia & Cornejo Castro, 2019)

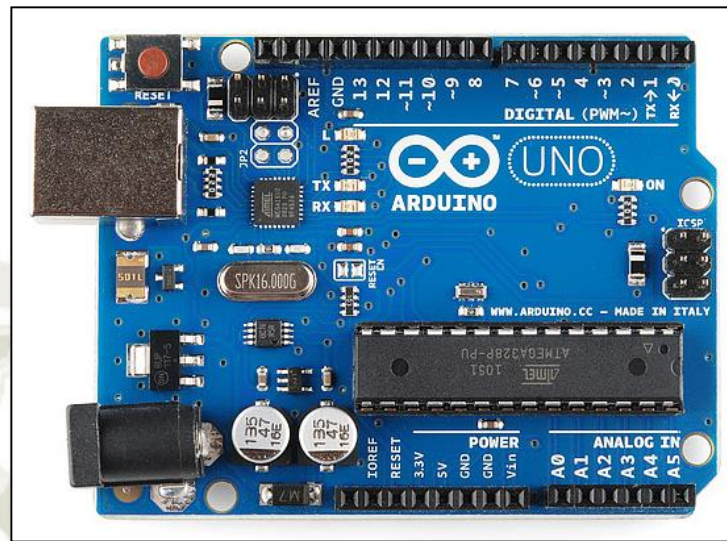


Figura 33. Arduino uno

Fuente: Aire Valencia & Cornejo Castro, (2019) [3]

2.2.8. Pantallas táctiles

Topón (2017) conceptualizan que “Es un periférico de entrada y salida de datos para el dispositivo instalado, actuando, así como intermediario directo entre las órdenes y lo que debe hacer el dispositivo en cuestión. La iteración es de manera táctil o lápiz” (p. 7).

2.2.8.1. Funcionamiento

Topón (2017) conceptualiza que “Las pantallas táctiles tienen similitud que los teclados normales, a diferencia que no utilizan varios componentes, puesto que ellos obstruirían la visión en lo que se muestre en la pantalla, optando por otros métodos con eficiencia” (p. 7). Además “las pantallas táctiles funcionan de distintas formas. Unas de ellas solo pueden detectar un dedo a la vez y llegan a perder el control si llegaran a oprimir varios puntos de la pantalla” (p. 7).

2.2.8.2. Tipos de pantallas táctiles

Topón (2017) conceptualizan que “Las pantallas táctiles tienen distintas formas de ser armadas, dependiendo a la tecnología que utilizaran y las características a las que se abarquen” (p. 8).

A continuación, se conceptualizan algunas de ellas:

- **Pantallas por infrarrojo:** la composición y su accionamiento de la pantalla infrarroja cuenta con detectores de diodos emisores de luz infrarroja en penetración de la carcasa. Al presionar con el dedo corta comunicación con el haz de luz haciendo el control de la pantalla de acuerdo con su función.

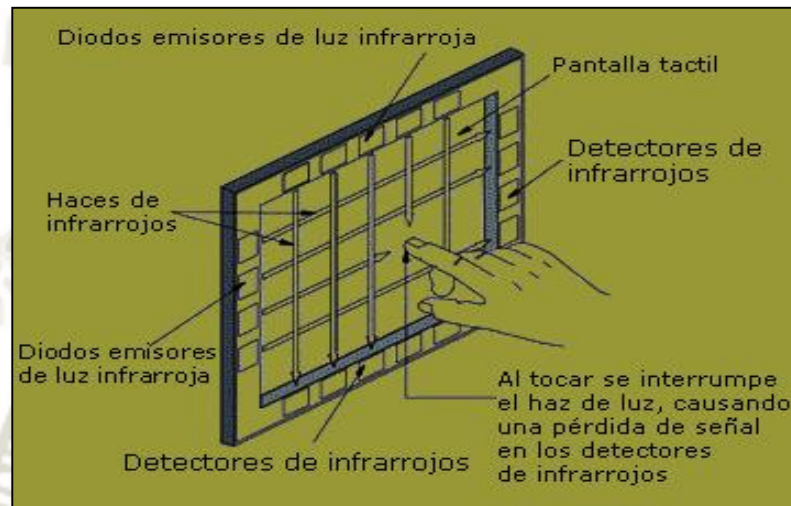


Figura 34. Funcionamiento de pantalla táctil con infrarrojo.

Fuente: Capuzzi, (2004) [10]

- **Pantallas resistivas:** la composición y funcionamiento de las pantallas constan de dos capas de materiales conductores transparentes una separación leve entre sí, dando un pulso sobre la propia pantalla, estas dos partes se juntan pudiendo así detectar la unión con un sistema electrónico. Se mide la resistencia en este punto y de acuerdo se genera la función que se dio en ese punto.

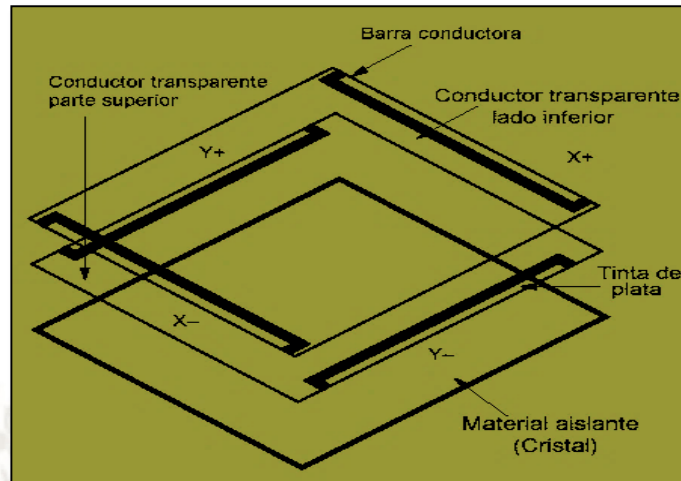


Figura 35. Pantallas táctiles resistivas.

Fuente: Capuzzi, (2004) [10]

- **Pantallas capacitivas:** la composición y funcionamiento de las pantallas capacitivas constan de una capa conductora que puede llegar a utilizar una tensión en cada una de las cuatro esquinas. Al hacer lo anterior, aparece un campo electrónico uniforme, que al generar un pulso en la pantalla desarrolla un campo eléctrico de baja tensión, para establecer la posición del pulso.

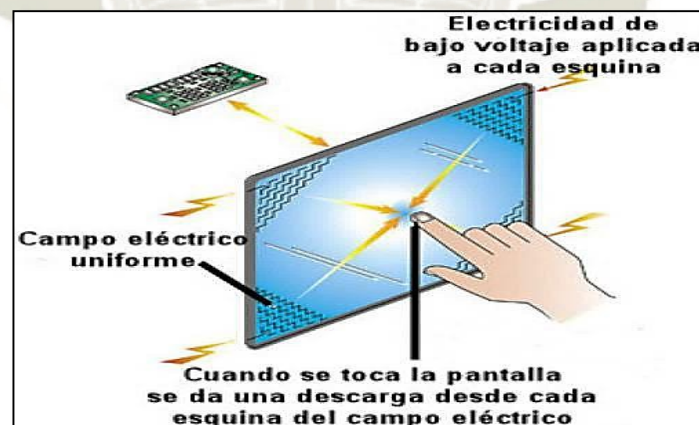


Figura 36. Pantalla táctil por capacitores.

Fuente: Capuzzi, (2004) [10]

- **Pantalla de onda acústica superficial:** la pantalla de onda superficial se enfoca en su superficie de cristal, los cuales transmiten unas ondas acústicas que no son permisibles a la visión humana. Siendo su funcionamiento mediante a toque. Este absorbe la parte de la energía

acústica permitiendo que los transductores que emiten las ondas acústicas, de los cuales están posicionadas ‘en los ejes de la pantalla, generen una emisión del posicionamiento y puedan proceder la función de la cual está en ese punto de la pantalla.

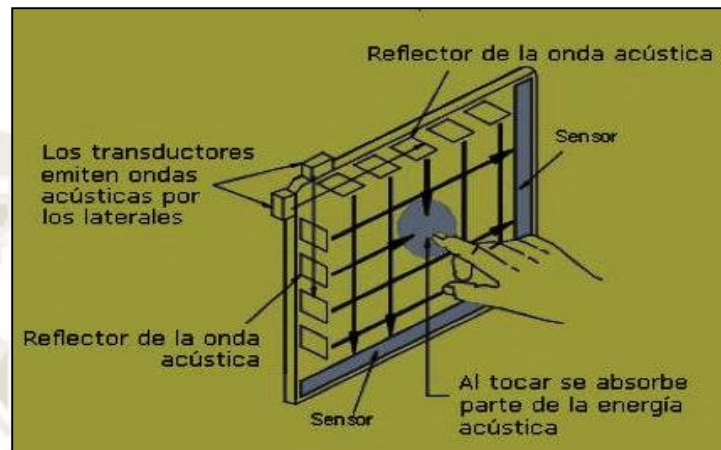


Figura 37. Pantalla táctil de onda acústica superficial.

Fuente: Capuzzi, (2004) [10]

2.2.9. Sistemas de comunicación

Según Forouzan (2002) “se desarrollan entre dos dispositivos los cuales, que, a partir de algún tipo de medio de transmisión, se recopila los datos. Para que la comunicación de datos proceda, los dispositivos de comunicación deben estar introducidos en un sistema de comunicación” (p. 3).

Carbajal (2016) conceptualiza que; “se dan por dos tipos de medios: los que están por medio de cables tanto coaxial, par trenzado (medios guiados) y los que no tienen la necesidad de tener un medio físico para la comunicación (medios no guiados)” (p. 16).

- **Radio VHF:** es un tipo de tecnología con tiempo antiguo, tuvieron éxito en su temporada, siendo que la actualidad sea muy limitada. Su banda de ancha es de 5 a 25 KHz, por lo que una transmisión analógica y no digital.
- **Radio troncalizado:** este tipo se basa en un sistema troncalizado. Dando como ejemplo que, si un usuario desarrolla una llamada, el sistema de manera inmediata le asigna un canal libre, siendo no hábil un canal, este lo deja en tiempo de espera hasta que pueda haber una libre.

- **GPS satelital:** su manera de transmitir y recibir las señales de comunicación es de manera satelital, siendo de manera digital o analógica. La comunicación de las señales se hace desde una antena en la tierra, la cual recibe y envía a un satélite que está en la órbita.
- **WLAN:** este tipo se basa en un sistema sin cables a todos los recursos y servicios de una red corporativa (LAN) en un edificio o en toda una residencia. Tienen a transmitir diversa información de datos por segundo y teniendo la facilidad de ser rápidas.
- **Bluetooth:** es un sistema inalámbrico pero el alcance es que es de poca distancia. El emisor debe estar dentro de la cobertura del receptor para que pueda comunicarse entre sí y la cantidad de usuarios que se pueden conectar es de ocho. (Carbajal, 2016)

Tabla 3.
Características de los medios.

	MEDIOS GUIADOS			MEDIOS NO GUIADOS		
	Par Trenzado	Cable Coaxial	Fibra Óptica	Radio	Microondas	Satélite
COSTO	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
CAUDAL	Bajo	Medio/Alto	Muy Alto	Muy Bajo	Medio/Alto	Medio

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III.

3. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

De acuerdo con el desarrollo de este capítulo, se obtendrá la descripción de las distintas etapas de desarrollo del proyecto, como el diseño y desarrollo de esta, además, las características generales del sistema.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El tablero didáctico en este proyecto está diseñado con caminos que se entrecruzan y dificultan la orientación de una esfera para que pueda llegar al punto final. Mediante el mando a distancia se genera el movimiento controlado del tablero didáctico, para que se pueda guiar a la esfera al final del laberinto. El movimiento se da por la fuerza de contracción de los actuadores neumáticos que están en cada esquina del tablero al ser accionados en coordinación con el mando a distancia.

Todo el proceso está en función a un panel de control, el cual permite dirigir controles básicos para el sistema en general. Con los objetivos y problema encontrados se da el procedimiento sistemático según la norma VDI2222.

3.2. DISEÑO DE INGENIERIA

Para poder dar el desarrollo del prototipo se utiliza el proceso de ingeniería moderna, ingeniería concurrente. Se presenta en la **Figura 38**.

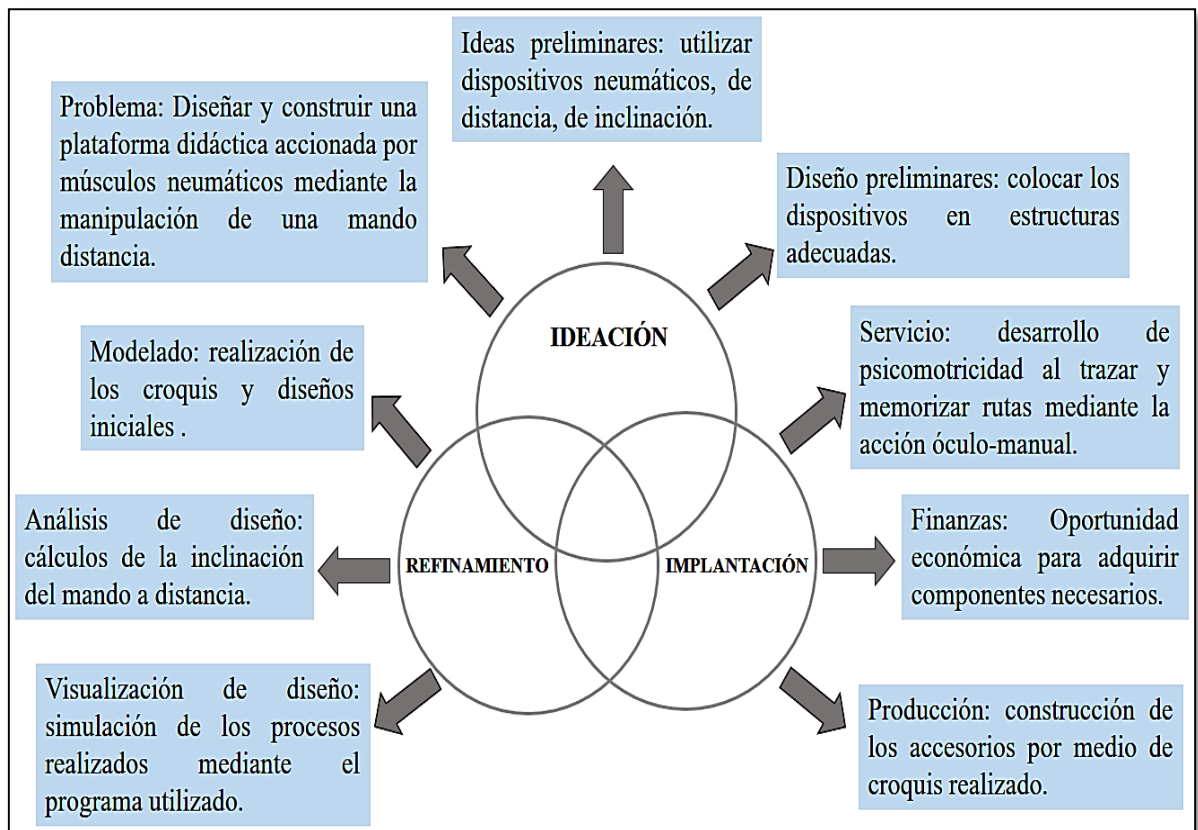


Figura 38. Diseño de ingeniería concurrente del prototipo.

Fuente: Elaboración Propia

Para que este prototipo sea funcional debe cumplir con ciertas especificaciones, se tiene que tener en cuenta que las superficies donde trabaje el prototipo no tendrán que ser inclinadas o desviaciones que afecten el proceso de esta.

Las especificaciones descritas a continuación se darán en la plataforma didáctica:

- La estructura deberá ser de un material resistente para el soporte de accesorios y componentes.
- Debe soportar los movimientos de los actuadores neumáticos, los cuales serán dimensionados de acuerdo con la necesidad de funcionamiento.
- Debe resguardar de movimientos bruscos que se puedan generar en el desarrollo del proceso.
- Debe ser de fácil visión del proceso para el adecuado desarrollo.

- La presión de trabajo deberá estar regulada en un rango de 6 a 6.5 bares. Se debe tener un adecuado regulado para poder asegurar que los actuadores neumáticos tengan la fuerza servible de tracción en las piezas a accionar.
- Las conexiones deben estar visibles tanto para los sensores como para los componentes neumáticos.

Se deberán presentar las especificaciones descritas a continuación en el panel de control:

- Su estructura de soporte debe ser de un material que soporte el peso el cual se da por los componentes y accesorios.
- El tablero que estará en el panel de control debe estar de una manera ergonómica para que se dé una mejor visualización de los componentes en ella.
- Esta debe proteger los componentes que se encuentren en ella, ya sea de polvo o golpes que se pueda generar en su manipulación de posición.
- Su dimensionamiento debe ser adecuado para que los componentes no estén muy juntos y así se pueda tener mejor uso y no colisionar entre ellas.
- Las conexiones que se den entre el panel de control y plataforma didáctica deben estar una localización adecuada en el tablero.
- El HMI debe tener un adecuado contenido de manera fácil de entender y poder así desarrollar el proceso.
- Se deberá implementar un botón con parada de emergencia por si hay un problema en el transcurso del proceso de desarrollo.
- Debe contar con indicadores de activación y luminosos que faciliten la detección y control de los procesos activados.

Se deberán presentar las especificaciones descritas a continuación en el mando de control:

- La estructura del mando de control debe ser de un material acrílico, el cual permite moldearlo para que tenga una manera ergonómica en las manos.
- El código de programación debe estar rígido a la norma de IEC 1131.

- La comunicación entre el mando de control y panel de control tendrá que ser de una manera inalámbrica.
- Debe tener un botón que sea como para de emergencia para un inconveniente que pueda a ocurrir.
- Deber tener su propia fuente sin la necesidad de poder estar conectándola a otro dispositivo.
- Deber tener indicadores los cuales me permitan diferencias en que acción se encuentra.
- Se debe implementar un accesorio el cual permita que si se pueda soltar el mando este no pueda caer y se genere algún daño.

3.2.1. Modelado

El modelamiento de los elementos partes que contiene el prototipo de la plataforma didáctica, con la estructura de soporte, el panel de control y mando a distancia, cada uno con función distinta pero importante en el desarrollo del objetivo a realizar, se utilizó el software de SolidWorks 2016, que es implementada hasta ahora por la empresa SolidWorks Corp.

Este software es un programa de diseño asistido con el uso de una computadora, pueda ser portátil o no. Permite modelar piezas, unirlos y obtener los planos técnicos como diferentes formas de información para el desarrollo que uno necesite. La ventaja que tiene este tipo software es que existe una gran variedad de documentos y tutoriales en internet, ya sea de la misma empresa o de personas ajenas a ella, siendo de mucha facilidad a la hora de poder desarrollar el diseño.



Figura 39. SolidWorks.

Fuente: SolidWorks Corp, (2021) [49]

Todos los diseños que se realizaron en este proyecto son exclusivos para el uso de esta aplicación.

3.2.1.1. Diseño mecánico

Para que se pueda obtener un diseño mecánico se procesa a realizar un análisis funcional, el cual trata de un diseño aproximado del prototipo, siendo el fin de esto ubicar las partes mecánicas para lograr un mejor diseño. Así se puede obtener especificaciones adecuadas para elegir los materiales y elementos adecuados para la aplicación del prototipo.

El diseño mecánico de esta plataforma didáctica está bajo la norma AISC 360-10. En la plataforma didáctica de acuerdo con las especificaciones anteriores, se procedió a diseñar una aproximación de lo que se tendrá que obtener para su mejor uso, a continuación, se muestra en la **Figura 40**.

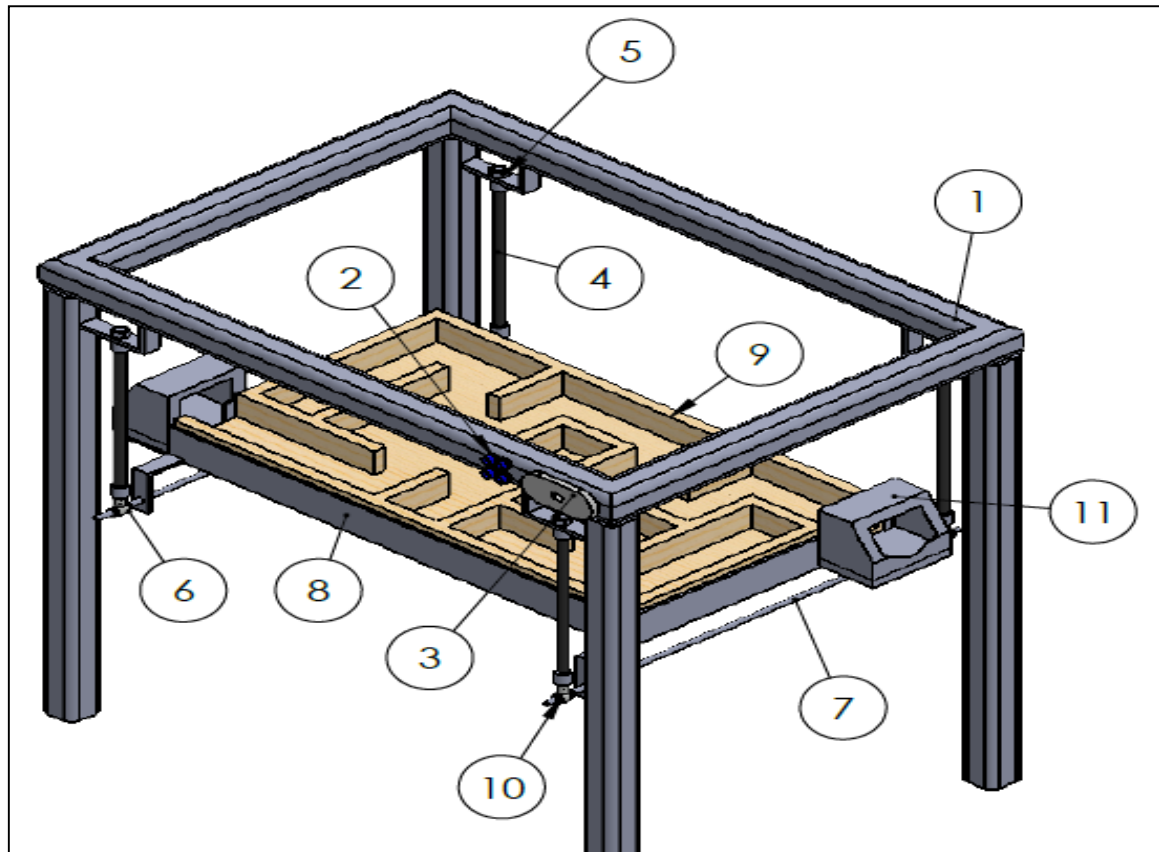


Figura 40. Diagrama de lista de la plataforma didáctica.

Fuente: Elaboración Propia

Se trata de una estructura sólida la cual permite la sujeción de los músculos neumáticos, también de la base que sujeta a la plataforma didáctica al igual que otros componentes. El propósito de esta parte del sistema es poder dar un poco de estabilidad a la tensión de los músculos neumáticos cada vez que estos entren en accionamiento. Esto en consecuencia por el control de la plataforma para el dominio del movimiento de la esfera. En la estructura, se da la conexión con el panel de control entre la alimentación de aire, que vienen de las válvulas, por medio de mangueras neumática que están en el interior de ella. También se da la conexión de los sensores que están distribuidos en la base de la plataforma para el control del recorrido final de la esfera y el movimiento de la plataforma. Para mayor información sobre las medidas ir al **ANEXO 27**.

En la **Tabla 4** se presenta un detalle de las piezas de la plataforma didáctica:

Tabla 4.

Lista de partes de la plataforma didáctica

N° DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura plataforma didáctica	1
2	Conectores rápidos	4
3	Conector de los sensores	1
4	Músculos neumáticos	4
5	Tuerca superior del musculo	5
6	Rótula	4
7	Barra	2
8	Soporte tablero	1
9	Tablero	1
10	Tuercas de barra	8
11	Porta esfera	2

Fuente: Elaboración Propia

En el panel de control de acuerdo con las especificaciones anteriores, se procedió a diseñar una aproximación que muestra en la **Figura 41**.

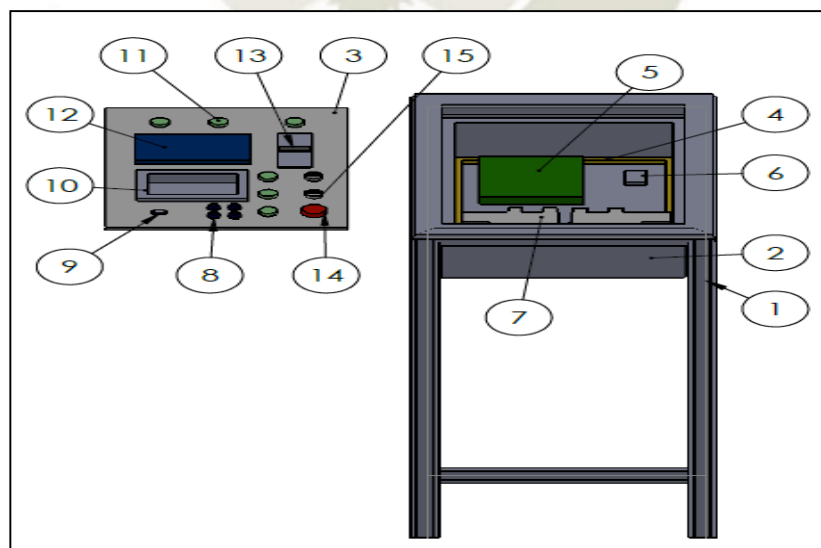


Figura 41. Diagrama de lista del panel de control.

Fuente: Elaboración Propia

Se trata de un soporte metálico para poder colocar el tablero, el cual tiene una inclinación en la parte superior para la ergonomía de la persona a utilizar. El tablero tiene en su interior las electroválvulas, la alimentación, circuito con los controladores, luces piloto y accesorios adicionales para la interfaz a desarrollar. La pantalla del tablero nos permite visualizar las luces piloto, la pantalla táctil, las llaves de alimentación de la parte fuerza como la parte de control, al igual que la llave general. También se designó un espacio para poder introducir el mando a distancia, el cual es de fácil uso. Si se requiere información de las medidas ir al **ANEXO 26**.

En la tabla 5 presenta un detalle de las piezas del panel de control:

Tabla 5.
Lista de partes del panel de control.

N° DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura control	1
2	Contenedor control	1
3	Pantalla interfaz	1
4	Canaletas	1
5	Circuito de panel de control	1
6	Fuente de poder	1
7	Electroválvula	4
8	Acoplador	4
9	Conector sensor	1
10	Guarda control	1
11	Luz piloto	6
12	Pantalla táctil	1
13	Termomagnética	1
14	Parada de emergencia	1
15	Activador	2

Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 42** se presenta los componentes que están dentro del circuito del panel de control:

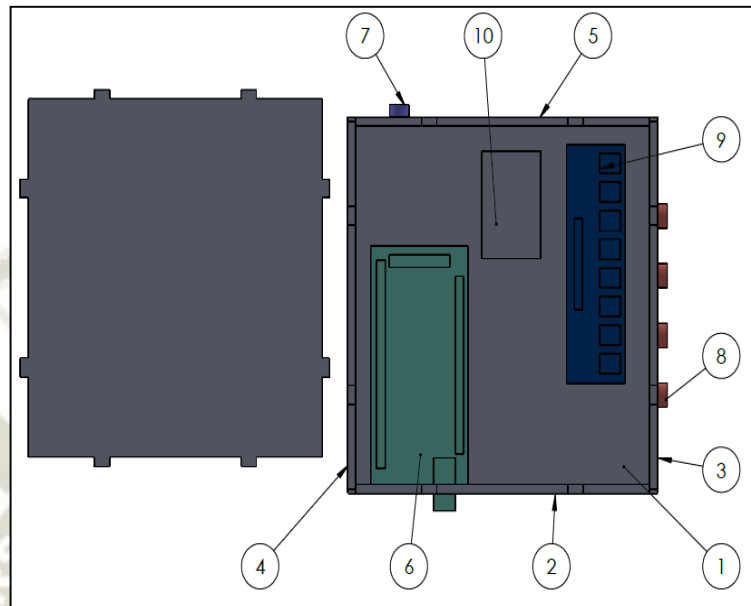


Figura 42. Diagrama de lista del circuito del panel de control.

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 6** presenta un detalle de las piezas del circuito en el panel de control:

Tabla 6.

Lista de partes del circuito en el panel de control.

N° DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tapas	2
2	Parte atrás	1
3	Parte fuente atrás	1
4	Parte fuente	1
5	Parte sensor	1
6	Arduino mega	1
7	Conector parada de emergencia	2
8	Conector relé	8
9	relés	1

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo de las especificaciones técnicas escritas antes, se procede a diseñar el mando de control, la cual se ve en la **Figura 43**.

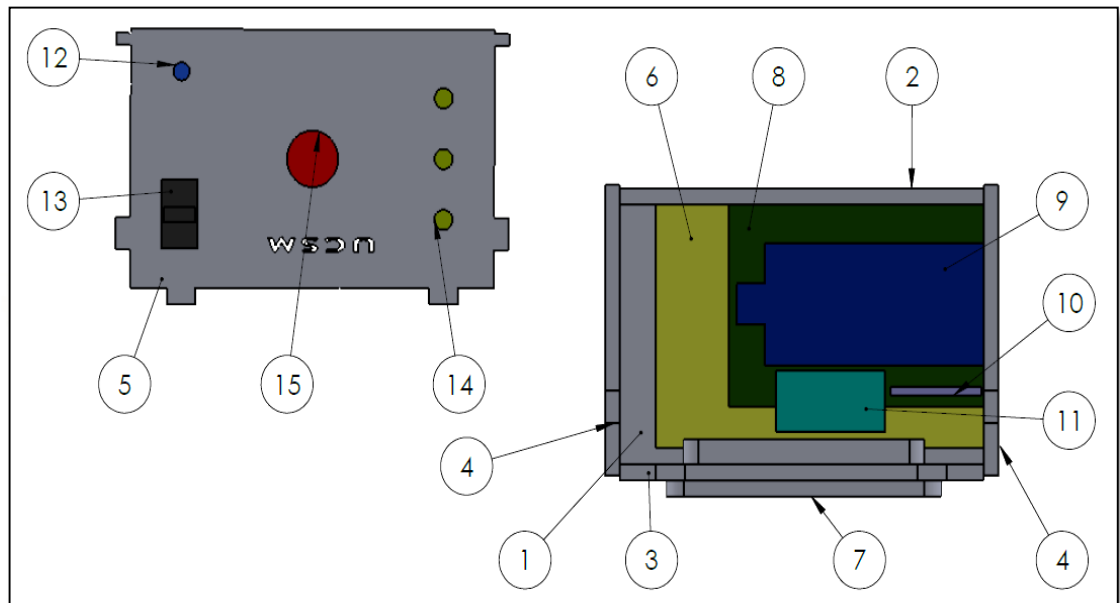


Figura 43. Diagrama de lista del mando de control.

Fuente: Elaboración Propia

Es una estructura de la cual se diseña de acuerdo a los accesorios a utilizar. Está conformada por 6 paredes dando el aspecto a un cubo, con el diseño específico de algunas paredes para el adecuado manejo de esta. En su interior tendrá los elementos mínimos necesarios para de poder controlar la comunicación con el panel de control y plataforma didáctica. Para mayor información de las medidas ir al **ANEXO 24**.

En la **Tabla 7** se nombra los componentes del mando de control:

Tabla 7.
Lista de partes del mando de control.

N° DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Parte baja	1
2	Parte izquierda	1
3	Parte derecha	1
4	Parte lado	2
5	Parte arriba	1
6	Batería	1
7	Conector cargador	1
8	Placa circuito	1
9	Arduino nano	1
10	Receptor RF	1
11	Sensor ADXL335	1
12	Antena	1
13	Interruptor	1
14	Leds	3
15	Parada de emergencia	1

Fuente: Elaboración Propia

Ya se pudo ver en el diseño de cómo podrían estar los componentes que se pueda utilizar, en la **Figura 44** vemos como estaría posicionados cada uno de ellos:

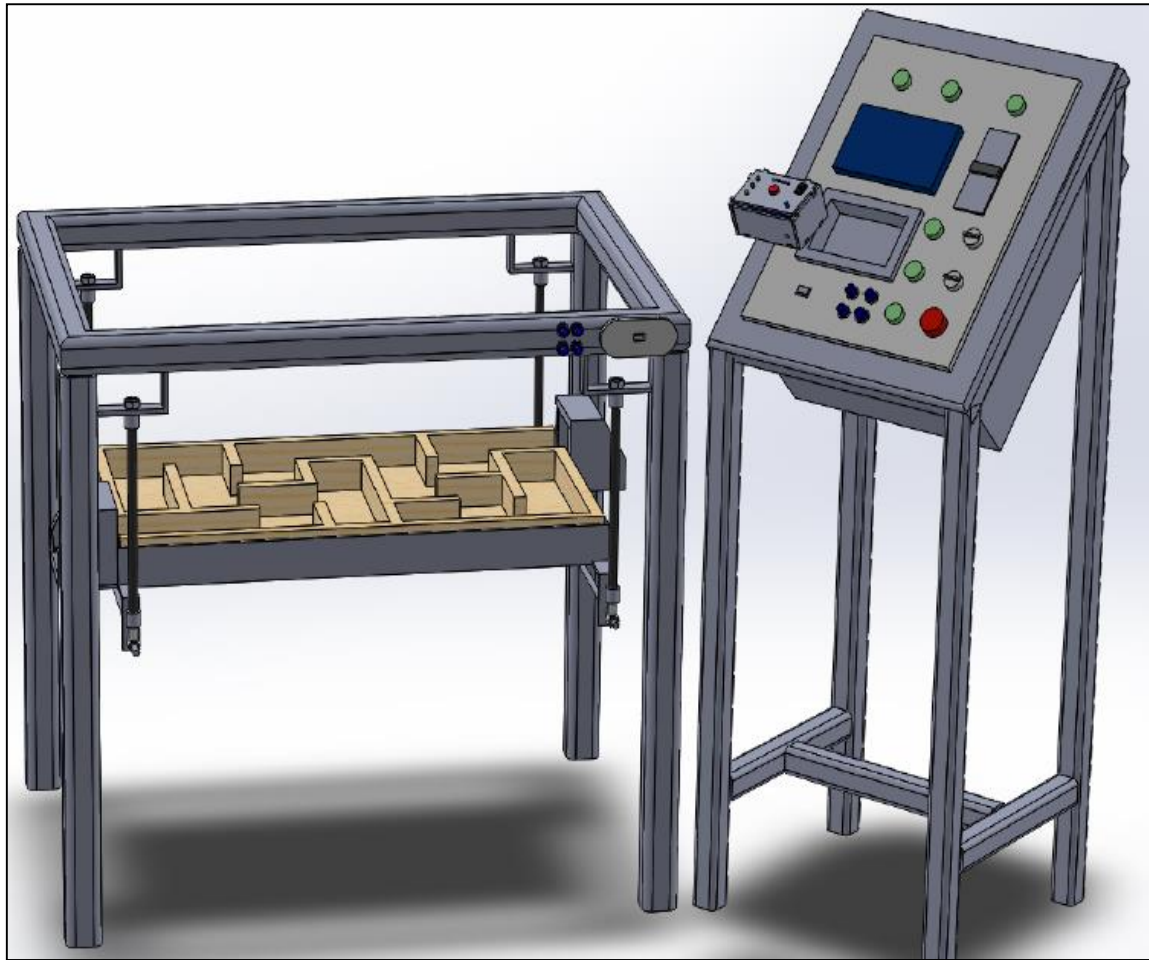


Figura 44. Diseño de unión de elementos requeridos.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Diseño preliminar

Para poder hacer la construcción de la plataforma didáctica funcional se necesitan de específicos elementos y dispositivos, dentro de ello se utilizan materiales con los que se van a fabricar puesto con ello se tiene un diagrama funcional y luego una matriz morfológica para establecer sus factores importantes pudiendo observar ventajas y desventajas.

El diagrama funcional que se presenta en la **Figura 45** es de manera gráfica de un proceso que permite visualizar de una mejor manera la cadena de subprocesos que concuerdan en el proceso.

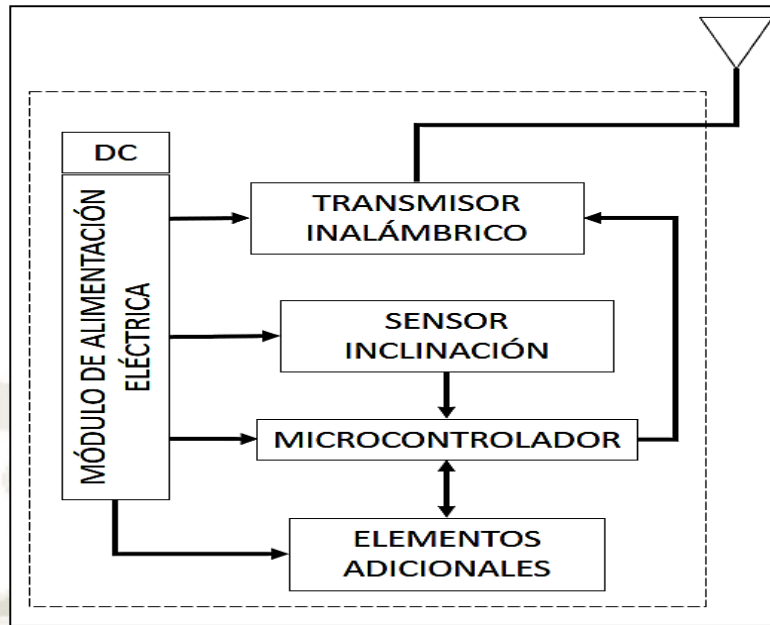


Figura 45. Diagrama funcional del proceso del mando de control.

Fuente: Elaboración Propia

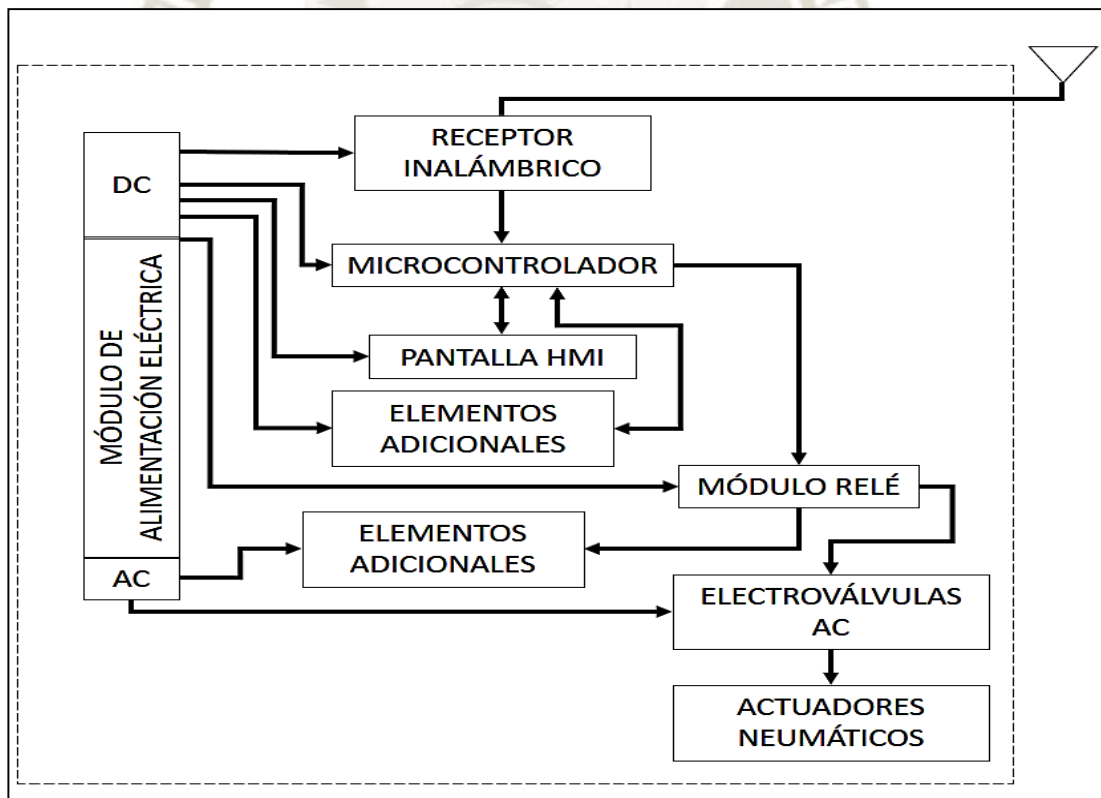


Figura 46. Diagrama funcional del proceso de la plataforma didáctica y panel de control.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Análisis de diseño

La parte del prototipo que tendrá que ser manipulada es el mando control, con el cual tendremos que poder hallar unos ciertos datos y así podrá tener un mejor control. con esta información podremos escoger un adecuado elemento.

Para ello empezamos utilizando los ángulos de Euler para nuestro desarrollo de la codificación:

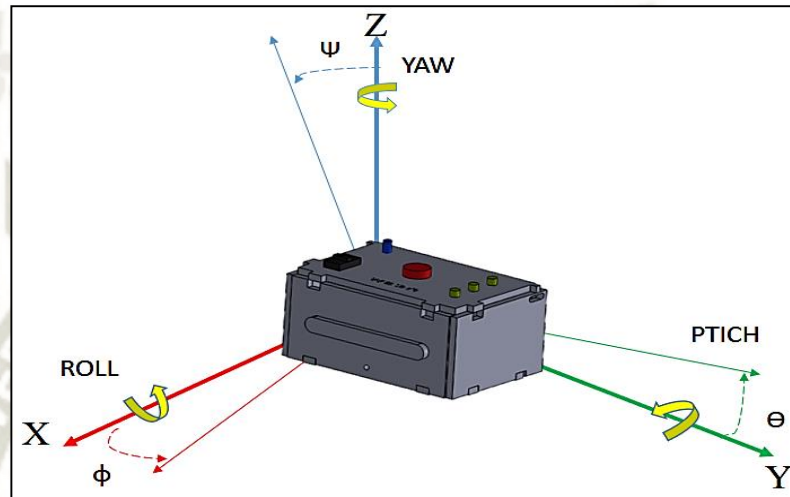


Figura 47. Ángulos de rotación Euler.

Fuente: Elaboración Propia

Cualquier rotación de un cuerpo puede ser descrita mediante tres ángulos. Si estos ángulos corresponden al giro en cada uno de los ejes de un sistema de referencia ortogonal, se conocen como ángulos Euler. Esto se puede describir como una sucesión ordenada de tres giros. No están únicamente definidos, por lo tanto, es forzoso poder aplicar estos en el mismo orden. Se describen con el tipo de navegación de ROLL (ϕ), PITCH (θ) y YAW(ψ). (Olivares Garcés, 2018)

Como el orden de giro es definitivo en los ángulos de Euler, se tiene que uno de cada uno, siendo el primer giro de YAW, siendo descrito de la siguiente manera:

$$R\psi = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2.3.1)$$

Haciendo lo mismo con el giro de PITCH:

$$R\theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3.2.3.2)$$

Y al final el giro de ROLL:

$$R\phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad (3.2.3.3)$$

3.2.3.1. Estimación de actitud

La estimación de actitud es la información de la orientación del mando de control respecto al eje lateral y longitudinal del sistema de referencia, este está compuesto de los ángulos de Euler. A continuación, miramos su ecuación:

$$E = [R\phi R\theta R\psi] \quad (3.2.3.1.1)$$

En la siguiente expresión, se muestra la expresión de actitud en reposo, siendo la primera parte calcular la actitud inicial, para ello se supone que un estado de reposo donde se tienen en cuenta únicamente las mediciones del sensor de inclinación. Al poder estudiar la descomposición de la fuerza de gravedad en cada uno de los ejes, son estimados los valores iniciales de pitch y roll, asumiendo que el yaw inicial es igual a 0. (Olivares Garcés, 2018)

Sea a_0 la medición inicial del sensor de inclinación (en estado de reposo):

$$a_0 = [a_x a_y a_z] = \frac{a_0}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}} \quad (3.2.3.1.2)$$

Siendo de la siguiente manera por el valor de gravedad:

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{Ax_{out}}{\sqrt{Ay_{out}^2 + Az_{out}^2}} \right) * \frac{180}{\pi} \quad (3.2.3.1.3)$$

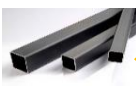











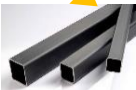








$$\phi = \text{atan} \left(\frac{Ay_{out}}{\sqrt{Ax_{out}^2 + Az_{out}^2}} \right) * \frac{180}{\pi} \quad (3.2.3.1.4)$$

De esta forma los ángulos salen en grados y no en radianes.

3.2.4. Propuesta de adquisición

Para poder adquirir los elementos necesarios en la construcción, se desarrolló un cuadro morfológico para ver las opciones que se podían dar y que beneficios podrían tener, se presentan en la **Tabla 8.**

Tabla 8.
cuadro morfológico.

TIPO	EQUIPO	DETALLE	DESCRIPCIÓN		
ESTRUCTURA	ESTRUCTURA Y SOPORTE DE PLATAFORMA DIDÁCTICA	MATERIAL	METAL	MADERA	ACRÍLICO
		IMAGEN			
	LABERINTO	MATERIAL	MADERA	MELAMINA	MDF
		IMAGEN			
	CABEZA RÓTULA	FORMA	CASQUILLO ESFÉRICO	ROSCA MACHO	ROSCA HEMBRA
		IMAGEN			
	ESFERA	MATERIAL	METAL	BAQUELITA	GOMA
		IMAGEN			
	ESTRUCTURA Y SOPORTE DE PANEL DE CONTROL	MATERIAL	METAL	MADERA	ACRÍLICO
		IMAGEN			
	TABLERO	MATERIAL	PLÁSTICO	ACRÍLICO	LATA
		IMAGEN			
	ESTRUCURA DE MANDO DE CONTROL	MATERIAL	ACRÍLICO	LATA	PLÁSTICO
		IMAGEN			

FUERZA	ACTUADOR NEUMÁTICO	TIPO		MÚSTULO NEUMÁTICO		
		IMAGEN				
	ELECTROVÁLVULA	MARCA	AIRTAC	FESTO	XPCPC	
		IMAGEN				
	VÁLVULA ESTRANGULADORA	MARCA	FESTO	ASTO	MOTEDIZ	
		IMAGEN				
	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	MARCA	FIXM	FESTO	XPCPC	
		IMAGEN				
	CONTROL	LLAVE TERMOMAGNÉTICA	MARCA	CHINT	STRONGER	SICA
			IMAGEN			
PARADA DE EMERGENCIA		MARCA	SCHNEIDER	CHINT	OFUN	
		IMAGEN				
LUZ PILOTO		MARCA	ASCO	EECOL	CHINT	
		IMAGEN				
SELECTOR		MARCA	ASCO	SCHNEIDER	CEMA	
		IMAGEN				
PANTALLA HMI		MARCA	STONE	NEYTRON	DYNAMO	
		IMAGEN				
MICROCONTROLADOR TRANSMISOR	TIPO	ATmega 328P (arduino nano)	ATmega 2560 (arduino mega 2560)	ATmega328 (arduino uno)		
	IMAGEN					
MICROCONTROLADOR RECEPTOR	TIPO	ATmega 2560 (arduino mega 2560)	ATmega328 (arduino uno)	ATmega328P (arduino nano)		
	IMAGEN					

CONTROL	SERVOMOTOR	MARCA	MG995	SG-90	3001HB
		IMAGEN			
	FINAL DE CARRERA	MARCA	ASCO	RAMPS	AEXIT TZ-7141
		IMAGEN			
	MODULO RELÉ	TIPO	4 CANALES	8 CANALES	16 CANALES
		IMAGEN			
	ALIMENTACIÓN PANEL DE CONTROL	MARCA	ADAPTADOR	PORTATIL	FUENTE CONMUTADA
		IMAGEN			
	ALIMENTACIÓN MANDO DE CONTROL	TIPO	PORTATIL	ADAPTADOR	FUENTE CONMUTADA
		IMAGEN			
	SENSOR DE INCLINACIÓN	TIPO	SW-520D	SG100C	ADXL335
		IMAGEN			
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	TIPO	BLUETOOTH	RF433Mhz	WIFI	
	IMAGEN				

- Propuesta 1
- Propuesta 2
- Propuesta 3

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.1. Descripción de las propuestas

En la primera opción, se propone el desarrollo de un proyecto que tendría una utilización de componentes conocidos en el mercado, se detalla algunas características si se pudiera escoger para el desarrollo:

- Tiempo de adquisición elevado.
- Fácil conexión de los componentes, siendo algunos del mismo fabricante.
- Genera un sobredimensionamiento puesto que algunos componentes no son ergonómicos para su manipulación, al igual que su instalación.
- La opción con mayor costo.

En la segunda opción, se propone la adquisición de elementos que pueden llegar a ser útiles, pero por sus características puedan a ser difícil de manipular, a continuación, se detalla algunas características de ellas:

- Las conexiones de algunos elementos tienen una capacidad limitada, ello complicaría el adecuado desarrollo del prototipo.
- Su montaje es de fácil desarrollo.
- Se tendrá que requerir de piezas adicionales para ser acopladas en el prototipo.
- Su codificación para su uso será mayor puesto que necesita de más información para que puedan ser manipuladas.
- Algunos de los elementos tienen un tiempo de vida corto, eso implicaría que pueda haber cambios en cada cierto tiempo.
- Costos bajos.

En la tercera opción, se dispone de elementos que son adecuados al objetivo que se pueda tener en el proyecto a desarrollar, algunas características se presentan a continuación:

- Tiempo de adquisición de los actuadores será de un mes, al ser de especificaciones requeridas, pero son de libre mantenimiento.
- Los elementos al ser unidos tendrán una forma ergonómica, ayudando a una mejor manipulación.

- Opción de costo medio.
- No necesitan de piezas adicionales para su utilización.
- Las conexiones de los elementos a utilizar son los adecuados puesto que tienen las entradas y salidas necesarias para este proyecto.
- Sus elementos en cuanto a la estructura son resistentes y moldeables.

Para la evaluación de las propuestas, se procede a utilizar una opción de evaluación técnica y económica de las 3 propuestas según los criterios mostrados en las **Tabla 12** y **Tabla 13** respectivamente. En la **Figura 48**, se muestra la evaluación técnica versus económica de las 3 propuestas y de ellas, la que más se aproxima es la propuesta 3, el cual se muestra en la **Tabla 11**, siendo el óptimo a implementar.

Tabla 9.
Valoración técnica.

IMPLEMENTACIÓN											
VALORACIÓN TÉCNICA											
P: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)											
0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)											
G: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.											
VARIANTE DEL CONCEPTO		PROPUESTA 1			PROPUESTA 2			PROPUESTA 3			IDEAL
		P1			P2			P3			
Nro	Criterio de Evaluación	G	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP	
1	Función	3	3	9	1	3	2	6	4	12	
2	Diseño	4	3	12	3	12	3	12	4	16	
3	Seguridad	4	2	8	2	8	3	12	4	16	
5	Ergonomía	2	2	4	2	4	3	6	4	8	
4	Fabricación	4	3	12	1	4	2	8	4	16	
6	Montaje	3	3	9	2	6	3	9	4	12	
7	Tamaño	4	2	8	3	12	3	12	4	16	
Puntaje máximo $\sum G$ o $\sum GP$		24		62		49		65		96	
Valor técnico Xi		0.86			0.68			0.90			1

Fuente: Paucar Tenorio & Quinllay Ramos, (2014) [44]

Tabla 10.
Valoración económica.

IMPLEMENTACIÓN										
VALORACIÓN ECONÓMICA										
P: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)										
0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)										
G: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.										
VARIANTE DEL CONCEPTO			PROPUESTA 1		PROPUESTA 2		PROPUESTA 3		IDEAL	
Nro	Criterio de Evaluación	G	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP
1	Fácil adquisición	3	2	6	1	3	2	6	4	12
2	Cantidad de piezas	4	3	12	3	12	3	12	4	16
3	Costo del elemento	4	1	4	2	8	2	8	4	16
5	Mantenimiento	2	3	6	1	2	3	6	4	8
4	Fabricación	4	2	8	3	12	3	12	4	16
6	Montaje	3	3	9	2	6	3	9	4	12
7	Garantía	4	3	12	3	12	3	12	4	16
Puntaje máximo $\sum G$ o $\sum GP$		24		57		55		65		96
Valor técnico Yi				0.79		0.76		0.90		1

Fuente: Paucar Tenorio & Quinllay Ramos, (2014) [44]

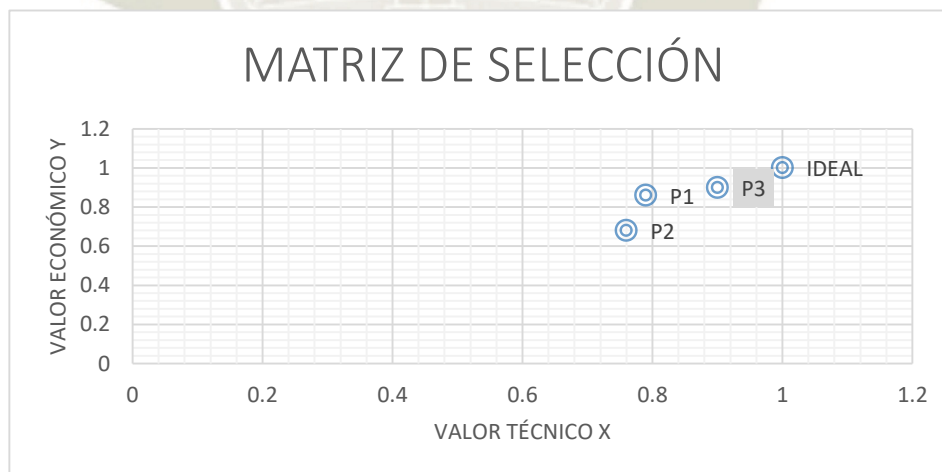


Figura 48. Matriz de selección.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5. Descripción de los componentes

3.2.5.1. Dimensionamiento del músculo neumático

Una parte importante para el movimiento de la plataforma didáctica es el sistema neumático. para generar el movimiento debemos obtener la fuerza debida, por ello para el dimensionamiento de los músculos neumáticos se ha generado por una página de FESTO. esta página me permite obtener el tamaño adecuado para la utilización en la plataforma didáctica de los músculos neumáticos.

Al no saber cuál es la longitud nominal de los músculos que necesitamos del mercado, utilizamos unos parámetros para introducir en la página, siendo los siguientes:

- Tamaño de su diámetro.
- Longitud nominal.
- Primera conexión.
- Segunda conexión.

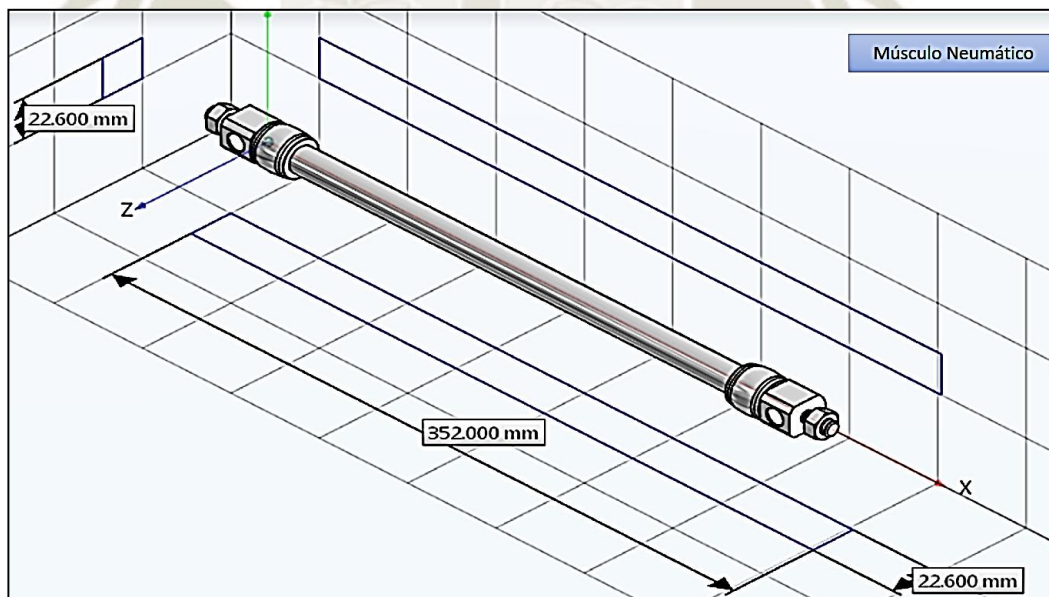
En tanto a la fuerza de tracción que se necesite para poder levantar la plataforma didáctica con todos sus componentes necesarios, depende del diámetro interior, de acuerdo con el peso a levantar. En la parte de desplazamiento lineal se necesita un movimiento adecuado para que la esfera dentro de la plataforma se pueda mover. Al ser cuatro puntos en los cuales se distribuya el peso, se escogerá un músculo para poca carga en su membrana con optima relación entre presión y fuerza.

✓ DMSP-10-250N-RM-RM	
Características	
Función	DMSP Músculo neumático con conexión prensada
Tamaño *	10 mm
N - Longitud nominal mm	250 mm [40..9000 mm]
Primera conexión	RM Radial, rosca exterior
Segunda conexión	RM Radial, rosca exterior
Manual de instrucciones *	✓ Estándar

Figura 49. Dimensiones del músculo neumático.

Fuente: Festo, (2017) [28]

Con el código DMSP-10-250N-RM-RM que se genera, se puede pedir el modelo que con los parámetros indicados. El cual también nos permite obtener más características para el uso adecuado.



Fuente: Festo, (2017)

En la **Tabla 11** se da algunas especificaciones del músculo escogido, sobre la clase de resistencia se rige en la norma FN940070, para mayor información se presentan en el **ANEXO2**.

Tabla 11.
Características del músculo escogido.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
TAMAÑO DEL DIÁMETRO	10 mm
AMPLIACIÓN DEL DIÁMETRO CONTRACCIÓN MÁXIMA	24 mm
CONTRACCIÓN MÁXIMA	25 % de la longitud
CONSTRUCCIÓN	Membrana de contracción
PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO	0 a 8 bar
MODO DE FUNCIONAMIENTO	De simple efecto
FLUIDO	Aire comprimido
TEMPERATURA TRABAJO	-5 a 60 °C
FUERZA TEÓRICA DEL MÚSCULO NEUMÁTICO AL APLICAR PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO MÁXIMO	630 N
CONEXIÓN NEUMÁTICA	G1/8
MATERIAL DE TUERCAS	Acero cincado

Fuente: Festo, (2017)

3.2.5.2. Compresor de aire

Se consideró la utilización de aire comprimido de los músculos neumáticos, al no adquirir demasiado volumen de aire, se optó por utilizar una compresora con capacidad de 18 litros, con una compresión de 0.1 metros cúbicos por minuto y tiene un conector de salida de ¼ de diámetro para la conexión con la unidad de mantenimiento.



Figura 50. Compresora de 18 L Outstanding.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.3. Selección de electroválvula

En cuanto el uso de ellas se utilizó el uso de electroválvulas de 3/2 de la marca AIRTAC, como se muestra en la **Figura 51**. Las cuales, según sus características y forma, se acoplaba para introducirlo en panel de control y el manejo adecuado de los músculos neumáticos.



Figura 51. Electroválvula 3/2.

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 12** se muestra algunas de sus características, las cuales fueron seleccionadas del **ANEXO 3**.

Tabla 12.
Características de las electroválvulas.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Cantidad	4 electroválvulas
Número de posiciones	3/2
Área de sección eficaz	16 mm ²
Conexión puerto	Admisión de aire =G1/4 y escape = G1/8
Presión de trabajo	0.15~0.8 MPa
Resistencia presión máxima	1.2 MPa
Temperatura de trabajo	5-60 °C
Tiempo de respuesta	0.05 segundos

Fuente: Airtac, (2020) [4]

3.2.5.4. Selección de la válvula estranguladora y conectores rápidos

La necesidad de esta válvula es necesaria puesto que ayuda a controlar el ingreso del aire comprimido para los músculos neumáticos y estos no puedan

generar movimientos bruscos en el momento que se puedan comprimir, teniendo mayor control de la plataforma didáctica al momento que puede girar.

Por la presión que se va a utilizar en el sistema los conectores rápidos nos facilitan las uniones de los componentes. No obstante, estos componentes si no se usan adecuada mente tendrán que ser cambiados cada cierto tiempo.



Figura 52. Válvula estranguladora.

Fuente: Motedis, (2020) [39]

Tabla 13.

Características de la válvula estranguladora.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Fluido	Aire
Diámetro conector	6mm
Temperatura de operación	0 a 60 °C
Presión máxima	10 bar
Materiales	Plástico, latón niquelado
Conexión puerto	G1/4

Fuente: Motedis, (2020) [39]

Los conectores mostrados en la **Figura 53**, se utilizaron en la estructura de la plataforma didáctica y también en la parte del panel de control, se encargan de conectarse con los músculos neumáticos.

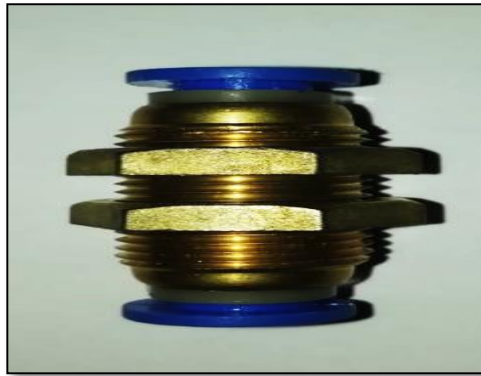


Figura 53. Conector rápido.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.5. Selección de la unidad de mantenimiento

Para que el aire pueda tener una mejor calidad se tiene que conectar a la salida del compresor con la unidad mantenimiento, la cual me ayuda también a regular la presión. las características principales de adquirieron del datasheet en el **ANEXO 17**, las cuales se muestran en la **Tabla 14**.

Tabla 14.

Características de la unidad de mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Fluido	Aire
Montaje	Vertical en línea o en pared
Temperatura de operación	5 a 60 °C
Presión máxima	8.6 bar
Porosidad del elemento filtrante	5-40 μ m
Drenaje del filtro	Manual
Conexión puerto	Admisión de aire =G1/4 y escape = G1/4

Fuente: Datasheet, (2020) [19]



Figura 54. Unidad de mantenimiento AFC2000.

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.6. Selección de las mangueras neumáticas

Los usos de estas mangueras solo son para neumática, puesto que tienen una presión límite para hacer la conexión de los elementos neumáticos. Se procede a poner unas características en la **Tabla 15**.

Tabla 15.

Características de manguera neumática.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Fluido de trabajo	Aire comprimido
Presión máxima de operación a 20 °C	0.6 MPa
Temperatura de operación	-20 a 60 °C
Material de fabricación	Poliuretano
Medida de diámetro	1/8

Fuente: Acorsaperu, (2020)



Figura 55. Mangueras neumáticas.

Fuente: Acorsaperu, (2020) [1]

3.2.5.7. Parada de emergencia

La parada de emergencia que se escogió para el tablero es de marca Chint.

En la **Tabla 16** se presentarán algunas características de la parada de emergencia sacadas del datasheet, la cual están el **ANEXO 5**.

Tabla 16.

Características de parada de emergencia.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Tipo	Pulsador tipo hongo
Corriente máxima	6 Amp
Grado de protección	IP40
Temperatura de operación	-20 a 40 °C
Tipo de protección	CE,UL,RoHS

Fuente: Chint, (2020) [13]



Figura 56. Parada de emergencia.

Fuente: Elaboración propia



3.2.5.8. Luz piloto

La utilización de las luces piloto en panel de control, dan un aporte importante visual, por los distintos colores a utilizar en ella. Ellas indican en que parte del desarrollo del proceso se encuentra la plataforma didáctica o también que componentes están activos para que el proceso de esta.



Figura 57. Luz piloto.

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 17** se dan algunas características obtenidas de la información de su datasheet que se encuentra en la parte de **ANEXO 6**.

Tabla 17.

Características de luz piloto.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Tipo	Luz piloto
Alimentación	220V a 60 Hz
Grado de protección	IP40
Corriente	20 mA
Tiempo de utilidad	30 000 horas
Luminosidad	60 cd/m ²

Fuente: Chint, (2020) [13]

3.2.5.9. Selector de 2 posiciones

Consta de 2 posiciones, una posición fija y otra en contacto abierto. El trabajo desarrollado en el panel de control es para la alimentación de la parte fuerza como la parte de control. Cada una con un respectico luz piloto para saber si se produjo la activación de energía.

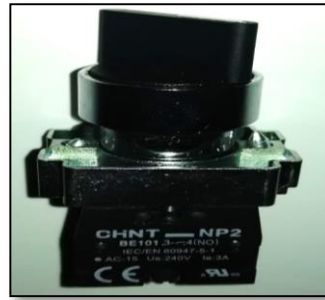


Figura 58. Selector de dos posiciones.

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 18** se dan algunas características obtenidas de la información de su datasheet que se encuentra en la parte de **ANEXO7**.

Tabla 18.

Características de selector de dos posiciones.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Voltaje de trabajo	220Vac
Resistencia de contacto	25 mOhm
Grado de protección	IP20
Endurancia mecánica	1 000 000 ciclos
Tipo de contacto	Normalmente abierto

Fuente: Chint, (2020) [13]

3.2.5.10. Pantalla de interfaz

En la selección de la pantalla que se daría de interfaz hombre-máquina (HMI) en el prototipo realizado, se opta por utilizar una de marca Nextion, que son desarrolladas por la empresa con el mismo nombre. Este tipo de pantalla es útil por lo que su comunicación se puede conectar fácilmente con los microcontroladores de arduino. Además, se puede configurar por un programa de nombre Nextion Editor que la misma empresa entrega en su página web [34].

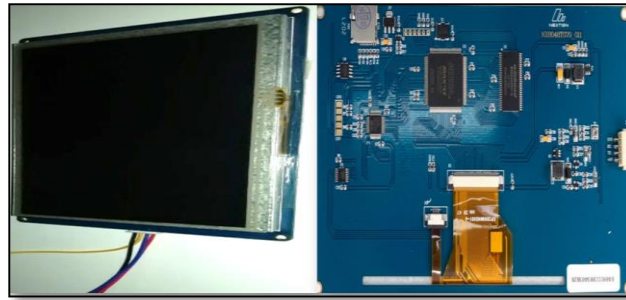


Figura 59. Pantalla de interfaz NX8048T070

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 19** se priorizan algunas características del **ANEXO 8**, de las cuales son de ayuda:

Tabla 19. Características de pantalla táctil.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Resolución	800 x 480
Pantalla	Panel resistivo táctil
Interfaz	4 pines TTL Host Serial
Consumo de energía	5V 65 mA
Tiempo de vida	30 000 horas
Área de trabajo	154.08 mm x 85.92 mm

Fuente: Datasheet Nextion, (2021) [19]

3.2.5.11. Llave termomagnética

El poder seleccionar una llave termomagnética, debía regirse por el consumo que se iba generar en los circuitos a utilizar, por el cual se utilizó una llave termomagnética de marca Stronger, es una llave que soporta hasta 15 amperios y tiene una vida útil apropiada. Teniendo en cuenta que el prototipo tendrá un rango de uso del cual no afectará en el proceso o se implique algún componente.

Tabla 20. Consumo de energía del panel de control.

CONSUMO DEL PANEL DE CONTROL	CANTIDAD	CCORRIENTE (Amp)	TENSIÓN (V)	POTENCIA CALCUADA (W)
Fuente conmutada de 5v	1	0.23	220	50.6
luz piloto	6	0.02	220	26.4
Parada de emergencia	1	0.02	220	4.4
Electro válvulas	4	0.02	220	17.6
selector de 2 posiciones	2	0.02	220	8.8
			TOTAL CONSUMO	107.8

Fuente: Elaboración propia

Con el consumo resuelto, se demuestra que la llave termomagnética está sobre dimensionada, lo recomendable sería una que sea de menor amperaje, así, permitiendo que se pueda bajar el costo de materiales.

En la **Tabla 21** se procederá en poner algunas características que se obtendrán del datasheet del fabricante que se encuentra en el **ANEXO 4**.

Tabla 21. Características de la llave termomagnética.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Alimentación	220 V
Grado de protección	IP20
Capacidad de ruptura	6K

Fuente: Stronger, (2020)



Figura 60. Llave termomagnética.

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.12. Cable de conexión VGA

Por la cantidad de conexiones que se utilizan entre la plataforma didáctica y el panel de control, se utilizó un cable de comunicación el cual me permita ahorrar el tiempo de conexión y cantidades de cables a utilizar. Si bien este tipo de cable se utiliza para gráficos de video, se tuvieron que modificar a medida los pines de este para las necesidades en las cuales se pensaba trabajar.



Figura 61. Conector VGA.

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.13. Placa de desarrollo arduino mega 2560

Para el desarrollo de diseño en la parte de programación se optó por utilizar para la comunicación con respecto a la parte del control de la pantalla un arduino mega 2560. El arduino mega 2560 es porque da compatibilidad con la conexión con la pantalla, facilitando el poder controlarlo y no se pueda generar desperfectos.



Figura 62. Arduino Mega 2560

Fuente: Naylamp Mechatronics SAC, (2021) [40]

A continuación, se detalla algunas características de la información obtenida de su datasheet del **ANEXO 9** que se pondrán en parte de anexo del arduino uno:

Tabla 22. Características de arduino mega 2560.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Voltaje de entrada recomendado	7-12V
Digital pines I/O	54 I/O (con 14 de tipo PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC	40mA
Microcontrolador	ATmega2560
Velocidad de reloj	16 MHz
Corriente de I/O	40 mA
Corriente para voltaje de 3.3v	50 mA
Puerta analógica	10 bits
Anchura	8 bits

Fuente: Farnell, (2021) [25]

3.2.5.14. Micro servo SG90

Para poder retener en la posición inicial a la esfera que está en la plataforma didáctica, se utiliza un micro servo SG90. El cual me permite esta operación mediante el movimiento de un pequeño brazo adherido. Este tipo de sensor se puede utilizar con el arduino, lo cual no necesita adicionar componentes para su uso.



Figura 63. Micro servo SG90

Fuente: Naylamp SAC, (2021) [40]

En la **Tabla 23** se da algunas características resaltantes del micro servo sg90 obtenidas su datasheet que está en el **ANEXO 10**.

Tabla 23. Características de micro servo sg90.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Velocidad de movimiento	0.1 segundos
Corriente de trabajo	15 mA- 100mA
Torque	2.5 kg-cm
Peso	14.7 g
Torque	2.5 (kg-cm)
Velocidad de giro	120 ms/60 grados

Fuente: Tower pro, (2021) [52]

3.2.5.15. Final de carrera

Para poder contabilizar la posición de la esfera que está en la plataforma didáctica, se utiliza un sensor de final de carrera. El cual me permite contabilizar si la esfera ya termino el recorrido. Este tipo de sensor se puede utilizar con el arduino, lo cual no necesita adicionar componentes para su uso.



Figura 64. Final de carrera.

Fuente: Electroschematics, (2021) [56]

En la **Tabla 24** se da algunas características resaltantes del sensor final de carrera obtenidas su datasheet que está en el **ANEXO 11**.

Tabla 24. Características de sensor final de carrera.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Tipo	Palanca
Corriente máxima	10 Amp
Temperatura máxima	120 °C
Ciclo de vida	1 x10 ^6 operaciones

Fuente: Electroschematics, (2021) [56]

3.2.5.16. Módulo Relé

El microcontrolador solo puede generar voltaje de 5V, lo cual no se puede adherir a las electroválvulas que están en función a 220V de corriente alterna, por ello necesita un componente para que se pueda generar la alimentación adecuada. En esta situación se optó por un módulo Relay, el cual permite la comunicación en ambos. Cada uno Relay posee un aislamiento eléctrico mediante un optoacoplador, indicado por un led.

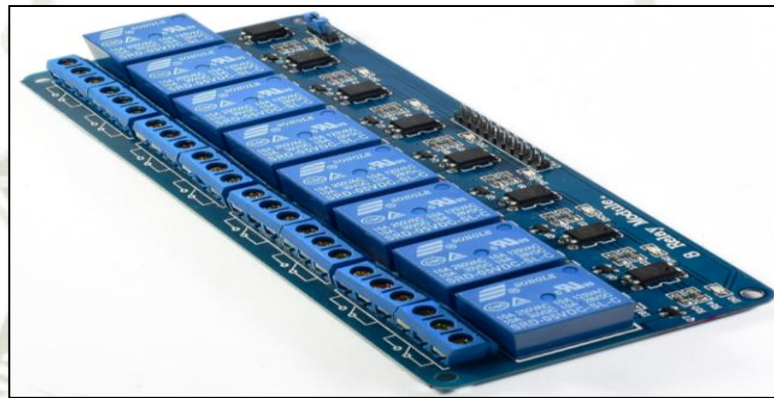


Figura 65. Módulo Relay de ocho canales

Fuente: Electroschematics, (2021) [23]

En la **Tabla 25** se presenta información obtenida de su datasheet que está en la parte del **ANEXO 12**.

Tabla 25. Características de módulo Relay.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Voltaje de operación	5V DC
Nº de Relays (canales)	8 CH
Capacidad máxima:	10A/250VAC,10A/30VDC
Tiempo de acción	10ms / 5ms
Dimensiones	5.7 x 13.8 cm
Compuertas	NA y NC

Fuente: Electroschematics, (2021) [23]

3.2.5.17. Fuente de poder

Por el consumo de voltaje continuo de los microcontroladores y componentes usados, se utiliza una fuente de poder la cual permite que estas puedan ser utilizadas a su voltaje requerido. Así no se permite algún daño de ellos o caídas de tensión, las cuales puedan influir en el proceso de desarrollo de la programación a utilizar.

Tabla 26.

Análisis de consumo de corriente extraída de la fuente del panel de control 5V.

CONSUMO DEI PANEL DE CONTROL	CANTIDAD	CONSUMO(mA) 5V	TOTAL
Potencia de arduino mega	1	40	40
Pantalla HMI Nextion	1	65	65
Micro servo SG90	1	100	100
Módulo relé de 8 canales	1	35	35
RF 433Mhz receptor	1	4	4
TOTAL CONSUMO (mA)			244

Fuente: Elaboración Propia.

La fuente conmutada fue requerida porque su circuito integrado tiene mayor filtro y no tiene caídas de voltaje como otros tipos de fuente.



Figura 66. Fuente conmutada.

Fuente: Electroschematics, (2021) [6]

A continuación, te detalla alguna información utilizada de la fuente de poder obtenido del **ANEXO 13** para el desarrollo:

Tabla 27. Características de la fuente de poder.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Voltaje de entrada	AC110-220V 50/60 Hz
Potencia máxima de salida	25W
Protección	Cortocircuito/sobrecarga/sobretensión
Material	Metal/ base de aluminio
Tiempo de arranque	390 ms
Temperatura de trabajo	10-50 grados

Fuente: Assets, (2021) [6]

3.2.5.18. Microcontrolador arduino nano

Para el desarrollo de la comunicación inalámbrica se optó por el arduino nano. El arduino nano se usa porque tiene un dimensionamiento menor y su conector USB es distinto que el microcontrolador arduino uno, pudiendo ahorrar espacio en el mando a distancia.

En la **Tabla 28** se especifica algunas características de arduino nano que se obtuvo de su datasheet del **ANEXO 14**.

Tabla 28. Características de arduino nano.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Corriente máxima de salida	40 mA
Digital pines I/O	D0 a D13 (14 I/O)
Pines de entrada analógica	8
Microcontrolador	ATmega328
Consumo de energía	19 mA
Tamaño de la placa	18 x 45 mm
Velocidad de reloj	16 MHz
EEPROM	1 Kb
SRAM	2 Kb
Salidas en PWM	6

Fuente: Proyecto arduino, (2021) [46]

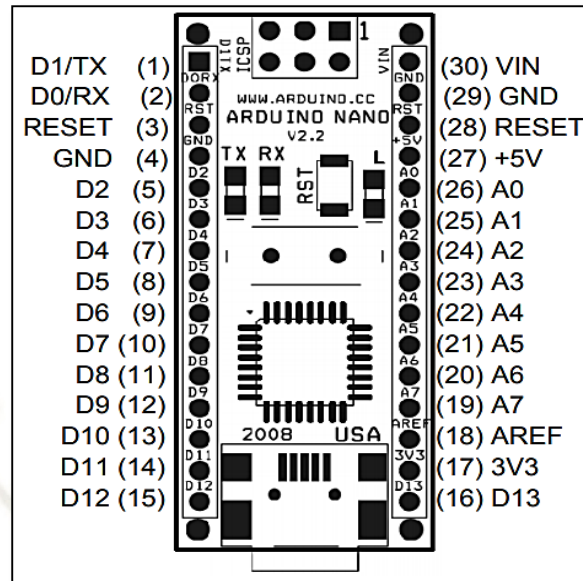


Figura 67. Arduino nano.

Fuente: Proyecto arduino, (2021) [46]

3.2.5.19. Sensor acelerómetro

Para que se pueda obtener a información del giro del movimiento del mando a distancia, se utilizó el módulo ADXL 335. Este tipo de sensor me permite obtener valores en el sentido de giro que pueda generar, por lo que es de tipo analógico.

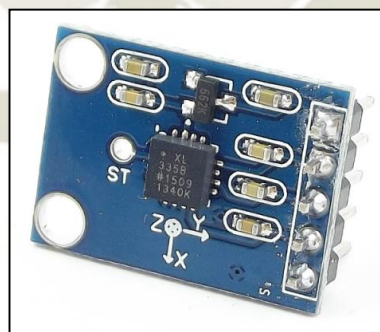


Figura 68. Módulo ADXL 335.

Fuente: Naylamp Mechatronics SAC, (2021) [55]

En la **Tabla 29** se pondrán algunas características de dicho sensor del ANEXO 15.

Tabla 29. Características del módulo ADXL335.

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Rango	+/- 3g
Consumo de corriente	350 microAmp.
Grados de libertad	3 ejes
Voltaje de operación	3.3V-5V
Dimensiones	21x15x3 mm
Ancho de banda	1600 Hz eje (X,Y) y 550 Hz en eje Z
Temperatura de operación	de -40 a +85 °C
Sensibilidad típica	300 mV/g

Fuente: Naylamp Mechatronics SAC, (2021) [55]

3.2.5.20. Comunicación de radio frecuencia

Al ser una comunicación inalámbrica, se optó por una comunicación de radio frecuencia por lo que el espacio del mando a distancia y la de panel de control no es muy lejana. Este tipo de comunicación me permite cumplir con las expectativas para el desarrollo del prototipo. el tipo de radio frecuencia para que se implemento fue el módulo de RF de 433 Mhz. Por lo que son de fácil uso y fácil de conseguir, estos vienen con un receptor y emisor.

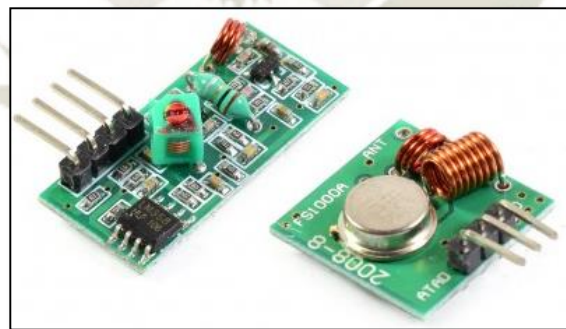


Figura 69. Modulo RF 433Mhz.

Fuente: Naylamp Mechatronics SAC, (2021) [54]

A continuación, se resaltarán algunas características de este módulo del ANEXO 16.

Tabla 30. Características del módulo Rf 433MHz

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
Voltaje de operación	5V DC
Consumo de energía	4mA
Frecuencia de transmisión	433MHz
Alcance de comunicación	20 metros
Sensibilidad	105dBm
Rango de datos transmitidos	1 Kbit/s

Fuente: Naylamp Mechatronics SAC, (2021) [54]

3.2.5.21. Antena

Debido a que el circuito estará dentro de una estructura, esto podría generar un tipo de interferencia entra la comunicación de radio frecuencia, para ello se opta en poner una pequeña antena, la cual permite la comunicación sea fluida entre el receptor y transmisor.



Figura 70. Antena de comunicación.

Fuente: Alicdn, (2020) [5]

3.2.5.22. Interruptor

Para tener el control de encendido del microcontrolador y evitar que el consumo de la alimentación se pierda y los componentes no se puedan dañar, se adiciono un interruptor. Siendo de medidas mínimas para que pueda entrar en la estructura del mando a distancia. El consumo de energía que pasara por el interruptor es pequeño por lo que no tendrá dificultad en poder dañarse. Tiene dos posiciones (ON/OFF), hecho de plástico.



Figura 71. Interruptor de dos posiciones.

Fuente: Geekbotelectronics, (2021) [32]

3.2.5.23. Pulsador

El mando a distancia por lo que tiene que estar separado del panel de control se tuvo que adicionar una parada de emergencia, con la cual permita que, si algún inconveniente se genere, con este se pueda detener el movimiento que tenga la plataforma didáctica. Este interruptor/ pulsador me permite que se de esa función.



Figura 72. Interruptor/pulsador.

Fuente: Dieltron, (2021) [21]

3.2.5.24. Diodo emisor de luz

Para poder ver si el movimiento generado por el sensor del circuito del mando a distancia estaba funcionando, se adicionó un grupo de leds, los cuales me permitían ver tanto cuando se presionaba la parada de emergencia, los giros y si está en el plano recto este mismo.



Figura 73. Diodo emisor de luz.

Fuente: Pboard, (2021) [45]

3.2.5.25. Alimentación

El mando a distancia inicialmente se alimentaba con la conexión USB de la computadora portátil, la cual permitía mejor control, pero no dejaba que esta se pueda girar adecuadamente y no sea de manera remota. En la alimentación del mando a distancia es de 5V, la cual se da porque el microcontrolador utilizado es de ese tipo de voltaje.

En la **Tabla 31** se especifica el consumo de los elementos utilizados en el circuito, el cual se basa en un consumo de 5V DC:

Tabla 31.

Tabla de análisis del consumo de corriente extraída de la fuente del mando de distancia.

CONSUMO DE MANDO DE DISTANCIA	CANTIDAD	CONSUMO(mA)	TOTAL
Potencia de arduino nano	1	19	19
RF 433Mhz transmisor	1	4	4
Acelerómetro ADXL335	1	0.35	0.35
Leds	3	20	60
Circuito integrado de carga	1	350	350
TOTAL CONSUMO (mA)			433.35

Fuente: Elaboración propia

Se acondiciono de una fuente de alimentación de 5v portátil dentro del diseño de la parte de control de mando, tanto la placa como la batería. La batería que se puso abarca más almacenamiento del necesario, pero esto ayuda que el mando de distancia este encendido si la necesidad que esta se apague cuando se esté utilizando. Tiene un promedio de 3 horas encendido continuamente facilitando su movilidad.

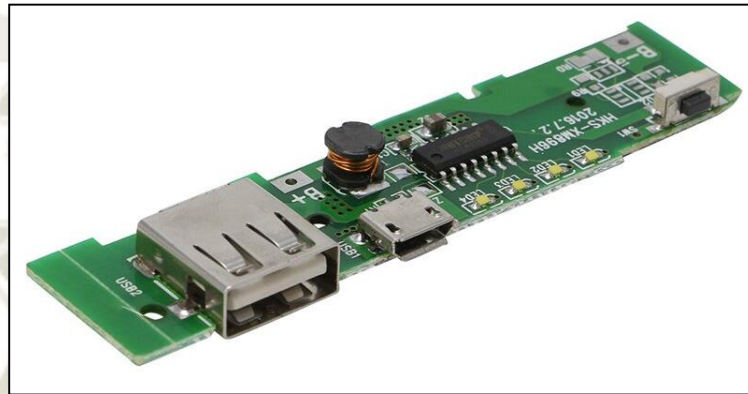


Figura 74. Tablero cargador portátil PCB.

Fuente: Alicdn, (2020) [20]



Figura 75. Batería de 3.7V

Fuente: Dhresource, (2021) [20]

3.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS

Para poder dar el desarrollo del prototipo se utiliza el proceso de ingeniería moderna, ingeniería concurrente. Se presenta a continuación:

3.3.1. Montaje

Al obtener los diseños en SolidWorks cambiando y arreglando los defectos que se encontraban, se da la construcción de las piezas correspondientes y su montaje.

Los diferentes planos acotados, se pueden encontrar en el **ANEXO 28**. En el cual, se describe de forma muy aproximada las medidas que debe tener cada una de las piezas que forman estructura a construir. Cabe indicar que no todas las piezas realizadas se pueden separar, pero esto facilita que la estructura sea sólida y estable.



Figura 76. Estructura del tablero didáctico.

Fuente: Elaboración propia



Figura 77. Soporte y tablero didáctico

Fuente: Elaboración propia

Para este montaje se tuvo que utilizar una articulación, para la unión del soporte de la plataforma puesto que se generaba una fricción al momento de contracción de los músculos neumáticos. La cual se presenta a continuación:

Con las cuales algunas características se presentan a continuación tomas del **ANEXO 18**.

- De material metálico.
- Con una inclinación de 15 grados en la rótula.
- Con lubricación.
- Con una longitud de 4.7 cm.



Figura 78. rótula PHS.

Fuente: Elaboración propia

En el diseño del tablero didáctico se optó en realizar tres tipos de niveles los cuales permitiría que se genere dificultades y esto implique un mayor desempeño de cognición para obtener el resultado deseado en el transcurso del laberinto del tablero didáctico.

A continuación, se presenta los tres niveles del tablero didáctico:



Figura 79. Tablero de nivel básico.

Fuente: Elaboración propia



Figura 80. Tablero de nivel intermedio.

Fuente: Elaboración propia



Figura 81. Tablero de nivel difícil.

Fuente: Elaboración propia

En coordinación con el tablero se tuvo que examinar la adecuada esfera, que permita el correcto movimiento y que pueda llegar a desarrollar todo el trayecto. Por ello, se pensó en una esfera de considerado peso de contenido sólido. Esto llegó a una esfera de baquelita, pueden pesar entre 200 y 220 gramos, también tiene un diámetro de 61 a 61.5 mm respectivamente.



Figura 82. Esfera sólida de baquelita.

Fuente: Elaboración propia



Figura 83. Estructura y panel de control.

Fuente: Elaboración propia

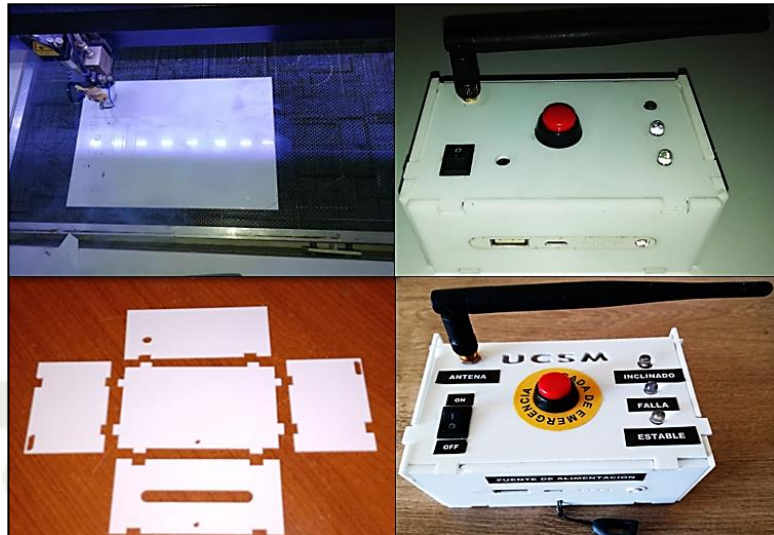


Figura 84. Estructura de mando control.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Esquema del circuito de fuerza

En la **Tabla 32** se indica los elementos utilizados para este esquema:

Tabla 32. Esquema neumático.

SÍMBOLOS DEL ESQUEMA NEUMÁTICO	
DESIGNACIÓN	COMPONENTES
A	Músculo neumático
B	Músculo neumático
C	Músculo neumático
D	Músculo neumático
V1	Electroválvula distribuidora 3/2
V2	Electroválvula distribuidora 3/2
V3	Electroválvula distribuidora 3/2
V4	Electroválvula distribuidora 3/2
V5	Válvula estranguladora
V6	Válvula estranguladora
V7	Válvula estranguladora
V8	Válvula estranguladora
-	Unidad de mantenimiento
-	Fuente de aire comprimido

Fuente: Elaboración propia

Para la representación del esquema neumático se utilizó el programa de FluidSim V4.2, los símbolos neumáticos utilizados están bajo la norma ISO

1219-1. En la cual se puede simular el proceso neumático para después implementarlo.

Como el músculo neumático en esta versión no se encuentra en el software de FluidSim, se procede como un cilindro de simple efecto porque ellos realizan el mismo trabajo, pero en la tecnología de desarrollo estas son distintas. Se sobrepondrá una imagen del musculo en la posición de los cilindros de simple efecto. (Paucar Tenorio & Quinllay Ramos, 2014)

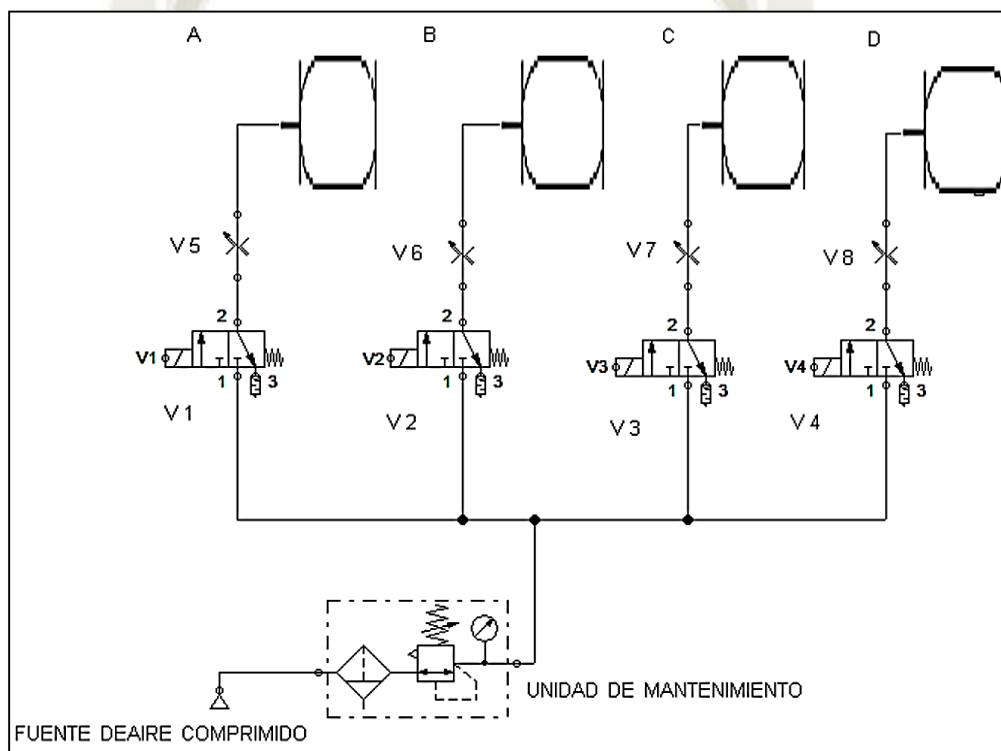


Figura 85. Esquema de sistema neumático.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Tablero del panel de control

Se diseña un tablero en cual permita contener los componentes que sean necesarios para poder distinguir en las etapas del proceso que se puedan dar. La distribución se da de acuerdo al uso y ergonomía de la persona que pueda dirigirlo. Este tablero en cuanto al desarrollo del cableado interno cumple bajo la norma IEC 6149-1, al igual que los dispositivos luminosos ubicados en el esquema eléctrico bajo la norma UNE-EN 60073.

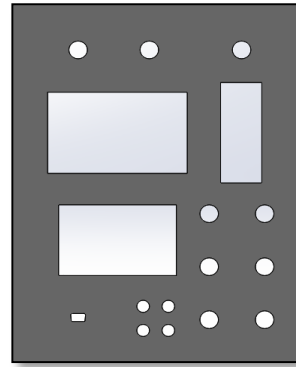


Figura 86. Interfaz del panel de control.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 87 se presenta el esquema bajo la norma IEC 1082-1 en cuanto a la simbología que está conformada con la parte eléctrica del tablero el cual está en el panel de control:

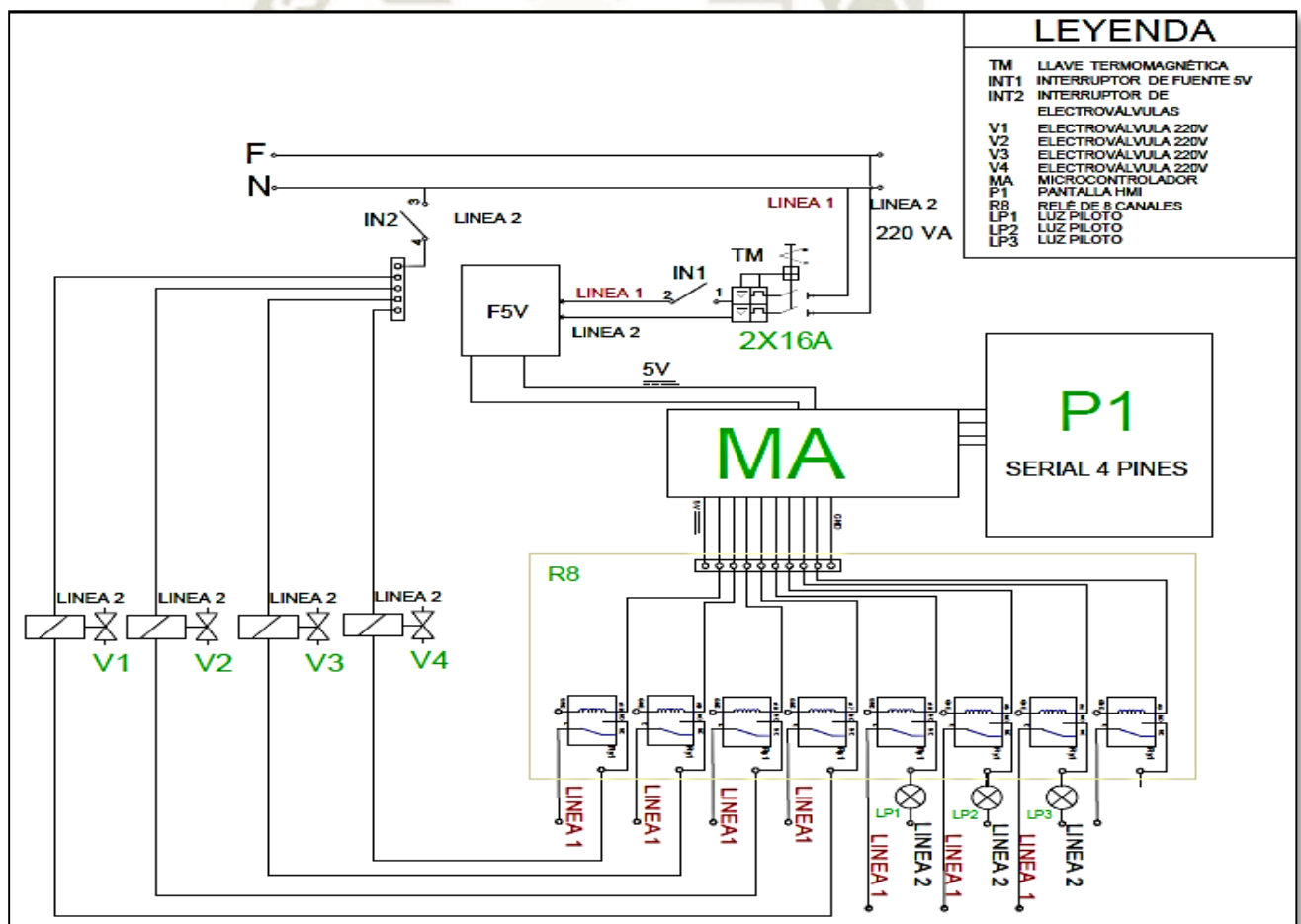


Figura 87. Circuito eléctrico tablero del panel de control.

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Esquema de circuito de control del panel de control y plataforma didáctica

A continuación, se presenta los componentes utilizados para el desarrollo del esquema:

Tabla 33. Asignación de componentes para control de panel de control y plataforma didáctica

SÍMBOLOS DEL ESQUEMA	
DESIGNACIÓN	COMPONENTES
AM	Arduino mega
E1	Alimentación 220V Electroválvula
E2	Alimentación 220V Electroválvula
E3	Alimentación 220V Electroválvula
E4	Alimentación 220V Electroválvula
L1	Luz piloto 220V
L2	Luz piloto 220V
L3	Luz piloto 220V
OR	Optoacoplador relay
P	Parada de emergencia
PT	Pantalla táctil
RF	Receptor de radio frecuencia
FC	Sensor final de Carrera
SM	Servo motor SG90

Fuente: Elaboración propia

Para este tipo de representación del esquema se utilizó el programa de Fritzing, la cual permite el desarrollo de circuitos con gráficas, con las cuales se dé un mejor entendimiento. También podemos obtener un circuito impreso del cual nos ayuda a implementar de la parte física.

Como las partes con alimentación de 220V en alterna no se encontraban disponibles en el programa de Fritzing, se sobrepondrá imágenes de las cuales ayudará para el completo armado del circuito del panel de control y plataforma didáctica.

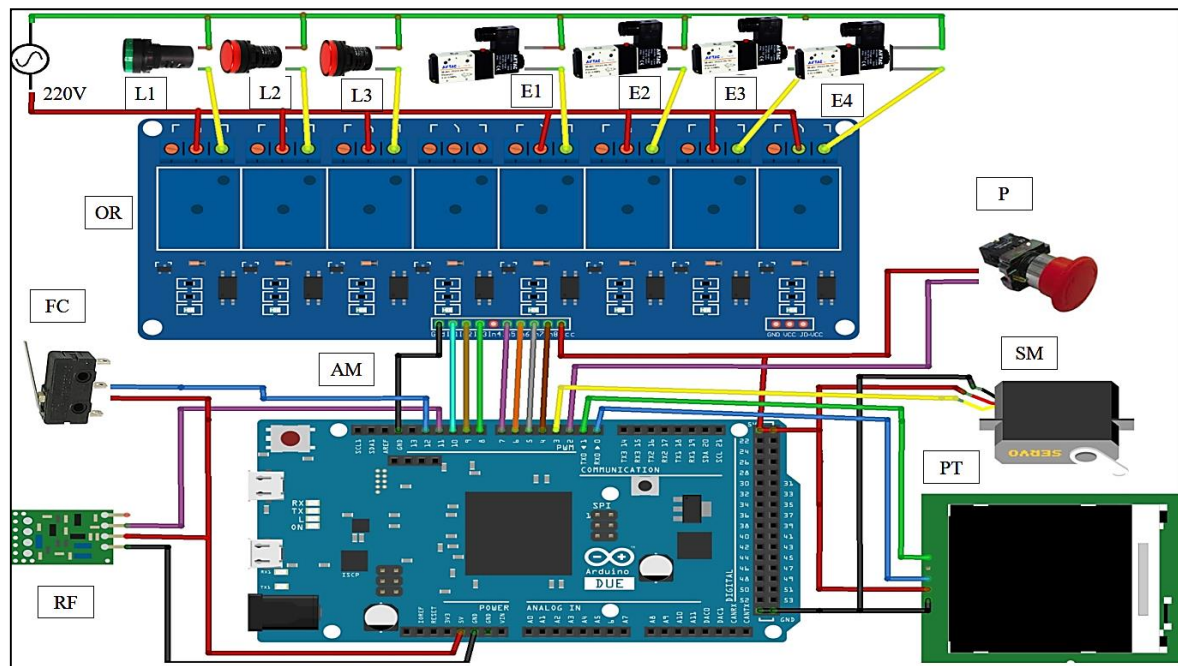


Figura 88. Esquema de circuito de control del panel de control y plataforma didáctica

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Circuito impreso

Para tener una mejor organización en cuando al mando a distancia, se optó por utilizar un circuito impreso, facilitando el manejo de los componentes a utilizar. El programa mencionado anteriormente que era fritzing, también me permitió poder desarrollar el proceso del circuito impreso.

Primero se introduce los componentes a utilizar para realizar una distribución. Una vez de haber hecho eso, se crean diferentes uniones entre los diferentes componentes. Con ello se define la fabricación del circuito impreso. A continuación, se muestra los componentes y uniones que se diseñaron:

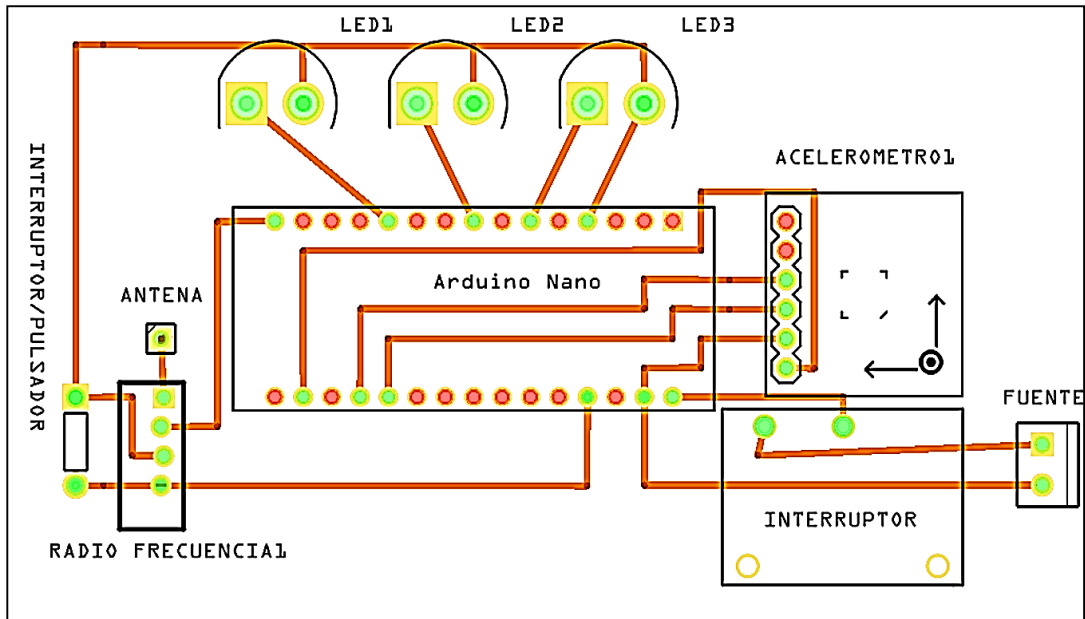


Figura 89. Distribución de componentes.

Fuente: Elaboración propia

Luego de hacer todo ese proceso y ver que las conexiones no se cruzan, se procede a descargar la estructura para la placa que se utilizará para el circuito, la cual se ve a continuación:

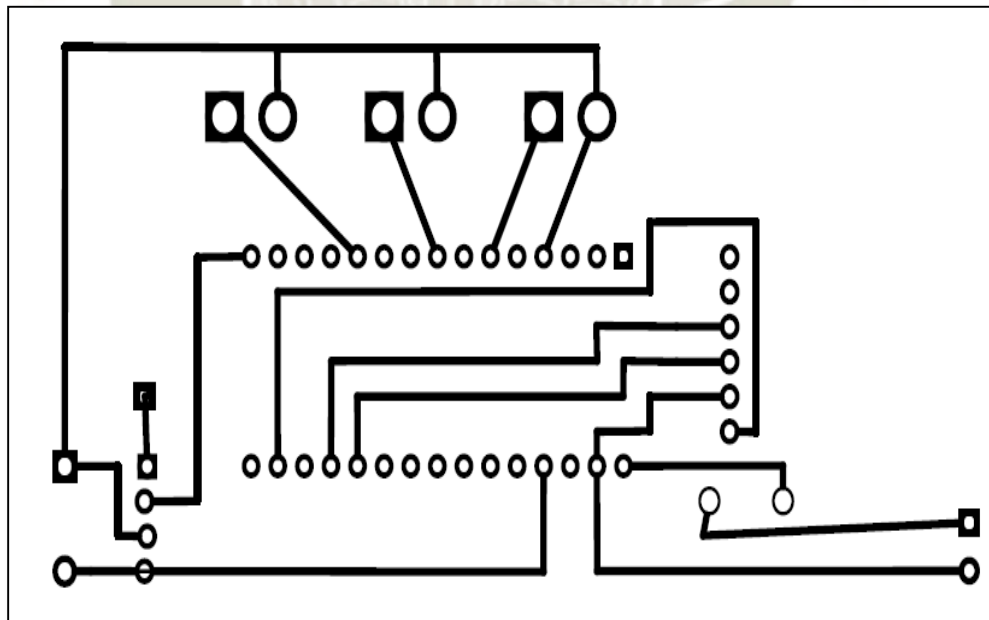


Figura 90. Circuito a imprimir en la placa.

Fuente: Elaboración propia

3.3.6. Esquema de circuito de control del mando a distancia

A continuación, se presenta los componentes utilizados para el desarrollo del esquema:

Tabla 34. Asignación de componentes en el esquema de mando a distancia.

SÍMBOLOS DEL ESQUEMA	
DESIGNACIÓN	COMPONENTES
AN	Arduino nano
AC	Sensor acelerómetro
A	Antena
B	Batería 3.7V
CF	Circuito de fuente 5V
IN	Interruptor
L1	Diodo de luz
L2	Diodo de luz
L3	Diodo de luz
P	Interruptor/pulsador
RF	Transmisor de radio frecuencia

Fuente: Elaboración propia

Para este tipo de representación del esquema se utilizó el programa de Fritzing, el cual ya fue mencionado anteriormente. El cual se presenta a continuación:

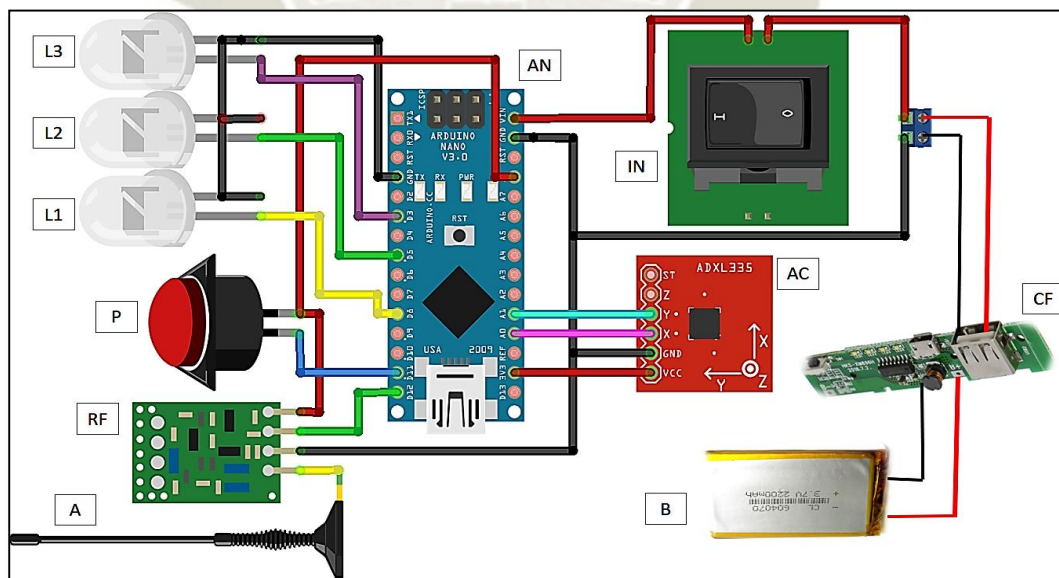


Figura 91. Esquema del circuito del mando a distancia.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV.

4. DESARROLLO DEL SOFTWARE ARDUINO Y NEXTION

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se pretende explicar la programación que se utilizó para el desarrollo de la plataforma didáctica. Por esta razón, el software tiene varias partes diferenciadas, de los cuales que destacan son las siguientes:

- la adquisición de datos de la comunicación inalámbrica por medio de radio frecuencia, entre el mando a distancia y panel de control.
- Implementación de un código de control On-Off con histéresis.
- Actuación de las válvulas sobre los músculos neumáticos para conseguir el movimiento de la plataforma didáctica.
- la información de los sensores obtenidos del movimiento de la plataforma didáctica, para la visualización en la pantalla, la cual se encuentra en el panel de control.

En la implementación del código a utilizar, se manejan herramientas de programación, siendo unas de ellas, la utilización de librerías que se emplearan en las distintas comunicaciones que se tienen que usar. También una de ellas son las subrutinas que se deben implementar, las cuales se da en diferentes operaciones.

4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

Para poder desarrollar una visión global de la programación del sistema, implica realizar el diagrama de flujo con el que se logra un orden lógico. Además, tiene la facilidad de simplificar la programación por uso de un esquema claro del mismo porque es donde se especifican todas las funciones e instrucciones necesarias para el funcionamiento de la plataforma didáctica.

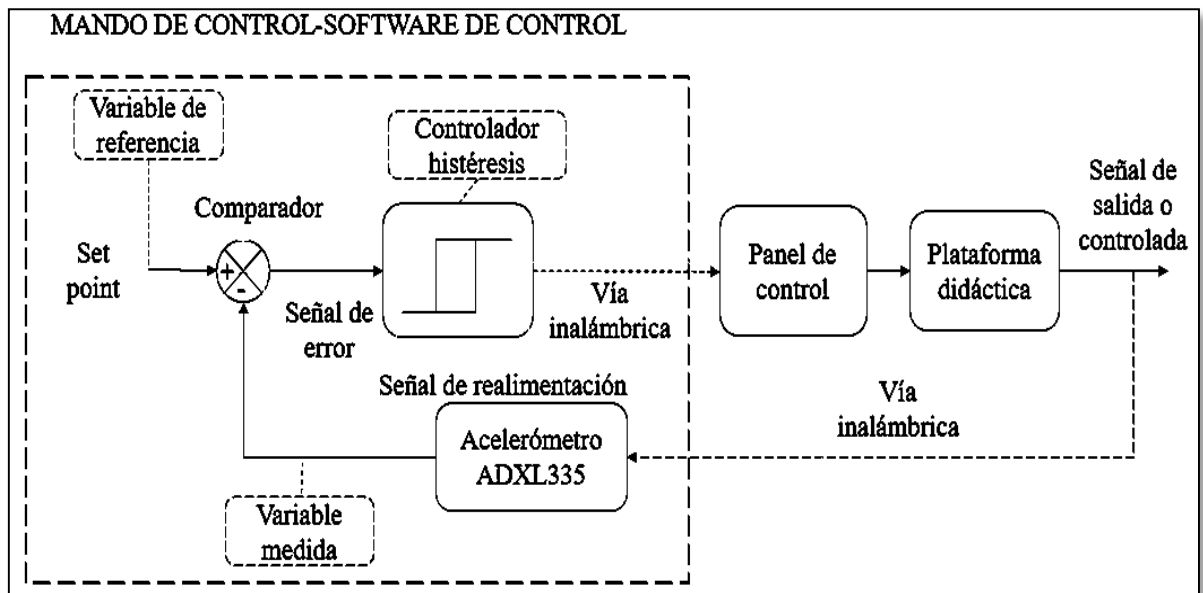


Figura 92. Sistema del proceso del prototipo.

Fuente: Elaboración propia

En el sistema de la **Figura 93** se representa el control manual de lazo cerrado en el que la variable de salida del proceso (inclinación del laberinto de la plataforma didáctica) se retroalimenta al controlador mediante la manipulación del mando a distancia por una persona siendo esto de manera inalámbrica. Se determina los errores de la medida con sus valores de referencia y generan una acción la cual es enviada al panel de control vía inalámbrica y así procede a ejecutar acciones en los actuadores de la plataforma didáctica. El elemento esencial del sistema de control, resulta ser el controlador, pues está encargado de detectar los desvíos de los valores medidos por el sensor (acelerómetro ADXL335) y emitir una señal de corrección hacia el panel de control y este hacia la plataforma didáctica para que nuestros actuadores sean activados y así se reproduzca la acción de control establecida, siendo en este caso la acción de control ON- OFF con histéresis. Los siguientes diagramas de flujo están bajo la norma ISO 9001.

4.2.1. Diagrama del mando a distancia

Por lo que es inalámbrico el circuito y la programación es separada del panel de control, pero influye por la comunicación a transmitir con movimientos que se puedan generar para el control de la plataforma didáctica.

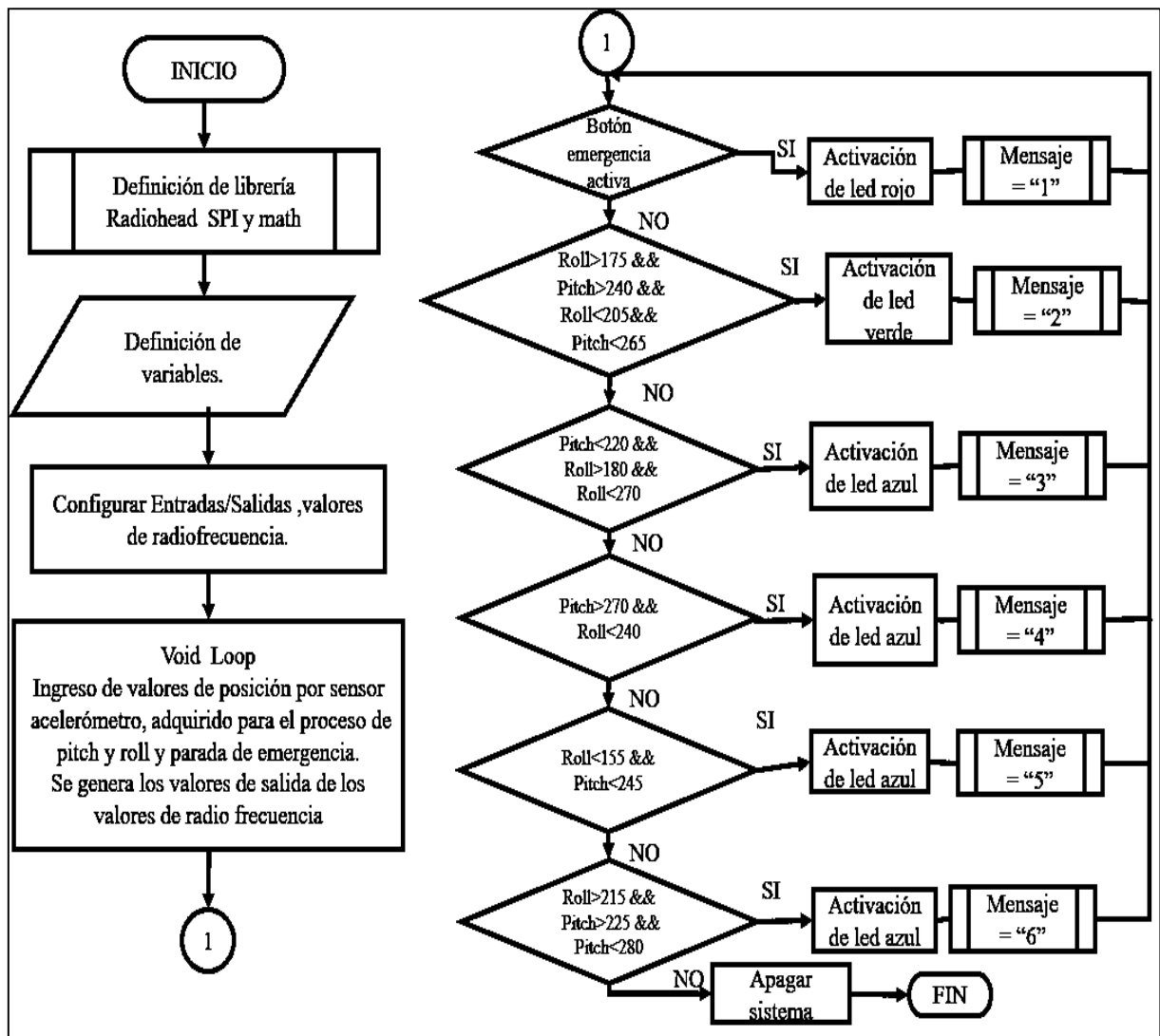


Figura 93. Diagrama de flujo de mando a distancia.

Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior se puede apreciar una metodología para la cual se obtendrá la configuración, especificaciones y la respectiva identificación de parámetros, todo esto para que se cumpla con la función a realizar.

Para poder hacer el diseño primero se procedió a conocer los objetivos que se pretendía obtener del sistema del mando de control. posterior se identifica las variables a controlar, al identificar las variables, se debe precisar los valores con las cuales se procederá con el trabajo. Estos son los de posición que se adquieren del acelerómetro ADXL 335. Con todo ello, mis valores de salida que se obtendrán serán transmitidos por mi sensor de radio frecuencia vía inalámbrica y así hacer que mi sistema de recepción sea activado.

4.2.2. Diagrama del panel de control y plataforma didáctica

Esta parte del circuito está relacionada con los movimientos, de posición de la plataforma.

Figura 94. Diagrama de flujo de plataforma didáctica y panel de control.

Fuente: Elaboración propia

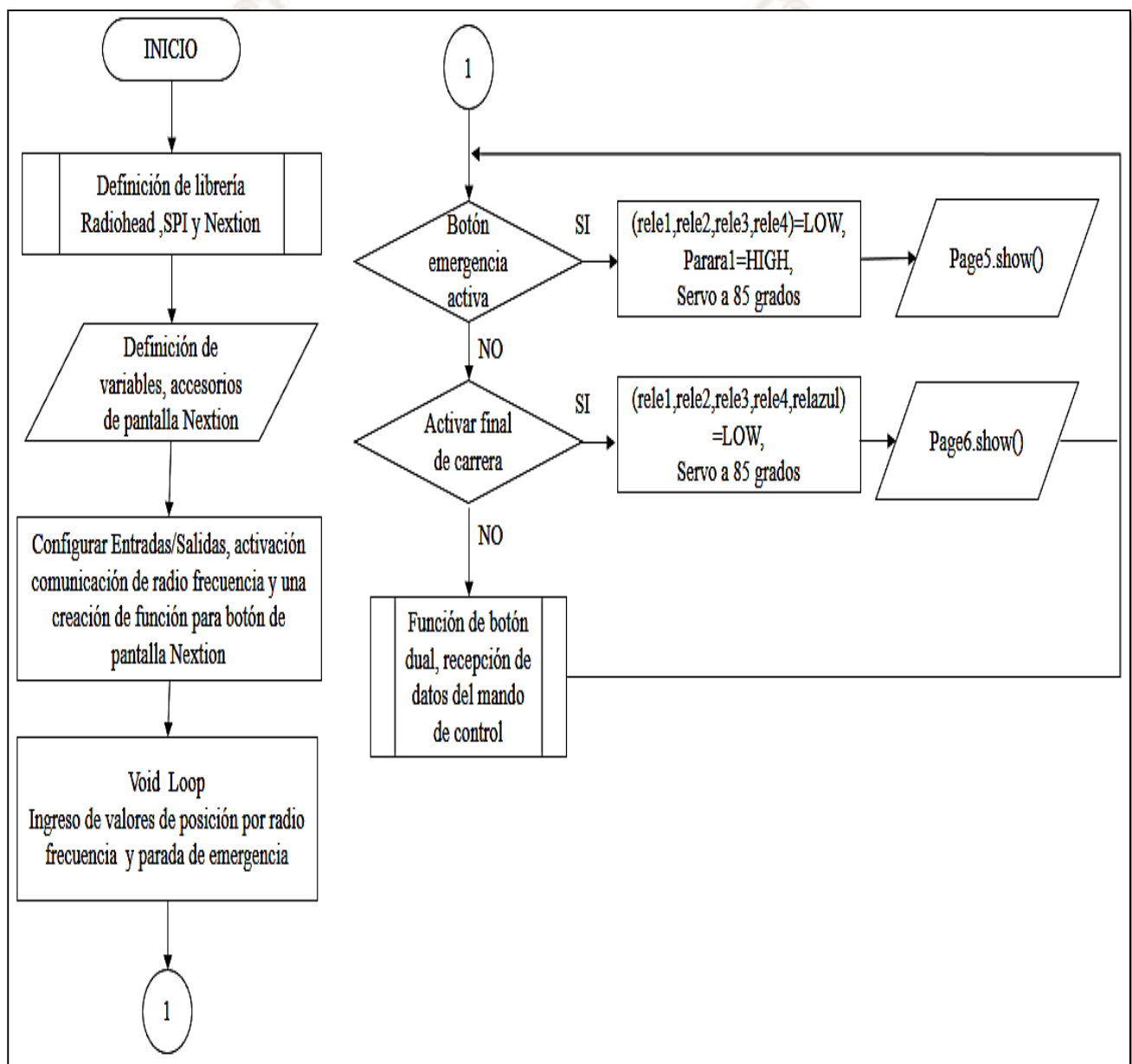


Figura 95. Funciones de diagrama de flujo de panel de control.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. ENTORNO DE ARDUINO

EL entorno de arduino es de un desarrollo simple, puesto que es este tipo de programa se escribe en un entorno de desarrollo integrado. Consistiendo en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica. Los programas desarrollados están con un fichero con una extensión “ino”.

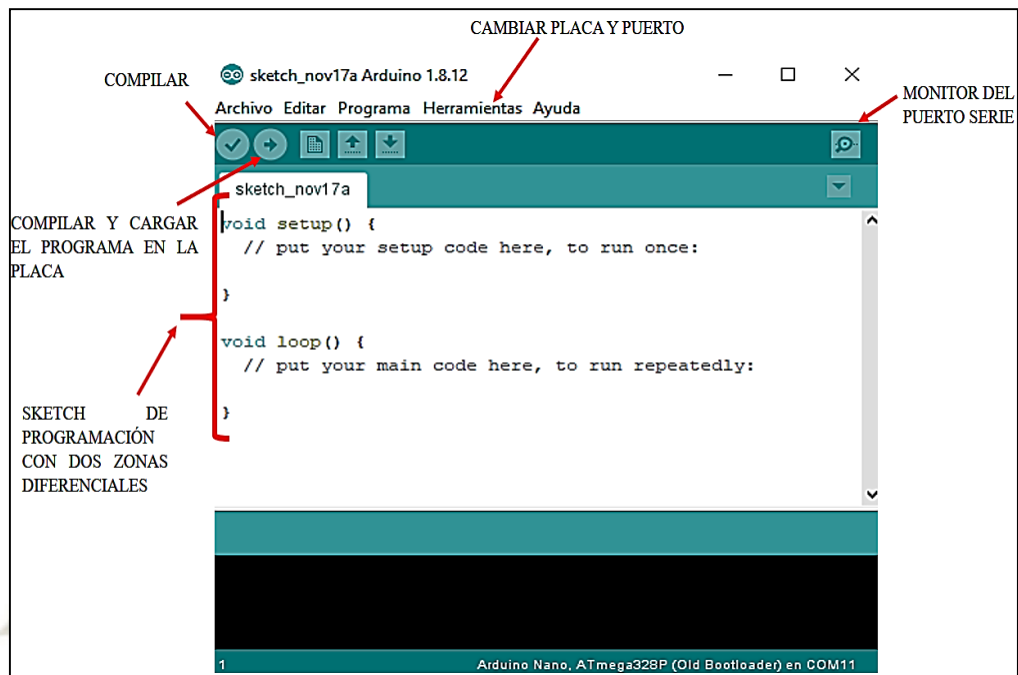


Figura 96. Entorno arduino.

Fuente: Elaboración propia

El programa de Arduino es de licencia libre, por lo que facilita la descarga desde la misma página principal de Arduino, incluyendo drivers necesarios para cualquier modelo de arduino, al igual que las librerías que se utilizan para los tipos de sensores para el desarrollo de la programación. Pero en programaciones complejas tiende a tener dificultades.

En el entorno de arduino la función de configuración (setup()) se incorporan las declaraciones de las variables, siendo esta la primera función a ejecutar en el programa, solo se ejecuta una vez. Una de estas configuraciones puede ser el establecer las entradas analógicas o digitales como entradas y salidas.

La otra función es la de bucle (loop ()), este incorpora el código se ejecutará continuamente, pudiendo ser en las lecturas de las entradas y activación de las

salidas, entre diferentes tipos de desarrollo. Esta función es la que tiende a desarrollar la mayor parte de trabajo en el código.

A diferencia de este tipo de funciones que ofrece el programa de arduino, se pueden agregar otras, las cuales sirven para hacer tareas repetitivas y además ayudan para reducir el tamaño de un programa.

4.4. ENTORNO DE LA PANTALLA NEXTION

El entorno Nextion es muy sencillo y claro, utilizando la comprensión y utilización HMI (interfaz hombre- máquina). La ventaja de poder utilizar este tipo de pantalla frente al as otras del mercado es su editor gráfico Nextion Editor. Este software se puede descargar de la página principal de Nextion.

En el software de la interfaz de Nextion se divide en siete zonas, las cuales se presenta a continuación:

1. Zona 1: la parte en la que uno manipula el entorno gráfico.
2. Zona 2: la parte donde están las herramientas que se pueden utilizar en el entorno gráfico.
3. Zona 3: la parte donde se visualiza las páginas creadas en el entorno gráfico.
4. Zona 4: es donde podemos agregar las imágenes y la fuente de texto que se van a utilizar en el entorno gráfico
5. Zona 5: parte donde aparecen las características de cada componente agregado en el entorno grafico desarrollado, parte donde se sacan los valores para generar la interfaz con el microcontrolador.
6. Zona 6: es donde se muestra la compilación de proceso realizado, generando si está bien o no lo que uno hizo en el entorno.
7. Zona 7: parte donde se puede programar algunos de los objetos o herramientas utilizadas en el entorno gráfico.

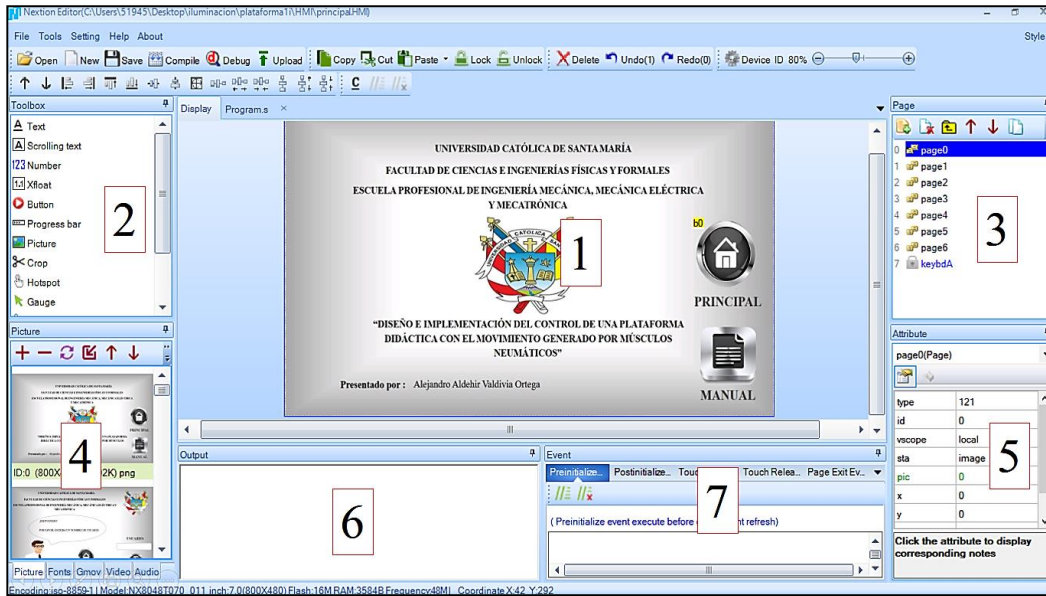


Figura 97. Diseño de entorno gráfico.

Fuente: Elaboración propia

La comunicación de la pantalla HMI NEXTION NX8048T070_011, es escogiendo el tipo de pantalla se está utilizando, siendo el tamaño y calidad de la imagen, en este caso se utiliza una pantalla de 7 pulgadas con una calidad de imagen de 800x480 pixeles.

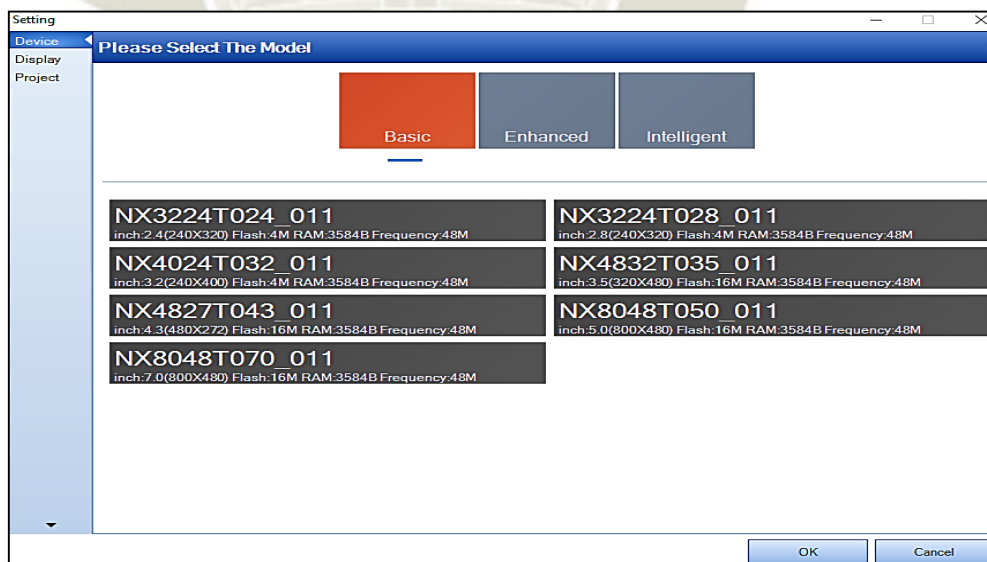


Figura 98. Selección de tamaño y calidad de imagen.

Fuente: Elaboración propia

Una vez haber seleccionado el tamaño, lo que procede es poder seleccionar la orientación del display, siendo la facilidad de escoger en cuatro opciones: horizontal a 0 grados, vertical a 90 grados, horizontal a 180 grados y vertical a 270 grados, como se muestra en la siguiente **Figura 99**.

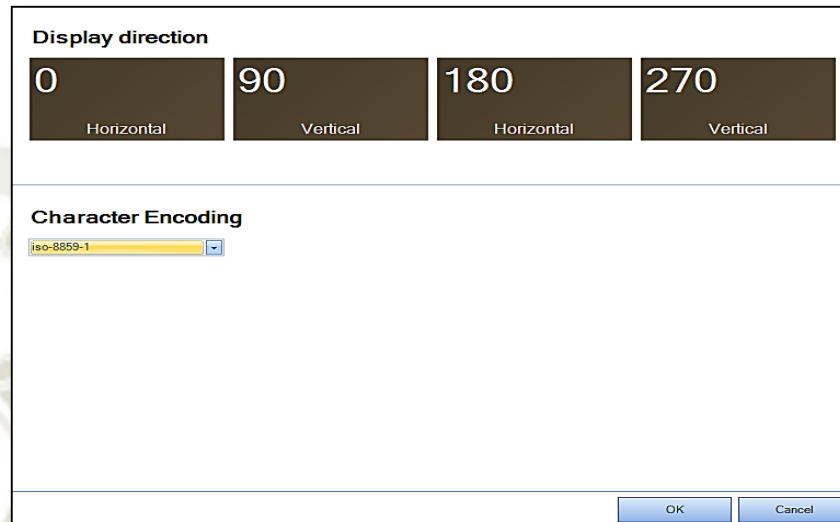


Figura 99. Selección de la orientación de la pantalla Nextion.

Fuente: Elaboración propia

En nuestro entorno se escogió la horizontal a 0 grados que es la que se recomienda del fabricante para este tipo de pantalla para una mejor calidad de las imágenes que se puedan utilizar.

4.5. SOFTWARE MANDO DE CONTROL

Para la realización de este proyecto será necesario la comunicación inalámbrica de un mando control, la cual pueda transmitir información para poder desarrollar los procesos de este. Con énfasis, en el circuito realizado con el microcontrolador se genera comunicación con el acelerómetro utilizado, además la comunicación radio frecuencia implementado siendo estas las partes importantes en este circuito. Este código está bajo la norma IEC1131-3, con el cual procede la facilidad de entender su desarrollo.

4.5.1. Creación de variables e inclusión de librerías

Esta parte del código generado en el mando a distancia se refiere a la creación de las entradas y salidas (digitales y análogas), además de la inclusión de

librerías las cuales me permite desarrollar el proceso en el mando a distancia.
Dentro de las librerías incluidas están para la comunicación inalámbrica.

```
#include <math.h> // incluye librería math.h
#include <RH_ASK.h> // incluye librería RadioHead.h
#include <SPI.h> // incluye librería SPI necesaria por RadioHead.h
RH_ASK rf_driver; // crea objeto para modulación por ASK
//comunicacion de radio frecuencia es 12
const int x_out = A0; //conexión de entrada analógica para acelerómetro
const int y_out = A1; //conexión de entrada analógica para acelerómetro
const int z_out = A2; //conexión de entrada analógica para acelerómetro
int ledPinV=3; //conexión que visualiza el color de led verde
int ledPinR=5; //conexión que visualiza el color de led rojo
int ledPinA=8; //conexión que visualiza el color de led azul
int parada=10; //conexión de entrada digital para la parada de emergencia
int par=0; //almacenar el valor de la parada de emergencia
```

Estos parámetros que se muestran a continuación están incluidos en la parte de la función de void setup (), nombrado anteriormente, permitiendo que los pines digitales análogos o digitales puedan calificarse como entradas o salidas:

```
pinMode(ledPinV,OUTPUT); //permite configurar el pin "ledPinV" como
valor de salida
```

```
pinMode(ledPinR,OUTPUT); //permite configurar el pin "ledPinR" como
valor de salida
```

```
pinMode(ledPinA,OUTPUT); //permite configurar el pin "ledPinA" como
valor de salida
```

```
pinMode(parada,INPUT); //permite configurar el pin "ledPinV" como valor de
entrada
```

4.5.2. Hallar valores de Roll y Pitch

Para poder conseguir que el mando distancia se pueda obtener control es necesario convertir la información de los ángulos de inclinación proporcionada por el sensor acelerómetro ADXL 335. El sistema se consigue gracias a la relación entre las entradas en los tres valores del acelerómetro, obteniendo los valores de roll y pitch. A continuación, se presenta las ecuaciones que se utilizaron para ello:

$$\text{aceleración(g)} = \frac{\text{Valor ADC} - \text{Vref} - \text{Voltaje a 0 g}}{1023 \cdot \text{Sensibilidad sensor}} \quad (4.5.2.1)$$

La ecuación anterior se basa en la inclinación para la aceleración de cada uno de los ejes, el sensor nos entrega la aceleración directa de cada eje (+/- 3G) y la salida de cada eje es simétrica por lo que el voltaje a 0g toma un valor de 1.65 voltios.

Se usa como $V_{ref} = 3.3$ voltios por lo que el voltaje máximo de salida del sensor son 3.3 voltios.

En las especificaciones de acelerómetro ADXL 335 su sensibilidad de sensor varía de 270 a 330 mVoltios/gravedad.

El valor ADC se obtiene de las variaciones que se generan por los movimientos en los 3 ejes.

Al reemplazar algunos datos obtenemos:

$$A_{xout} = (((\text{valor ADC del eje X} * V_{ref}) / 1024) - 1,65) / 0,330 \quad (4.5.2.2)$$

$$A_{yout} = (((\text{valor ADC del eje Y} * V_{ref}) / 1024) - 1,65) / 0,330 \quad (4.5.2.3)$$

$$A_{zout} = (((\text{valor ADC del eje Z} * V_{ref}) / 1024) - 1,65) / 0,330 \quad (4.5.2.4)$$

Para desarrollar parte del código se tiene que usar las ecuaciones (3.2.3.1.3) y (3.2.3.1.4) ya mostradas antes. Estas ecuaciones se utilizarán para obtener el ángulo en grados dentro del rango -90° a $+90^\circ$ en los ángulos de pitch y roll. Calculamos estos con la función arco tangente que se puede expresar como:

$$\text{atan}(y, x) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & \text{si } x > 0, \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & \text{si } x < 0 \text{ y } y \geq 0, \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi & \text{si } x < 0 \text{ y } y < 0, \\ +\frac{\pi}{2} & \text{si } x = 0 \text{ y } y > 0, \\ -\frac{\pi}{2} & \text{si } x = 0 \text{ y } y < 0, \\ \text{indefinido} & \text{si } x = 0 \text{ y } y = 0, \end{cases} \quad (4.5.2.5)$$

Obteniendo las siguientes ecuaciones:

$$\text{Roll} = (\text{atan2}(A_{yout}, A_{zout})) * 57,29577951 + 180 \quad (4.5.2.6)$$

$$\text{Pitch} = (\text{atan2}(A_{zout}, A_{xout})) * 57,29577951 + 180 \quad (4.5.2.7)$$

A pesar de que se puedan hallar una variedad de controles diferentes, en el proceso se decidió por utilizar un código de control On/Off con histéresis al

incluirlo en arduino. Con todo ello podremos obtener nuestros valores de salida, el cual permitirá enviar la información para el adecuado control del mando. Al poder tener las ecuaciones respectivas para el uso de nuestro desarrollo del código se presenta a continuación esta parte de ella:

```
int x_adc_value, y_adc_value, z_adc_value; // valores en enteros
double x_g_value, y_g_value, z_g_value; // valores en double
double roll, pitch; // valores en double
par=digitalRead(parada); // conversor de parada a digital
x_adc_value = analogRead(x_out); // conversor de valores analógicos a digitales en X
y_adc_value = analogRead(y_out); // conversor de valores analógicos a digitales en Y
z_adc_value = analogRead(z_out); // conversor de valores analógicos a digitales en Z
x_g_value = ( ((double)(x_adc_value * 5)/1024) - 1.65 ) / 0.330 ); // direccion de aceleración en X
y_g_value = ( ((double)(y_adc_value * 5)/1024) - 1.65 ) / 0.330 ); // direccion de aceleración en Y*/
z_g_value = ( ((double)(z_adc_value * 5)/1024) - 1.80 ) / 0.330 ); // direccion de aceleración en Z */
roll = ( ( atan2(y_g_value,z_g_value) * 180 ) / 3.14 ) + 180 ); // Fórmula para tener ROLL */
pitch = ( ( atan2(z_g_value,x_g_value) * 180 ) / 3.14 ) + 180 ); // Fórmula para tener PITCH */
```

4.5.3. Comunicación de radio frecuencia

Ahora los valores de salida obtenidos de nuestro código obtenidos de los valores pitch y roll, se tienen que brindar para el movimiento de la plataforma didáctica, por lo que se optó por el uso de una comunicación de radio frecuencia. Este tipo de comunicación tiene software brindado para el código de arduino. El sensor a utilizar es el módulo RF de 433 MHz. Tiene para su uso la librería Radiohead en el código de arduino.

El pin utilizado para el envío de datos fue el pin12 del microcontrolador, el código a continuación está dentro de la función de void Setup (), el cual permite que la librería introducida para su comunicación se active:

```
Serial.begin(9600);//inicia la conexión serial
```

```
rf_driver.init();// inicializa objeto con valores por defecto
```

La siguiente parte del código es la que se reproducirá varias veces, la cual contiene los datos que se enviarán al receptor de esta comunicación de radio frecuencia. También se desarrolla la parte del control On/Off con histéresis puesto que en los valores que se utilizarán tienen parámetros los cuales se tuvieron que dejar una zona en la cual permita la mejor opción del control del mando de distancia. Estos datos son la parada de emergencia como la posición la cual la plataforma tendrá que estar inclinada:

```
/**/
```

```
//los valores que se adquieren a continuación son para la comunicación de Radio  
frecuencia
```

```
/**/
```

```
if (par == LOW) //parada de emergencia
```

```
{
```

```
digitalWrite(ledPinR,HIGH);//activa el led Rojo
```

```
digitalWrite(ledPinV,LOW);//desactiva el led Verde
```

```
digitalWrite(ledPinA,LOW);//desactiva el led Azul
```

```
const char *msg = "1"; // carga numero 1 en mensaje a enviar
```

```
rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg)); // envia el mensaje
```

```
rf_driver.waitPacketSent(); // espera al envío correcto del mensaje
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
if (roll>175 && pitch>240 && roll<205 && pitch<260) //valores para un valor  
neutro
```

```
{
```

```
digitalWrite(ledPinV,HIGH);//activa el led Verde
```

```
digitalWrite(ledPinR,LOW);//desactiva el led Rojo
```

```
digitalWrite(ledPinA,LOW);//desactiva el led Azul
const char *msg = "2"; // carga numero 2 en mensaje a enviar
rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg)); // envia el mensaje
rf_driver.waitPacketSent(); // espera al envio correcto del mensaje
}
}

delay(10); // demora de 10 milisegundos
```

con esta última parte se termina la explicación del código que se desarrolla en arduino en cuanto a la parte del mando de control. para ver el código completo ir al **ANEXO 20**.

4.6. DESARROLLO DE INTERFAZ Y SOFTWARE DE PLATAFORMA DIDÁCTICA Y PANEL DE CONTROL

En esta parte se procede a explicar el código generado para la recepción de datos del mando de control, interpretaciones ellos y actividades a realizar con la información. Además, la interfaz que se desarrolla en la pantalla de Nextion. Este tipo de pantallas está en base la norma ISA 101.

4.6.1. Desarrollo de interfaz HMI mediante Nextion Editor

Ya se pudo mencionar el entorno sobre el software de Nextion Editor, en esta parte se podrá desarrollar la creación de la interfaz con el cual permitirá poder controlar y generar el movimiento de la plataforma didáctica por medio de los músculos neumáticos.

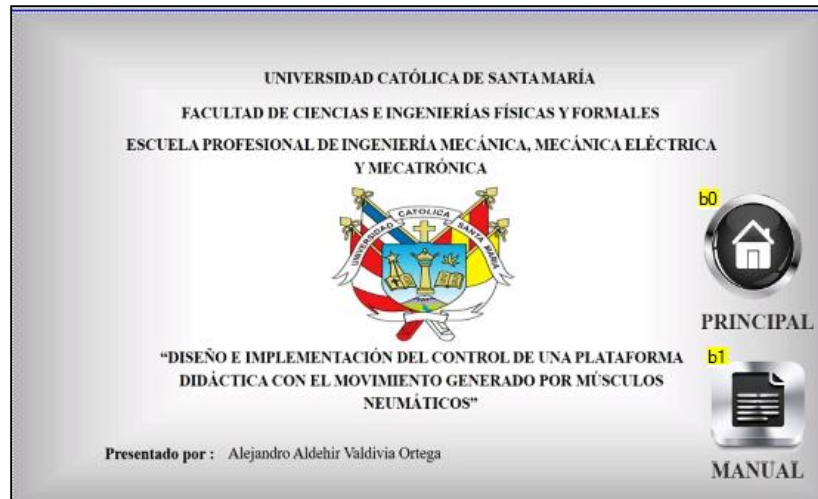


Figura 100. Página 0 de la interfaz.

Fuente: Elaboración propia

Para poder comenzar con la creación de la interfaz, lo primero será crear una cantidad de páginas que podrán aumentar o disminuir según lo requerido, esto se da en la ventana page del entorno, la cual se presenta a continuación:

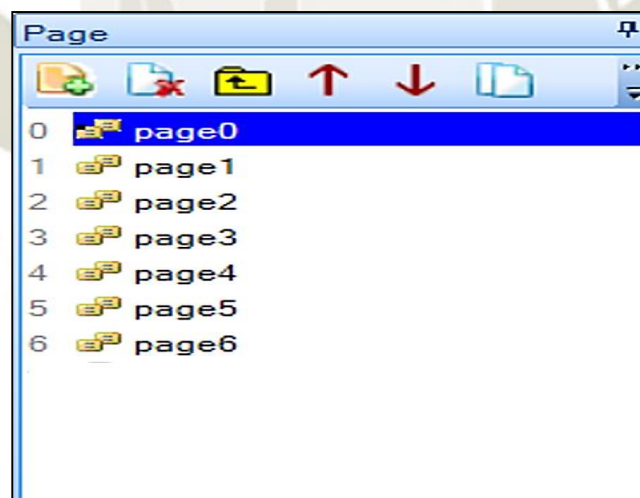


Figura 101. Ventana Page Nextion Editor.

Fuente: Elaboración propia

La pantalla en la cual se va a trabajar viene por defecto de color blanco, por consiguiente, se debe adicionar imágenes las cuales sean de necesidad para el desarrollo de la interfaz. Incluir imágenes se da en la ventana Picture que está en el entorno de Nextion, pulsando el icono con el signo más, se incluyen imágenes que tiene dentro la computadora en la cual se trabaja. Al igual se

pueden eliminar imágenes que no puedan utilizar con el signo menos. Las imágenes utilizadas para la interfaz tuvieron que ser creadas y calibradas para que puedan ingresar en la pantalla, puesto que nuestra pantalla tiene un tamaño de 800x480, esto se pudo desarrollar en el software de Paint y Power Point.

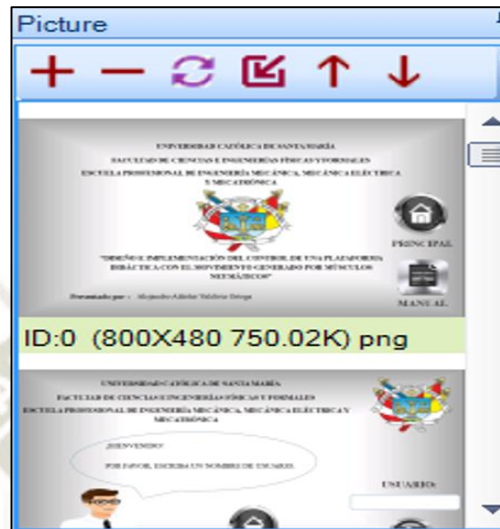


Figura 102. Ventana Picture de Nextion Editor.

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes ventanas a utilizar para la interfaz son Toolbox Attribute. Toolbox es una ventana importante puesto que en ella se podrá generar características aparte de imagen tales como animaciones visuales, botones interactivos, textos y accesorios para poder darle un flujo adecuado en la página o páginas que uno pueda utilizar. La ventana de Attribute nos permite configurar las características de cada objeto escogido de la ventana Toolbox, algunos de ellos son los parámetros que utilicen, los textos que puedas modificar, los nombres de cada objeto puesto que con ello se genera la comunicación con el microcontrolador al igual de su identificación de cada objeto creado. Estos se muestran a continuación:

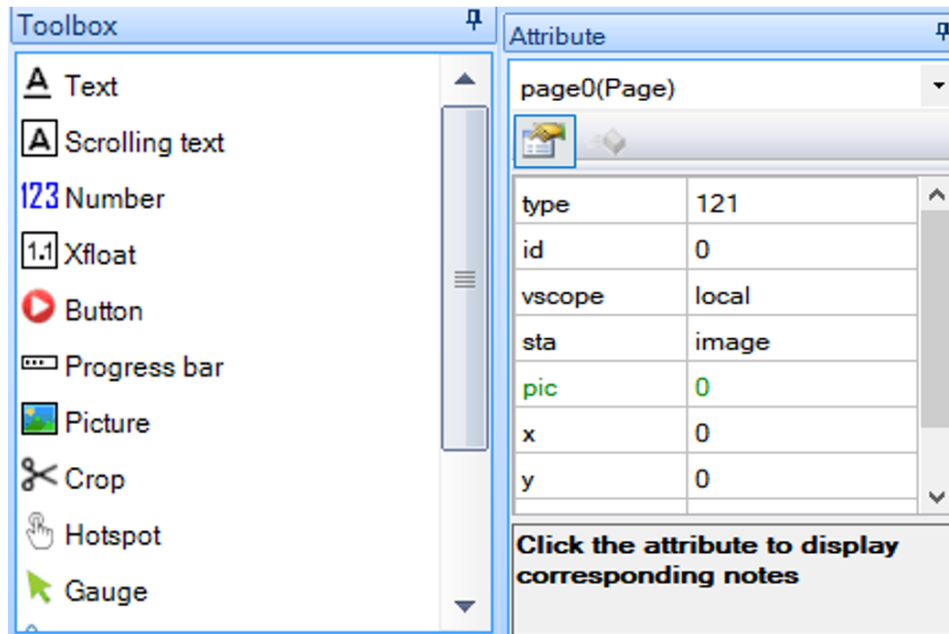


Figura 103. Ventanas de Toolbox y Attribute de Nextion Editor.

Fuente: Elaboración propia

Estas son páginas creadas para el interfaz con las ventanas que se nombraron a con anterioridad:



Figura 104. Pantallas de Interfaz en Nextion Editor.

Fuente: Elaboración propia

Los componentes creados, nombrados y etiquetados para la comunicación entre la pantalla Nextion y el microcontrolador arduino, son los que están en el siguiente recuadro:

Tabla 35. Objetos para comunicación de microcontrolador Arduino con interfaz

Nextion.

PÁGINA	COMPONENTE (ID)	NOMBRE COMPONENTE
2	4	P0
2	5	ObjMarcador
2	6	ObjMarcador2
2	7	bt0
5	4	Page5
6	1	Page6

Fuente: Elaboración propia

Para poder cargar la interfaz creada en el programa de Nextion se utiliza crear un archivo TFT, es quien nos permite poder subirlo en la pantalla física y esta se quede guardada con los parámetros indicados. Antes de obtener este tipo de archivo, se debe compilar mediante el ícono compile que se encuentra en la barra superior de opciones, como se muestra a continuación:



Figura 105. Parte de barra de opciones.

Fuente: Elaboración propia

Con pulsar en compile, en la ventana output se observará si se generan errores o si está bien desarrollado el interfaz en Nextion, como se ve a continuación:

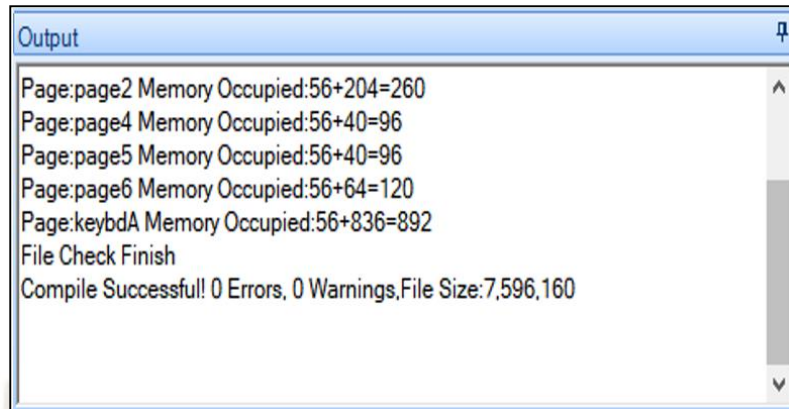


Figura 106. Ventana Output de entorno Nextion.

Fuente: Elaboración propia

Con todos estos pasos realizados ya se puede obtener el archivo TFT, se hace clic en la pestaña file y al desplazarse las opciones se escoge open build folder, el cual nos mandara de forma automática a la carpeta que contiene el archivo necesario, como se puede mostrar a continuación:

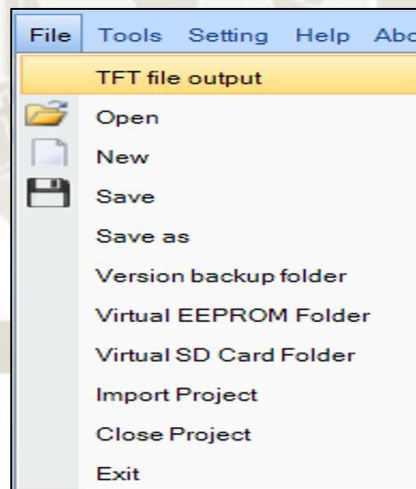


Figura 107. Carpeta del archivo TFT.

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Software de plataforma didáctica y panel de control

Ya se pudo mencionar el entorno sobre el software de Nextion Editor, en esta parte se podrá desarrollar la creación de la interfaz con el cual permitirá poder controlar y generar el movimiento de la plataforma didáctica por medio de los músculos neumáticos.

4.6.2.1. Creación de variables e inclusión de librerías

Esta parte del código generado en el panel de control con la plataforma didáctica se refiere a la creación de las entradas y salidas (digitales y analógicas), también de la inclusión de librerías las cuales me permite desarrollar el proceso de la plataforma didáctica.

```
#include <RH_ASK.h> // incluye libreria RadioHead.h
#include <SPI.h> // incluye libreria SPI necesaria por RadioHead.h
RH_ASK rf_driver; // crea objeto para modulación por ASK //el pin de la
comunicacion RF es 11
#include "Nextion.h"// libreria para la comunicación de la pantalla Nextion
int relazul=8;//conexión digital para prender luz piloto azul del panel de control
int azul=0; //almacenar el valor para prender luz piloto azul del panel de control
int reloj=9;//conexión digital para prender luz piloto roja del panel de control
int rojo=0; //almacenar el valor para prender luz piloto roja del panel de control
int rele1=7;//conexión digital para activar la electroválvula 1 dentro del panel de
control
int rele2=6;//conexión digital para activar la electroválvula 2 dentro del panel de
control
int rele3=5;//conexión digital para activar la electroválvula 3 dentro del panel de
control
int rele4=4;//conexión digital para activar la electroválvula 4 dentro del panel de
control
int parara1=10;//conexión de salida digital para la parada de emergencia
int parada2=2;//conexión de entrada digital para la parada de emergencia
int par2=0; //almacenar el valor de la parada de emergencia
int servo =3;//conexión digital para activar el servomotor dentro de la plataforma
didáctica
int fincontactor=12;//conexión digital para la finalización del recorrido
int fin=0;//almacenar el valor para la finalización del recorrido. (Course Hero,
2021)
```

En esta parte del código se desarrolla los objetos que se podrán utilizar de la pantalla Nextion, tanto sean de entrada o salida de información, mediante la comunicación con el microcontrolador arduino:

```
// Declara los objetos a utilizar
// estos valores ayudan para la comunicación entre la pantalla Nextion y el
microcontrolador
// [pagina id:0,componente id:1, NombreComponente: "Objeto_ObjName"]
NexDSButton b2compuerta = NexDSButton(2, 4, "bt0");
NexPicture p0 = NexPicture(2, 5, "p0");
NexPage page5 =NexPage(5,0,"page5");
NexPage page6 =NexPage(6,0,"page6");
// Registro al objeto Dual State Button a la lista de eventosTouch.
NexTouch *nex_listen_list[] =
{
```

```
// Registro al objeto Dual State Button a la lista de eventos Touch.
// registro al objeto picture para su desarrollo
&p0,&b2compuerta,
NULL
};
```

Dentro de la función de void setup () se procede a inicializar la utilización de la pantalla Nextion, se permite configurar los valores digitales creados anteriormente si fueran de entrada o de salida, además se agrega para poder inicializar la comunicación de radio frecuencia para la recepción de los datos. En la pantalla Nextion, para el botón dual, es necesario poder generar una función aparte de las que utilizan para su correcto funcionamiento, los cuales se muestran a continuación:

```
void setup()
{
    nexInit();//Inicializo la pantalla Nextion

    pinMode(relazul, OUTPUT);//permite configurar el pin "relazul" como valor de salida
    pinMode(relrojo, OUTPUT);//permite configurar el pin "relarajo" como valor de salida
    pinMode(parara1, OUTPUT);//permite configurar el pin "parara1" como valor de salida
    pinMode(parada2, INPUT);//permite configurar el pin "parada2" como valor de entrada
    pinMode(fincontactor, INPUT);//permite configurar el pin "fincontactor" como valor de entrada
    pinMode(rele1, OUTPUT);//permite configurar el pin "rele1" como valor de salida
    pinMode(rele2, OUTPUT);//permite configurar el pin "rele2" como valor de salida
    pinMode(rele3, OUTPUT);//permite configurar el pin "rele3" como valor de salida
    pinMode(rele4, OUTPUT);//permite configurar el pin "rele4" como valor de salida
    pinMode (servo, OUTPUT);//permite configurar el pin "servo" como valor de salida

    b2compuerta.attachPop(prender_compuerta);

    rf_driver.init(); // inicializa objeto con valores por defecto
    Serial.begin(9600);//Initialise the serial connection debugging (Course Hero, 2021)
}
```

En la parte del código anterior se mencionó de crear una función específica para el uso de uno de los objetos de la pantalla Nextion, la cual es un botón

de dos opciones. En este botón procederemos a crear indicaciones para los tipos de estado en el que se puede desarrollar, en esta parte del código se desarrolló el control de la compuerta de apertura y cierre que se encuentra físicamente en la plataforma didáctica, pudiendo generar que se abra y cierre en determinado ángulo, además se agregan dos pines de salida digitales que podrán activar dos luces piloto, esta parte del código se muestra a continuación:

```
/**
 *
 */
//valores en otra función para la correcta adquisición de botón dual de la pantalla
Nextion//
/**
 *
 */
void prender_compuerta()
{
  uint32_t estadocompuerta;
  b2compuerta.getValue(&estadocompuerta);
  if (estadocompuerta == 1)
  {
    // con este bucle se puede generar el movimiento del servomotor
    for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)// repetimos la instruccion 50 veces
    {
      digitalWrite (servo,HIGH);//desactiva el servo
      delayMicroseconds(500); // llevamos a 10°
      digitalWrite (servo,LOW);//desactiva el servo
      delay(19);//tiempo de demora para volver a cargar el programa en
milisegundos
    }
    digitalWrite(relazul,HIGH);//activa pin relazul
    digitalWrite(relrojo,LOW); //desactiva pin relrojo
  }
  else
  {
    // con este bucle se puede generar el movimiento del servomotor
    for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)// repetimos la instruccion 50 veces
    {
      digitalWrite (servo,HIGH);//desactiva el servo
      delayMicroseconds(1200);// llevamos a 85°
      digitalWrite (servo,LOW);//desactiva el servo
      delay(19);//tiempo de demora para volver a cargar el programa en
milisegundos
    }
    digitalWrite(relazul,LOW);//desactiva el servo
    digitalWrite(relrojo,HIGH); //desactiva el servo
  }
} (Course Hero, 2021)
```

En la función de void loop es donde el código se reproducirá varias veces, en esta parte se obtendrán los datos adquiridos del transmisor de radio frecuencia y se desarrollará las indicaciones que se obtuvieron para la activación de diferentes salidas o entradas digitales. Al igual que se genere acontecimientos del panel de control, los cuales pueden ser la parada de emergencia o las indicaciones de la pantalla Nextion. Este se muestra continuación:

```
void loop()
{
  nexLoop(nex_listen_list);

  par2=digitalRead(parada2);//poder leer los valores de entrada digital de
"parada2"
  fin=digitalRead(fincontactor);//poder leer los valores de entrada digital de
"fincontactor"
  azul=digitalRead(relazul);//poder leer los valores de entrada digital de "relazul"
  rojo=digitalRead(relrojo);//poder leer los valores de entrada digital de "relrojo"
  //*****
*****//
  //los valores que se adquieren a continuación son para la comunicación de
Radio frecuencia//
  //*****
*****//
  uint8_t buf[1]; // espacio para mensaje recibido de 1 caracter
  uint8_t buflen = sizeof(buf); // longitud de buffer
  if (rf_driver.recv(buf, &buflen)) // si se recibieron datos correctos
  {
    if((char)buf[0]=='1' || par2==LOW ) // si el caracter es el numero 1
    {
      digitalWrite(rele1,LOW);//desactiva el rele1
      digitalWrite(rele2,LOW);//desactiva el rele2
      digitalWrite(rele3,LOW);//desactiva el rele3
      digitalWrite(rele4,LOW);//desactiva el rele4
      digitalWrite(parara1,HIGH);//activa la parara1
      page5.show() ;// muestra la página 5 en la pantalla Nextion
      // con este bucle se puede generar el movimiento del servomotor
      for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)
      { // repetimos la instruccion 50 veces
        digitalWrite (servo,HIGH);//activa el servo
        delayMicroseconds(1250); // llevamos a 85°
        digitalWrite (servo,LOW);//desactiva el servo
        delay(19);//tiempo de demora para volver a cargar el programa en
milisegundos
      }
    }

    else if (fin==LOW) // si el pin fin esta desactivado
    {
```

```

page6.show() ;// muestra la página 6 en la pantalla Nextion
// con este bucle se puede generar el movimiento del servmotor
for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)
{
    // repetimos la instruccion 50 veces
    digitalWrite (servo,HIGH);//activa el servo
    delayMicroseconds(1250); // llevamos a 85°
    digitalWrite (servo,LOW);//desactiva el servo
    delay(19);//tiempo de demora para volver a cargar el programa en
milisegundos
}
digitalWrite(rele1,LOW);//desactiva el rele1
digitalWrite(rele2,LOW);//desactiva el rele2
digitalWrite(rele3,LOW);//desactiva el rele3
digitalWrite(rele4,LOW);//desactiva el rele4
digitalWrite(relazul,LOW);//desactiva el releazul
digitalWrite(relrojo,HIGH);//activa el servo
delay(7000);//tiempo de demora para volver a cargar el programa en
milisegundos
}
else if (azul==LOW ) // si el pin azul esta desactivado
{
    digitalWrite(rele1,LOW);//desactiva el rele1
    digitalWrite(rele2,LOW);//desactiva el rele2
    digitalWrite(rele3,LOW);//desactiva el rele3
    digitalWrite(rele4,LOW);//desactiva el rele4
}
else
{
    if((char)buf[0]=='2') // si el caracter es el numero 2
    {
        digitalWrite(rele1,LOW); //desactiva el rele1
        digitalWrite(rele2,LOW);//desactiva el rele2
        digitalWrite(rele3,LOW);//desactiva el rele3
        digitalWrite(rele4,LOW);//desactiva el rele4
        digitalWrite(parara1,LOW);//desactiva la parara1
        p0.setPic(10);// muestra la imagen 10 en la pantalla Nextion
    }
}
}
}
} (Course Hero, 2021)

```

Para poder ver el código completo dirigirse al **ANEXO 21**.

CAPÍTULO V.

5. RESULTADOS

En esta parte se dará a conocer los resultados, problemas y soluciones que se debieron realizar para que el prototipo desarrollado pueda hacer los trabajos respectivos con los que se pensaban.

Se dará una división de dos partes con las cuales se mostrarán las problemáticas encontradas, estas serán una parte de la parte física y otra de la programación.

5.1. RESULTADOS DE LA PARTE FÍSICA

se presentaron diferentes inconvenientes en el transcurso de la implementación del mando de control, uno de ellos fue la implementación de la estructura de acrílico que se diseñó para la introducción de la parte del circuito introducido en este. aquel problema fue que el botón que serviría como parada de emergencia colisionaba con el cable de fuente de alimentación e impedía que este pueda cerrar. Así que se tuvo que rediseñar la posición del botón, recorriéndolo una distancia para que no pueda colisionar, también se tuvo que agregar el diámetro de espacio de recorrido de la tapa para que así todo este en un adecuado lugar.



Figura 108. Colisión parada de emergencia con conector.

Fuente: Elaboración propia



Figura 109. Soluciones de rediseño de estructura acrílica.

Fuente: Elaboración propia

Otro punto del mando de control fue la inclinación del sensor acelerómetro ADXL 335, el cual, tenía un choque con el circuito de alimentación, puesto que este sensor tenía que estar lo más recto posible, se tuvo que desplazar lo más posible hacia abajo el circuito de la alimentación y así tener un adecuado posicionamiento del sensor.

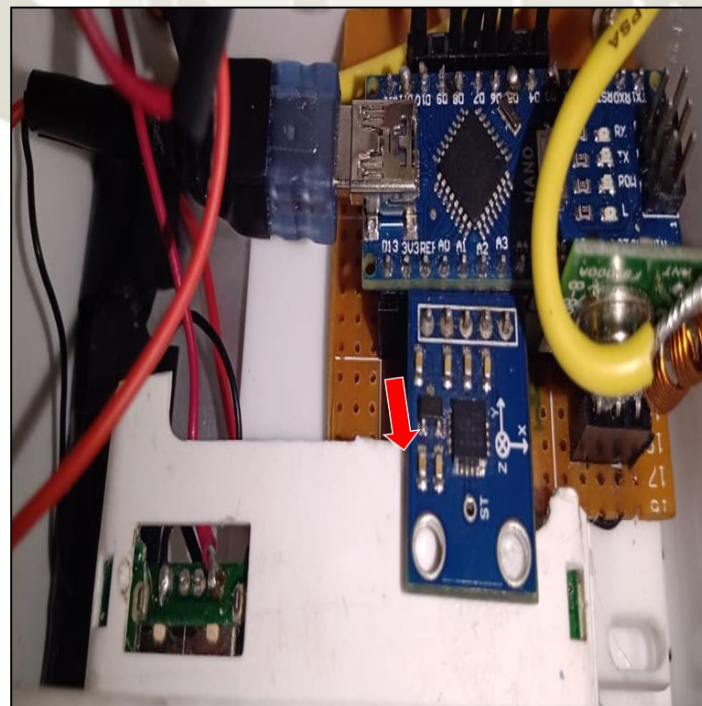


Figura 110. Colisión sensor ADXL335 con circuito de alimentación.

Fuente: Elaboración propia



Figura 111. Solución de rediseño de circuito de alimentación.

Fuente: Elaboración propia

Al culminar con la parte física del mando de control, se tuvo un inconveniente, al ser la estructura de acrílico, esta podría tener algún daño si callera de una distancia considerada y pueda tener alguna ruptura o ya no pueda funcionar. Se optó en agregar una cintilla para que esta pueda ponerse alrededor del cuello y pueda quedar colgada si esta pueda soltarse por cualquier motivo.



Figura 112. Cintilla para alrededor del cuello.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la parte del panel de control, el inconveniente más resaltante que se pudo percibir fue la implementación de canaletas, puesto que redujo el área para la implementación de todos los componentes utilizados. El más afectado fue la

estructura de acrílico que se diseñó para la protección de circuito del panel de control, siendo así que se tenga que dar un rediseño de este.

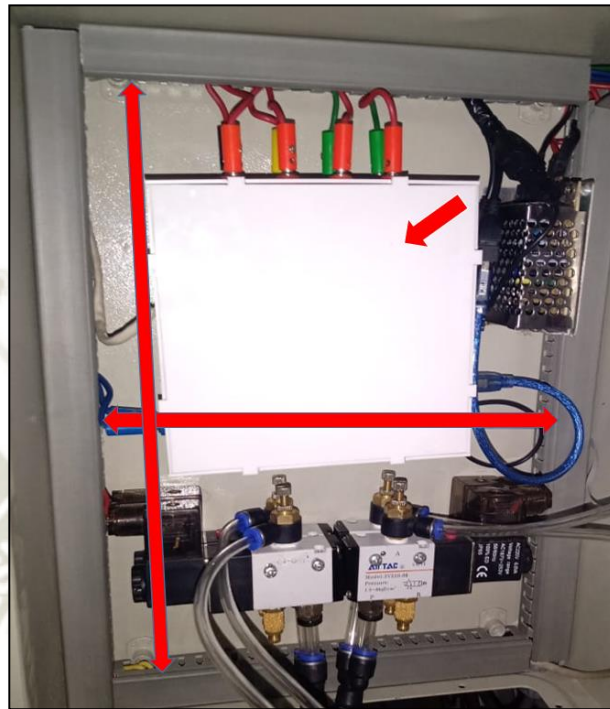


Figura 113. Rediseño de estructura acrílica y re organización por agregado de canaletas ranuradas.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la parte de la plataforma didáctica, esta no presentó ningún inconveniente en la implementación, pero al generar las pruebas se percató que las contracciones de los músculos neumáticos se cruzaban al ser activados muy rápido para la inclinación de la plataforma didáctica. Esto generó que el levantamiento de los lados de la plataforma sea menor al porcentaje de desplazamiento al cual se habría nombrado en la Tabla 8. La esfera que debía hacer la trayectoria del laberinto tenía que ser de un peso a considerar, por ese motivo se utilizó una bola de billar y así con esta se pudo desarrollar toda la trayectoria requerida con la mínima inclinación de la plataforma didáctica que era activada por los músculos neumáticos



Figura 114. Contracciones de los músculos neumáticos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 115. Esfera de billar.

Fuente: Elaboración propia

5.2. RESULTADOS DE LA PROGRAMACIÓN

Esta parte solo será enfocada la programación de mando de control puesto que al ser el emisor de la información tendrá que ser puntual y de tal manera en que el circuito receptor que está en el panel de control pueda generar las órdenes de funcionamiento.

En la programación del mando de control, la implementación del controlador On/Off con histéresis se ejecuta de intervalos regulares de acuerdo con la orientación del mando. Puesto que en este prototipo no se pudo agregar un sensor en la misma plataforma, para la realimentación de la información, se utilizó el sensor que se encuentra en el mando a control, con ello para la correcta comunicación se tendrá que llevar con el movimiento generado por una persona, siendo esta, ya no una forma automatizada sino de manera manual.

Esto implicó que se tenga que poner los parámetros del controlador de manera manual. Se generaron algunas pruebas con las cuales se pudo tener los valores y poder determinar cuáles eran los más adecuados para que no se pueda generar ninguna complicación al momento de uso.

Los primeros valores que se utilizaron por separado fue los valores de los 3 ejes siendo X, Y y Z, estos valores gráficamente generaban complicaciones e irregularidades en los datos adquiridos al momento de hacer las inclinaciones en el mando de control.

Para solucionar esto en el microcontrolador Arduino nano es utilizado una función de la cual permite que los valores de los ejes del acelerómetro sean convertirlos en ángulos Pitch y Roll, pudiendo así controlar la inclinación sin tener alteraciones en la adquisición de la información.

Se realizaron pruebas con los parámetros en la parte de control, probando los umbrales que se podrían usar para su adecuado uso. Todos los procesos se dieron en la inclinación. En la siguiente figura se muestra los datos, haciendo el giro en ambas direcciones de ROLL, para cada inclinación se utilizó umbrales diferentes, esto genera dos datos de valores de salida del controlador. Estos se muestran a continuación:

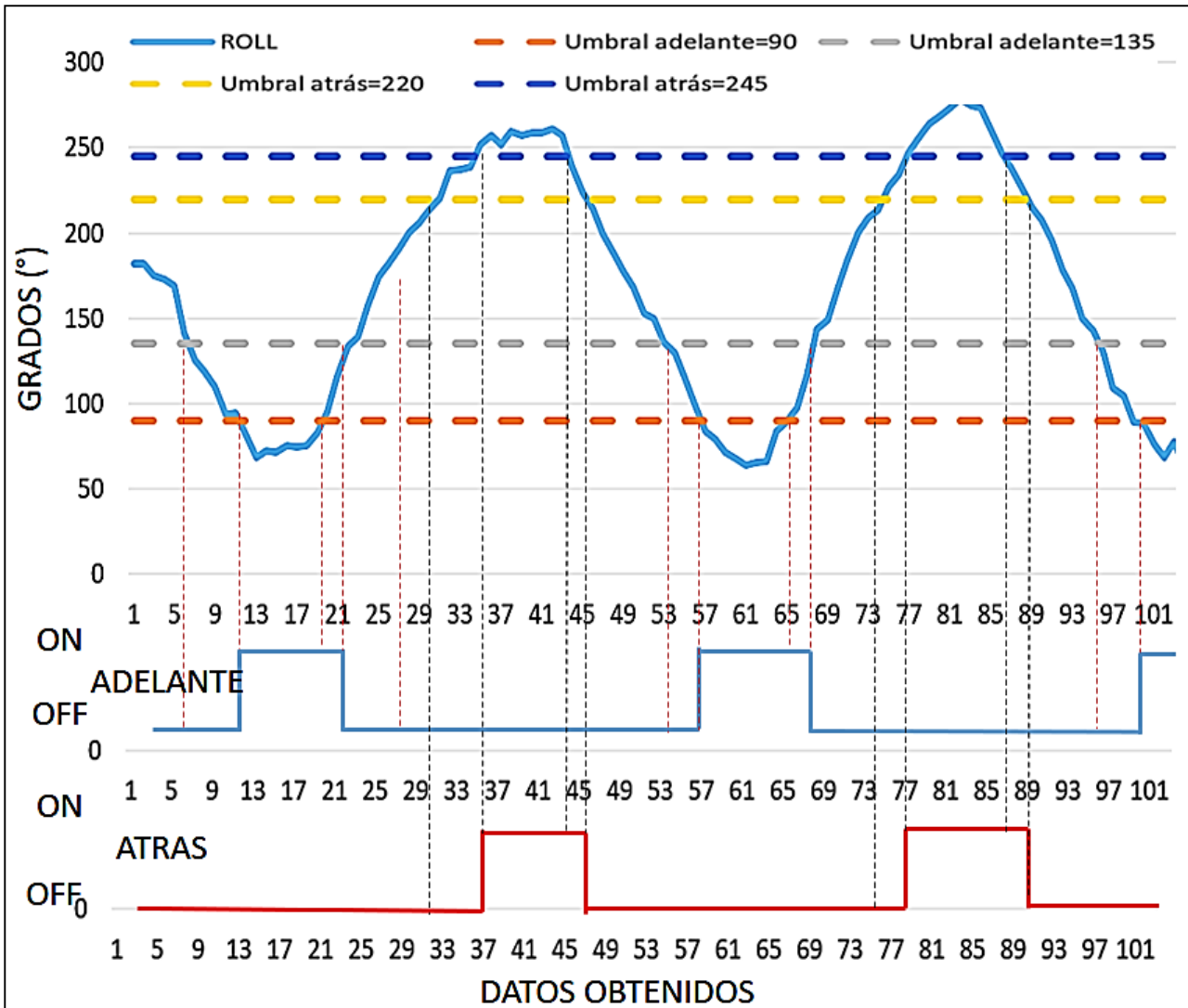


Figura 116. Prueba 1 del comportamiento del ángulo roll y activaciones de posición adelante y atrás.

Fuente: Elaboración propia

Los valores de los umbrales utilizados como se ve en la **Figura 116**. Tanto como para activar la parte de adelante como activar la parte de atrás, son muy alejados. Esto complica que el control del mando de distancia se utilizable para el proceso. Al ver que los valores dados no son de ayuda se procedió a utilizar otros valores de prueba, con el cual se vio un cambio, pero no lo suficiente para que se pueda generar un control adecuado, como se muestra en la **Figura 17**.

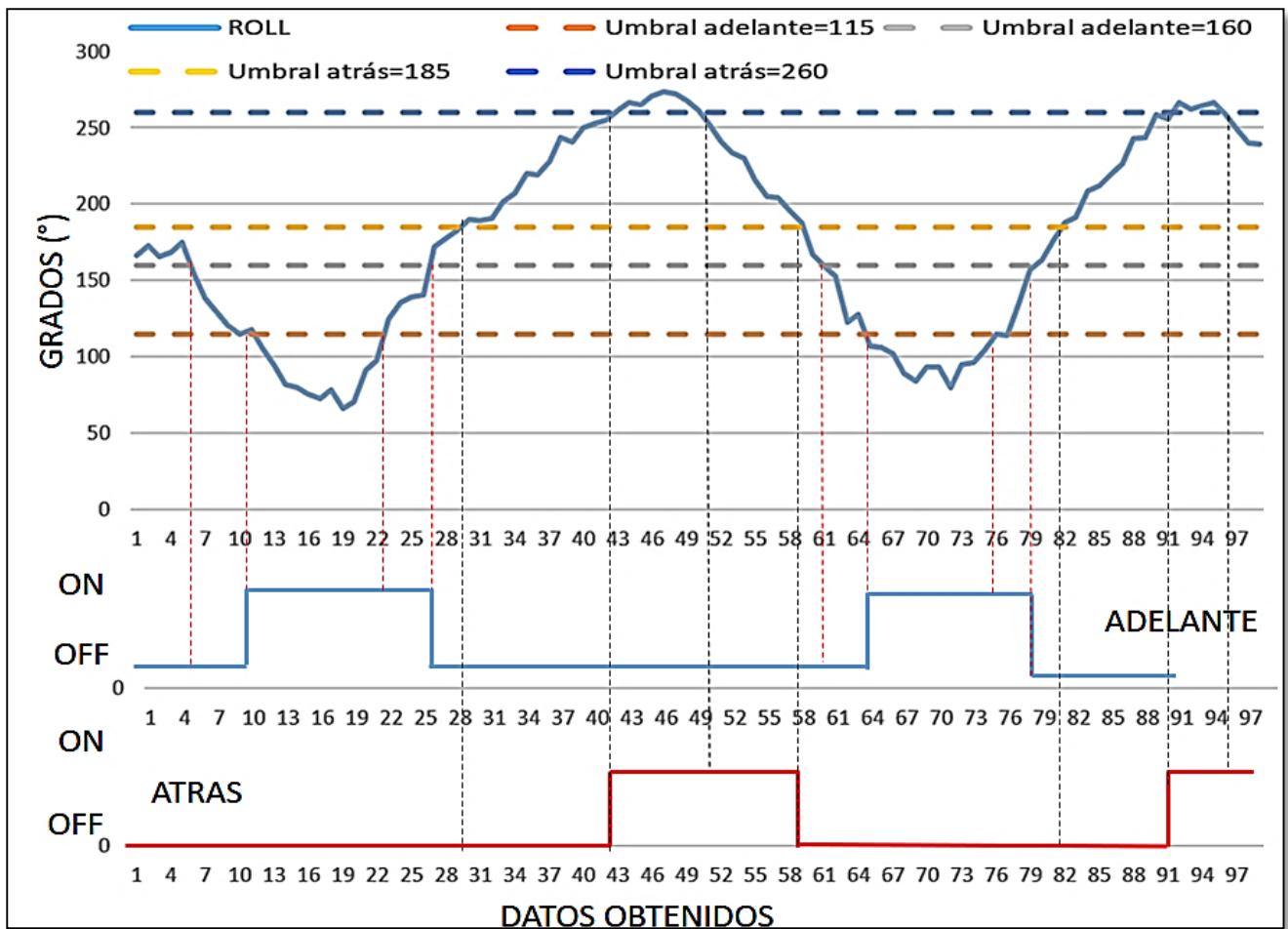


Figura 117. Prueba 2 del comportamiento del ángulo roll y activaciones de posición adelante y atrás.

Fuente: Elaboración propia

Los valores de los umbrales utilizados en esta prueba como se ve en la **Figura 117**, Tanto como para activar la parte de adelante como activar la parte de atrás, son muy cercanos permitiendo que se pueda utilizar estos valores para el control del mando a distancia.

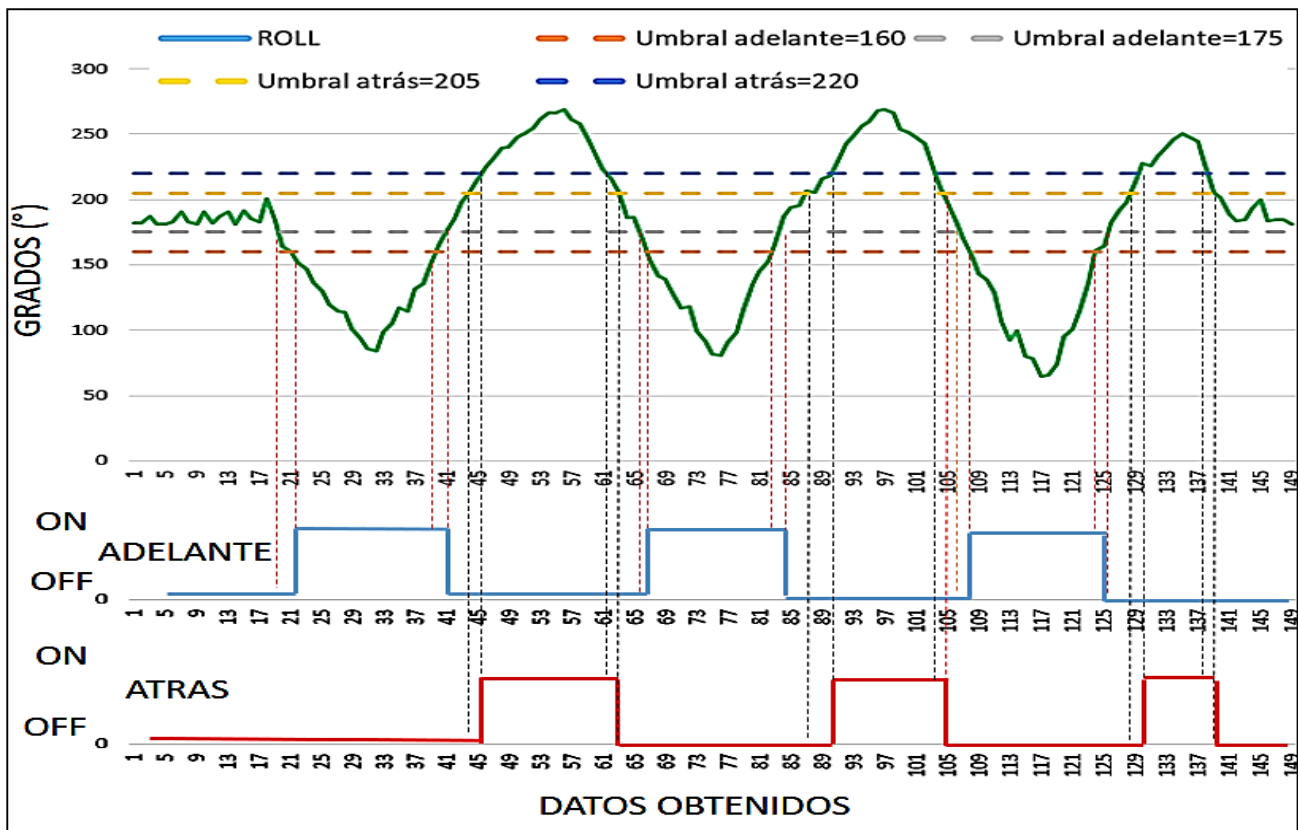


Figura 118. Prueba 3 del comportamiento del ángulo roll y activaciones de posición adelante y atrás.

Fuente: Elaboración propia

Al probar la efectividad de estos valores se llegó a modificar, pero de una manera mínima obteniendo los siguientes valores, con los cuales se dejaron para el desarrollo del prototipo: umbral adelante:155, umbral adelante 175, umbral atrás: 205 y umbral atrás: 215.

El mismo procedimiento se desarrolló para el ángulo de Pitch, haciendo tres opciones de valores de los umbrales, los cuales se muestran en las siguientes figuras:

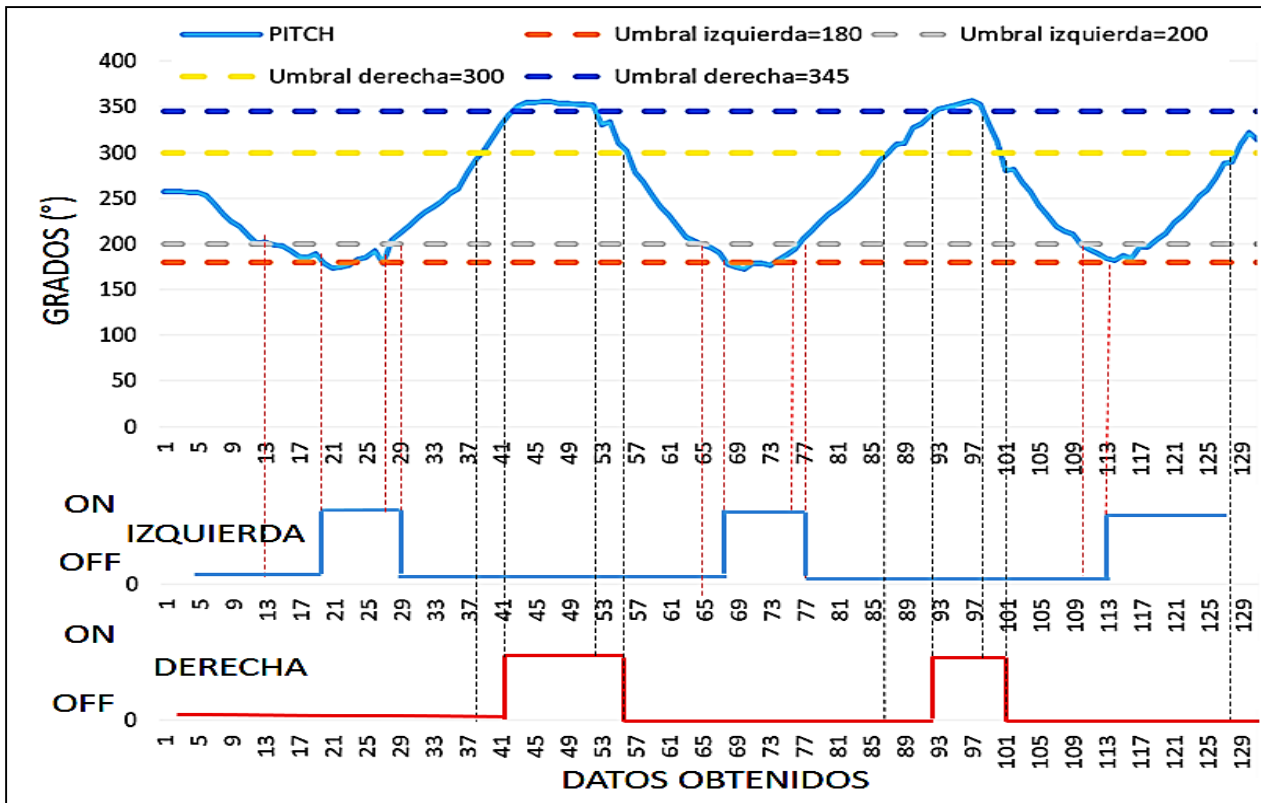


Figura 119. Prueba 1 del comportamiento del ángulo pitch y activaciones de posición derecha e izquierda.

Fuente: Elaboración propia

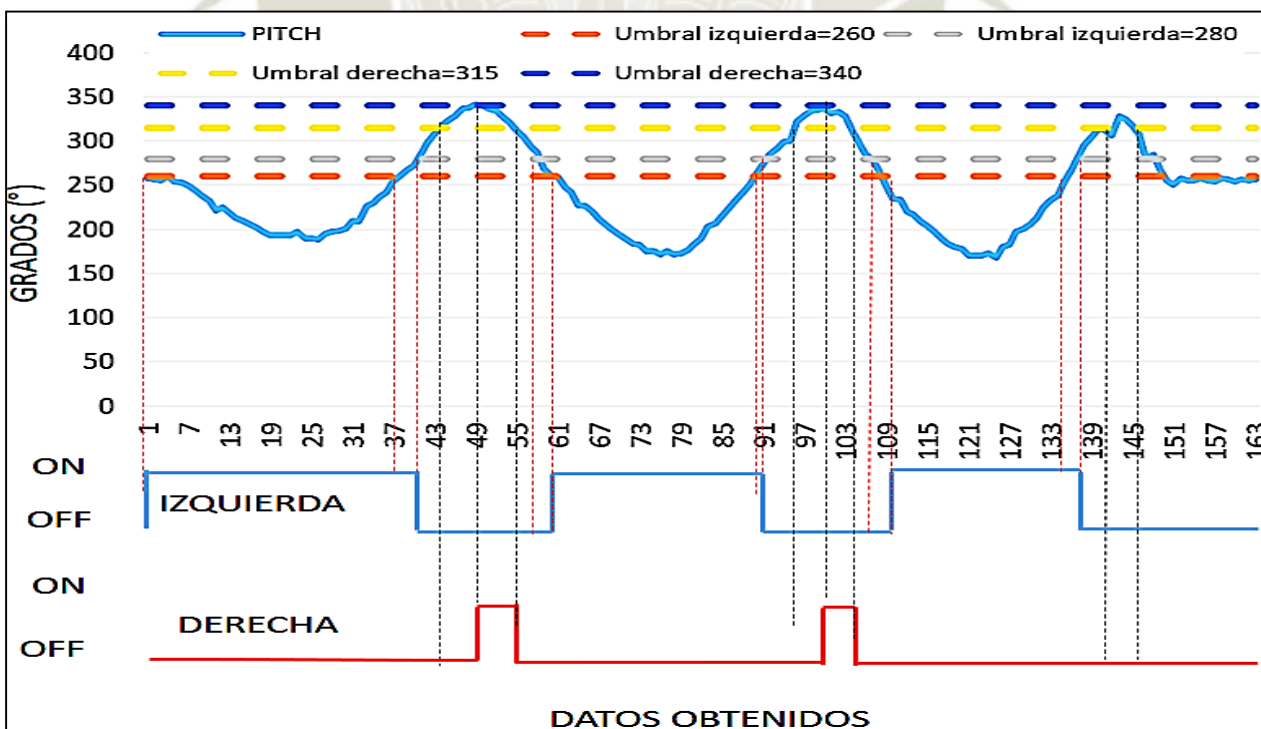


Figura 120. Prueba 2 del comportamiento del ángulo pitch y activaciones de posición derecha e izquierda.

Fuente: Elaboración propia

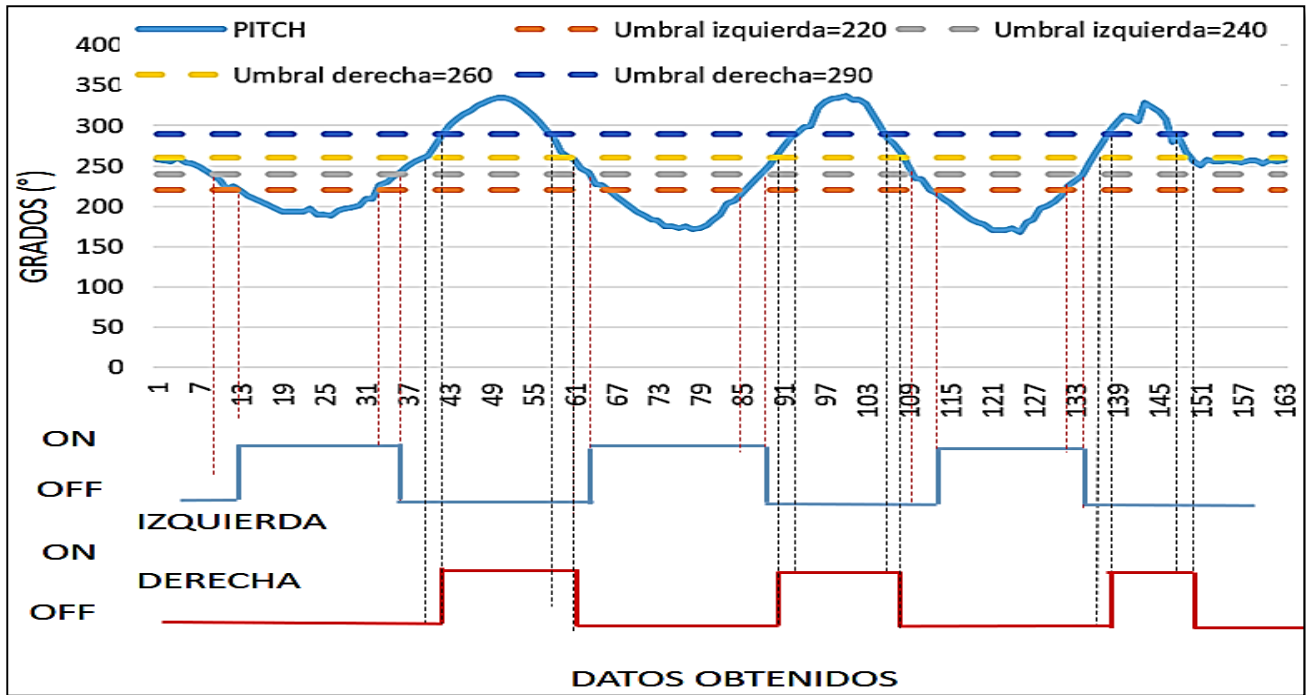


Figura 121. Prueba 3 del comportamiento del ángulo pitch y activaciones de posición derecha e izquierda.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI.

6. COSTOS

El costo de elaboración del prototipo se genera a detalle en todo el desarrollo en el proceso de construcción, basado en la inversión que se hizo.

En estos costos de elaboración se detallará todos los diferentes gastos llevados en el transcurso de la elaboración del prototipo, la inversión de algunos componentes en específicos y otros nombras en forma generalizada.

Tabla 36. costos generados en todo el proceso.

MUESTRA	DETALLES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (NUEVOS SOLES)	PRECIO TOTAL (NUEVOS SOLES)
1	Estructura Metálica- Plataforma Didáctica	1	S/350.00	S/350.00
2	Estructura Metálica -Panel de Control	1	S/250.00	S/250.00
3	Estructura Metálica- Soporte Laberinto	1	S/200.00	S/200.00
4	Estructura Metálica - Soporte Panel Control	1	S/200.00	S/200.00
5	Estructura de Melamina Laberinto simple	1	S/140.00	S/140.00
6	Estructura de Melamina Laberinto intermedio	1	S/160.00	S/160.00
7	Estructura de Melamina Laberinto difícil	1	S/180.00	S/180.00
8	Estructura Acrílica - Tablero	1	S/80.00	S/80.00
9	Estructura Acrílica - Circuito de Panel	1	S/60.00	S/60.00
10	Estructura Acrílica - Circuito de Mando	1	S/50.00	S/50.00
11	Unidad de Mantenimiento	1	S/80.00	S/80.00
12	Electroválvula de 3/2 Vías	4	S/100.00	S/400.00
13	Músculos Neumáticos	4	S/800.00	S/3,200.00

14	Compresora	1	S/400.00	S/400.00
15	Accesorios para Montaje Neumático	1	S/120.00	S/120.00
16	Módulo de Relés Octoacoplados	1	S/60.00	S/60.00
17	Fuente de Alimentación 5V	2	S/50.00	S/100.00
18	Microcontrolador Arduino Mega	1	S/80.00	S/80.00
19	Microcontrolador Arduino Nano	1	S/50.00	S/50.00
20	Sensor de final de Carrera	1	S/15.00	S/15.00
21	Servomotor SG90	1	S/20.00	S/20.00
22	Comunicación RF 433 MHz	1	S/25.00	S/25.00
23	Sensor Acelerómetro ADXL 335	1	S/20.00	S/20.00
24	Sensores de Movimiento	2	S/30.00	S/60.00
25	Pantalla de Hmi Nextion	1	S/350.00	S/350.00
26	Llave Termomagnética	1	S/25.00	S/25.00
27	Pulsador de Parada de Emergencia	1	S/15.00	S/15.00
28	Selector de 2 Posiciones	2	S/10.00	S/20.00
29	Luces de Indicadores Led	8	S/10.00	S/80.00
30	Diseño de Planos de Materiales Fabricados	1	S/150.00	S/150.00
31	Materiales para el Montaje del Panel de control, Mando de control, Plataforma Didáctica.	1	S/350.00	S/350.00
32	Imprevistos	1	S/250.00	S/250.00
			TOTAL:	S/7,540.00

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un prototipo del control de una plataforma didáctica, siendo una propuesta innovadora de poder sustituir los cilindros neumáticos con movimiento lineal y carga limitada de peso por el uso de actuadores de músculos neumáticos, siendo ya utilizados por la empresa FESTO en las industrias en ambientes normales o incluso en ambientes hostiles. Al igual, se logró la programación de los microcontroladores usados de Arduino para el movimiento de los músculos neumáticos, la interfaz de la pantalla táctil Nextion y los otros tipos de componentes utilizados. La recopilación de información y desarrollo durante este proyecto arrojó datos relevantes para mejorar el diseño a futuro.
- Se cumplió con las condiciones del diseño obteniendo una construcción ergonómica tanto para los componentes como para el usuario que pueda utilizarlo, facilitando una adecuada adaptación al prototipo y así se pueda trabajar de una manera eficaz.
- Los componentes están utilizados de tal manera para que mantengan una comunicación activa. Además, se consideró los datos obtenidos del sensor ADXL335 implementado en el mando de control, para la activación de las electroválvulas en el funcionamiento de los músculos neumáticos por medio de comunicación inalámbrica.
- Se logró establecer el dimensionamiento de los músculos neumáticos de la empresa FESTO, a través de, ciertos parámetros introducidos en la misma plataforma de la empresa, siendo estos su diámetro, longitud y conexión. El resultado aplicativo de los músculos neumáticos en el prototipo arrojó límites de trabajo por el desplazamiento en conjunto de ellos, a pesar de ese inconveniente, no fue impedimento para la realización del movimiento de la plataforma didáctica.
- Con la plataforma de desarrollo de arduino se pudo familiarizar el entorno de programación, elaborándose una amplia gama de códigos con el mando de control y panel de control, realizando programas que puedan funcionar de forma adecuada y obtener una comunicación inalámbrica.
- Al finalizar la implementación, para un seguimiento adecuado de cada proceso que realiza el prototipo como el inicio, fin o activación de la parada de emergencia, se logró desarrollar con un adecuado interfaz de fácil uso mediante una pantalla táctil HMI Nextion, el contacto con el prototipo y la persona, permitiendo obtener la información de manera visual.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones sobre el prototipo funcional desarrollado, se recomienda adicionar un recorrido desde la posición final hacia el inicio del laberinto, para que el usuario no interfiera de manera física el cambio de lugar de la esfera y este proceso pueda ser automatizado. De igual manera, poder cambiar los músculos neumáticos por unos de mayor tamaño, para que la inclinación sea útil en el tiempo de funcionamiento.
- El poder utilizar una fuente de alimentación adecuada ayuda a que no se genere caídas de voltaje, puesto que ello ocasione que los componentes utilizados varíen sus datos obtenidos y también algunos de ellos pueden tener una demanda de energía al momento de su uso.
- Se recomienda que al hacer uso de la parte neumática esta trabaje en un rango de 5.5 a 6.5 bar, ya que ese límite prolonga la vida útil de las electroválvulas y los músculos neumáticos y un adecuado control.
- Tener en cuenta la adecuada conexión del microcontrolador con los componentes a utilizar, al igual con la parte de potencia como en el caso de la mala conexión de las mangueras neumáticas y el cable utilizado para la conexión entre el panel de control y la plataforma didáctica, puesto que eso te puede llevar a obtener resultados no deseados.
- Considerar que la mayoría de los pines utilizados en el Arduino Mega son de regulación PWM para un mejor control del proceso.
- Los músculos neumáticos de la marca de FESTO son pedidos a medida y tienen un tiempo prolongado en poder ser adquirirlos físicamente.

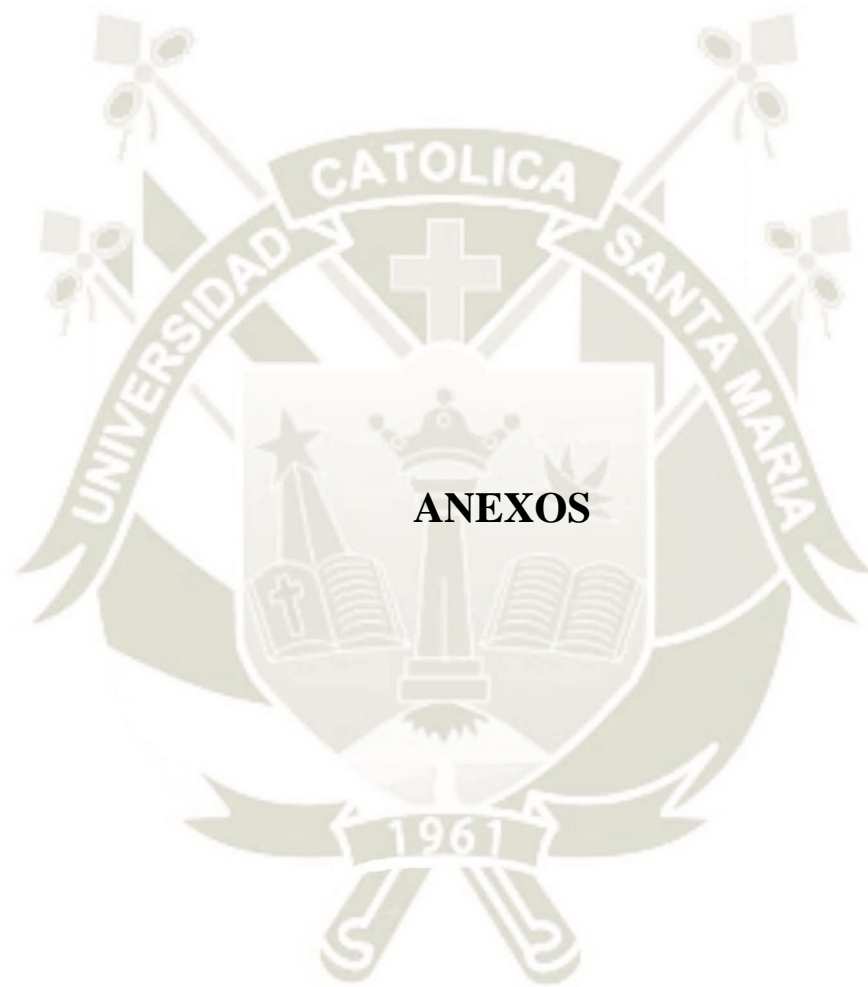
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

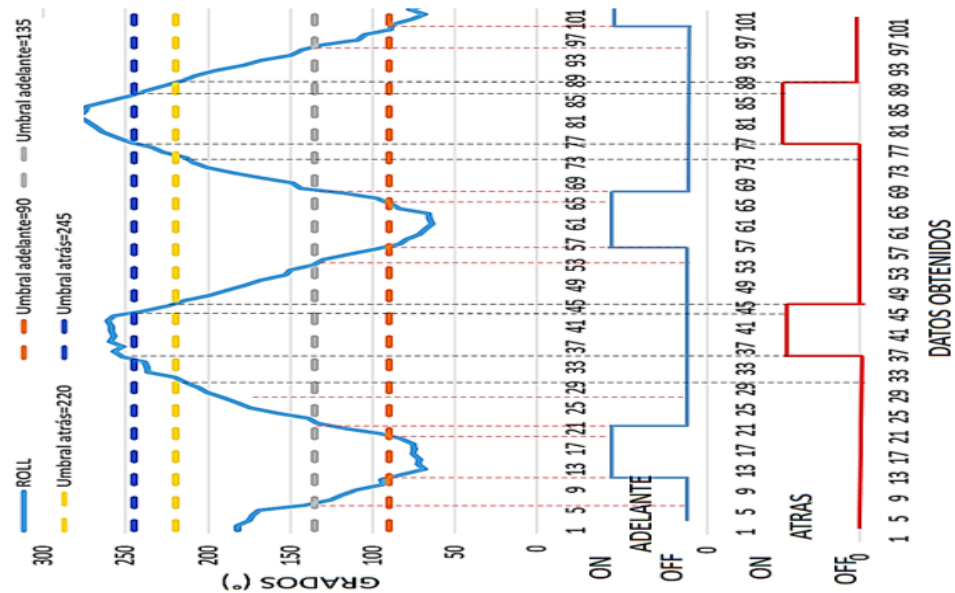
- [1] Acorsaperu. (2020). Datasheet. Obtenido de <https://www.acorsa-peru.com/>
- [2] Admin, C. (2020). Como Controlar un Servomotor. Obtenido de <https://www.electroallweb.com/index.php/2020/01/05/como-controlar-un-servomotor/>
- [3] Aire Valencia, J., & Cornejo Castro, J. C. (2019). Automatización de una planta piloto para el empaque de chocolate mediante LABVIEW. Callao: [Tesis para optar el título profesional de ingeniero electrónico].
- [4] Airtac. (2020). Datasheet Airtac. Obtenido de https://www.google.com/search?q=Airtac&rlz=1C1CHBF_esPE927PE927&oq=Airtac&aqs=chrome..69i57j0i175i199j0i15j0i1012j0.503j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- [5] Alicdn. (2020). Antena de comunicación. Obtenido de <https://sc01.alicdn.com/kf/H4cc07c0a68634b14b78fcf1ad832bb57Y.jpg>
- [6] Assets. (2021). Fuente de alimentación conmutada (modelos 15/25/35/50/75/100/150/200/350-W) S8FS-C. Obtenido de https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/es/v5/t062_s8fs-c_switching_power_supply_datasheet_es.pdf
- [7] Åström, K. J; Hägglund, T. (2004). Revisiting the Ziegler–Nichols step response method for PID control. *Journal of process control*, 14(6), 635-650.
- [8] Beauregard, B. (2011). Improving the Beginner’s PID”. Obtenido de <http://brettbeauregard.com/blog/2011/04/improving-the-beginners-pid-introduction/comment-page-1/>
- [9] Bolton, W. (2001). *Ingeniería de Control*. México: Alfaomega.
- [10] Capuzzi, Y. (2004). Tecnología touch Screen. Obtenido de <http://brettbeauregard.com/blog/2011/04/improving-the-beginners-pid-introduction/comment-page-1/>
- [11] Carbajal, D. (2016). Diseño de un sistema de comunicaciones de tecnología inalámbrica para el control de activos y personas para una mina de tajo abierto. Lima: [tesis para optar el título profesional de ingeniero electrónico] Pontificia Universidad Católica, Perú.
- [12] Carrillo, G., & Silva, A. (2013). Diseño, Implementación y Simulación de un Proceso de Ensamblaje por Prensado Controlado con Músculo Neumático y Monitoreado con Sistema Scada. Ecuador: [Tesis para optar el título profesional de ingeniero en electrónica control y redes industriales] Escuela Superior Politécnica de Chimbaz.
- [13] Chint. (2020). Datasheet Chint. Obtenido de <https://www.chintpowersystems.com/downloads/>

- [14] Cienciasfera. (2020). Elementos de control, mando y regulación. Obtenido de https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema06/1_elementos_de_control_mando_y_regulacin.html
- [15] Course Hero. (2021). Código de maestro. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/70821959/CODIGO-DE-MAESTROdocx/>
- [16] Creus. (2010). instrumentación industrial. México: Alfaomega.
- [17] Creus, A. (2010). Instrumentación Industrial. México: Alfaomega.
- [18] Datasheet. (2020). SOngle relay. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/1132639/SONGLERELAY/SRD-05VDC-SL-C.html>
- [19] Datasheet Nextion. (2021). Nextion Product Datasheets. Obtenido de <https://nextion.tech/datasheets/>
- [20] Dhresource. (2021). Batería de 3.7V. Obtenido de <https://www.dhresource.com/0x0/f2/albu/g9/M00/DB/BF/rBVaVVwKHSuANcyaAAeNfSzg9as264.jpg>
- [21] Dieltron. (2021). Interruptor/pulsador. Obtenido de https://www.dieltron.com/25289-large_default/interruptor-pulsador-redondo-na-12mm-rojo.jpg
- [22] Dorf, R., & Bishop, R. (2005). Sistemas de Control Moderno. Madrid: 10 ed. Pearson Educación S.A.
- [23] Electroschematics. (2021). Módulo Relay de ocho canales. Obtenido de <https://www.electroschematics.com/>
- [24] Evans, B. (2011). Arduino Programming Notebook. España: Edición española. Pearson Educación.
- [25] Farnell. (2021). Datasheet. Obtenido de https://www.newark.com/es/peru?_ga=2.60499823.356181265.1624369359-125358257.1624369359
- [26] Festo. (2000). AnalizaTIC Educación. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=zgdpSqvUJHA&ab_channel=AnalizaTICEducacion
- [27] Festo. (2010). corazón mecánico. Obtenido de <http://corazongeniomecanico.blogspot.com/2010/06/airmotion-ride-simulador-de-automoviles.html>
- [28] Festo. (2017). Músculos neumáticos DMSP/MAS. Alemania: FESTO.
- [29] Festo. (2021). Cilindro de Simple efecto. Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/fluid-power/562/componentes-neumaticos/cilindro-de-simple-efecto.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC4zNTEz>

- [30] Festo, C. (2021). festo didactic. Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/fluid-power/562/componentes-neumaticos/cilindro-de-doble-efecto,un-funcionamiento-suave.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC44NDYx>
- [31] Forouzan, B. (2002). Transmision de datos y redes de comunicaciones. España: The McGraw-Hill.
- [32] Geekbotelectronics. (2021). Interruptor de dos posiciones. Obtenido de <http://www.geekbotelectronics.com/wp-content/uploads/2014/09/switch-de-balancin-10A-negro.jpg>
- [33] Hannifin, P. (2003). Tecnología Neumática Industrial.
- [34] Juárez, H. (2012). Diseño e implementación de un sistema de parada de emergencia inalámbrico para robots móviles. Universidad Carlos III de Madrid, España.
- [35] KG, F. A. (2003). El músculo neumático y sus aplicaciones. hesse.
- [36] KG, F. A. (2009). Brazo robótico con músculos neumáticos. Obtenido de <https://festo.com/group/es/cms/10247.htm>
- [37] Kuo, B. (1996). Sistemas de Control Automático. México: Prentice Hall-Inc.
- [38] Imani. (2002). El músculo neumático. Industrial Data, 5(1), 34 - 43.
- [39] Motedis. (2020). Throttle valve exhaust air, push-in fitting 8mm, G1/4". Obtenido de https://www.motedis.es/shop/print_product_info.php?products_id=99999179
- [40] Naylamp Mechatronics SAC. (2021). MEGA 2560 R3. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/arduino-tarjetas/9-arduino-mega-2560.html>
- [41] Ogata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna. España: Pearson Education.
- [42] Olivares Garcés, D. (2018). Estudio e implementación de algoritmos para la estimación de la posición mediante sistemas inerciales con Arduino. Valencia: [[tesis para optar el título profesional de ingeniero de tecnologías y servicios de telecomunicación.
- [43] Pallás, R. (2003). Sensores y Acondicionadores de Señal. España: Marcombo.
- [44] Paucar Tenorio, J. A., & Quinllay Ramos, G. L. (2014). Diseño, dimensionamiento e implementación de una estación didáctica de presionado con músculo neumático. Riobamba – Ecuador: [tesis para optar el título profesional de ingeniero en electrónica control y redes industriales].

- [45] Pboard. (2021). Diodo emisor de luz. Obtenido de https://www.pcboard.ca/image/cache/catalog/products/leds/10mm_leds/10mm-color-cycling-led-800x800.jpg
- [46] Proyecto arduino. (2021). Microcontrolador arduino nano. Obtenido de <https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>
- [47] Scott Viger. (2021). Analog output accelerometer module ADXL345. Obtenido de https://jcinfotr.com/?product_id=1938&route=product%2Fproduct
- [48] Serrano, A. (2009). Neumática Práctica. España: Paraninfo.
- [49] SolidWorks Corp. (2021). Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. Obtenido de <https://www.solidworks.com/>
- [50] Stronger. (2020). Datasheet Stronger. Obtenido de <https://strongerelectric.com/catalogos/>
- [51] Topón, J. (2017). Diseño e implementación de un prototipo para un sistema electrónico temporizado en puertas y ventanas, empleando módulos arduino, para el restaurante "EL PAILON DE MUSHUÑAN. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador: [Tesis para optar el título profesional de tecnólogo en electrónica y telecomunicaciones].
- [52] Tower pro. (2021). Datasheet. Obtenido de <https://www.towerpro.com.tw/>
- [53] Zhimnaycela Reino, C., & Camposano, F. (2013). implementación de un sistema de aire comprimido para un taller de mecánica automotriz. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- [54] Módulo RF 433 de MHz. (2018). obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/32_comunicacion-inalambrica-con-modulos-de-rf-de-433mhz.html
- [55] Módulo acelerómetro ADXL335. (2013). obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/acelerometros-gyros/modulo-acelerometro-adxl335-tarjetas-sensores-aceler%C3%B3metros-3-ejes-3-grados-3dof-3-dof-imu-adxl335-detail>
- [56] Final de Carrera. (2011). obtenido de <https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=354253011&cPath=1160>

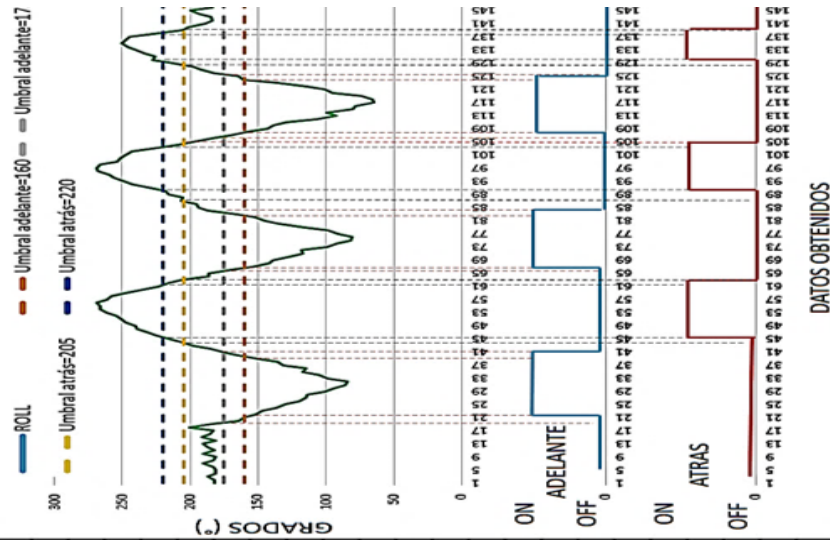




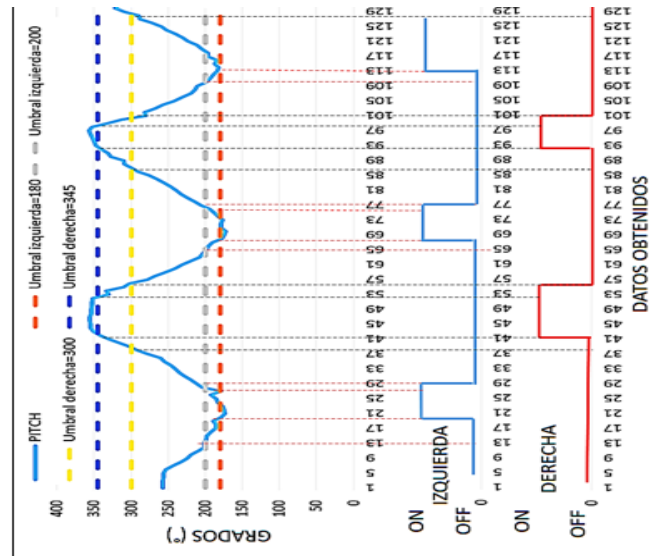
DATOS	ROLL	Umbral adelante =90	Umbral adelante =135	Umbral adelante =90	DATOS	ROLL	Umbral adelante =90	Umbral adelante =135	Umbral atrás =220	Umbral atrás =245	Umbral atrás =220	Umbral atrás =245
1	162	90	135	220	245	34	238.85	90	135	220	245	245
2	182	90	135	220	245	35	252.23	90	135	220	245	245
3	175	90	135	220	245	36	258.97	90	135	220	245	245
4	173	90	135	220	245	37	251.83	90	135	220	245	245
5	169	90	135	220	245	38	259.92	90	135	220	245	245
6	141	90	135	220	245	39	257.35	90	135	220	245	245
7	125	90	135	220	245	40	258.77	90	135	220	245	245
8	118	90	135	220	245	41	258.63	90	135	220	245	245
9	110	90	135	220	245	42	260.81	90	135	220	245	245
10	93.3	90	135	220	245	43	258.97	90	135	220	245	245
11	94.5	90	135	220	245	44	238.86	90	135	220	245	245
12	82.4	90	135	220	245	45	223.7	90	135	220	245	245
13	68.5	90	135	220	245	46	214.59	90	135	220	245	245
14	72.1	90	135	220	245	47	199.62	90	135	220	245	245
15	71.5	90	135	220	245	48	188.01	90	135	220	245	245
16	75.1	90	135	220	245	49	177.77	90	135	220	245	245
17	74.4	90	135	220	245	50	167.84	90	135	220	245	245
18	75.5	90	135	220	245	51	153.18	90	135	220	245	245
19	83.2	90	135	220	245	52	148.84	90	135	220	245	245
20	95	90	135	220	245	53	136.17	90	135	220	245	245
21	116	90	135	220	245	54	123.72	90	135	220	245	245
22	134	90	135	220	245	55	115.35	90	135	220	245	245
23	139	90	135	220	245	56	99.48	90	135	220	245	245
24	158	90	135	220	245	57	83.37	90	135	220	245	245
25	174	90	135	220	245	58	78.77	90	135	220	245	245
26	182	90	135	220	245	59	71.14	90	135	220	245	245
27	191	90	135	220	245	60	67.74	90	135	220	245	245
28	201	90	135	220	245	61	64.06	90	135	220	245	245
29	206	90	135	220	245	62	65.69	90	135	220	245	245
30	214	90	135	220	245	63	66.32	90	135	220	245	245
31	220	90	135	220	245	64	83.41	90	135	220	245	245
32	237	90	135	220	245	65	89.2	90	135	220	245	245
33	237	90	135	220	245	66	97.52	90	135	220	245	245

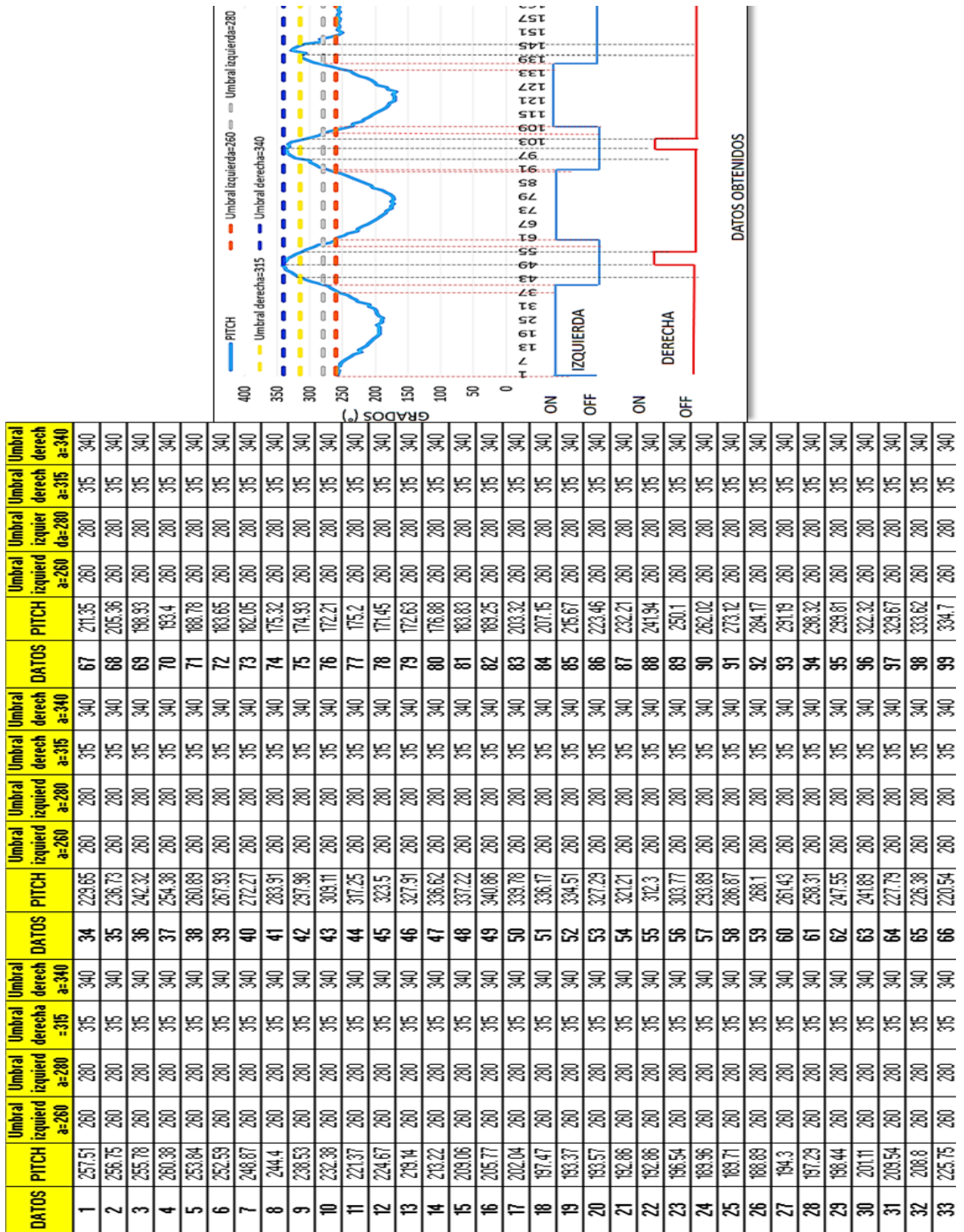
DATOS OBTENIDOS

DATOS	ROLL	Umbral adelant e=160	Umbral adelant e=175	Umbral atrás=20	Umbral atrás=5	Umbral atrás=22	DATOS	ROLL	Umbral adelant e=160	Umbral adelant e=175	Umbral atrás=20	Umbral atrás=5	Umbral atrás=22	DATOS	ROLL	Umbral adelant e=160	Umbral adelant e=175	Umbral atrás=20	Umbral atrás=5	Umbral atrás=22
1	182.11	160	175	205	220	220	34	105.71	160	175	205	220	220	67	154.23	160	175	205	220	220
2	182.11	160	175	205	220	220	35	117.41	160	175	205	220	220	68	142.03	160	175	205	220	220
3	187.42	160	175	205	220	220	36	114.67	160	175	205	220	220	69	133.34	160	175	205	220	220
4	181.01	160	175	205	220	220	37	131.21	160	175	205	220	220	70	128.77	160	175	205	220	220
5	180.92	160	175	205	220	220	38	135.34	160	175	205	220	220	71	116.93	160	175	205	220	220
6	183.24	160	175	205	220	220	39	150.24	160	175	205	220	220	72	117.98	160	175	205	220	220
7	180.51	160	175	205	220	220	40	165.32	160	175	205	220	220	73	99.47	160	175	205	220	220
8	183.31	160	175	205	220	220	41	175.46	160	175	205	220	220	74	92.01	160	175	205	220	220
9	181.14	160	175	205	220	220	42	185.57	160	175	205	220	220	75	82.03	160	175	205	220	220
10	180.94	160	175	205	220	220	43	197.72	160	175	205	220	220	76	80.96	160	175	205	220	220
11	182.11	160	175	205	220	220	44	206.91	160	175	205	220	220	77	91.37	160	175	205	220	220
12	187.42	160	175	205	220	220	45	215.32	160	175	205	220	220	78	86.69	160	175	205	220	220
13	190.7	160	175	205	220	220	46	225.46	160	175	205	220	220	79	116.41	160	175	205	220	220
14	181.18	160	175	205	220	220	47	230.66	160	175	205	220	220	80	134.55	160	175	205	220	220
15	181.53	160	175	205	220	220	48	239.25	160	175	205	220	220	81	145.38	160	175	205	220	220
16	185.85	160	175	205	220	220	49	240.07	160	175	205	220	220	82	152.63	160	175	205	220	220
17	183.24	160	175	205	220	220	50	248	160	175	205	220	220	83	166.13	160	175	205	220	220
18	200.71	160	175	205	220	220	51	250.2	160	175	205	220	220	84	187.29	160	175	205	220	220
19	184.14	160	175	205	220	220	52	254.87	160	175	205	220	220	85	194.03	160	175	205	220	220
20	184.62	160	175	205	220	220	53	261.66	160	175	205	220	220	86	195.79	160	175	205	220	220
21	159.77	160	175	205	220	220	54	266.17	160	175	205	220	220	87	206.9	160	175	205	220	220
22	151.46	160	175	205	220	220	55	266.26	160	175	205	220	220	88	205.74	160	175	205	220	220
23	146.92	160	175	205	220	220	56	268.56	160	175	205	220	220	89	215.42	160	175	205	220	220
24	136.32	160	175	205	220	220	57	261.16	160	175	205	220	220	90	218.44	160	175	205	220	220
25	129.52	160	175	205	220	220	58	258.27	160	175	205	220	220	91	229.33	160	175	205	220	220
26	118.55	160	175	205	220	220	59	247.59	160	175	205	220	220	92	242.88	160	175	205	220	220
27	114.67	160	175	205	220	220	60	234.76	160	175	205	220	220	93	248.98	160	175	205	220	220
28	113.62	160	175	205	220	220	61	223.17	160	175	205	220	220	94	255.34	160	175	205	220	220
29	101.48	160	175	205	220	220	62	215.53	160	175	205	220	220	95	259.49	160	175	205	220	220
30	93.81	160	175	205	220	220	63	206.96	160	175	205	220	220	96	268.31	160	175	205	220	220
31	86.02	160	175	205	220	220	64	186.5	160	175	205	220	220	97	269.02	160	175	205	220	220
32	84.57	160	175	205	220	220	65	186.5	160	175	205	220	220	98	266.85	160	175	205	220	220
33	96.61	160	175	205	220	220	66	183.27	160	175	205	220	220	99	253.58	160	175	205	220	220

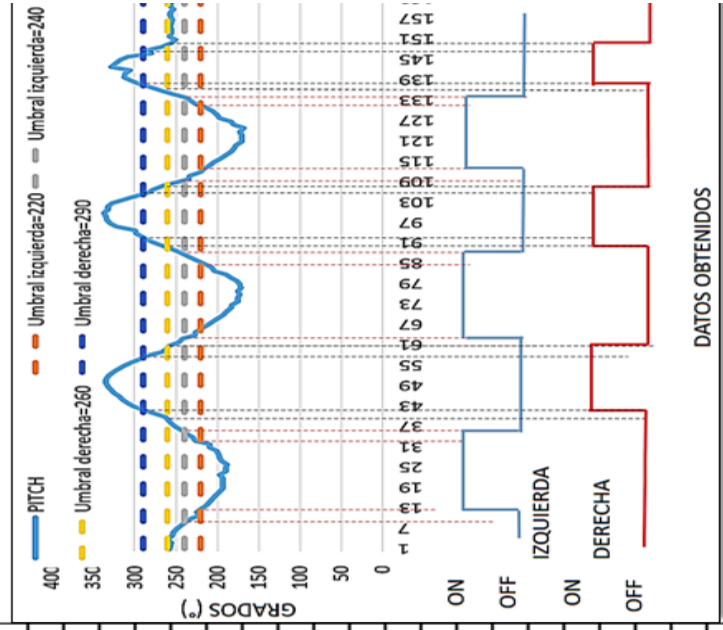


DATOS	PITCH	Umbral izquierdo da=180	Umbral izquierdo da=200	Umbral derecho a=300	Umbral derecho a=345	DATOS	PITCH	Umbral izquierda =180	Umbral izquierda =200	Umbral derecha=300	Umbral derecha=345	DATOS	PITCH	Umbral izquierda =180	Umbral izquierda =200	Umbral derecha=300	Umbral derecha=345
1	256.97	180	200	300	345	34	246.32	180	200	300	345	67	190.8	180	200	300	345
2	256.75	180	200	300	345	35	255.26	180	200	300	345	68	177.5	180	200	300	345
3	257.28	180	200	300	345	36	260.71	180	200	300	345	69	174.3	180	200	300	345
4	256.44	180	200	300	345	37	277.87	180	200	300	345	70	172.9	180	200	300	345
5	256.01	180	200	300	345	38	291.83	180	200	300	345	71	179	180	200	300	345
6	252.49	180	200	300	345	39	302.77	180	200	300	345	72	178.9	180	200	300	345
7	243.55	180	200	300	345	40	316.38	180	200	300	345	73	176.2	180	200	300	345
8	232.21	180	200	300	345	41	330.5	180	200	300	345	74	182.4	180	200	300	345
9	224.57	180	200	300	345	42	342.31	180	200	300	345	75	188.1	180	200	300	345
10	218.87	180	200	300	345	43	350.76	180	200	300	345	76	194.3	180	200	300	345
11	209.37	180	200	300	345	44	354.61	180	200	300	345	77	206.5	180	200	300	345
12	201.13	180	200	300	345	45	355.1	180	200	300	345	78	214.4	180	200	300	345
13	202.04	180	200	300	345	46	355.2	180	200	300	345	79	224	180	200	300	345
14	199.26	180	200	300	345	47	355.3	180	200	300	345	80	232.4	180	200	300	345
15	198.06	180	200	300	345	48	353.5	180	200	300	345	81	238.7	180	200	300	345
16	192.14	180	200	300	345	49	353.1	180	200	300	345	82	246.9	180	200	300	345
17	185.94	180	200	300	345	50	352.4	180	200	300	345	83	254.5	180	200	300	345
18	184.67	180	200	300	345	51	352	180	200	300	345	84	265.5	180	200	300	345
19	189.25	180	200	300	345	52	351.7	180	200	300	345	85	275.9	180	200	300	345
20	178.16	180	200	300	345	53	330.95	180	200	300	345	86	291	180	200	300	345
21	173.3	180	200	300	345	54	333.1	180	200	300	345	87	298.4	180	200	300	345
22	174.13	180	200	300	345	55	310.58	180	200	300	345	88	308.6	180	200	300	345
23	176.76	180	200	300	345	56	301.67	180	200	300	345	89	310.3	180	200	300	345
24	182.87	180	200	300	345	57	278.65	180	200	300	345	90	326.6	180	200	300	345
25	184.6	180	200	300	345	58	267.77	180	200	300	345	91	331.6	180	200	300	345
26	192.7	180	200	300	345	59	253.72	180	200	300	345	92	340.3	180	200	300	345
27	178.49	180	200	300	345	60	240.98	180	200	300	345	93	346.8	180	200	300	345
28	204.63	180	200	300	345	61	230.14	180	200	300	345	94	349.5	180	200	300	345
29	211.04	180	200	300	345	62	218.47	180	200	300	345	95	351.9	180	200	300	345
30	218.14	180	200	300	345	63	207.41	180	200	300	345	96	354.2	180	200	300	345
31	227.79	180	200	300	345	64	202.93	180	200	300	345	97	357.2	180	200	300	345
32	235.15	180	200	300	345	65	188.89	180	200	300	345	98	352.4	180	200	300	345
33	240.27	180	200	300	345	66	195.57	180	200	300	345	99	331	180	200	300	345





DATOS	PITCH	Umbral izquierdo da=220	Umbral izquierdo derech	DATOS	PITCH	Umbral izquierdo da=220	Umbral izquierdo derech a=260	Umbral izquierdo da=240	Umbral izquierdo derech a=290	DATOS	PITCH	Umbral izquierdo da=220	Umbral izquierdo derech a=260	Umbral izquierdo da=240	Umbral izquierdo derech a=290		
1	257.51	220	240	260	290	34	229.65	220	240	260	290	67	211.35	220	240	260	290
2	256.75	220	240	260	290	35	236.73	220	240	260	290	68	205.36	220	240	260	290
3	255.78	220	240	260	290	36	242.32	220	240	260	290	69	198.93	220	240	260	290
4	260.38	220	240	260	290	37	249.38	220	240	260	290	70	183.4	220	240	260	290
5	253.84	220	240	260	290	38	255.88	220	240	260	290	71	188.78	220	240	260	290
6	252.59	220	240	260	290	39	258.93	220	240	260	290	72	183.65	220	240	260	290
7	248.87	220	240	260	290	40	263.27	220	240	260	290	73	182.05	220	240	260	290
8	244.4	220	240	260	290	41	274.91	220	240	260	290	74	175.32	220	240	260	290
9	238.53	220	240	260	290	42	289.98	220	240	260	290	75	174.93	220	240	260	290
10	232.38	220	240	260	290	43	300.11	220	240	260	290	76	172.21	220	240	260	290
11	221.37	220	240	260	290	44	308.25	220	240	260	290	77	175.2	220	240	260	290
12	224.67	220	240	260	290	45	314.5	220	240	260	290	78	171.45	220	240	260	290
13	218.14	220	240	260	290	46	318.91	220	240	260	290	79	172.63	220	240	260	290
14	213.22	220	240	260	290	47	324.62	220	240	260	290	80	176.88	220	240	260	290
15	209.06	220	240	260	290	48	328.22	220	240	260	290	81	183.83	220	240	260	290
16	205.77	220	240	260	290	49	331.86	220	240	260	290	82	189.25	220	240	260	290
17	202.04	220	240	260	290	50	334.78	220	240	260	290	83	203.32	220	240	260	290
18	197.47	220	240	260	290	51	334.17	220	240	260	290	84	207.15	220	240	260	290
19	193.37	220	240	260	290	52	332.51	220	240	260	290	85	215.67	220	240	260	290
20	193.57	220	240	260	290	53	327.29	220	240	260	290	86	223.46	220	240	260	290
21	192.88	220	240	260	290	54	321.21	220	240	260	290	87	232.21	220	240	260	290
22	192.88	220	240	260	290	55	312.3	220	240	260	290	88	241.94	220	240	260	290
23	196.54	220	240	260	290	56	303.77	220	240	260	290	89	250.1	220	240	260	290
24	189.96	220	240	260	290	57	293.89	220	240	260	290	90	262.02	220	240	260	290
25	188.71	220	240	260	290	58	286.87	220	240	260	290	91	273.12	220	240	260	290
26	188.89	220	240	260	290	59	288.1	220	240	260	290	92	284.17	220	240	260	290
27	194.3	220	240	260	290	60	261.43	220	240	260	290	93	291.19	220	240	260	290
28	197.29	220	240	260	290	61	258.31	220	240	260	290	94	298.32	220	240	260	290
29	198.44	220	240	260	290	62	247.55	220	240	260	290	95	299.81	220	240	260	290
30	201.11	220	240	260	290	63	241.89	220	240	260	290	96	322.32	220	240	260	290
31	209.54	220	240	260	290	64	227.79	220	240	260	290	97	329.67	220	240	260	290
32	208.8	220	240	260	290	65	226.38	220	240	260	290	98	333.62	220	240	260	290
33	225.75	220	240	260	290	66	220.94	220	240	260	290	99	334.7	220	240	260	290



DATOS OBTENIDOS

ANEXO 2: DATASHEET DE MÚSCULO NEUMÁTICO

Característica	Valor
Tamaño	10
Ampliación del diámetro con contracción máxima	24 mm
Carrera	0 ... 2.250 mm
Contracción máxima	25 % de la longitud nominal
Estiramiento previo máximo	3 % de la longitud nominal
Longitud nominal	40 ... 9.000 mm
Precisión de repetición	≤ 1 % de la longitud nominal, cíclico
Tolerancia al paralelismo permitida	≤ 2 mm a partir de 400 mm de longitud nominal de $\pm 0,5$ % hasta 400 mm de longitud nominal
Tolerancia angular permitida	≤ 1 deg
Posición de montaje	indistinto
Construcción	Membrana de contracción
Presión de funcionamiento	0 ... 8 bar
Modo de funcionamiento	de simple efecto de tracción
Homologación	TUV
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2 - riesgo de corrosión moderado
Temperatura ambiente	-5 ... 60 °C
Carga máxima cuando cuelga	30 kg
Fuerza teórica del músculo neumático al aplicar la presión de funcionamiento máxima	630 N
Fuerza teórica con 6 bar	480 N
Peso adicional por 1m de longitud	94 g
Conexión neumática	G1/8
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE contiene sustancias perjudiciales para la pintura Conforme con RoHS
Material de la brida	Aleación forjable de aluminio Anodizado incoloro
Material del manguito	Aleación forjable de aluminio Anodizado incoloro
Material de la membrana	AR CR
Material de las tuercas	Acero cincado

ANEXO 3: DATASHEET DE ELECTROVÁLVULA 3/2

Model	3V210-06	3V220-06	3V210-08	3V220-08
Fluid	Air (to be filtered by 40 μ filter element)			
Acting	Innernally piloted			
Port size	In=Out=1/8"		In=Out=1/4"	
Valve type	3 port 2 position			
Temperature	-5~60°C (23~140°F)			
Orifice size	14mm ² (Cv=0.78)		16mm ² (Cv=0.89)	
Lubrication	Not required			
Operating pressure	1.5~8.0 bar (0.15~0.8MPa)(21~114Psi)			
Proof pressure	12.0 bar (1.2MPa)(170Psi)			
Power consumption	AC220V: 2.0VA、AC110V: 2.5VA AC24V:3.5VA、DC24V: 3.0W、DC12V:2.5W			
Protection	IP65 (DIN40050)			
Connection	DIN Terminal			
Material of body	Aluminum alloy			
Max.frequency	5 cycle/sec			
Insulation	F class			
Voltage range	-15%~+10%			
Min. activate time	0.05 sec			

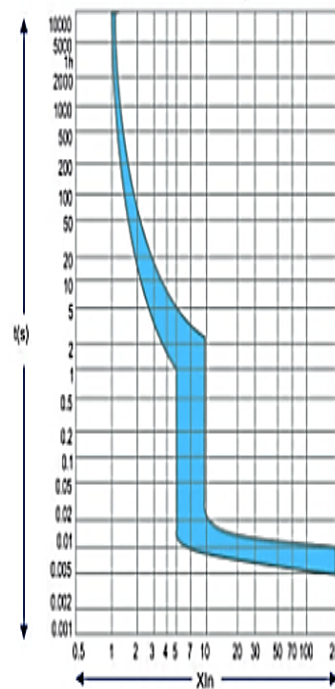
ANEXO 4: DATASHEET DE LLAVE TERMOMAGNÉTICA

FICHA TÉCNICA

Código	ALF6K
Número de polos	1, 2 y 3 polos
Grado de protección	IP 20
Tensión nominal	220 / 400VAC

Capacidad de ruptura	6K
Amperaje	10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A
Instalación	Montable en riel DIN 35mm
Cantidad por caja	1 polo 180und
	2 polos 60und
	3 polos 30und

Código
ALF6K C 63
 modelo | ruptura | tipo de curva | amperaje



Ruptura: 6K

CURVA C

ANEXO 5: DATASHEET DE PULSADOR TIPO HONGO

NP2 - Auxiliares de mando diam.22mmø

CHINT



1. Información general

Tensión nominal: 50/60Hz, 400Vca/220Vcc
Grado de protección: IP40

Auxiliares de mando y señalización

Auxiliares de mando

2. Condiciones de trabajo y montaje

2.1 Temperatura ambiente: $-5^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$, la temperatura media en 24 horas no debe superar los $+35^{\circ}\text{C}$.

2.2 Altitud: $\leq 2000\text{m}$.

2.3 Condiciones atmosféricas: La humedad relativa no debe superar el 50% si la temperatura máxima es de $+40^{\circ}\text{C}$, una humedad relativa superior

es permisible bajo temperaturas inferiores, pudiendo ser del 90% a $+20^{\circ}\text{C}$, por ejemplo.

En casos de condensación como consecuencia de cambios de temperatura, se deben tomar medidas especiales.

2.4 Grado de contaminación: 3

2.5 Categoría de sobretensión: II

ANEXO 6: DATASHEET DE INDICADORES DE LUZ

Pushbuttons & Indicator Lights
CHINT Indicator Light



ND16 Indicator Light

1. General information

Degree of protection: IP65;
Standard: IEC/EN60947-5-1

2. Working & mounting conditions

2.1 Ambient temperature is -5°C~+40°C,
the average temperature during 24 hours
couldn't exceed +35°C.

2.2 Altitude: ≤2000m.

2.3 Atmosphere condition:

Relative humidity of the atmosphere
couldn't exceed 50%
when the highest temperature is +40°C;
much higher relative humidity is allowable
under the condition of lower temperature,
for example, when the temperature reaches +20°C,
the relative humidity is up to 90%. As for dews,
which contingently appear due to
change of temperature, special steps should be taken.

2.4 Pollution degree: 3

2.5 Overvoltage category: III

3. Technical data

Basic parameters

Rated operational voltage Ue (V)		Rated operational current (mA)	Service life (h)	Brightness (cd/m ²)	Basic color
AC	AC/DC				
400	400	Ie≤20	≥30000	≥60	
230	230				
110	110				
-	48				
-	24				
-	12				
-	36				
-	6				

ANEXO 7: DATASHEET DE SELECTOR DE 2 VIAS

CHINT

NP2 Series Pilot Device

1. General information

Electric ratings: AC50/60Hz, AC380V/DC220V;
Degree of protection: IP40
Standard: IEC/EN60947-5-1

2. Working & mounting conditions

- 2.1 Ambient temperature is $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$, the average temperature during 24 hours couldn't exceed $+35^{\circ}\text{C}$.
- 2.2 Altitude: $\leq 2000\text{m}$.
- 2.3 Atmosphere condition: Relative humidity of the atmosphere couldn't exceed 50% when the highest temperature is $+40^{\circ}\text{C}$; much higher relative humidity is allowable under the condition of lower temperature, for example, when the temperature reaches $+20^{\circ}\text{C}$, the relative humidity is up to 90%.
As for dews, which contingently appear due to change of temperature, special steps should be taken.
- 2.4 Pollution degree: 3
- 2.5 Overvoltage category: II

3. Technical data

- 3.1 Rated insulation voltage U_i : 415V
- 3.2 Conventional thermal current I_{th} : 10A

Rated operational voltage U_e (V)	Rated operational current I_e (A)	
	AC-15	DC-13
415	1.9	-
240	3	0.27
125	-	0.55

3.3 Durability

Electric life: Flush-headed and mushroom-headed type:
 $AC 5 \times 10^5$ operation circles, $DC 2 \times 10^5$ operation circles;
other type: 1×10^5 operation circles;
Mechanical life: flush-headed and mushroom-headed type:
1 million operation circles, button with light:
 3×10^5 operation circles;
other type: 1×10^5 operation circles.

ANEXO 8: DATASHEET DE PANTALLA NEXTION

Specifications

	Data	Description
Color	64K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	181(L)*108(W)*7.3(H)	NX8048T070_011N
	181(L)*108(W)*9(H)	NX8048T070_011R
Active Area (A.A.)	164.9mm(L)*100mm(W)	
Visual Area (V.A.)	154.08mm(L)*85.92mm(W)	
Resolution	800*480 pixel	Also can be set as 480*800
Touch type	Resistive	
Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	250nit (NX8048T070_011N)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
	230 nit (NX8048T070_011R)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	216g (NX8048T070_011N)	
	268g (NX8048T070_011R)	

Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	7	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	510	-	mA
	SLEEP Mode	-	15	-	mA
Power supply recommend: 5V, 2A, DC					

ANEXO 9: DATASHEET DE ARDUINO MEGA 2560

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

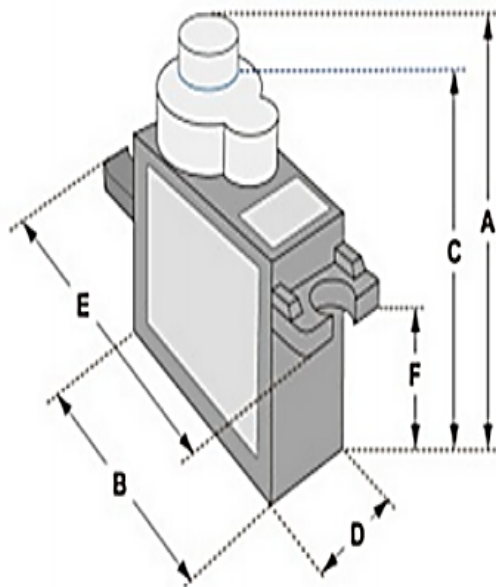
External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

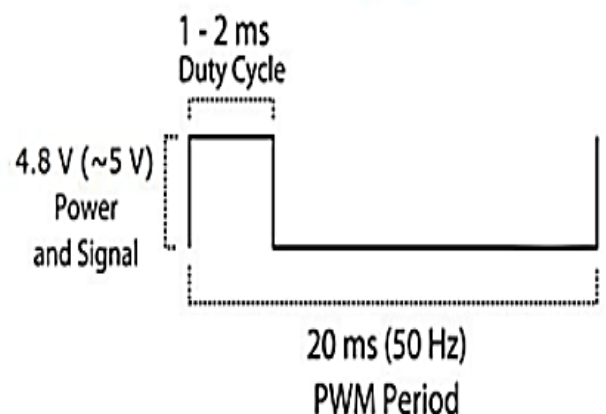
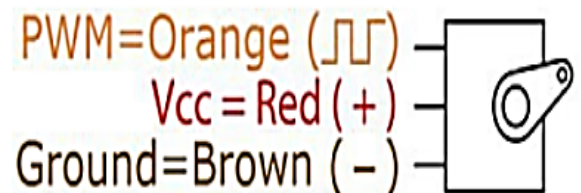
ANEXO 10: DATASHEET DE MICRO SERVO SG90

Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.



Dimensions & Specifications
A (mm) : 32
B (mm) : 23
C (mm) : 28.5
D (mm) : 12
E (mm) : 32
F (mm) : 19.5
Speed (sec) : 0.1
Torque (kg-cm) : 2.5
Weight (g) : 14.7
Voltage : 4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.



ANEXO 11: DATASHEET DE FINAL DE CARRERA



- Enclosed switch complying with IP 6K7
- Silicon-free version available
- Models available for operating temperatures up to 120°C
- Rated for currents up to 10 amp at 250VAC
- Range of auxiliary actuators available (can also be retrofitted)
- Various contact materials available, depending on application
- Mechanical life: min. 1 x 10⁶ operations
- Wide variety of connection options

Specifications

Electrical

Temperature Rating: -40° to +85°C / +120°C (without wire leads)
-40° to +85C / +105°C (with wire leads)

Flammability Rating: UL94V-0 (PET, PBT)
UL94HB (POM)

Materials

Case: PET / PBT

Actuator: POM (T85), PBT (T120)

Auxiliary Actuator: Stainless Steel or Plastic

Terminals: Silver-Plated Copper-Zinc

Contacts: Silver Alloy (DC3 — Gold Crosspoint)

PBT = Polybutyleneterephthalate • PET = Polyethyleneterephthalate • POM = Polyacetal

ANEXO 12: DATASHEET DE OCTOACOPLADOR RELAY

MODULE RELAY 8 CANALES OPTOACOPLADO

Traducido por Rambal Ltda.



Especificaciones:

Optoacoplado, totalmente aislado.

Soporte de control de 10A 30V DC y 10A 250V AC.

Tarjeta de interfaz de relé de 5 V 8-Channel.

Disparador de nivel BAJO, equipado con indicador fácil de reconocer el estado de trabajo.

Cada relé tiene puertos NO y NC, es más fácil de conectar y controlar los dispositivos conectados.

Selección de material plástico para alta temperatura y mejor rendimiento de la solución química.

Tamaño de la PCB: 5.7 x 13.8 cm.

Sistema extra de protección:

Con jumper en la posición JD-Vcc / Vcc: La bobina del relé es excitado con la misma fuente de poder que es alimentado el modulo.

Sin jumper: Se requiere alimentar independientemente la bobina del relé en los pines VCC Y GND, con esto se asegura una máxima protección en posibles cortocircuitos.

Importante: No conectar el Jumper entre VCC y GND.

NOTA: Este producto es optoacoplado. Por lo tanto, posee alta inmunidad electrónica.

ANEXO 13: DATASHEET DE FUENTE DE PODER

Elemento	Potencia nominal Tensión de salida	25 W				
		5 V	12 V	15 V	24 V	
Eficiencia *	Entrada de 115 Vc.a.	80% típ.	84% típ.	85% típ.	86% típ.	
	Entrada de 230 Vc.a.	82% típ.	86% típ.	88% típ.	88% típ.	
Entrada	Rango de tensión *	Monofásico de 85 a 264 Vc.a., de 120 a 370 Vc.c. (el terminal L para la entrada de c.c. es el lado positivo y no se aplican los estándares de seguridad). (Se requiere reducción del factor de carga conforme a la tensión de entrada. Consulte <i>Curvas de carga vs temperatura</i> en página 18).				
	Frecuencia *	50/60 Hz (47 a 450 Hz)				
	Corriente *	Entrada de 115 Vc.a.	0,49 A típ.			
		Entrada de 230 Vc.a.	0,3 A típ.			
	Factor de potencia	---				
	Corriente de fuga	Entrada de 115 Vc.a.	0,10 mA	0,10 mA	0,10 mA	0,10 mA
		Entrada de 230 Vc.a.	0,20 mA	0,20 mA	0,20 mA	0,20 mA
Corriente de irrupción * (para arranque en frío a 25°)	Entrada de 115 Vc.a.	16 A típ.				
	Entrada de 230 Vc.a.	32 A típ.				
Salida	Corriente nominal de salida	5 A	2,1 A	1,7 A	1,1 A	
	Rango de ajuste de tensión *	-10% a 10% (con V. ADJ)				
	Tensión de rizado y ruido *	Entrada de 100 a 240 Vc.a.	20 mVp-p máx.	20 mVp-p máx.	30 mVp-p máx.	40 mVp-p máx.
		Influencia de la variación de entrada *	0,5% máx.			
	Influencia de la variación de carga *	1,0% máx.				
	Influencia de la variación de temperatura	Entrada de 100 a 240 Vc.a.	0,03%/°C máx.			
		Tiempo de arranque *	Entrada de 115 Vc.a.	390 ms típ.	340 ms típ.	400 ms típ.
	Entrada de 230 Vc.a.		360 ms típ.	350 ms típ.	400 ms típ.	360 ms típ.
Tiempo de retardo a la desconexión *	Entrada de 115 Vc.a.	17 ms típ.	22 ms típ.	23 ms típ.	21 ms típ.	
	Entrada de 230 Vc.a.	103 ms típ.	113 ms típ.	117 ms típ.	112 ms típ.	
Funciones adicionales	Protección contra sobrecarga	Sí, reset automático				
	Protección de sobretensión *	Sí, 115% o más de la tensión de salida nominal, desconexión de la alimentación (desconexión de la tensión de entrada y reconexión de la entrada)				
	Protección contra sobrecalentamiento	No				
	Operación en serie	Sí (para hasta 2 fuentes de alimentación, se necesitan diodos externos).				
	Operación en paralelo	No (sin embargo, el funcionamiento auxiliar es posible, se necesitan diodos externos).				
	Detección remota	No				
	Control remoto	No				
Indicador de salida	Sí (LED: verde)					

ANEXO 14: DATASHEET DE ARDUINO NANO

MB0016: OEM ARDUINO NANO V3.0



Especificaciones

Microcontrolador: ATmega328.

Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V.

Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V.

Tensión de Entrada (límites): 6-20 V.

Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM).

Entradas Analógicas: 8.

Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA.

Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader.

SRAM: 2 KB (ATmega328).

EEPROM: 1 KB (ATmega328).

Frecuencia de reloj: 16 MHz.

Dimensiones: 18.5mm x 43.2mm

ANEXO 15: DATASHEET DE SENSOR ACELERÓMETRO ADXL335

Preliminary Technical Data

ADXL335

FEATURES

- 3-axis sensing
- Small, low-profile package
 - 4 mm × 4 mm × 1.45 mm LFCSP
- Low power - 350 μA (typical)
- Single-supply operation
 - 1.8 V to 3.6 V
- 10,000 g shock survival
- Excellent temperature stability
- BW adjustment with a single capacitor per axis
- RoHS/WEEE lead-free compliant

APPLICATIONS

- Cost-sensitive, low power, motion- and tilt-sensing applications
 - Mobile devices
 - Gaming systems
 - Disk drive protection
 - Image stabilization
 - Sports and health devices

GENERAL DESCRIPTION

The ADXL335 is a small, thin, low power, complete 3-axis accelerometer with signal conditioned voltage outputs. The product measures acceleration with a minimum full-scale range of ±3 g. It can measure the static acceleration of gravity in tilt-sensing applications, as well as dynamic acceleration resulting from motion, shock, or vibration.

The user selects the bandwidth of the accelerometer using the C_x , C_y , and C_z capacitors at the X_{OUT} , Y_{OUT} , and Z_{OUT} pins. Bandwidths can be selected to suit the application, with a range of 0.5 Hz to 1600 Hz for X and Y axes, and a range of 0.5 Hz to 550 Hz for the Z axis.

The ADXL335 is available in a small, low profile, 4 mm × 4 mm × 1.45 mm, 16-lead, plastic lead frame chip scale package (LFCSP_LQ).

ANEXO 16: DATASHEET DE RADIO FRECUENCIA

General Description:

The ST-RX02-ASK is an ASK Hybrid receiver module.

A effective low cost solution for using at 315/433.92 MHZ.

The circuit shape of ST-RX02-ASK is L/C.

Receiver Frequency: 315 / 433.92 MHZ

Typical sensitivity: -105dBm

Supply Current: 3.5mA

IF Frequency:1MHz

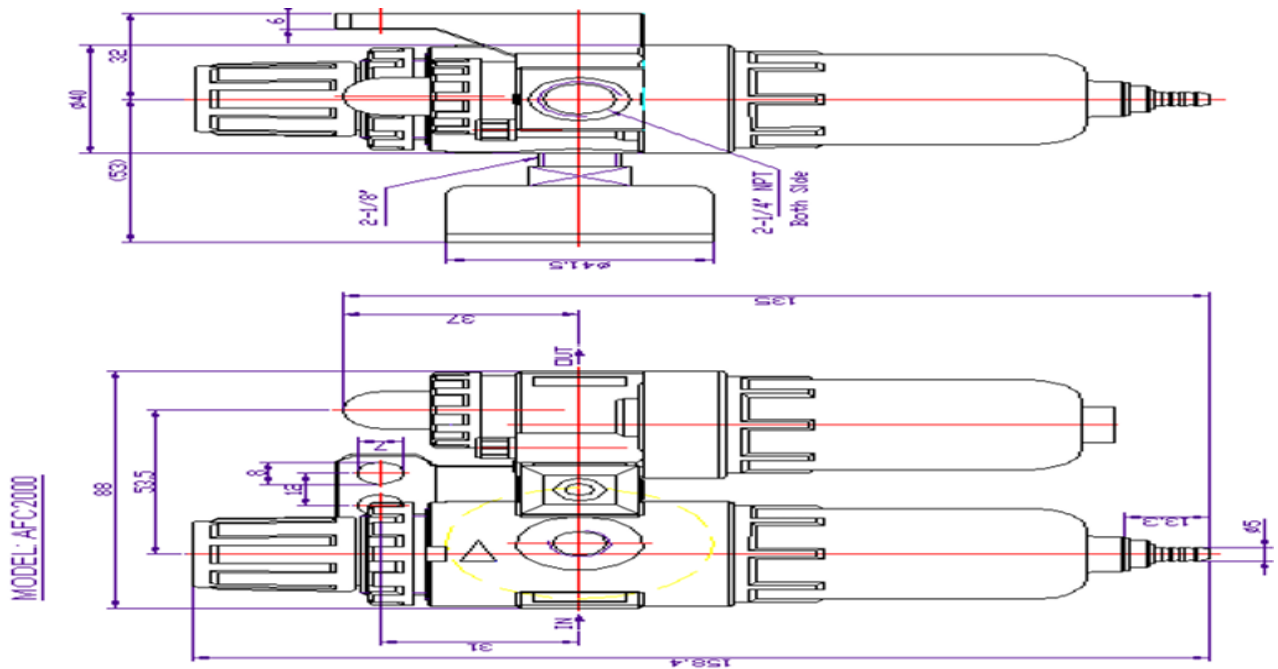
Features:

- Low power consumption.
- Easy for application.
- Operation temperature range : - 20°C ~ +70°C
- Operation voltage: 5 Volts.

Electrical Characteristics :

	CHARACTERISTIC	MIN	TYP	MAX	UNIT
V _{cc}	Supply Voltage		5		VDC
I _s	Supply Current		3.5	4.5	mA
F _R	Receiver Frequency		315/434		MHz
	RF Sensitivity(V _{cc} =5V 1Kbps Data Rate)		-105		dBm
	Max Data Rate	300	1k	3k	Kbit/s
V _{OH}	High Level Output (I=30uA)	0.7V _{cc}			VDC
V _{OL}	Low Level Output (I=30uA)			0.3V _{cc}	VDC
	Turn On Time(V _{cc} off-Turn on)		25		ms
T _{OP}	Operating Temperature Range	-20		70	°C
	Output Duty	40		60	%

ANEXO 17: UNIDAD DE MANTENIMIENTO



Specifications	
Part No.	AFC2000
Description	Stacked Filter-Regulator-Lubricator
Port Size (NPT)	1/4"
Flow Rate (SCFM)	16
Filtration (Microns)	5-40
Regulating Range (PSI)	7 to 125
Operating Temperature (°F)	40-140
Max. Pressure(PSI)	150
Recommended Oil	ISO VG 32
Caution	Avoid contacting with Thinner, Carbon Tetrachloride, Cloroform, Ethylacetate, Nitric Acid, Sulfuric Acid, Anilene, Kerosene, and other Organic Solvents. Also avoid direct sun rays.
Materials of Construction	
Metal Body	Aluminum Alloy (Epoxy Coated)
Plastic Bowl	Polycarbonate
Body Shield	Painted Steel
Filter	Sintered Brass (40µ) or Plastic (5µ)

ANEXO 18: RÓTULA TIPO ROSCA HEMBRA

Descripción del modelo		Dimensiones externas			Con rosca		Dimensiones del soporte				Dimensiones del anillo interior estérico				Ángulos de inclinación admisibles		Capacidad de carga		Masa g					
		Longitud L	Díametro D	Ancho B ₁	S ₁	W	D ₁	D ₂	B	±0,1	L ₁	L ₂	ℓ	E	Engrasador	d	C	α*		α**	N			
PHS 5	35	16	8	M5 x 0,8	9	11	6			27	4	14				5	11,12(7/16)	7,7	0,3	8	13	30	5590	16,5
PHS 6	39	18	9	M6 x 1	11	10	13	6,75		30	5	14				6	12,7(1/2)	9	0,3	8	13	30	6660	25
PHS 8	47	22	12	M8 x 1,25	14	12,5	16	9		36	5	17				8	15,875(5/8)	10,4	0,5	8	14	25	9800	43
PHS 10	56	26	14	M10 x 1,5	17	15	19	10,5		43	6,5	21				10	19,05(3/4)	12,9	0,5	8	14	25	13200	72
PHS 12	65	30	16	M12 x 1,75	19	17,5	22	12		50	6,5	24				12	22,225(7/8)	15,4	0,5	8	13	25	16700	107
PHS 14	74	34	19	M14 x 2	22	20	25	13,5		57	8	27				14	25,4(1)	16,9	0,7	10	16	24	20600	160
PHS 16	83	38	21	M16 x 2	22	22	27	15		64	8	33				16	28,575(1 1/8)	19,4	0,7	9	15	24	25000	210
PHS 18	92	42	23	M18 x 1,5	27	25	31	16,5		71	10	36				18	31,75(1 1/4)	21,9	0,7	9	15	24	29400	295
PHS 20	100	46	25	M20 x 1,5	30	27,5	34	18		77	10	40				20	34,925(1 3/8)	24,4	0,7	9	15	24	34300	380
PHS 22	109	50	28	M22 x 1,5	32	30	37	20		84	12	43				22	38,1(1 1/2)	25,8	0,7	10	15	23	41200	490
PHS 25	124	60	31	M24 x 2	36	33,5	42	22		94	12	48				25	42,862(1 7/8)	29,6	0,8	9	15	23	72500	750
PHS 30	145	70	37	M30 x 2	41	40	50	25		110	15	56				30	50,8(2)	34,8	0,8	10	17	23	92200	1130

[Ajuste con el eje]		[Juego]	
Condición	Tolerancia dimensional del eje	Juego radial	Juego axial
Carga normal	h7	0,035 o menos	0,1 o menos
Carga Intermedia	p6		

PHS10 L
Codigo de modelo

Rosca hacia la izquierda

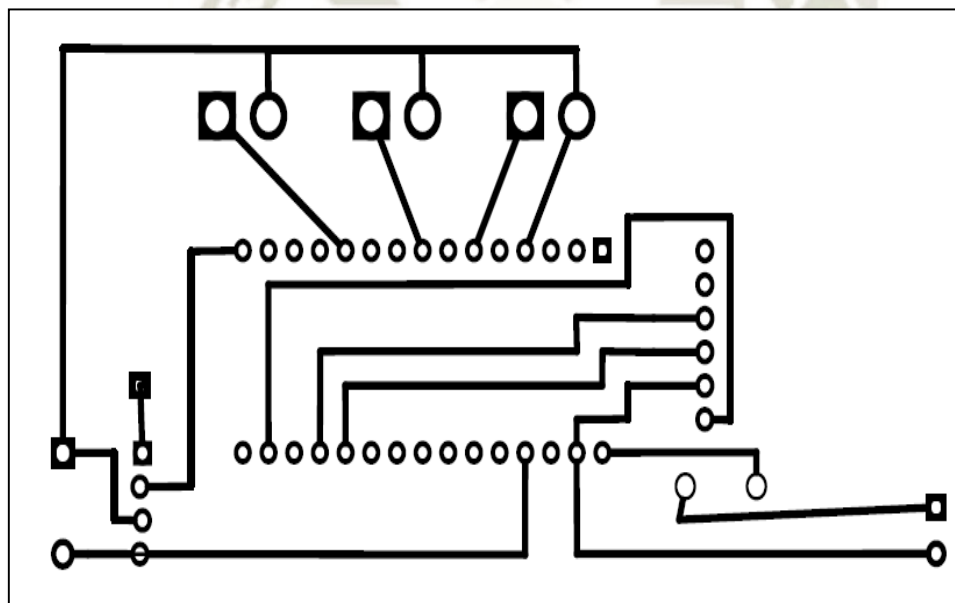
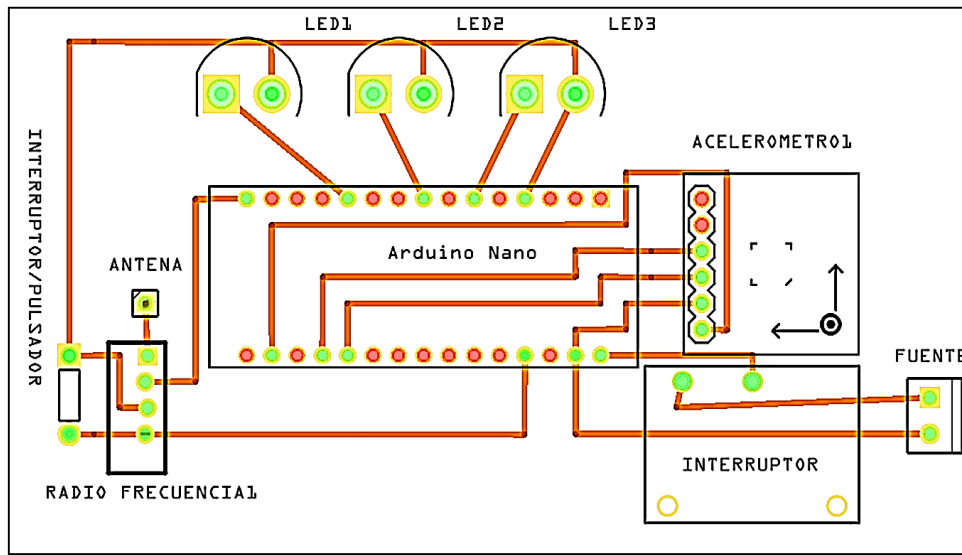
[Material]
Soporte : 316C (Tratamiento con cromo)
Anillo interior estérico : SLU2, 58 HRC o superior
(Enchusado en como dura, excepto la superficie interior de anillo interior)

Caraquillo : Aleación de cobre

[Lubricación]
Aplicar lubricante antes de utilizar el producto. El soporte tiene un orificio de engrasado y una muesca de lubricación. Estos permiten que se recoja grasa a través del engrasador según sea necesario.

[Identificación de la rosca hacia la izquierda]
Si la rosca hembra es hacia la izquierda, se agrega el símbolo "L".
El producto real está marcado con el símbolo "L" en el soporte.

ANEXO 19: PLANO PARA MANDO CONTROL



ANEXO 20: CÓDIGO REALIZADO PARA MANDO CONTROL

```

#include <math.h> // incluye librería math.h
#include <RH_ASK.h> // incluye librería RadioHead.h
#include <SPI.h> // incluye librería SPI necesaria por RadioHead.h
RH_ASK rf_driver; // crea objeto para modulación por ASK
//comunicacion de radio frecuencia es 12
const int x_out = A0; //conexión de entrada analógica para acelerómetro
const int y_out = A1; //conexión de entrada analógica para acelerómetro
const int z_out = A2; //conexión de entrada analógica para acelerómetro
int ledPinV=3; //conexión que visualiza el color de led verde
int ledPinR=5; //conexión que visualiza el color de led rojo
int ledPinA=8; //conexión que visualiza el color de led azul
int parada=10; //conexión de entrada digital para la parada de emergencia
int par=0; //almacenar el valor de la parada de emergencia
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPinV,OUTPUT); //permite configurar el pin "ledPinV" como valor de salida
  pinMode(ledPinR,OUTPUT); //permite configurar el pin "ledPinR" como valor de salida
  pinMode(ledPinA,OUTPUT); //permite configurar el pin "ledPinA" como valor de salida
  pinMode(parada,INPUT); //permite configurar el pin "ledPinV" como valor de entrada
  rf_driver.init(); // inicializa objeto con valores por defecto
}
void loop()
{
  int x_adc_value, y_adc_value, z_adc_value; // valores en enteros
  double x_g_value, y_g_value, z_g_value; // valores en double
  double roll, pitch; // valores en double
  par=digitalRead(parada); // conversor de parada a digital
  x_adc_value = analogRead(x_out); // conversor de valores analógicos a digitales en X
  y_adc_value = analogRead(y_out); // conversor de valores analógicos a digitales en Y
  z_adc_value = analogRead(z_out); // conversor de valores analógicos a digitales en Z
  //*****//
  //en las siguientes líneas son para presentar los valores en monitor serie
  Serial.print("x = ");
  Serial.print(x_adc_value);
  Serial.print("\t\t");
  Serial.print("y = ");
  Serial.print(y_adc_value);
  Serial.print("\t\t");
  Serial.print("z = ");
  Serial.print(z_adc_value);
  Serial.print("\t\t");
  //*****//
  x_g_value = ( ( ((double)(x_adc_value * 5)/1024) - 1.65 ) / 0.330 ); // dirección de
  aceleración en X
  y_g_value = ( ( ((double)(y_adc_value * 5)/1024) - 1.65 ) / 0.330 ); // direccion de
  aceleración en Y*/

```



```
rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg)); // envía el mensaje
rf_driver.waitPacketSent(); // espera al envío correcto del mensaje
}
if (roll<155 && pitch<245) //valor para inclinación hacia adelante
{
digitalWrite(ledPinA,HIGH);//activa el led Azul
digitalWrite(ledPinR,LOW);//desactiva el led Rojo
digitalWrite(ledPinV,LOW);//desactiva el led Verde
const char *msg = "5"; // carga número 5 en mensaje a enviar
rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg)); // envía el mensaje
rf_driver.waitPacketSent(); // espera al envío correcto del mensaje
}
if (roll>215 && pitch>225 && pitch<280) //valor para inclinación a la izquierda
{
digitalWrite(ledPinA,HIGH);//activa el led Azul
digitalWrite(ledPinR,LOW);//desactiva el led Rojo
digitalWrite(ledPinV,LOW);//desactiva el led Verde
const char *msg = "6"; // carga número 4 en mensaje a enviar
rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg)); // envía el mensaje
rf_driver.waitPacketSent(); // espera al envío correcto del mensaje
}
}
delay(1); // demora de 1 milisegundo
} (Scott Viger, 2021)
```

ANEXO 21: CÓDIGO REALIZADO PARA PLATAFORMA DIÁCTICA Y PANEL DE CONTROL

```

#include <RH_ASK.h> // incluye librería RadioHead.h
#include <SPI.h> // incluye librería SPI necesaria por RadioHead.h
RH_ASK rf_driver; // crea objeto para modulación por ASK //el pin de la comunicacion
RF es 11
#include "Nextion.h"
#define relazul 2
#define relrojo 9
int rele1=7;
int rele2=6;
int rele3=5;
int rele4=4;
int parara1=8;
int parada2=10;
int par2=0;
int servo =3;
int fincontactor=12;
int fin=0;
const int PinPotenciometro = 0;
const int PinPotenciometro1 = 1;
int Valor_Analogo = 0;
int Valor_Analogo1 = 0;

// Declara los objetos a utilizar
// [pagina id:0,componente id:1, Nombre Componente: "Objeto_ObjName"]
NexGauge ObjMarcador = NexGauge(3, 7, "ObjMarcador");
NexGauge ObjMarcador2 = NexGauge(3, 8, "ObjMarcador2");
NexText ObjTxtvalorAdc = NexText(1, 3, "ObjTxtvalorAdc");
NexText ObjTxtvalorAd2 = NexText(1, 6, "ObjTxtvalorAd2");
NexDSButton b2compuerta = NexDSButton(2, 7, "bt0");
NexPicture p0 = NexPicture(3, 6, "p0");
NexPage page5 =NexPage(5,0,"page5");
NexPage page6 =NexPage(6,0,"page6");
// Registro al objeto Dual State Button a la lista de eventosTouch.
NexTouch *nex_listen_list[] =
{
    &p0,&b2compuerta,
    NULL
};

void setup()
{
    nexInit(); //Inicializo la pantalla Nextion

    pinMode(relazul, OUTPUT);
    pinMode(relrojo, OUTPUT);
    pinMode(parara1,OUTPUT);
    pinMode(parada2,INPUT);

```

```
pinMode(fincontactor,INPUT);
pinMode(rele1,OUTPUT);
pinMode(rele2,OUTPUT);
pinMode(rele3,OUTPUT);
pinMode(rele4,OUTPUT);
pinMode (servo, OUTPUT);

b2compuerta.attachPop(prender_compuerta);

rf_driver.init(); // inicializa objeto con valores por defecto
Serial.begin(9600);//inicializa la conexión serial
}

void loop()
{
nexLoop(nex_listen_list);

par2=digitalRead(parada2);
fin=digitalRead(fincontactor);
uint8_t buf[1]; // espacio para mensaje recibido de 1 carácter
uint8_t buflen = sizeof(buf); // longitud de buffer
if (rf_driver.recv(buf, &buflen) // si se recibieron datos correctos
{
if((char)buf[0]=='1' || par2==LOW ) // si el carácter es el numero 1
{
digitalWrite(rele1,LOW);
digitalWrite(rele2,LOW);
digitalWrite(rele3,LOW);
digitalWrite(rele4,LOW);
digitalWrite(parara1,HIGH);
page5.show() ;
for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)
{ // repetimos la instrucción 50 veces
digitalWrite (servo,HIGH);
delayMicroseconds(1250); // llevamos a 0°
digitalWrite (servo,LOW);
delay(19);
}
}
}
if (fin==LOW )
{
digitalWrite(rele1,LOW);
digitalWrite(rele2,LOW);
digitalWrite(rele3,LOW);
digitalWrite(rele4,LOW);
page6.show() ;
for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)
{ // repetimos la instrucción 50 veces
digitalWrite (servo,HIGH);
delayMicroseconds(1250); // llevamos a 0°
```

```
digitalWrite(servo,LOW);
delay(19);
}
}
else
{
  if((char)buf[0]=='2') // si el carácter es el numero 2
  {
    digitalWrite(rele1,LOW);
    digitalWrite(rele2,LOW);
    digitalWrite(rele3,LOW);
    digitalWrite(rele4,LOW);
    digitalWrite(parara1,LOW);
  }
  if((char)buf[0]=='3') // si el carácter es el numero 2
  {
    digitalWrite(rele1,HIGH);
    digitalWrite(rele2,LOW);
    digitalWrite(rele3,LOW);
    digitalWrite(rele4,HIGH);
    digitalWrite(parara1,LOW);
  }
  if((char)buf[0]=='4') // si el carácter es el numero 2
  {
    digitalWrite(rele1,LOW);
    digitalWrite(rele2,HIGH);
    digitalWrite(rele3,HIGH);
    digitalWrite(rele4,LOW);
    digitalWrite(parara1,LOW);
  }
  if((char)buf[0]=='5') // si el carácter es el numero 2
  {
    digitalWrite(rele1,LOW);
    digitalWrite(rele2,LOW);
    digitalWrite(rele3,HIGH);
    digitalWrite(rele4,HIGH);
    digitalWrite(parara1,LOW);
  }
  if((char)buf[0]=='6') // si el carácter es el numero 2
  {
    digitalWrite(rele1,HIGH);
    digitalWrite(rele2,HIGH);
    digitalWrite(rele3,LOW);
    digitalWrite(rele4,LOW);
    digitalWrite(parara1,LOW);
  }
}
}
}
}
void prender_compuerta()
```

```
{
uint32_t estadocompuerta;
b2compuerta.getValue(&estadocompuerta);
if (estadocompuerta == 1)
{
// {[=====> (90°) <=====]}
for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)
{ // repetimos la instrucción 50 veces
digitalWrite (servo,HIGH);
delayMicroseconds(500); // llevamos a 90°
digitalWrite (servo,LOW);
delay(19);
}
digitalWrite(relazul, 1);
digitalWrite(relrojo, 0);
}
else
{
for (int Hz =0; Hz < 50 ;Hz++)
{ // repetimos la instrucción 50 veces
digitalWrite (servo,HIGH);
delayMicroseconds(1200); // llevamos a 0°
digitalWrite (servo,LOW);
delay(19);
}
digitalWrite(rele1,LOW);
digitalWrite(rele2,LOW);
digitalWrite(rele3,LOW);
digitalWrite(rele4,LOW);
digitalWrite(relazul, 0);
digitalWrite(relrojo, 1);
}
} (Admin, 2020)
```

ANEXO 22: MANUAL DE FUNCIONAMIENTO



**MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO DE PLATAFORMA
DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE
LA MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA**

REALIZADO POR:

ALEJANDRO ALDEHIR

VALDIVIA ORTEGA



AREQUIPA – PERÚ

DESCRIPCIÓN:

El conjunto de procedimientos utilizados para el adecuado desarrollo en la activación de la plataforma didáctica mediante un panel de control y un mando de control, se determinó controlando los parámetros necesarios mediante sensores y actuadores que puedan garantizar el adecuado desarrollo.

Antes de utilizar el equipo, la persona encargada tiene que tener en cuenta las siguientes recomendaciones de su uso:

- El equipo está diseñado para estar en un lugar fijo y debe contar con acceso a una red de alimentación de 220VAC, siendo conectados el equipo y una compresora. También verificar la presión con la que se vaya a trabajar (siendo esta óptima entre 5.5 a 6.5 bar).
- Este equipo puede ser transportado a diferentes lugares ya que cuenta con una base de metal que permite la estabilidad y seguridad al momento de su uso. Evitar que el equipo sea transportado con cables de parte neumática o parte eléctrica colgando, por lo que se puede generar algún tropiezo y/o deterioro de los mismos.
- No manipular la plataforma didáctica, específicamente la parte que está en funcionamiento o está siendo accionada por otra persona, la cual podría generar algún accidente.
- Poder verificar el estado de mangueras neumáticas, acoples neumáticos, cable de conexión entre la plataforma, panel de control y cable de enchufe a 220V.
- No se pueden acercar elementos inflamables al prototipo, estos pueden ocasionar explosión por lo que se utiliza aire comprimido y esto puede generar una propagación rápida de llamaradas.

PARTES DEL EQUIPO A UTILIZAR:

Ahora se indicará las partes de los componentes de todo el conjunto de la plataforma didáctica las cuales serán manipuladas o sean indicadores luminosos.

En esta parte se presenta las partes visualizadas del mando de control los cuales se presentan a continuación:



Figura 122. Mando de control.

Fuente: Elaboración propia

Descripción de las partes señaladas del mando de control.

Tabla 37. Mando de control.

NÚMERO	PARTE
1	Interruptor
2	Antena
3	Parada de emergencia
4	Led azul
5	Led rojo
6	Led verde

Fuente: Elaboración propia

Las partes representadas son las que podrá generar la activación, indicación y comunicación con la cual se podrá manipular la inclinación de la plataforma didáctica. A continuación, se procederá la descripción de cada parte:

- **Interruptor**, el cual nos brinda con su activación el poder prender el circuito del mando a distancia y así poder manipularlo.

- **Antena**, el cual permite que se pueda dar una mejor conexión entre el mando control y panel de control, ya sea hasta una determinada distancia.
- **Parada de emergencia**, el cual debe ser presionada cuando se pueda generar algún inconveniente y/o accidente con el conjunto de la plataforma didáctica.
- **Led azul**, el cual se activa cuando el mando control está inclinado, ya sea que este hacia adelante, atrás, derecha o izquierda.
- **Led rojo**, este se activa cuando la parada de emergencia esta presionada e implica que el mando control no esté funcionando hasta que se solucione lo de la activación de la parada de emergencia.
- **Led verde**, se activa cuando el mando control está en estable, quiere decir que no esté inclinado a ningún lado.

En esta parte se presenta las partes visualizadas del tablero de control, los cuales se presentan a continuación:

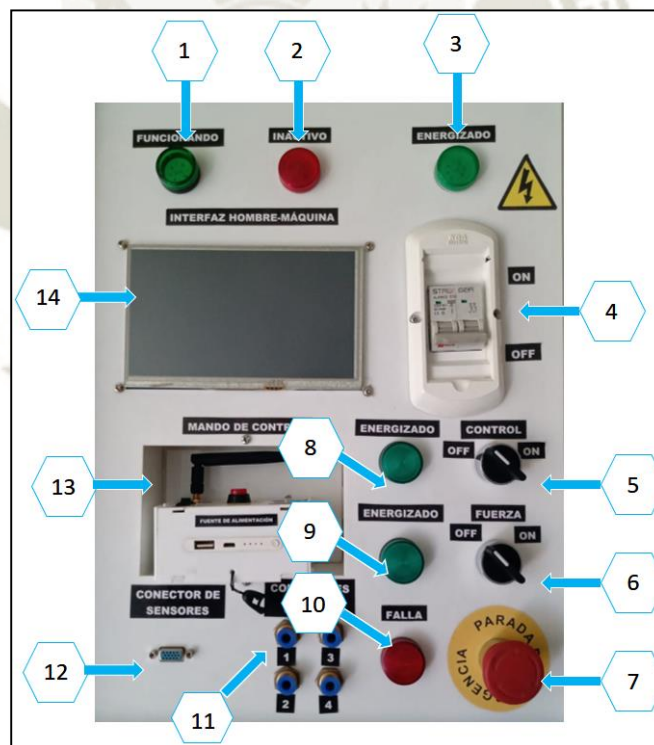


Figura 123. Tablero de panel de control.

Fuente: Elaboración propia

Descripción de las partes señaladas del tablero de control.

Tabla 38. Panel de control.

NÚMERO	PARTE
1	Luz Piloto de Movimiento
2	Luz Piloto de Parado
3	Luz Piloto de Alimentación
4	Llave Termomagnética
5	Selector de Alimentación de la Fuente de Poder
6	Selector de Alimentación de Electroválvulas
7	Parada de Emergencia
8	Luz Piloto de Alimentación de la Fuente de poder
9	Luz Piloto de Alimentación de Electroválvulas
10	Luz Piloto de Parada de Emergencia
11	Conectores Rápidos Para Alimentación Neumática
12	Conexión Para Sensores de Plataforma Didáctica
13	Espacio de Mando de Control
14	Pantalla Táctil

Fuente: Elaboración propia

Se procederá la descripción general de cada parte:

- **Luz piloto de movimiento**, se enciende cuando la plataforma didáctica está en movimiento, por ello tener cuidado al acercarse.
- **Luz piloto de parado**, esta se enciende cuando el recorrido de la esfera es terminado mediante la activación de un sensor.
- **Luz piloto de alimentación**, esta luz piloto se enciende cuando la llave termomagnética es activada y así saber si hay voltaje por el circuito.
- **Llave termomagnética**, es la que permite que todos los componentes utilizados en el panel de control puedan ser alimentados.
- **Selector de alimentación de la fuente de poder**, este selector permite que la fuente de poder de 5V sea activada para la alimentación de Arduino mega, de sus componentes y sensores respectivos.

- **Selector de alimentación de electroválvulas**, este selector permite que se pueda otorgar la alimentación a las cuatro electroválvulas neumáticas que se utilizan en el circuito.
- **Parada de emergencia**, este componente permite parar el funcionamiento tanto la parte de control como la parte de fuerza (neumática), hasta que uno pueda verificar que todo este correcto.
- **Luz piloto de alimentación de fuente de poder**, esta luz se enciende cuando se activa la alimentación de la fuente de poder, y así saber que está funcionando.
- **Luz piloto de alimentación de electroválvulas**, esta luz piloto se activa cuando tienen alimentación las electroválvulas.
- **Luz piloto de parada de emergencia**, se activa cuando el componente de la parada de emergencia es activado, indicando que ocurrió algún inconveniente o incidente en el proceso.
- **Conectores rápidos para alimentación neumática**, estos conectores permiten la alimentación de los músculos neumáticos y así poder manipularlos para el movimiento de la plataforma didáctica.
- **Conexión para sensores de la plataforma**, esta conexión permite la comunicación entre el panel de control y la plataforma didáctica, los cuales están en la entrada y salida de la plataforma didáctica.
- **Espacio del mando de control**, este lugar se utiliza para poder guardar el mando de control cuando este no sea usado.
- **Pantalla táctil**, la interfaz con la cual podemos visualizar el desarrollo o algún cambio de imprevisto que se pueda generar en el transcurso de la actividad.

Mediante una breve explicación de los componentes seleccionados, aun se debe explicar la interfaz de la pantalla táctil. A continuación, se podrá conocer el funcionamiento de cada ventana realizada en esta:

PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO:

En primer lugar, se debe alimentar nuestro sistema para que pueda ser encendido por medio de la llave termomagnética y el selector destinado para la parte de control.

La pantalla se enciende mostrando la imagen de inicio del sistema (**Figura 124**), luego de (15) segundos de espera, se podrá utilizar la pantalla, en caso contrario, si adelanta a otra ventana sin esperar, está la retornará a la pantalla de inicio. En esta pantalla tiene la opción de ir a la pantalla principal o al manual para ver las instrucciones.

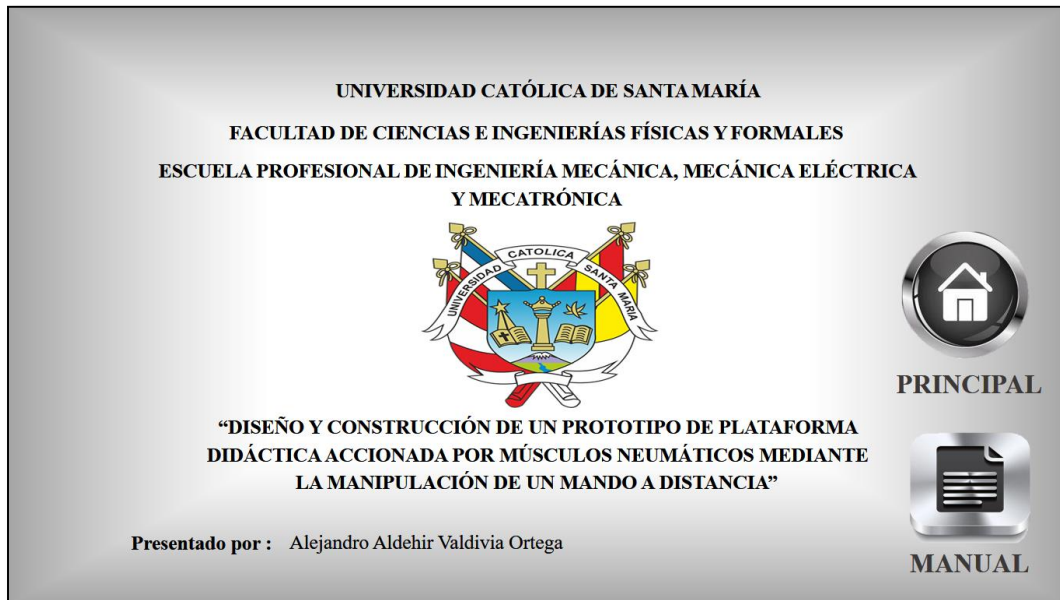


Figura 124. Pantalla de inicio

Fuente: Elaboración propia

Al presionar el botón de pantalla principal nos lleva a la siguiente imagen (**Figura 125**), en esta imagen, nos muestra dos opciones, el primero nos manda a la imagen de inicio y el otro poner un usuario para poder pasar a la siguiente pantalla, en caso contrario de no poner nombre no podremos avanzar.

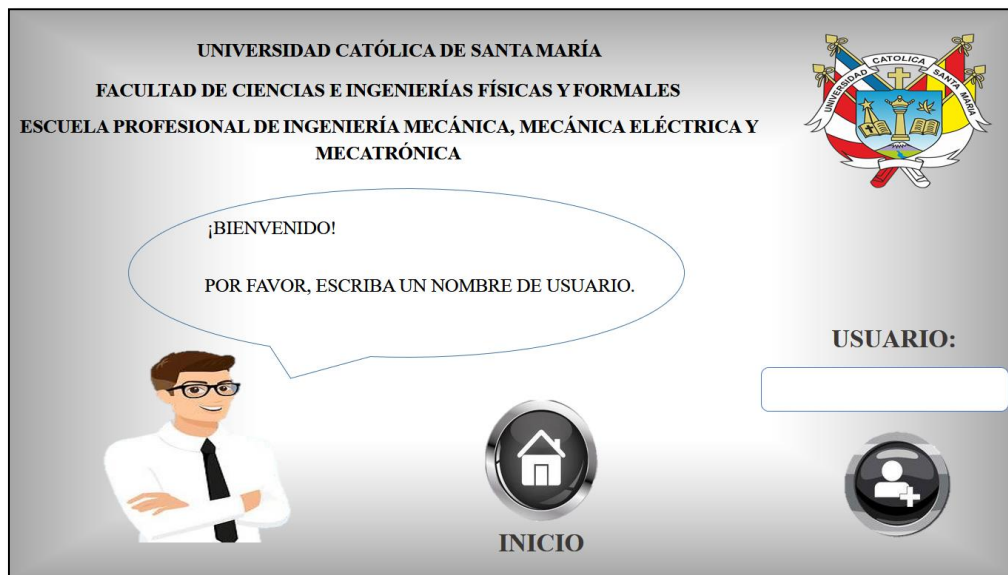


Figura 125. Pantalla principal.

Fuente: Elaboración propia

Para poner el nombre presionaremos la barra blanca, la cual nos manda a la siguiente imagen (**Figura 126**), en la cual nos permite escribir la palabra que se desee. Una vez escrito, podremos presionar la tecla OK y retornaremos a la pantalla principal. Una vez la palabra sea visualizada en la barra blanca, podremos presionar el botón que está debajo de esta para pasar a la siguiente pantalla.



Figura 126. Escribir palabra.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente pantalla (**Figura 127**), apreciamos varios botones los cuales explicaremos a continuación:

- Primero para visualizar la palabra que se puso en la pantalla anterior, tenemos que presionar las letras que están debajo de “bienvenido”.
- El botón con la palabra “ANTERIOR”, al ser presionada nos llevara a la pantalla principal.
- El botón con la palabra “INICIO”, al ser presionada nos llevara a la pantalla de inicio.
- El botón con la palabra “START”, al ser presionada podremos utilizar el funcionamiento de la plataforma didáctica. Tener en cuenta que tiene que estar activada el selector de la parte fuerza que se encuentra en el panel de control, también el mando a distancia tiene que estar activado.
- El botón “START”, también activa el servomotor que esta implementado en la plataforma didáctica.
- En la pantalla de desarrollo se aprecia una imagen de flechas, las cuales indicaran la posición en la que se encuentra la plataforma didáctica.



Figura 127. Pantalla de desarrollo.

Fuente: Elaboración propia

Con un uso correcto de la plataforma didáctica, la esfera al llegar al final del recorrido accionará un sensor, el cual verifica el final del proceso y nos mandará a la siguiente pantalla (**Figura 128**).

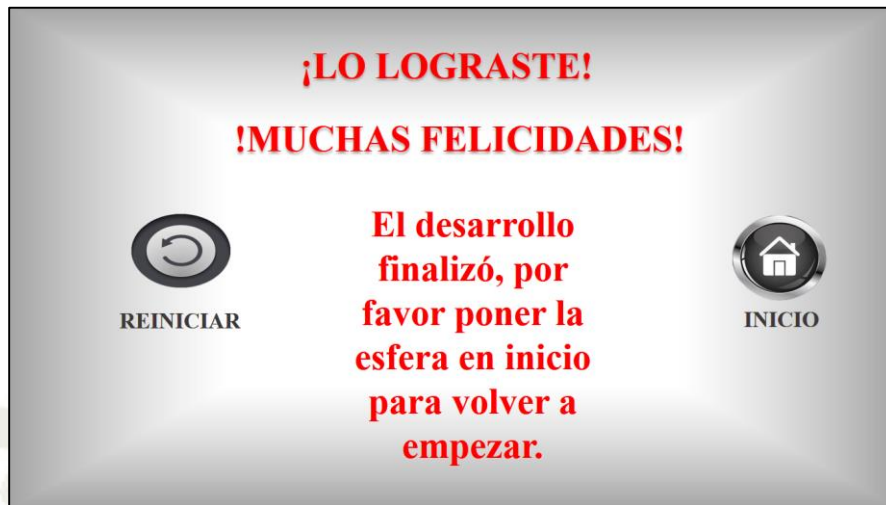


Figura 128. Pantalla final de proceso.

Fuente: Elaboración propia

Por el cual tenemos la opción de volver a la pantalla de desarrollo o ir a la pantalla de inicio, con el reinicio de la actividad, retornando la esfera al punto de partida.

En caso contrario si se produjera un incidente y sea presionado el botón de parada de emergencia que se encuentra en el panel de control o en el mando a distancia nos mandara a la siguiente pantalla (**Figura 129**).



Figura 129. Pantalla de parada de emergencia.

Fuente: Elaboración propia

Tendremos la opción de ir al inicio, al ver que el incidente haya sido resuelto y colocando la esfera en el inicio.

PROBLEMAS Y SOLUCIONES:

Con todo el sistema electrónico, eléctrico y neumático, el equipo que se presenta no está libre de que pueda generar problemas por posibles inconvenientes, sin embargo, si tiene solución como se especifica en la tabla 39:

Tabla 39. Daños y posibles soluciones.

DAÑOS	CAUSAS	SOLUCIONES
Equipo sin encender.	Falta de alimentación.	Revisar la fuente de 220 V, si la luz piloto del termo magnético esta encendido, al igual que los selectores de control y fuerza.
El equipo enciende, la pantalla no.	Falta de alimentación.	Revisar la fuente de alimentación de 5V DVC, los cables y conectores, caso contrario hacer el cambio respectivo de pantalla.
No inicia el proceso.	Falta de comunicación entre el mando de control y panel de control.	Revisar si el mando esta encendido y que no esté activada la parada de emergencia de mando de control y panel de control.
El mando de control no enciende.	Falta de alimentación.	Poner a cargar por media hora el mando de control con una alimentación de 5V DVC.
La plataforma didáctica sin moverse.	Falta de aire comprimido.	Verificar si el selector está activado por medio de su luz piloto. Verificar si el compresor está activado. Verificar las mangueras neumáticas si están conectadas.
La imagen del HMI se va de frente a la pantalla parada de emergencia.	Sin comunicación de los sensores de la plataforma didáctica.	Verificar la adecuada conexión entre la plataforma y panel de control.

Contacto de soporte técnico:

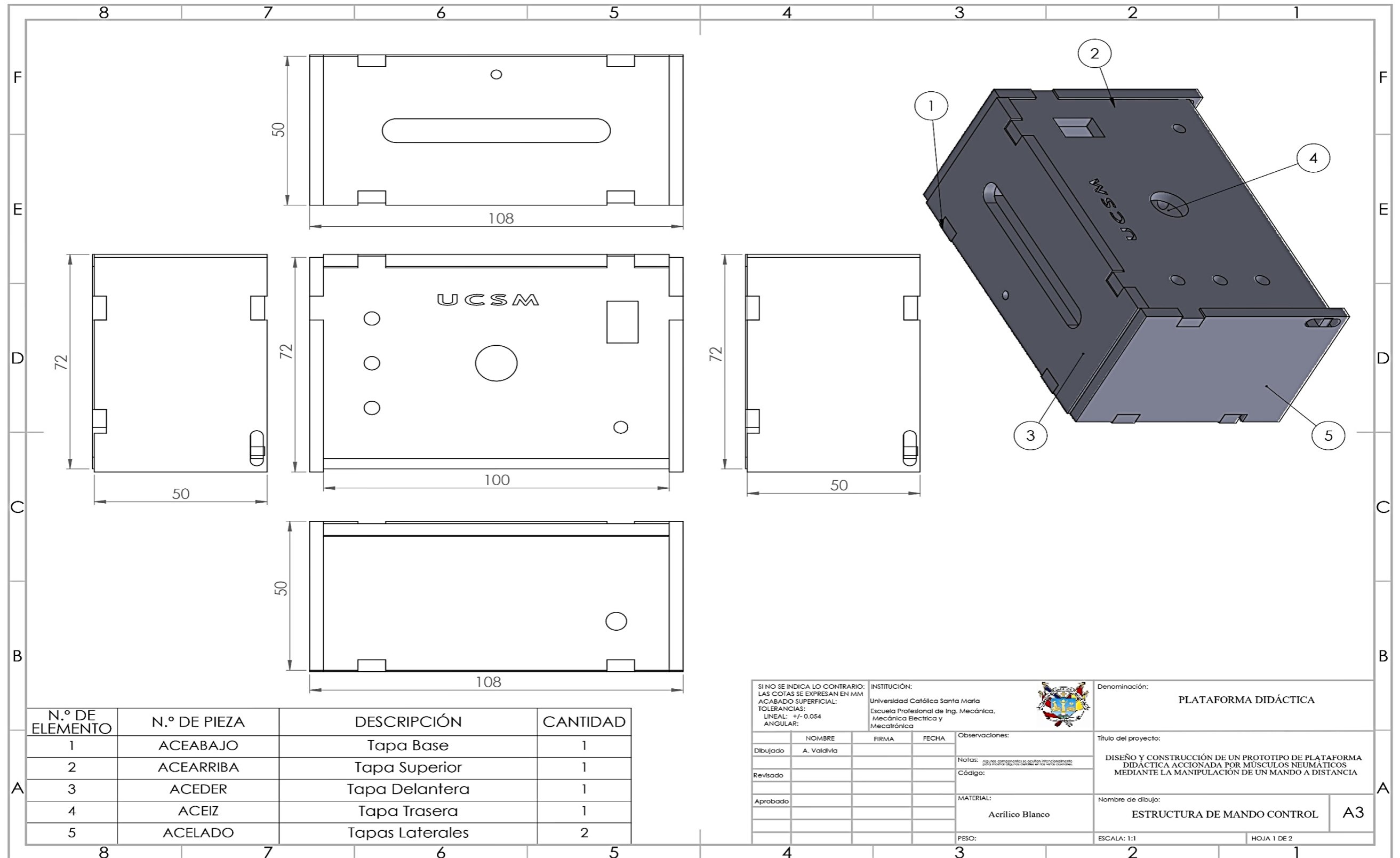
Correo electrónico: aavortega1213@gmail.com

Celular: 945746817

ANEXO 23: NORMAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO

Norma	Descripción
VDI 2222	Establece etapas del problema para facilitar su entendimiento para que la secuencia sea óptima.
IEC 1131	Estandarizar el lenguaje de programación.
AISC 360-10	Especificaciones para construcciones de acero.
FN940070	Clase de resistencia a la corrosión.
ISO 1219-1	Utilización de los símbolos neumáticos.
IEC 6149-1	Descripción sobre el desarrollo del cableado interno.
UNE-EN 60073	Principios básicos y de seguridad para la interfaz hombre-máquina.
IEC 1082-1	Símbolos gráficos y alfanuméricos que se deben utilizar para el diseño de esquemas.
ISO 9001	Utilizar un adecuado proceso para la creación de diagramas de flujo.
ISA 101	Desarrollo de orientación para diseñar, construir y operar procesos para pantallas HMI.

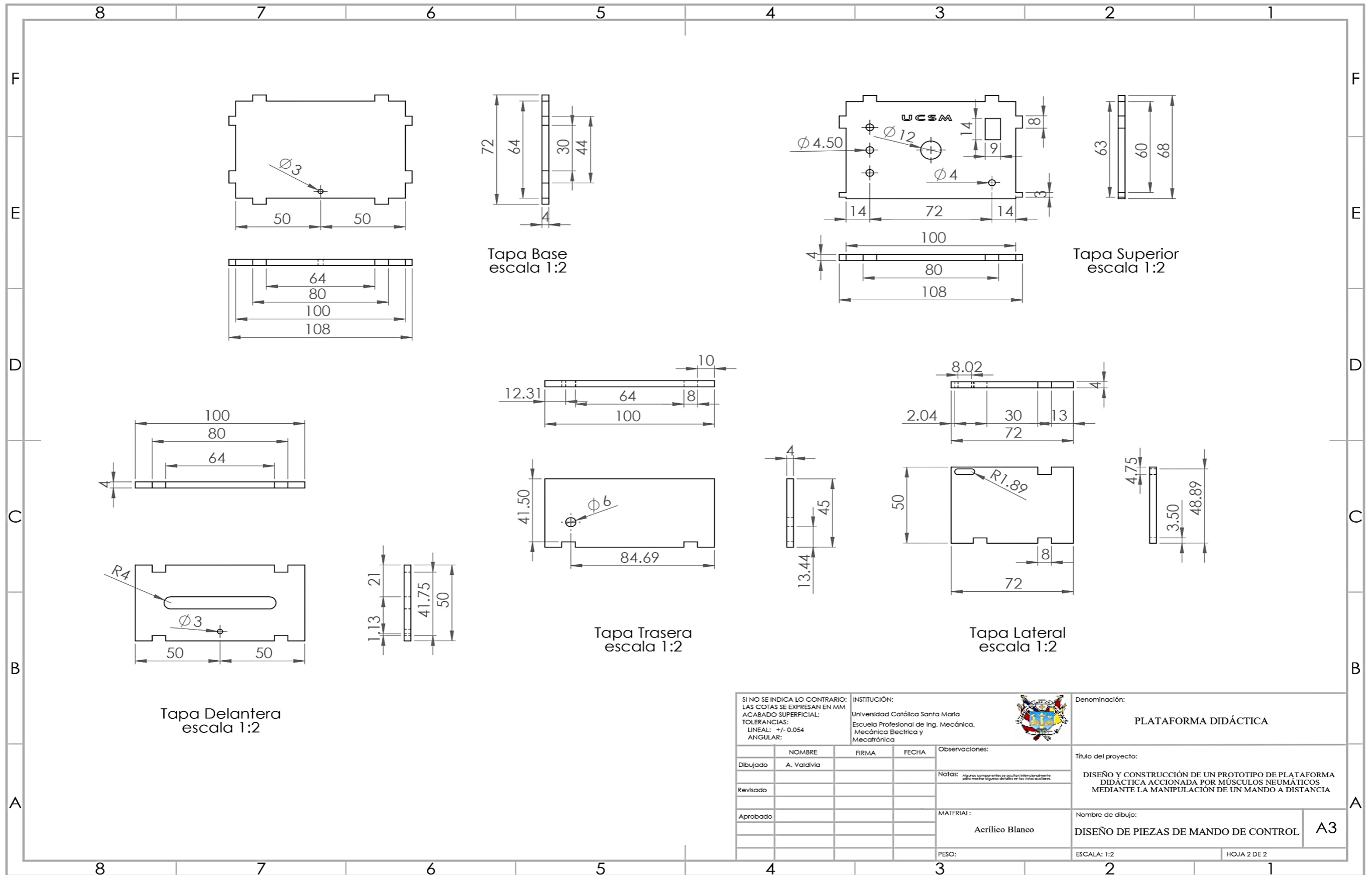
ANEXO 24: ESTRUCTURA DE MANDO CONTROL



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ACEABAJO	Tapa Base	1
2	ACEARRIBA	Tapa Superior	1
3	ACEDER	Tapa Delantera	1
4	ACEIZ	Tapa Trasera	1
5	ACELADO	Tapas Laterales	2

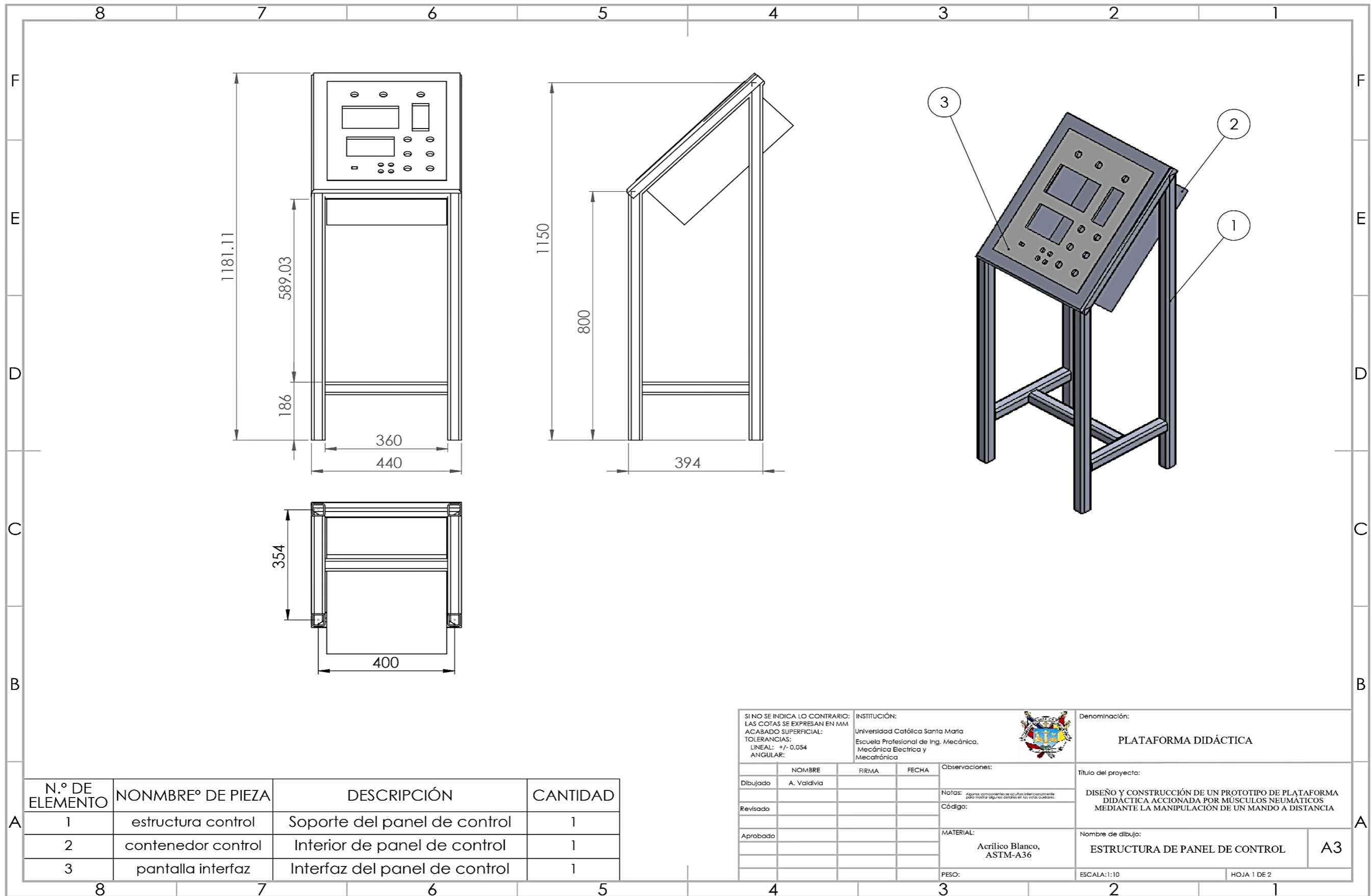
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: +/- 0.054 ANGULAR:		INSTITUCIÓN: Universidad Católica Santa María Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Denominación: PLATAFORMA DIDÁCTICA	
Dibujado: A. Valdivia		FIRMA:		FECHA:	
Revisado:		Observaciones: Notas: algunos componentes se quitan intencionalmente para mostrar algunos detalles en las vistas ocultas.		Título del proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA	
Aprobado:		MATERIAL: Acrílico Blanco		Nombre de dibujo: ESTRUCTURA DE MANDO CONTROL	
		PESO:		ESCALA: 1:1	
				HOJA 1 DE 2	

ANEXO 25: DISEÑO DE PIEZAS CREADAS PARA EL MANDO DE CONTROL



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: +/- 0.054 ANGULAR:		INSTITUCIÓN: Universidad Católica Santa María Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Denominación: PLATAFORMA DIDÁCTICA	
Dibujado: A. Valdivia		FIRMA:		Observaciones: Notas: Algunas cotas están indicadas solamente para mostrar algunos detalles en las vistas auxiliares.	
Revisado:		FECHA:		Título del proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA	
Aprobado:		MATERIAL: Acrílico Blanco		Nombre de dibujo: DISEÑO DE PIEZAS DE MANDO DE CONTROL	
PESO:		ESCALA: 1:2		HOJA 2 DE 2	

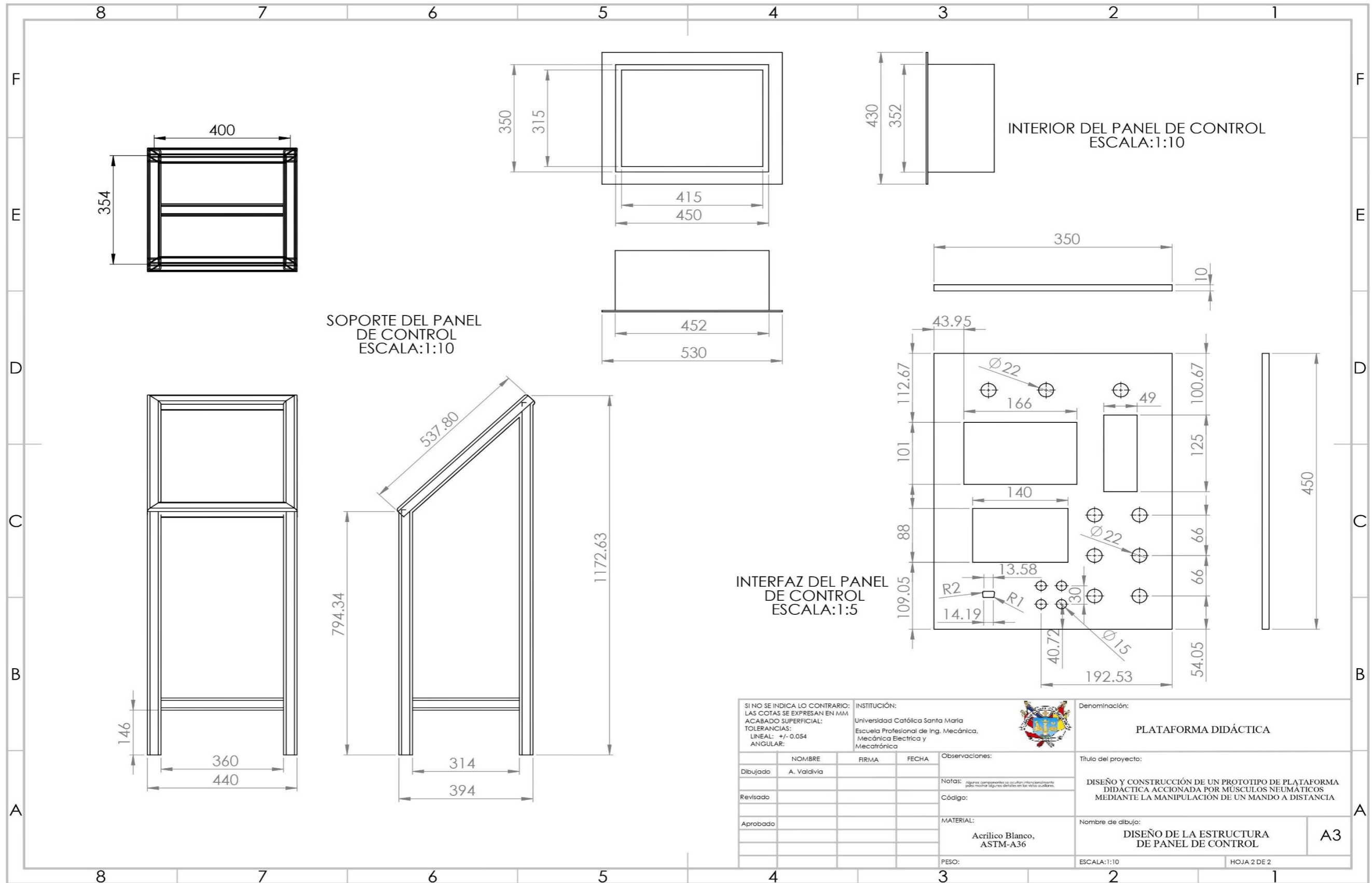
ANEXO 26: ESTRUCTURA DE PANEL DE CONTROL



N.º DE ELEMENTO	NONMBREº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	estructura control	Soporte del panel de control	1
2	contenedor control	Interior de panel de control	1
3	pantalla interfaz	Interfaz del panel de control	1

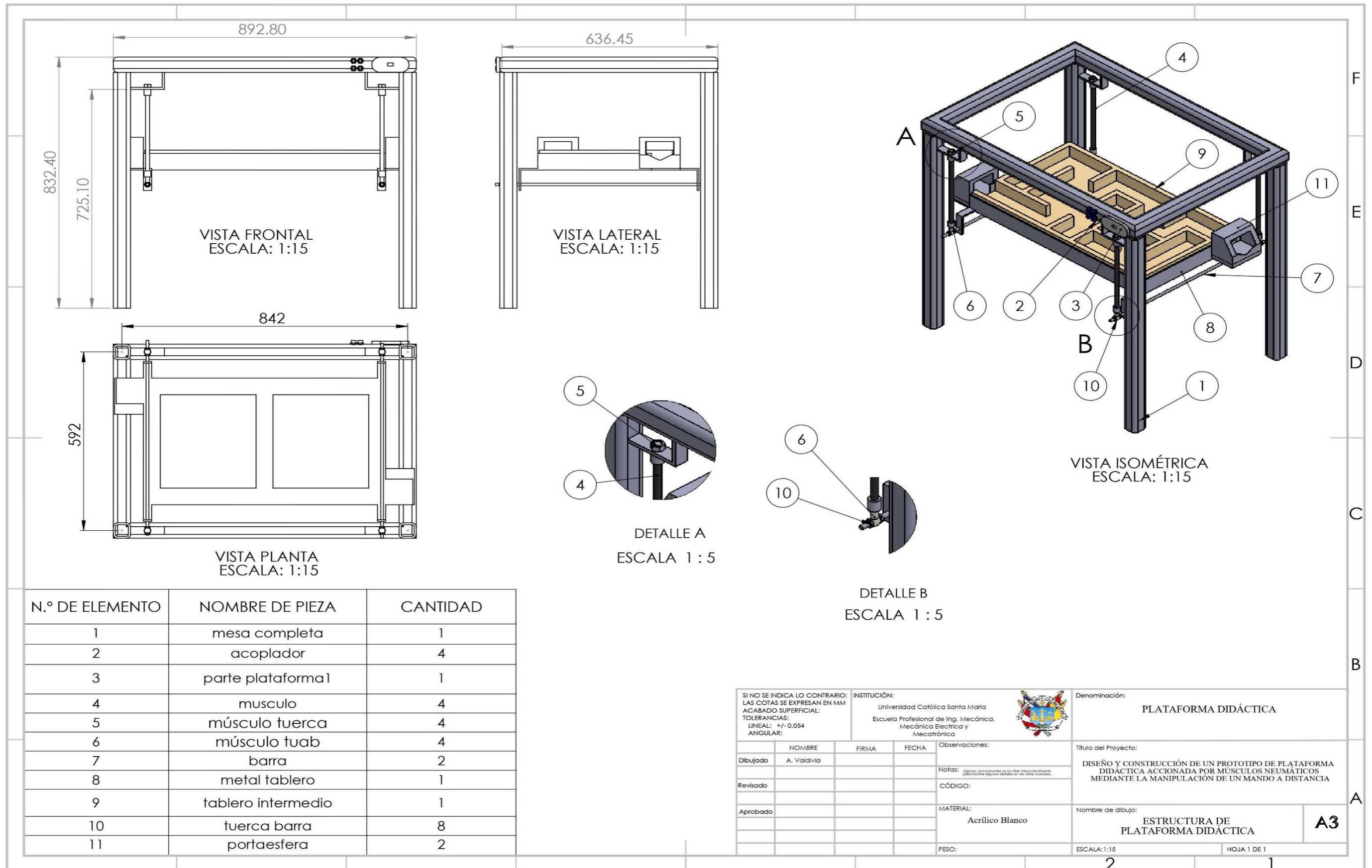
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: +/- 0,054 ANGULAR:		INSTITUCIÓN: Universidad Católica Santa María Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		 Denominación: PLATAFORMA DIDÁCTICA	
Dibujado	A. Valdivia	FIRMA	FECHA	Observaciones:	Título del proyecto:
Revisado				Notas: Algunos componentes se detallan separadamente para mostrar algunos detalles en los otros planos.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA
Aprobado				Código:	Nombre de dibujo:
				MATERIAL: Acrílico Blanco, ASTM-A36	ESTRUCTURA DE PANEL DE CONTROL A3
				PESO:	ESCALA:1:10
					HOJA 1 DE 2

ANEXO 27: DISEÑO DE PIEZAS CREADAS PARA EL PANEL DE CONTROL

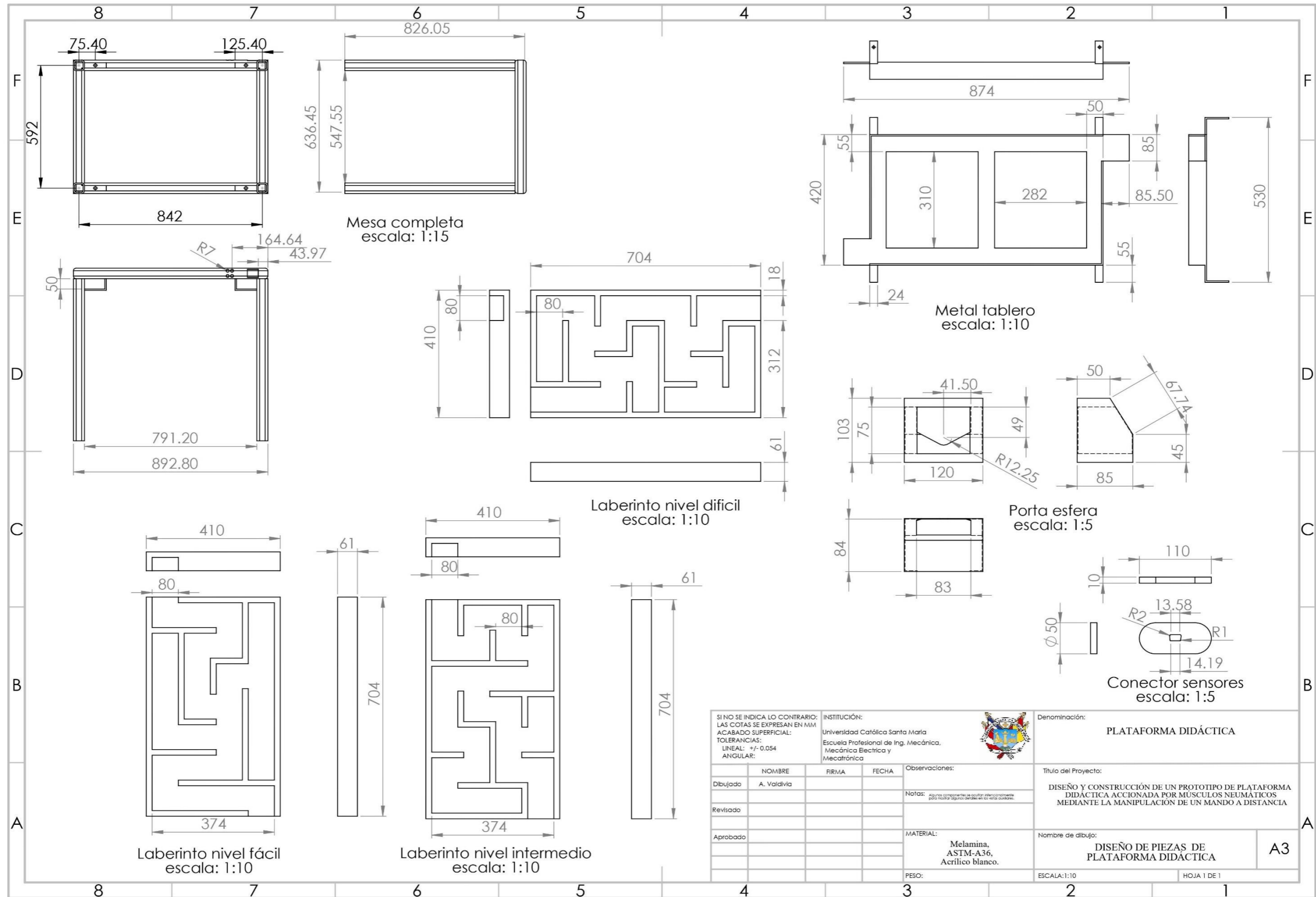


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: +/- 0.054 ANGULAR:		INSTITUCIÓN: Universidad Católica Santa María Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Denominación: PLATAFORMA DIDÁCTICA	
Dibujado: A. Valdivia		Observaciones: Nota: Algunos componentes se obtienen internamente, por lo tanto algunos detalles en los planos quedan... Código:		Título del proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA	
Revisado:		MATERIAL: Acrílico Blanco, ASTM-A36		Nombre de dibujo: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PANEL DE CONTROL	
Aprobado:		PESO:		ESCALA: 1:10 HOJA 2 DE 2	

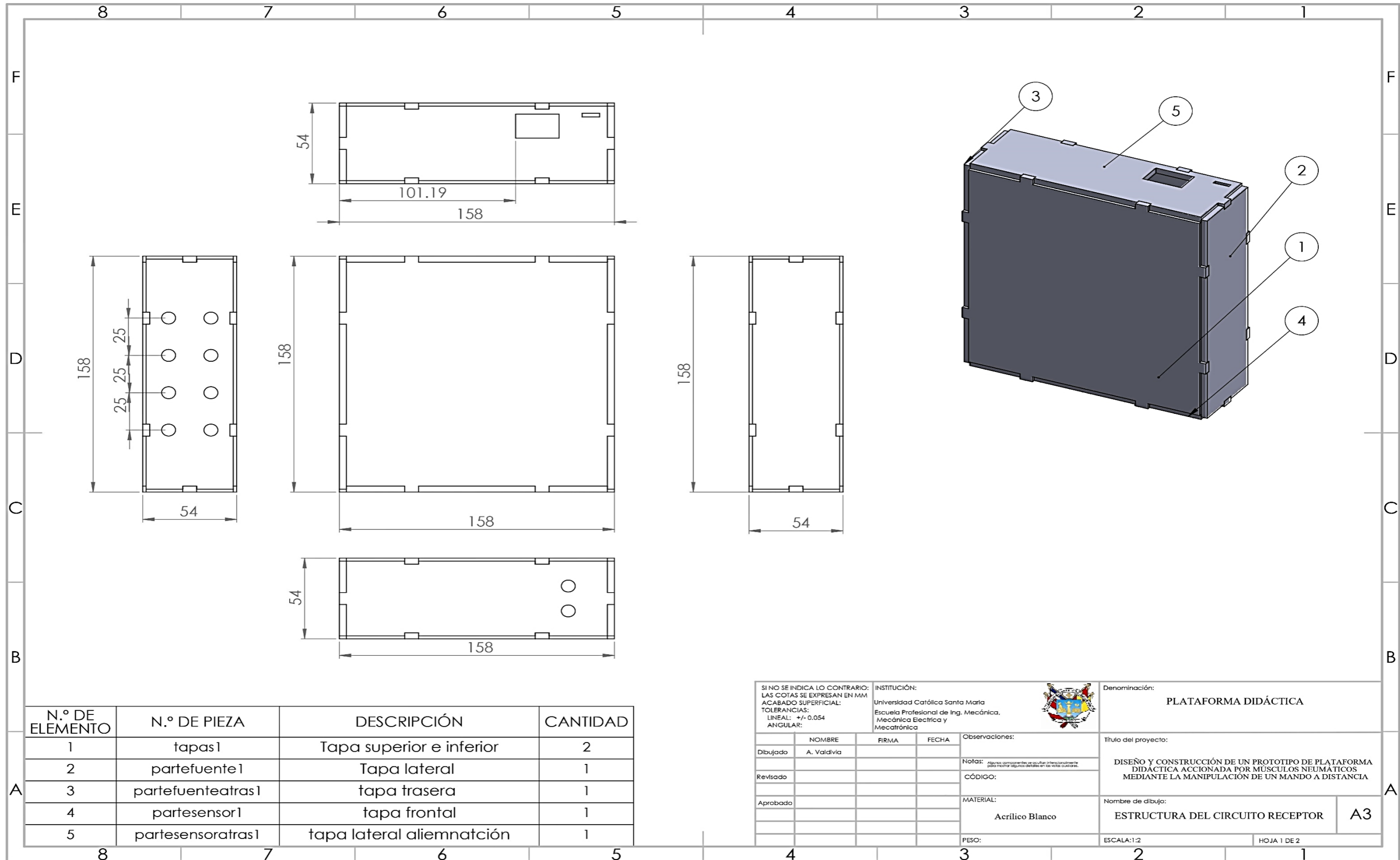
ANEXO 28: ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA DIDÁCTICA



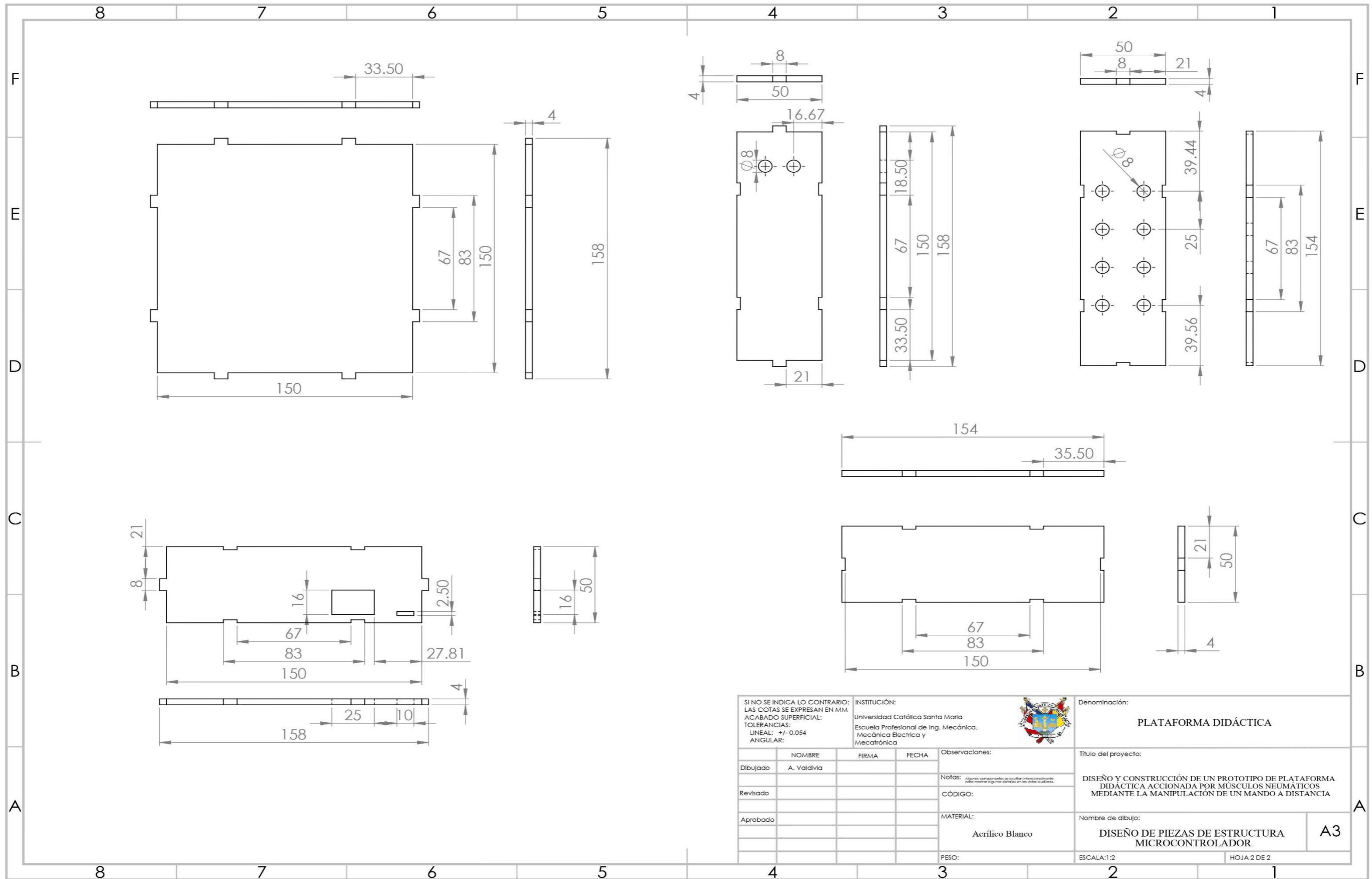
ANEXO 29: DISEÑO DE PIEZAS CREADAS PARA LA PLATAFORMA DIDÁCTICA



ANEXO 30: ESTRUCTURA DE CIRCUITO DE RECEPTOR

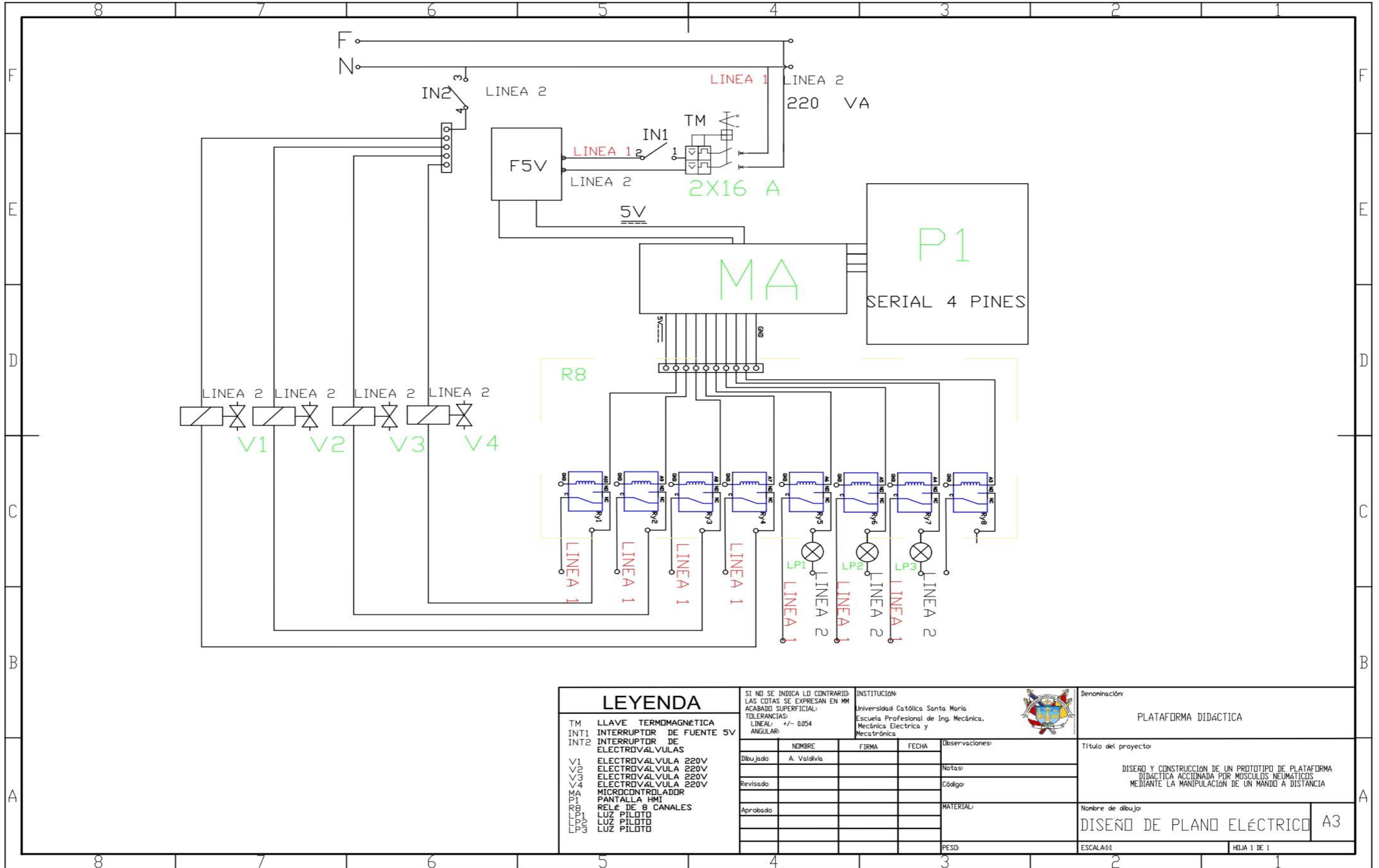


ANEXO 31: DISEÑO DE PIEZAS CREADAS PARA CIRCUITO RECEPTOR



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: +/- 0.054 ANGULAR:		INSTITUCIÓN: Universidad Católica Santa María Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica			Denominación: PLATAFORMA DIDÁCTICA	
Dibujado A. Valdivia		FIRMA			Título del proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA DIDÁCTICA ACCIONADA POR MÚSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA	
Revisado		FECHA		Observaciones: Notas: algunos componentes se ocultan intencionalmente para mostrar algunos detalles en los vistas siguientes.		
Aprobado		CÓDIGO:		MATERIAL: Acrílico Blanco		
		PESO:		Nombre de dibujo: DISEÑO DE PIEZAS DE ESTRUCTURA MICROCONTROLADOR		
				ESCALA: 1:2		
				HOJA 2 DE 2		

ANEXO 32: DISEÑO DE PLANO ELÉCTRICO



LEYENDA		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: +/- 0.054 ANGULAR:		INSTITUCIÓN: Universidad Católica Santa María Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		Denominación: PLATAFORMA DIDÁCTICA	
TM	LLAVE TERMOMAGNÉTICA						
INT1	INTERRUPTOR DE FUENTE 5V						
INT2	INTERRUPTOR DE ELECTROVÁLVULAS						
V1	ELECTROVÁLVULA 220V						
V2	ELECTROVÁLVULA 220V						
V3	ELECTROVÁLVULA 220V						
V4	ELECTROVÁLVULA 220V						
MA	MICROCONTROLADOR						
P1	PANTALLA HMI						
R8	RELÉ DE 8 CANALES						
LP1	LUZ PILOTO						
LP2	LUZ PILOTO						
LP3	LUZ PILOTO						
		NOMBRE	FIRMA	FECHA	Observaciones:	Título del proyecto:	
		Dibujado	A. Valdivia		Notas:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLATAFORMA DIDÁCTICA ACCIONADA POR MUSCULOS NEUMÁTICOS MEDIANTE LA MANIPULACIÓN DE UN MANDO A DISTANCIA	
		Revisado			Código:	Nombre de dibujo:	
		Aprobado			MATERIAL:	DISEÑO DE PLANO ELÉCTRICO A3	
					PESD:	ESCALA:1/1	HOJA 1 DE 1