



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS
INTERACTIVOS DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL
PARA LA EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO
DE NIÑOS CON AUTISMO EN ECUADOR”**

**AUTORES: FRANCISCO ADRIÁN HINOJOSA LÓPEZ
DIEGO RODRIGO PHILCO TOAZA**

**DIRECTOR: ING. SÁENZ, FABIÁN
CODIRECTOR: ING. FIGUEROA, PABLO**

SANGOLQUÍ

2015

CERTIFICADO DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Certificamos que, el proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS INTERACTIVOS DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL PARA LA EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE NIÑOS CON AUTISMO EN ECUADOR” fue realizado en su totalidad por Francisco Adrián Hinojosa López y Diego Rodrigo Philco Toaza, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica.



Ing. Fabián Sáenz
DIRECTOR



Ing. Pablo Figueroa
CODIRECTOR

Sangolquí, 18 de Febrero de 2015

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS INTERACTIVOS DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL PARA LA EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE NIÑOS CON AUTISMO EN ECUADOR”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva y respetando derechos intelectuales de terceros. Por lo que nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

ELABORADO POR:



Francisco Adrián Hinojosa López

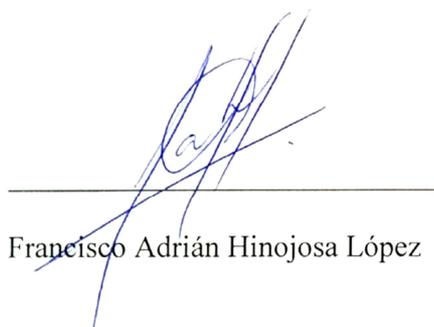


Diego Rodrigo Philco Toaza

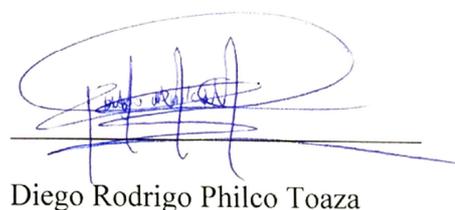
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Francisco Adrián Hinojosa López y Diego Rodrigo Philco Toaza, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la institución, del proyecto de grado titulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS INTERACTIVOS DE ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL PARA LA EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE NIÑOS CON AUTISMO EN ECUADOR”, cuyo contenido, ideas y criterios son nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.



Francisco Adrián Hinojosa López



Diego Rodrigo Philco Toaza

Sangolquí, 18 de Febrero de 2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente al todo poderoso por haberme dado la vida y la oportunidad de llegar a este proceso tan importante para mi formación profesional. A mi madre por ser la mujer que ha tenido las agallas de luchar contra todo para apoyarme incondicionalmente sin importar la distancia y los problemas, tu mi chelita eres lo más genial de mi vida. A mi padre, que día a día lucha arduamente en su trabajo eres mi más grande ejemplo para mi vida, a pesar de que no les vea mucho están en mi ser diariamente. A mi hermana, Priscila, por ese apoyo por ese optimismo y esas ganas de jamás darse por vencido, infinitamente gracias por todo ese apoyo a pesar que no seamos muy expresivos te quiero y siempre estaré para ti. A los niños con Autismo, que este sea el inicio de un cambio para ellos, de corazón el ver su sonrisa es lo más gratificante como ser humano.

Diego

A los que nadie dedica nada, los desapercibidos, que quizás son los que más necesitan pero siempre son los menos beneficiados. Esperando que el esfuerzo no sea una mentira que simplemente ha dado sentido a lo que estudié, pero no transforme la realidad.

A los que compartieron, algunos desde la vereda, otros caminando juntos, otros en los cruces, pero que son y han hecho parte del camino. A los que han estado tras cámaras, haciéndome saber que no somos los protagonistas...

Francisco

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por darme la fuerza y constancia para culminar este paso importante en mi carrera. A mis padres por sus consejos, apoyo y fuerza para afrontar cada dificultad en el camino de la vida, aportando siempre con sus experiencias y corrigiendo mis errores y que estén a mi lado para ver mis triunfos. Me enseñaron que todo lo que te imagines lo puedes conseguir en la vida, depende de cuánto lo desees. A mi hermana, porque simplemente eres una luchadora, eres una profesional excelente y una gran madre, negra te adoro. A mi compañero y amigo, Francisco, que cada día aporto con su constancia, creatividad y responsabilidad para lograr tan anhelado proyecto, gracias Fran, pa lante. A nuestros tutores de tesis que nos dieron su apoyo incondicional para el proceso y culminación de nuestro trabajo. A mis amigos y grupo de baile, sin duda este proceso universitario ha sido muy satisfactorio y gratificante para mi vida, por su calidad humana y su gran amistad.

Diego

A la vida, que entre las posibilidades infinitas me tiene aquí y ahora, y me hizo coincidir con los que permitieron que esto sea posible; y que afortunadamente me enseñaron, que no es verdad que el graduarse te hace alguien, que el título no dice lo que sabes, ni lo que puedes hacer, y que los logros alcanzados son tan extraordinarios como cualquier momento, simplemente porque son únicos...

Francisco

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIX
RESUMEN.....	XXI
ABSTRACT	XXII
1.0. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.4. ALCANCE DEL PROYECTO	7
1.5. OBJETIVOS	10
2.0. MARCO TEÓRICO	11
2.1. FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL AUTISMO	11
2.2. ELEMENTOS Y MECANISMOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS	20
2.2.1. <i>Elementos y mecanismos mecánicos</i>	20
2.2.1.1. Materiales para estructuras de los módulos	20
2.2.1.2. Mecanismos para el movimiento lineal	22
2.2.1.3. Disipador de calor	27

2.2.1.4. Rodamientos.....	28
2.2.2. <i>Elementos eléctricos/electrónicos y de control</i>	29
2.2.2.1. Fuente de Alimentación	29
2.2.2.2. Actuadores.....	32
2.2.2.2.1. Motores	32
2.2.2.2.2. Placas Termoeléctricas.....	33
2.2.2.2.3. Cinta led	35
2.2.2.3. Sensores	36
2.2.2.3.1. Sensor Óptico	36
2.2.2.3.2. Sensor de temperatura.....	37
2.2.2.3.3. Sensor de peso.....	38
2.2.2.3.4. Sensor de giro.....	40
2.2.2.4. Elementos de control.....	41
2.2.2.4.1. Controladores	41
2.2.2.4.2. Elementos de amplificación o interrupción.....	43
3.0. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CADA MÓDULO.....	46
3.1. PROPUESTA DE MÓDULOS A IMPLEMENTAR.....	46
3.2. MÓDULO 1: CALLE-SEMÁFORO.....	46
3.2.1. <i>Diseño Mecánico</i>	47
3.2.1.1. Análisis y selección de alternativas.....	47
3.2.1.2. Diseño y selección de elementos mecánicos.....	51
3.2.1.2.1. Banda transportadora (autos)	51
3.2.1.2.2. Tornillo – Tuerca (persona)	81
3.2.2. <i>Sistema de Control</i>	89
3.2.2.1. Diseño electrónico.....	89
3.2.2.1.1. Selección de elementos del sistema	89
3.2.2.1.2. Esquema lógico del circuito.....	98
3.2.2.1.3. Circuito de Control y Potencia.....	98
3.2.2.2. Lazo de control.....	103
3.2.2.3. Programa de control	103
3.2.3. <i>Montaje y Construcción</i>	104
3.2.3.1. Lista de elementos.....	104

3.2.3.2.	Proceso de construcción y montaje	105
3.2.3.3.	Manual de usuario y funcionamiento	108
3.3.	MÓDULO 2: FOTOS DE ROSTROS	108
3.3.1.	<i>Diseño Mecánico</i>	109
3.3.1.1.	Diseño y selección de elementos.....	110
3.3.2.	<i>Sistema de Control</i>	120
3.3.2.1.	Diseño electrónico.....	120
3.3.2.1.1.	Selección de elementos del sistema	120
3.3.2.1.2.	Esquema lógico del circuito	122
3.3.2.1.3.	Circuito de Control y Potencia.....	123
3.3.2.2.	Lazo de control.....	124
3.3.2.3.	Programa de control	124
3.3.3.	<i>Montaje y Construcción</i>	125
3.3.3.1.	Lista de elementos.....	125
3.3.3.2.	Proceso de construcción y montaje	126
3.3.3.3.	Manual de usuario y funcionamiento	129
3.4.	MÓDULO 3: TEMPERATURAS.....	129
3.4.1.	<i>Diseño mecánico</i>	130
3.4.2.	<i>Sistema de Control</i>	133
3.4.2.1.	Diseño electrónico.....	133
3.4.2.1.1.	Selección de elementos del sistema	133
3.4.2.1.2.	Esquema lógico del circuito	138
3.4.2.1.3.	Circuito de Control y Potencia.....	138
3.4.2.2.	Lazo de control.....	140
3.4.2.3.	Programa de control	140
3.4.3.	<i>Montaje y Construcción</i>	141
3.4.3.1.	Lista de elementos.....	141
3.4.3.2.	Proceso de construcción y montaje	141
3.4.3.3.	Manual de usuario y funcionamiento	143
3.5.	MÓDULO 4: TEXTURAS	144
3.5.1.	<i>Diseño Mecánico</i>	144
3.5.2.	<i>Sistema de Control</i>	147

3.5.2.1.	Diseño electrónico.....	147
3.5.2.1.1.	Selección de elementos del sistema	147
3.5.2.1.2.	Esquema lógico del circuito	149
3.5.2.1.3.	Circuito de Control y Potencia.....	150
3.5.2.2.	Lazo de control.....	151
3.5.2.3.	Programa de control	151
3.5.3.	<i>Montaje y Construcción</i>	152
3.5.3.1.	Lista de elementos.....	152
3.5.3.2.	Proceso de construcción y montaje	152
3.5.3.3.	Manual de usuario y funcionamiento	154
3.6.	MÓDULO 5: TUBO DE BURBUJAS	155
3.6.1.	<i>Diseño Mecánico</i>	155
3.6.2.	<i>Sistema de Control</i>	157
3.6.2.1.	Diseño electrónico.....	158
3.6.2.1.1.	Selección de elementos del sistema	158
3.6.2.1.2.	Esquema lógico del circuito	162
3.6.2.1.3.	Circuito de Control y Potencia.....	163
3.6.2.2.	Lazo de control.....	164
3.6.2.3.	Programa de control	164
3.6.3.	<i>Montaje y Construcción</i>	165
3.6.3.1.	Lista de elementos.....	165
3.6.3.2.	Proceso de construcción y montaje	165
3.6.3.3.	Manual de usuario y funcionamiento	166
3.7.	MÓDULO 6: LEVITADOR DE PELOTA	167
3.7.1.	<i>Diseño Mecánico</i>	167
3.7.2.	<i>Sistema de Control</i>	169
3.7.2.1.	Diseño electrónico.....	169
3.7.2.1.1.	Selección de elementos del sistema	169
3.7.2.1.2.	Esquema lógico del circuito	172
3.7.2.1.3.	Circuito de Control y Potencia.....	173
3.7.2.2.	Lazo de control.....	174
3.7.2.3.	Programa de control	174

3.7.3. Montaje y Construcción	175
3.7.3.1. Lista de elementos.....	175
3.7.3.2. Proceso de construcción y montaje	176
3.7.3.3. Manual de usuario y funcionamiento.....	177
4.0. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONJUNTO	178
4.1. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	179
4.2. SISTEMA DE CONTROL CONJUNTO	180
4.3. MANUAL DE USUARIO.....	186
5.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	187
6.0. REFERENCIAS:.....	189
7.0. ANEXOS	197

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Banda con Polea y Acople.....	23
Figura 2. Tuerca Husillo	23
Figura 3. Banda Transportadora con Rodillo.....	24
Figura 4. Biela – Manivela.....	24
Figura 5. Leva – Seguidor.....	25
Figura 6. Piñón - Cremallera.....	25
Figura 7. Cilindro Neumático.	26
Figura 8. Cilindro Eléctrico.....	27
Figura 9. Disipador de Calor.....	27
Figura 10. Disipador de Calor.....	28
Figura 11. Rodamientos de Bolas y Cilindros	28
Figura 12. Rodamiento de Carga Radial	29
Figura 13. Rodamiento de Carga axial.....	29
Figura 14. Carga combinada.	29
Figura 15. Voltajes de alimentación utilizados.....	30
Figura 16. Corriente Alterna.	30
Figura 17. Corriente continua.	31
Figura 18. Fases de la fuente de alimentación.	31
Figura 19. Señales de las etapas de Fuente de alimentación.....	31
Figura 20. Esquemático de principio del motor de corriente continua.	33
Figura 21. Composición de placa termoeléctrica.....	34
Figura 22. Efecto peltier.....	35
Figura 23. Placa termoeléctrica.....	35
Figura 24. Optoswitch.....	37
Figura 25. LM35.	38
Figura 26. FlexiForce.	38
Figura 27. Flexiforce - Fuerza vs Resistencia.....	39
Figura 28. Alfombra switch.	39
Figura 29. Rotary Encoder	40
Figura 30. Forma de onda de encoder rotativo.	41
Figura 31. Arduino Uno.	42

Figura 32. Raspberry Pi B+.....	42
Figura 33. Símbolos y sentidos de un Transistor bipolar a) NPN y b) PNP	44
Figura 34. Vista en corte del relé y su esquemático.....	45
Figura 35. Esquema Calle-Semáforo.	46
Figura 36. Banda transportadora autos. Fuente Propia	51
Figura 37. Estructura de la banda Ciudad-Semáforo.	52
Figura 38. Cargas aplicadas sobre la Estructura Banda Semáforo	53
Figura 39. Análisis de Resistencia Estructura Banda Semáforo.....	53
Figura 40. Fuerza tangencial.....	58
Figura 41. Fuerzas en la banda.....	58
Figura 42. Tensiones en la Banda de autos.....	60
Figura 43. Longitud de ajuste banda.....	61
Figura 44. Características del motor banda autos.....	63
Figura 45. Cargas en los Rodillos.....	64
Figura 46. Diagrama de cargas sobre el Rodillo.....	66
Figura 47. Rodillo Móvil	67
Figura 48. Diámetros de Flecha rodillo Móvil.....	67
Figura 49. Rodillo Fijo.....	68
Figura 50. Diámetros de Flecha rodillo Fijo	68
Figura 51. Diagrama de Cargas sobre la Flecha rodillo Fijo	69
Figura 52. Diagrama Cortantes.....	69
Figura 53. Diagrama de Momentos.....	70
Figura 54. Rodamiento de bolas 6204Z.....	77
Figura 55. Chumacera Rodillo Banda.....	79
Figura 56. Características de la chumacera UCF201-8.....	80
Figura 57. Sello de eje rodillo 20mm.....	81
Figura 58. Sistema Tornillo-Tuerca.....	82
Figura 59. Tornillo-Tuerca.....	83
Figura 60. Cargas en la rosca de un tornillo.....	84
Figura 61. Cálculo de tornillos de Potencia	85
Figura 62. Motor para peatón.....	86
Figura 63. Características del rodamiento 626ZZ.....	88

Figura 64. Carro de deslizamiento lineal LM8UU.....	89
Figura 65. Dimensiones de optoswitch.....	91
Figura 66. Conexión interna interruptor óptico.....	91
Figura 67. Conexión circuito externo de interruptor óptico.....	92
Figura 68. Botón.....	93
Figura 69. Arduino Uno.....	93
Figura 70. Conexión del relé.....	95
Figura 71. Módulo de 2 relés.....	95
Figura 72. Led para semáforo.....	95
Figura 73. Botón de audio.....	96
Figura 74. Conexión regulador 7805.....	97
Figura 75. Convertidor 12V a 5V.....	97
Figura 76. Circuito Lógico Calle-Semáforo.....	98
Figura 77. Circuito Esquemático Semáforo.....	99
Figura 78. Circuito Esquemático Semáforo-Parte1.....	100
Figura 79. Circuito Esquemático Semáforo-Parte2.....	100
Figura 80. Circuito Esquemático Semáforo-Parte2.....	101
Figura 81. Circuito en Vista Real Semáforo-Parte1.....	101
Figura 82. Circuito en Vista Real Semáforo-Parte2.....	102
Figura 83. Circuito en Vista Real Semáforo-Parte3.....	103
Figura 84. Diagrama de bloques control Semáforo.....	103
Figura 85. Foto construcción estructura Semáforo.....	106
Figura 86. Foto montaje banda Semáforo.....	107
Figura 87. Foto montaje partes maqueta Semáforo.....	107
Figura 88. Foto construcción Tornillo-Tuerca Semáforo.....	108
Figura 89. Foto montaje electrónico Semáforo.....	108
Figura 90. Fotos – Rostros.....	109
Figura 91. Estructura de la banda Fotos-Rostros.....	111
Figura 92. Cargas aplicadas Estructura Banda Fotos.....	112
Figura 93. Análisis de Resistencia Estructura Banda Fotos.....	112
Figura 94. Banda transportadora Fotos-Rostros.....	113
Figura 95. Fuerza tangencial Banda Fotos.....	116

Figura 96. Tensiones en la Banda de Fotos.	117
Figura 97. Cargas en los rodillos Banda de Fotos.....	119
Figura 98. Circuito Lógico Fotos-Rostros.	123
Figura 99. Circuito Esquemático Fotos-Rostros.....	123
Figura 100. Circuito Vista Real Fotos-Rostro.	124
Figura 101. Diagrama de bloques Fotos-Rostros.....	124
Figura 102. Fotos estructura Banda Fotos.	127
Figura 103. Fotos montaje rodillos Fotos.	127
Figura 104. Fotos montaje banda Fotos.	127
Figura 105. Fotos carcasa Fotos.....	128
Figura 106. Fotos montaje eléctrico Fotos.....	128
Figura 107. Fotos Prueba funcionamiento Fotos.	128
Figura 108. Módulo Temperatura.	129
Figura 109. Aplicación de cargas Temperaturas solidworks.	131
Figura 110. Análisis de Resistencia Temperaturas Solidworks.....	131
Figura 111. Esquema estructura interna.....	132
Figura 112. Esquema de ensamblaje disipador.....	133
Figura 113. Placa Peltier TEC1-12708.....	134
Figura 114. Esquema de ensamblaje ventilador disipador.....	134
Figura 115. Ventilador de computador.....	135
Figura 116. Cinta Led.	135
Figura 117. Conexión básica LM35.....	136
Figura 118. Circuito Lógico Temperaturas.....	138
Figura 119. Circuito Esquemático Temperaturas.....	139
Figura 120. Circuito Esquemático Temperaturas.....	139
Figura 121. Diagrama de bloques lazo cerrado.....	140
Figura 122. Fotos armado estructura Temperaturas.....	142
Figura 123. Fotos montaje disipador Temperaturas.....	142
Figura 124. Fotos montaje Peltier Temperaturas.	142
Figura 125. Fotos montaje electrónica Temperaturas.....	143
Figura 126. Fotos Prueba funcionamiento Temperaturas.....	143
Figura 127. Esquema Módulo de Texturas.....	144

Figura 128. Cargas aplicadas Módulo Texturas.....	145
Figura 129. Análisis de Resistencia Texturas Solidworks.....	146
Figura 130. Rodamiento carga axial 1000lb.....	147
Figura 131. Rotary Encoder.....	148
Figura 132. Sensor de giro en la base de Texturas.....	148
Figura 133. Circuito Lógico Texturas.....	150
Figura 134. Circuito Esquemático Texturas.....	150
Figura 135. Circuito en Vista Real.....	151
Figura 136. Diagrama de bloques de control Texturas	151
Figura 137. Foto construcción prisma texturas.....	153
Figura 138. Fotos rodamiento Texturas.....	153
Figura 139. Fotos sensor giro Texturas.....	153
Figura 140. Fotos sensor giro Texturas.....	154
Figura 141. Tubo de Burbujas.....	155
Figura 142. Aplicación de cargas Burbujas Solidworks.....	157
Figura 143. Resultado de esfuerzos Burbujas Solidworks.....	157
Figura 144. Bomba de aire.....	158
Figura 145. Foco LED Burbujas.....	159
Figura 146. FlexiForce.....	159
Figura 147. Posición del sensor de peso.....	160
Figura 148. Esquema transistor TIP122.....	161
Figura 149. Conexión del circuito del transistor.....	161
Figura 150. Circuito Lógico Burbujas.....	162
Figura 151. Circuito Esquemático Burbujas.....	163
Figura 152. Circuito en Vista Real Burbujas.....	163
Figura 153. Diagrama de Lazo abierto de control Burbujas	164
Figura 154. Foto construcción tubo de acrílico.....	165
Figura 155. Foto construcción base Burbujas.....	166
Figura 156. Foto montaje electrónico Burbujas.....	166
Figura 157. Foto Pruebas funcionamiento Burbujas.....	166
Figura 158. Levitador de pelota.....	167
Figura 159. Cargas aplicadas sobre le estructura Levitador Solidworks.....	168

Figura 160. Resultados de análisis de esfuerzos Levitador Solidworks.	169
Figura 161. Mini turbo Fan.	170
Figura 162. Potenciómetro lineal.	171
Figura 163. Circuito Lógico Levitador Pelota.	173
Figura 164. Circuito Esquemático Levitador Pelota.	173
Figura 165. Circuito en Vista Real Levitador Pelota.	174
Figura 166. Diagrama de bloques control Levitador.	174
Figura 167. Foto montaje Tubo Levitador.	176
Figura 168. Foto estructura Levitador.	176
Figura 169. Foto montaje electrónico Levitador.	176
Figura 170. Foto Prueba Funcionamiento Levitador.	177
Figura 171. Alfombra switch.	181
Figura 172. Conexión de alfombra-interruptor.	181
Figura 173. Circuito Lógico Control Principal.	183
Figura 174. Circuito Esquemático de Entradas de Conjunto.	183
Figura 175. Circuito Esquemático de Salidas de Conjunto.	184
Figura 176. Circuito en Vista Real de Entradas de Conjunto.	184
Figura 177. Circuito en Vista Real de Salidas de Conjunto.	185
Figura 178. Esquema del HMI.	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	17
Tabla 2.....	48
Tabla 3.....	50
Tabla 4.....	55
Tabla 5.....	57
Tabla 6.....	59
Tabla 7.....	78
Tabla 8.....	79
Tabla 9.....	93
Tabla 10.....	103
Tabla 11.....	104
Tabla 12.....	126
Tabla 13.....	140
Tabla 14.....	141
Tabla 15.....	152
Tabla 16.....	152
Tabla 17.....	164
Tabla 18.....	165
Tabla 19.....	174
Tabla 20.....	175
Tabla 21.....	182
Tabla 22.....	185

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A.1 PLANOS

A.1.1. Módulo Calle Semáforo

A.1.1.1. Plano Banda Transportadora Módulo Semáforo (MCT_01).

A.1.1.2. Plano Despiece Banda Transportadora Módulo Semáforo (MCT_02).

A.1.1.3. Plano Rodillo Móvil Módulo Banda Transportadora (MCT_03).

A.1.1.4. Plano Estructura Módulo Semáforo (MCT_04).

A.1.1.5. Plano Despiece Rodillo Móvil Módulo Semáforo (MCT_05).

A.1.1.6. Plano Acoples a Eje Móvil (MCT_06).

A.1.1.7. Plano Medidas Rodillo Móvil Módulo Semáforo (MCT_07).

A.1.1.8. Plano Despiece Rodillo Fijo Módulo Semáforo (MCT_08).

A.1.1.9. Plano Medidas Rodillo Fijo Módulo Semáforo (MCT_09).

A.1.1.10. Plano Despiece Tornillo Sin Fin Módulo Semáforo (MCT_10).

A.1.1.11. Plano Tornillo Sin Fin Módulo Semáforo (MCT_11).

A.1.1.12. Plano Medidas Tornillo Sin Fin Módulo Semáforo (MCT_12).

A.1.2. Módulo Tubo de Burbujas

A.1.2.1. Despiece Módulo Tubo de Burbujas (MCT_13).

A.1.2.2. Plano Módulo Tubo de Burbujas (MCT_14).

A.1.2.3. Plano Medidas Módulo de Burbujas (MCT_15).

A.1.3. Módulo Texturas

A.1.3.1. Plano Módulo Texturas (MCT_16).

A.1.3.2. Plano Despiece Módulo Texturas (MCT_17)

A.1.3.3. Plano Medidas Módulo Texturas (MCT_18)

A.1.4. Módulo Levitador Pelota.

A.1.4.1. Plano Módulo Levitador Pelota (MCT_19).

A.1.4.2. Plano Medidas Módulo Levitador Pelota (MCT_20).

A.1.5. Módulo Temperatura

A.1.5.1. Planos Módulo Temperatura (MCT_21).

- A.1.5.2. Planos Despiece Módulo Temperatura (MCT_22).
- A.1.5.3. Planos Medidas Módulo Temperatura (MCT_23).
- A.1.6. Módulo Fotografías
 - A.1.6.1. Plano Módulo Fotografías (MCT_24).
 - A.1.6.2. Plano Despiece Módulo Fotografías (MCT_25).
 - A.1.6.3. Plano Medidas Estructura Módulo Fotografías (MCT_26).
 - A.1.6.4. Plano Despiece Rodillo Móvil Módulo Fotografías (MCT_27).
 - A.1.6.5. Plano Medidas Rodillo Móvil Módulo Fotografías (MCT_28).
 - A.1.6.6. Plano Rodillo Móvil Módulo Fotografías (MCT_29).
 - A.1.6.6. Plano Despiece Rodillo Fijo Módulo Fotografías (MCT_30).
 - A.1.6.7. Plano Medidas Rodillo Fijo Módulo Fotografías (MCT_31).

Anexo A.2 MANUALES DE USUARIO

- A.2.1. Manual de Usuario Módulo Semáforo
- A.2.2. Manual de Usuario Módulo Fotos-Rostros
- A.2.3. Manual de Usuario Módulo Temperaturas
- A.2.4. Manual de Usuario Módulo Texturas
- A.2.5. Manual de Usuario Módulo Agua-Burbujas
- A.2.6. Manual de Usuario Módulo Levitador Pelota
- A.2.7. Manual de Usuario Conjunto

RESUMEN

El proyecto consiste en la construcción de módulos interactivos (tipo juegos) para el montaje de un aula de estimulación multisensorial para niños con autismo. La utilización de los módulos podrá dar apoyo en la estimulación de los niños y facilidades a los profesionales en el tema, para el diagnóstico y tratamiento. El aula de estimulación sensorial consiste en un sistema de 6 módulos interactivos que funcionan independientemente pero se controlan y monitorean centralizadamente. Los módulos interactúan con los niños a través de botones perillas y sensores, para incentivar la toma de decisiones que generen acciones que son percibidas a través de sus sentidos; por lo que en éstos módulos intervienen texturas, luces, temperaturas y movimientos, que, a través de actuadores incentivan el uso de cada uno de ellos. El funcionamiento del conjunto de módulos consiste dos funciones básicas: Monitoreo (visualización) y control (manipulación). Se visualizará los tiempos de permanencia en cada uno de los módulos y se podrá manipular el encendido y apagado de cada uno de estos, lo que prestará facilidades y herramientas a los profesionales en el tema del autismo para realizar investigación y experimentación tanto en el comportamiento de los niños, como en la utilidad y eficacia de cada uno de los módulos; esto permitirá conocer con datos medibles, el estado y avance de los niños, y realizar la propuesta de nuevos módulos. Se utiliza una interfaz o programa para Windows, para que el encargado pueda interactuar con los módulos, visualizar tiempos y controlar encendido y apagado de cada uno.

PALABRAS CLAVE:

- **AUTISMO**
- **ESTIMULACIÓN SENSORIAL**
- **AULA MULTISENSORIAL**
- **JUEGOS INTERACTIVOS**
- **ESTIMULACIÓN DE NIÑOS AUTISTAS**

ABSTRACT

The project involves the construction of interactive modules (games) for installation of a multisensory classroom for children with autism. The use of the modules can provide support in stimulating children and facilities to professionals in the field, for diagnosis and treatment. The classroom sensory stimulation consists of a set of 6 interactive modules that operate independently but are controlled and monitored centrally. The modules interact with children through knobs, buttons and sensors, to encourage decisions that generate actions that are perceived through the senses; so these modules involve texture, light, temperatures and movements that, through the use of actuators encourages the interaction with each one. The operation of all modules is two basic functions: monitoring (display) and control (handling). Residence times in each of the modules are displayed, and each module can be manipulated the (on and off), which provide facilities and tools to professionals in the field of autism for research and experimentation in the conduct of children, and the usefulness and effectiveness of each of the modules; this will meet with measurable data, the status and progress of the children, and propose new modules. A program for Windows will be the interface between the professional and the system, so the manager can interact with modules, control the time, and the on and off of each module.

KEYWORDS:

- **AUTISM**
- **SENSORY STIMULATION**
- **MULTISENSORY ROOM**
- **INTERACTIVE GAMES**
- **STIMULATION**
- **AUTISTIC CHILDREN STIMULATION**

CAPÍTULO 1

1.0. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en la construcción de módulos interactivos (tipo juegos) para el montaje de un aula de estimulación multisensorial para niños con autismo. La utilización de los módulos podrá dar apoyo en la estimulación de los niños y facilidades a los profesionales en el tema, para el diagnóstico y tratamiento.

La estimulación de los niños se realizará por medio de juegos interactivos que involucren algunos de los sentidos y que les permitan decidir y realizar acciones, para así generar reacciones en actuadores tales como: motores, ventiladores, luces, válvulas, etc. Ésta interacción se la realizará a través de botones, perillas y sensores que serán los encargados de percibir la acción de los niños y transformarlos en impulsos para la activación de los actuadores; de esta forma, se puede manipular variables como temperatura, colores, intensidades, etc., que hagan comprobar al niño que son capaces de modificar la realidad por medio de sus acciones y que son ellos los que controlan los objetos; así, además de estimular los sentidos, los niños lograrán estar en un ambiente que permanentemente los incentiva a comunicarse con el mundo externo.

Las facilidades que dará a los profesionales en el tema del autismo, más allá de que es un aula donde los niños se pueden entretener sin estar al lado de ellos, es la información que se proporcionará de la cantidad de tiempo que permanece el niño en cada uno de los módulos. Esto permitirá una visualización de datos de una manera más exacta, sin distraerse en tomar tiempos manualmente; lo que facilitará conocer el estado de cada niño de una forma más objetiva, para así tomar las mejores decisiones en el tratamiento.

La toma de tiempos en cada uno de los módulos se realizará por medio de sensores, éstos transmitirán datos a una computadora, donde se podrá visualizar los

tiempos y controlar la activación de módulos; de esta forma, se podrá guiar la estimulación de los niños de una forma remota y personalizada sin estar al lado de ellos diciéndoles lo que tienen que hacer.

La idea es implementar cuatro bloques de módulos que se acordaron con los profesionales en el tema del autismo. La propuesta de los módulos es la siguiente:

- Autos-semáforo
- Control de objetos
- Sentidos
- Fotografías rostros

Cada bloque posee uno o más módulos. Se los distribuyó de esta forma para organizarlos y manejarlos en espacios diferenciados como requerimiento de los profesionales.

1.2. Antecedentes

En los últimos años, el estudio e investigación de las dificultades especiales y del desarrollo, han diversificado y definido una gran cantidad de trastornos en los niños. Uno de los trastornos que se presenta en varios niños es el autismo, el cual, debido a su complejidad, se sigue investigando y desarrollando nuevas teorías en varios campos de la ciencia como la genética, la neurociencia, la psicología y la psiquiatría, que buscan obtener mejores métodos y resultados tanto en la detección y diagnóstico, como en el tratamiento y evolución de los niños que poseen este tipo de trastorno.

El autismo es un trastorno más común de lo que se piensa. La organización de Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC)¹, en el 2014 estima que 1 de cada 68 niños de 8 años de edad han sido identificados con el Trastorno del

¹ CDC: *Centers for Disease Control and Prevention*, Centros para el control y prevención de enfermedades, más información en: www.cdc.gov

Espectro Autista (TEA)² en Estados Unidos. (Baio, EdS, National Center on Birth Defects and Developmental, & CDC, 2014) El problema agravante es que muy pocos pediatras saben sobre autismo, solo el 8% de ellos puede determinar autismo principalmente por la falta de herramientas de diagnóstico. (Autism Research Institute, 2014)

El TEA, al referirse a *espectro* implica todo un abanico de manifestaciones del trastorno; esto es lo que ha complicado la generalización de teorías para diagnóstico y tratamiento óptimo de las personas con TEA pues puede variar para cada caso, y mientras se continúa investigando, surgen nuevas teorías, visiones y entendimientos del autismo, lo que hacen que los manuales de diagnóstico, y por lo tanto los tratamientos, evolucionen constantemente. Así anteriormente se lo trataba como retraso mental o un tema psíquico, y ahora se lo ve como un trastorno o problema en la comunicación y la relación. (Repeto, 2006, pág. 9) Esta visión es relativamente nueva pues fue validada y aceptada en el DSM-V³ en marzo de 2013, y significa un giro importante en cuanto al diagnóstico y tratamiento del mismo; lo que implica que la estimulación tendría que ser direccionada a la comunicación e interacción.

Es complicado analizar el autismo a nivel nacional puesto que al no ser un tema muy conocido, son pocos los centros que lo tratan. En el Ecuador solo se tiene datos de niños con discapacidad, pero nunca se ha hecho un censo oficial sobre la población autista, como ocurre en el caso de países desarrollados. Sin embargo, Ligia Noboa de la Fundación *Entra a mi Mundo* realizó en 2011, junto con su equipo, una estadística en la ciudad de Cuenca. Luego de hacer proyecciones a nivel nacional establecieron que aproximadamente hay 1 niño de cada 144 que tiene el TEA en el Ecuador, sin tomar en cuenta el área rural. Este no es un dato oficial y no ha sido corroborado por ninguna entidad gubernamental, sin embargo marca un punto de partida sobre la situación en nuestro país. (Páez & Ayala, 2012)

Uno de los espacios en los que se ha podido influir con alentadores resultados en los niños con trastornos, son las aulas multisensoriales, donde, a través del contacto de los niños con objetos, proporcionan la interacción de sus sentidos, que, al ser

² TEA: Trastorno del Espectro Autista, en inglés: Autism Spectrum Disorder (ASD)

³ DSM-V: *The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* 5th edition, Manual de diagnóstico y estadístico de trastornos mentales de la *American Psychiatry Association* (APA)

atractivos generan un interés y por lo tanto mayor estimulación. Las aulas de estimulación sensorial nacieron en los años sesenta como apoyo terapéutico para enfermedades mentales; éstas se fueron desarrollando con el tiempo y al combinar nuevas técnicas, se las utilizó para personas con algún déficit psíquico o físico. Este desarrollo de las aulas de estimulación a través de los años es lo que generaría que se conviertan en un apoyo fundamental en la educación de niños con discapacidades y complemento en la terapia de enfermedades. Estas aulas supusieron una alternativa muy prometedora para actividades terapéuticas tradicionales, lo que permitió que se conociera y se utilice con mayor frecuencia a nivel mundial. (Gómez, 2009)

1.3. Justificación e Importancia

La estimulación en los niños con TEA puede influir positivamente en su adaptación a la sociedad y en la reducción de los déficits que presentan, por lo que, mientras más temprano se haga un diagnóstico y tratamiento, mejores resultados se pueden obtener y mayores habilidades pueden desarrollar los niños para su desenvolvimiento en la sociedad y el mejoramiento en su calidad de vida. (Sampedro, González, Vélez, & Lemos, 2013, pág. 457)

Uno de los espacios donde se realiza la estimulación, son las aulas multisensoriales donde se estimula los sentidos de los niños a través del contacto con objetos; pero, a pesar de que diversos estudios realizados han demostrado resultados alentadores con la creación de este tipo de espacios (Gómez, 2009), en Ecuador la aplicación de esta técnica todavía se encuentra en desarrollo y la cantidad de aulas multisensoriales es mínima. Además, a pesar de que a nivel mundial se utiliza las aulas de estimulación multisensorial para el tratamiento de muchas discapacidades, es relativamente nuevo el utilizarlas para personas con TEA, esto se debe a que el conocimiento del tema ha evolucionado constantemente y hasta hoy no se tiene teorías o tratamientos comprobados que funcionen de forma generalizada (Fuentes, y otros, 2006), esto también se debe a que es un trastorno del ESPECTRO autista y por lo tanto, tiene una gran cantidad de matices y se manifiesta diferente en cada caso;

además la diversidad de hipótesis acerca de la naturaleza del trastorno, ha limitado la eficacia y el direccionamiento de los tratamientos. (Repeto, 2006)

Por estos motivos se necesita módulos interactivos y controlables, que no solamente estimulen sensorialmente a los niños, sino que los motiven a relacionarse y tomar decisiones interactivamente con el medio que los rodea y además permita realizar adaptaciones para cada caso en particular. Para cumplir con esto, los módulos deben permitir modificar movimientos, luces y accionamiento de elementos para que los niños puedan sentir que son ellos mismos quienes manejan el mundo de las cosas y que sus acciones provocan un efecto en la realidad. Además se necesita de módulos que se puedan controlar en su encendido y apagado para poder adaptarse a cada niño en particular, según su diagnóstico. Complementariamente se necesita conocer de manera objetiva los resultados, es decir, medir por medio de sensores, el estado de los niños de una forma menos subjetiva como es el criterio de la persona que normalmente evalúa, que si bien es profesional y conoce del tema, se le pueden pasar por alto detalles importantes; es decir, adquirir datos medibles de las actividades y tiempo en cada módulo en los que el niño interactúa, que proporcionarán exactitud y objetividad en los resultados para poder conocer qué elementos son los más adecuados.

Para poder realizar un aula que cumpla con todos los requerimientos de estimulación e interacción de los niños con autismo, es necesaria la implementación de sistemas que manejen gran cantidad de actuadores para estar en contacto directo con los niños. Además se necesitará un sistema de comunicación y adquisición de datos de los módulos para poder visualizarlos y controlar remotamente. Todo este conjunto de sistemas requiere de conocimiento en varios campos de la ingeniería, tanto en mecánica, electrónica, control y programación, por lo que el estudiante de Ingeniería Mecatrónica, posee los conocimientos y el perfil más idóneo para construir este tipo de sistemas, que tanto bien pueden hacer a estos niños y al desarrollo del Ecuador. Esto evita la necesidad de importar sistemas elaborados o tecnologías de otros países, haciendo que el presupuesto destinado a la construcción de dichos módulos sea relativamente bajo, lo cual permitirá mejorar las condiciones de vida y estén más al alcance de todas las personas que sufren este tipo de trastorno.

1.4. Alcance del Proyecto

Los módulos de interacción multisensorial tendrán las siguientes características y alcances:

- Construcción de 4 módulos interactivos, distribuidos en un cuarto de aproximadamente 10 m².
- Los módulos podrán funcionar independientemente y se los puede activar o desactivar desde la computadora.
- La altura máxima de los módulos será de 1.50 m ya que servirá para niños de hasta 12 años.
- Acabados y decoración segura para los niños, ocultando los sistemas de movimiento mecánicos y control, para evitar que esté al alcance de los usuarios.
- Utilización de perillas, botones o sensores llamativos, que permitan al niño el control de cada uno de los módulos.
- Se podrá monitorear actividades y tiempos de cada niño en cada módulo, por medio de sensores de presencia o de peso, y, con un temporizador, contar el tiempo que ha transcurrido en cada módulo; de esta manera el evaluador de cada niño tendrá la posibilidad de visualizar los datos en un computador a través de un HMI⁴. Con el mismo HMI se podrá controlar el encendido y apagado de cada módulo para que el encargado pueda manejar y dirigir la estimulación personalizada para cada niño.
- El control, adquisición de datos y comunicación, se realizará mediante arduinos y placas electrónicas de relés. Para el control de los circuitos de potencia se utilizarán relés o placas electrónicas de dimmer o pwm.
- La realización de los módulos implica el montaje del aula sin los detalles de construcción de techo, paredes, piso o cableados; es decir, los elementos externos a los módulos no son parte del proyecto, ya que la idea es que los módulos se los pueda desmontar y movilizar fácilmente.
- Los datos serán visualizados pero no se guardará registro de los mismos, pues es un proceso innecesario en el alcance del proyecto, ya que los encargados

⁴ HMI: *Human Machine Interface (Interfaz Hombre Máquina)*

analizarán el estado de cada niño personalizadamente.

Sistema Eléctrico/Electrónico

Circuitos de alimentación: Las fuentes de alimentación serán independientes para cada módulo, con el objetivo de no tener problemas masivos o secuenciales y que los módulos puedan trabajar independientemente de problemas externos. La potencia de las fuentes se escogerá dependiendo de la carga que posea cada módulo, aunque en lo posible se tratará de estandarizar la misma potencia para todos los módulos, de manera que sea más fácil su reemplazo en caso de desperfecto. Básicamente se manejarán los voltajes de 12 VDC, 5 VDC y 120 VAC.

Circuitos de adquisición y envío de datos (control): La función del bloque será de acondicionar las señales enviadas por los sensores para poder traducirlas y enviarlas al HMI. Además permitirá controlar el envío de señales desde el HMI hasta los distintos módulos. Para este bloque se utilizará un arduino principal y varios secundarios; el principal se comunicará directamente con la computadora (HMI) y con los otros arduinos en cada módulo.

Circuitos de potencia: La función de este bloque es de recibir la señal de control y convertir esta señal en una respuesta de alimentación de los actuadores. Para este bloque se utilizarán placas electrónicas con relés, que serán controlados mediante los arduinos. Además se utilizarán circuitos de conexión o acondicionamiento para los botones, switch, perillas, potenciómetros o placas electrónicas de dimmer o pwm que se requieran para el funcionamiento adecuado de los actuadores.

Sistema de Control

El control de los módulos como conjunto será de tipo ON/OFF, para poder controlar el encendido y apagado de los diferentes módulos desde el HMI. Pero si hablamos como módulos independientes, además de un control ON/OFF, cada módulo puede tener controles PWM o DIMMER proporcionales a la entrada de perillas o sensores generadas por los usuarios, en este caso los niños.

El HMI se realizará en una computadora, ésta interfaz será sencilla y simple de utilizar, y cumplirá con las funciones de visualización y control; por un lado se podrá visualizar los tiempos de permanencia de los niños en cada uno de los módulos, y también se podrá encender o apagar cada uno de los módulos presionando un botón del HMI.

El sistema de control constará de dos modos de uso:

Automático: En este modo todos los módulos están activos y el niño tendrá libre elección de los juegos. Esto permitirá un monitoreo de actividades y tiempos en las elecciones de los niños, es decir el HMI en este caso nos servirá para monitorear los tiempos en los módulos y permitirá evaluar el estado y avance de los niños.

Manual: En este modo el profesional o experto encargado podrá interferir en la activación de los módulos para inducir el cambio de actividades y dirigir la estimulación a conveniencia. Esta activación o apagado de los módulos se lo realizará a través de botones mostrados en el HMI.

1.5. Objetivos

OBJETIVOS GENERALES

- Diseñar y construir módulos interactivos de estimulación sensorial para la utilización con niños autistas en el Ecuador
- Crear juegos interactivos que por medio de actuadores generen estímulos controlados de aire, luces, movimiento y temperatura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dotar de herramientas de interacción y estimulación para niños con autismo basadas en las especificaciones pedagógicas proporcionadas por el un experto en Trastorno del espectro autista.
- Implementar 4 módulos que permitan a los niños autistas su manipulación por medio de pulsadores y perillas.
- Construir un sistema de movimiento lineal para objetos que coordine movimientos, luces y sonidos al accionar diversos pulsadores.
- Implementar actuadores que generen estímulos de temperatura a través del contacto con elementos metálicos o la circulación de aire.
- Construir un sistema de generación de burbujas, que permita manipular la intensidad de luz y burbujas dentro de un líquido.
- Implementar y controlar un juego de levitación de una pelota mediante ventiladores.
- Construir un tipo de banda transportadora que posea fotografías y permita el cambio de las mismas con pulsadores.
- Crear un HMI que permita manejar de forma remota el encendido de los juegos y visualizar datos de tiempo de permanencia en cada módulo.

CAPÍTULO 2

2.0. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos básicos del autismo

2.1.1. Generalidades del autismo

El autismo es un trastorno que, según el DSM-V publicado en 2013, pertenece a la categoría de los Trastornos del Espectro Autista, destacando en ellos dos áreas principales: dificultades sociales/comunicativas y, fijaciones y comportamientos repetitivos. El diagnóstico del TEA incluye varias afecciones como son: el trastorno autístico, el trastorno generalizado del desarrollo no especificado de otra manera y el síndrome de Asperger.

El TEA es un trastorno del desarrollo causado por diferencias en el cerebro y que puede generar problemas sociales, de comunicación y de comportamiento para las personas que sufren del trastorno. Los científicos no saben con exactitud qué causa estas diferencias en la mayoría de personas con TEA y aunque algunas personas tienen una afección genética, no se puede generalizar, pues el TEA tiene muchas causas y la mayoría aún se desconoce. Las personas con TEA no presentan diferencias en aspecto con las personas que no tienen el trastorno, pero es probable que las diferencias se noten en las maneras de comunicarse, interactuar, comportarse o aprender. (Centers for Disease Control and Prevention, 2014)

Para definir el autismo de una forma comparativa, se muestra a continuación algunas diferencias que presentan los niños con autismo en las habilidades que típicamente se esperan en los niños:

“Dificultad para compartir intereses, puntos de vista, comprender las emociones y pensamientos de los demás y para relacionarse con personas de su edad. Dificultad para hacerse entender, para emplear el lenguaje gestual,

para emplear la comunicación con fines sociales y para comprender significados. Intereses muy intensos, repetitivos y diferentes de los esperados a su edad; dificultad para ajustarse a cambios de su ambiente, lo que los vuelve rutinarios.” (Gaviria, Sampedro, & Restrepo, 2010)

Existe también, una gran cantidad de mitos y malentendidos acerca de los niños con autismo, a continuación presentamos algunos, que cabe aclarar si queremos entender y saber cómo poder diagnosticar y tratar a los niños con TEA:

- No presentan diferencia física comparando con los niños sin el trastorno.
- Los niños con autismo sí son afectuosos
- Avanzan y progresan, e inclusive pueden llegar a ser independientes e insertarse en la sociedad
- El autismo no es una enfermedad, es decir, no tiene cura, pues es un conjunto de características que hacen diferente el funcionamiento de los niños.
- No es un problema psiquiátrico o un trauma psicológico. Al autismo se lo veía como esquizofrenia infantil, ahora se sabe que simplemente percibe, piensa y se comunica de otra forma.
- No todos son genios, ni todos tienen retardo mental.

(Gaviria, Sampedro, & Restrepo, 2010)

Problemas sensoriales de los niños con TEA

Existen algunos problemas asociados con el autismo que no necesariamente se presentan en todos los casos, pero pueden ser significativos en su tratamiento como es la sensibilidad elevada en alguno de los sentidos. Es frecuente su sensibilidad auditiva, por lo que se tapan los oídos ante sonidos que para los demás son normales, por esto suelen rechazar sitios ruidosos o con mucha gente. El exceso de sensibilidad también puede presentarse en lo visual; en este caso, puede ser que no toleren cierto tipo de brillos o luces. Respecto al tacto, pueden rechazar que los toquen, les corten el cabello, las uñas o manifestar malestar con ciertas texturas, inclusive con texturas y sabores de los alimentos en la boca. (Gaviria, Sampedro, & Restrepo, 2010)

Desde la teoría de Integración Sensorial se considera que sentirse seguro, interpretar una variedad de sensaciones del cuerpo y del ambiente, aprender acerca de los objetos (qué y cómo son) y de las personas (gestos, afectos, emociones), y formar una imagen efectiva de uno mismo dependen del adecuado procesamiento e integración de información multisensorial. Ayres, a finales de los años 70, afirmó que los niños con autismo suelen tener disfunciones en la percepción sensorial y en adjudicar significado a sus experiencias; además, recientes estudios muestran que aproximadamente un 76% de niños y adultos con autismo presentan respuestas inusuales al input sensorial. (Nico, 2010)

A continuación se presentan algunas descripciones de los padres de niños con autismo pueden expresar el peculiar procesamiento sensorial:

- “Muestra fascinación por mirarse al espejo y toda superficie reflejante”
- “Juega con su sombra o la sombra de su mano, cada vez que la encuentra”
- “Ciertas texturas lo atrapan y no puede dejar de tocarlas: por ejemplo pasar su rostro por el pelo de la mamá”
- “Revisa y toca texturas diferentes de la ropa encontrada en el ropero”
- “Deseo incontrolable por tocar/chupar/morder, oler ciertas texturas o materiales”
- “Se tapa habitualmente los oídos con las manos como si le molestara o lastimara ciertos sonidos, aunque sean de bajo volumen”
- “Terror a ciertos objetos por miedo a los sonidos que provocan: globos por si explotan, perros, ambulancias, camión de bomberos, electrodomésticos en general, sirenas, alarmas de auto, truenos, viento, granizo, etc.”
- “Muestra placer por meterse en lugares apretujados por ejemplo un cajón de juguetes lleno de peluches” “o adentro de un ropero”
- “Se arrincona contra los barrotes de la cuna para poder dormirse”
- “Se desnuda continuamente” “no tolera la ropa o zapatos ni dormir tapado”
- “Traspira mucho, siempre está acalorado”
- “Salta o gira todo el tiempo, no parece marearse”

(Nico, 2010)

2.1.2. Criterios de diagnóstico

Se han realizado investigaciones de cuáles pueden ser las señales del autismo en niños o adultos:

- *No señalan objetos para mostrar interés (por ejemplo, puede que no señalen un avión que pase volando).*
- *No traen objetos para mostrarlos*
- *No miran los objetos que otra persona señala.*
- *No responden cuando los llaman por su nombre*
- *Tienen problemas para relacionarse con otros o no están interesados en otras personas para nada.*
- *No imitan gestos*
- *Evitan mirar a los ojos y prefieren estar solos.*
- *Tienen problemas para comprender los sentimientos de otras personas o para expresar sus propios sentimientos.*
- *Prefieren que no los abracen o permitan que lo hagan solo cuando ellos lo desean.*
- *Aparentan no percatarse cuando las personas les hablan, pero responden a otros sonidos.*
- *Si están muy interesados en otras personas no saben cómo hablarles, jugar o establecer contacto con ellas.*
- *Repiten palabras o frases que se les diga, o repiten palabras o frases en vez de usar la forma normal del lenguaje.*
- *Tienen problemas para expresar sus necesidades mediante palabras o movimientos típicos.*
- *No juegan a imitar a los grandes (por ejemplo, puede que no jueguen a darle de “comer” a una muñeca).*
- *Repiten las mismas acciones una y otra vez.*
- *Tienen problemas para adaptarse a cambios en la rutina.*
- *Reaccionan de forma extraña a la manera en que las cosas huelen, saben, se ven, se sienten o suenan.*
- *Pierden las destrezas que en algún momento tuvieron (por ejemplo, puede que dejen de decir palabras que estaban usando anteriormente).*

(Centers for Disease Control and Prevention, 2014)

Existen varios síntomas que presentan los niños con TEA, pero para poder diagnosticar a un niño con éste trastorno, se toma en cuenta el Manual de diagnóstico y estadístico de trastornos mentales, el cuál es una base referencial en el diagnóstico a nivel mundial.

Los criterios de diagnóstico según una traducción del DSM-V (2013) son:

A. **Déficits persistentes en comunicación social e interacción social** a lo largo de múltiples contextos, según se manifiestan en los siguientes síntomas, actuales o pasados (los criterios son ilustrativos, no exhaustivos):

1. **Déficits en reciprocidad socio-emocional;** rango de comportamientos que, por ejemplo, van desde mostrar acercamientos sociales inusuales y problemas para mantener el flujo de ida y vuelta normal de las conversaciones; a una disposición reducida por compartir intereses, emociones y afecto; a un fallo para iniciar la interacción social o responder a ella.
2. **Déficits en conductas comunicativas no verbales usadas en la interacción social;** rango de comportamientos que, por ejemplo, van desde mostrar dificultad para integrar conductas comunicativas verbales y no verbales; a anomalías en el contacto visual y el lenguaje corporal o déficits en la comprensión y uso de gestos; a una falta total de expresividad emocional o de comunicación no verbal.
3. **Déficits para desarrollar, mantener y comprender relaciones;** rango de comportamientos que van, por ejemplo, desde dificultades para ajustar el comportamiento para encajar en diferentes contextos sociales; a dificultades para compartir juegos de ficción o hacer amigos; hasta una ausencia aparente de interés en la gente.

B. **Patrones repetitivos y restringidos de conductas, actividades e intereses,** que se manifiestan en, al menos *dos* de los siguientes síntomas, actuales o pasados (los ejemplos son ilustrativos, no exhaustivos):

1. **Movimientos motores, uso de objetos o habla estereotipados o repetitivos** (ejs., movimientos motores estereotipados simples, alinear objetos, dar vueltas a objetos, ecolalia, frases idiosincrásicas).

2. **Insistencia en la igualdad, adherencia inflexible a rutinas o patrones de comportamiento verbal y no verbal ritualizado** (ejs., malestar extremo ante pequeños cambios, dificultades con las transiciones, patrones de pensamiento rígidos, rituales para saludar, necesidad de seguir siempre el mismo camino o comer siempre lo mismo).
 3. **Intereses altamente restringidos, obsesivos, que son anormales por su intensidad o su foco** (ejs., apego excesivo o preocupación excesiva con objetos inusuales, intereses excesivamente circunscritos o perseverantes).
 4. **Hiper- o hipo-reactividad sensorial o interés inusual en aspectos sensoriales del entorno** (ej., indiferencia aparente al dolor/temperatura, respuesta adversa a sonidos o texturas específicas, oler o tocar objetos en exceso, fascinación por las luces u objetos que giran).
- C. **Los síntomas deben estar presentes en el período de desarrollo temprano** (aunque pueden no manifestarse plenamente hasta que las demandas del entorno excedan las capacidades del niño, o pueden verse enmascaradas en momentos posteriores de la vida por habilidades aprendidas).
- D. **Los síntomas causan alteraciones clínicamente significativas** a nivel social, ocupacional o en otras áreas importantes del funcionamiento actual.
- E. **Estas alteraciones no se explican mejor por la presencia de una discapacidad intelectual (trastorno del desarrollo intelectual) o un retraso global del desarrollo.** La discapacidad intelectual y el trastorno del espectro de autismo con frecuencia coocurren; para hacer un diagnóstico de comorbilidad de trastorno del espectro de autismo y discapacidad intelectual, la comunicación social debe estar por debajo de lo esperado en función del nivel general de desarrollo.

(Palomo, 2013, págs. 1,2)

Tabla 1.***Niveles de severidad del trastorno del espectro de autismo.***

NIVEL DE SEVERIDAD	COMUNICACIÓN SOCIAL	INTERESES RESTRINGIDOS Y CONDUCTA REPETITIVA
Nivel 3 Requiere un apoyo muy sustancial	Déficits severos en habilidades de comunicación social verbal y no verbal que causan alteraciones severas en el funcionamiento, inicia muy pocas interacciones y responde mínimamente a los intentos de relación de otros. Por ejemplo, una persona con muy pocas palabras inteligibles que raramente inicia interacciones sociales, y que cuando lo hace, realiza aproximaciones inusuales únicamente para satisfacer sus necesidades y sólo responde a acercamientos sociales muy directos.	La inflexibilidad del comportamiento, la extrema dificultad afrontando cambios u otros comportamientos restringidos/repetitivos, interfieren marcadamente en el funcionamiento en todas las esferas. Gran malestar o dificultad al cambiar el foco de interés o la conducta.
Nivel 2 Requiere un apoyo sustancial	Déficits marcados en habilidades de comunicación social verbal y no verbal; los déficit sociales son aparentes incluso con apoyos; inician un número limitado de interacciones sociales; y responden de manera atípica o reducida a los intentos de relación de otros. Por ejemplo, una persona que habla con frases sencillas, cuya capacidad para interactuar se limita a intereses restringidos y que manifiesta comportamientos atípicos a nivel no verbal.	El comportamiento inflexible, las dificultades para afrontar el cambio, u otras conductas restringidas/repetitivas, aparecen con la frecuencia suficiente como para ser obvios a un observador no entrenado e interfieren con el funcionamiento en una variedad de contextos. Gran malestar o dificultad al cambiar el foco de interés o la conducta.
Nivel 1 Requiere apoyo	Sin apoyos, las dificultades de comunicación social causan alteraciones evidentes. Muestra dificultades iniciando interacciones sociales y ofrece ejemplos claros de respuestas atípicas o fallidas a las aperturas sociales de otros. Puede parecer que su interés por interactuar socialmente está disminuido. Por ejemplo, una persona que es capaz de hablar usando frases completas e implicarse en la comunicación pero que a veces falla en el flujo de ida y vuelta de las conversaciones y cuyos intentos por hacer amigos son atípicos y generalmente fracasan.	La inflexibilidad del comportamiento causa una interferencia significativa en el funcionamiento en uno o más contextos. Los problemas de organización y planificación obstaculizan la independencia.

Fuente: (Palomo, 2013, pág. 3)

2.1.3. Aulas de estimulación sensorial

La estimulación multisensorial es un instrumento que nos puede servir para mejorar las condiciones de vida de las personas con discapacidad, a través de medios y estrategias que trabajan las capacidades más básicas del ser humano: las sensaciones, la percepción y la integración sensorial.

“Un aula de estimulación multisensorial es un espacio habilitado para que los alumnos con algún tipo de discapacidad puedan interactuar con el medio a través de la estimulación de sus sentidos.” (Gómez, 2009)

El aula de estimulación posee materiales necesarios para exponer a los usuarios a estímulos controlados, favoreciendo así su integración sensorial y así influir en su aprendizaje.

Las aulas multisensoriales surgen en los años setenta, cuando dos terapeutas holandeses acondicionaron un espacio sensorial experimental como un apoyo terapéutico, con resultados positivos, en personas con enfermedad mental. El experimento tuvo tanto éxito, que se empezó a replicar espacios con la misma función, e incluso se estableció una palabra para definir este concepto: *snoezelen*, contracción de los verbos *snuffelen* (para buscar o explorar) y *doezelen* (para relajarse). Al pasar de los años se desarrollaron varias técnicas y al final de los años ochenta, se habilitaron los primeros espacios multisensoriales para la interacción de personas con algún déficit físico o psíquico a través de la estimulación e integración sensorial. (Gómez, 2009)

Por lo tanto el aula de estimulación es una herramienta donde se puede trabajar conjuntamente la estimulación y la relajación de los niños, en un entorno controlado y seguro. Los usuarios mismos pueden explorar, descubrir y disfrutar del mundo de los sentidos, dar vía libre a la experiencia sensorial, en un ambiente donde ellos se sientan tranquilos, sin presiones y que les parezca atractivo, respetando así la motivación y el ritmo de cada persona.

La estimulación sensorial favorece la comprensión de otros, del mundo y de sí mismos, a través de estímulos y actividades. Es una oportunidad para mejorar las condiciones de vida de las personas con discapacidad a través de la mejora la

asimilación de la información sensorial que se les ofrece optimizando su relación con el entorno y sus aprendizajes. Además proporcionan un ambiente sensorial con menos exigencias sobre las capacidades intelectuales, mientras se aprovechan la capacidades sensoriomotoras residuales, permite la repetición de la actividad cuantas veces sea necesario, y propicia la elección en aquellos usuarios que no sean capaces de decidirse o no pueden. Para todo esto, el terapeuta debe conocer las necesidades de cada usuario. (Olayo, 2013)

Forma de uso del Aula Multisensorial

Existen varias formas de uso que se le puede dar al aula de estimulación multisensorial:

***Como instrumento de evaluación:** Consideramos que es un lugar idóneo para evaluar la respuesta ante distintos estímulos de los alumnos con discapacidades. Nuestra propuesta es realizar una evaluación inicial. El trabajo en la sala se utilizará como seguimiento y evaluación formativa.*

***Como instrumento de intervención:** Las salas multisensoriales son un apoyo técnico útil y de libre disposición. Como otro recurso con lo que cuenta el profesional a la hora de trabajar con alumnos con discapacidad. Dependiendo de dónde proceda la intervención, se puede considerar tal intervención como:*

- ***Psicopedagógica:** Utilizar la sala con un programa de actuación previo. No usar como reforzador aversivo, cuarto de aislamiento o lugar de tiempo fuera. Utilizar la sala como apoyo positivo. También se trataría de un instrumento de apoyo en la adquisición de hábitos convenientes para la correcta y normal evolución o maduración de los alumnos con discapacidad.*
- ***Rehabilitadora:** referido al campo de la recuperación o rehabilitación de hábitos, conductas, comportamientos o patrones motóricos o biodinámicas.*

***Como instrumento de comunicación:** Podemos usar la sala multisensorial como un modelo de comunicación multisensorial, que permita a los alumnos gravemente afectados manifestarse, relacionarse con el mundo que les rodea y darles un mínimo*

de independencia, a la vez que nos sirva a nosotros como canal de información y conocimiento.

Se pretende por un lado comprender y por otro hacemos comprender, tener intencionalidad comunicativa. Se da por sentado que la comunicación es y debe ser un hecho espontáneo; pero también se ha de dar por sentado que cuando no es así hay que poner los medios necesarios para que exista.

Como instrumento de ocupación: *La sala multisensorial es un instrumento de ocupación adecuado y adaptado a las necesidades y capacidades de cada uno de los alumnos, ya que puede llegar a todos por ser primario, porque se basa en el mundo de las sensaciones, y por la posibilidad de ser integrado su uso en la programación del alumnado.*

- **De carácter lúdico:** *la sala se puede usar de una forma básica o primaria, sin otra pretensión que la de procurar divertimento, con un uso meramente lúdico.*
- **De carácter sensorial:** *este tipo de salas nació para usarla como un instrumento multisensorial, para ocupar el tiempo libre de aquellas personas con discapacidad, con las que nadie sabía qué hacer. Este sería el uso más adecuado, extenso y puro de estas salas.*
- **De apoyo motórico:** *estas salas pueden ser usadas para el trabajo motórico en aquellos niños que necesiten un ambiente estable, seguro y confortable, diferente del obtenido en otro tipo de espacios.*
- **De relajación:** *en las salas se respira un clima de tranquilidad, lo cual provoca en las personas que están en ellas relajación que en otros ambientes es difícil de conseguir.*

(Álvarez, y otros, 2004, págs. 19-20)

2.2. Elementos y mecanismos utilizados en la implementación de módulos

2.2.1. Elementos y mecanismos mecánicos

2.2.1.1. Materiales para estructuras de los módulos

Existen varios elementos que pueden ser utilizados en la construcción de las estructuras de los módulos. Estos elementos no estarán sometidos a cargas altas de fuerzas, ya que solo deberán soportar el peso de los elementos acoplados para el funcionamiento y en el caso de algunos, el peso de los niños si se suben a los juegos.

Se tiene algunas opciones de materiales para la construcción de los módulos como plástico, fibra de vidrio, acero, aluminio, madera, etc. Adelante se describen los materiales que se utilizaran en la construcción de las estructuras de los módulos:

- **Acero**

El acero es una aleación de hierro y carbono en el cual, el contenido de carbono está en un rango de hasta el 2% (Con mayor contenido de carbono sería una fundición de hierro). Es el material más ampliamente usado en la construcción de infraestructura e industria en todo el mundo. Las principales razones de la popularidad del acero son: el relativo bajo costo de creación, formado y procesamiento, la abundancia de su materia prima (hierro mineral y chatarra), y su incomparable gama de propiedades mecánicas. (Enciclopedia Británica, s.f.)

El acero inoxidable es un elemento de la familia de aleaciones del acero que contiene entre un 10% y un 30% de Cromo, que al unirse con contenidos bajos en carbono, genera notable resistencia a la corrosión y calor. Se pueden agregar otros elementos como el níquel, molibdeno, titanio, aluminio, niobio, cobre, nitrógeno, azufre, fósforo y selenio; esto incrementa la resistencia a la corrosión en ambientes específicos, así como mejorar la resistencia a la oxidación o características especiales. (Enciclopedia Británica, s.f.)

- **Madera**

Obtenida de árboles y plantas, es una de los más abundantes y versátiles materiales naturales. La madera es generada en una gran variedad de colores y tipos de granos. Es fuerte en relación a su peso, es aislante de calor y electricidad y tiene algunas buenas propiedades acústicas. Además comparado con otros materiales genera una sensación de calor y es trabajada fácilmente. Se la ha usado desde hace muchos siglos por los humanos y todavía se la sigue utilizando por sus facilidades de trabajado y sus propiedades.

Existen diversas presentaciones comerciales de la madera. Entre las más importantes se tiene:

- Madera natural sólida
- Contrachapado
- Tableros laminados
- Tableros de fibra
- Tableros de viruta o partículas (aglomerados)
- Tablex (fibras prensadas)

(Nuñez, 2011)

El MDF (Medium Density Fibreboard) es un tipo de tablero de fibra de densidad media. Es un producto formado a partir de elementos fibrosos de madera seca, aglutinados con un adhesivo de resina sintética, que son compactadas en un proceso que utiliza altas presiones y temperatura. El MDF no se pudre pero no es apto para exteriores o condiciones húmedas. Presenta una estructura uniforme y homogénea y un acabado fino que permite un buen acabado, se trabaja prácticamente igual que la madera maciza, aunque tiene un mayor peso. Se comercializa en espesores de 2.5mm a 4cm y las medidas comunes del tablero son de 244 x 122 cm. (BRICO-TODO, s.f.)

2.2.1.2. Mecanismos para el movimiento lineal

Existen muchos tipos de mecanismos para transmitir y transformar el movimiento de tal forma que se genere como salida un movimiento lineal. A continuación se enumeran algunos de ellos:

- Banda con polea y acople

Este sistema consiste en una banda delgada que es movida en uno de los extremos por medio de un motor y sostenida en el otro extremo por una polea. Para

transmitir tiene un acople que se ajusta a la banda y se une con otro elemento en una riel o guía para sostener el peso. Este sistema es muy común en la implementación de puertas de apertura automática.



Figura 1. Banda con Polea y Acople

Fuente: (Dorma, 2015)

- Tuerca husillo (Tornillo sin fin)

Conocido como tornillo sin fin, tiene el mismo principio de una turca y un tornillo. Consiste en un eje roscado o tornillo que al girar mueve a una tuerca o cilindro roscado internamente con el mismo paso, de esta manera transmite el movimiento lineal a otro elemento que se acople a un eje guía o riel. Para reducir el rozamiento actualmente se realizan elementos con bolas internas que hacen más eficiente el mecanismo. Este sistema es muy utilizado en las máquinas CNC para los movimientos axiales.



Figura 2. Tuerca Husillo

Fuente: (THK, 2006)

- Banda transportadora con rodillo

La banda transportadora consiste en una banda unida en sus extremos y tensada por un sistema de rodillos, en donde uno es el motriz pues tiene acoplado un motor. De esta forma al girar el motor la banda gira también y cualquier elemento suspendido en la superficie de la banda se moverá linealmente con la banda. Este sistema es muy utilizado en la el sector industrial ya que son muy útiles para trasladar elementos de un proceso a otro.

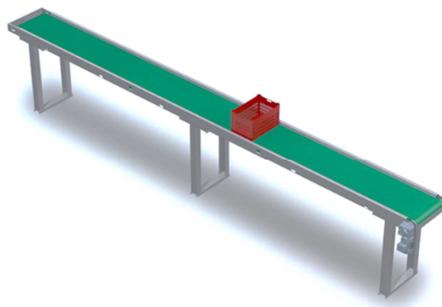


Figura 3. Banda Transportadora con Rodillo

Fuente: (Neubauer Automation, s.f.)

- Biela – manivela

Este sistema consiste en disco que gira y en el extremo tiene acoplado un brazo (biela) que puede rotar, en el otro extremo del brazo se acopla a un cilindro que tiene una guía lineal y al rotar el movimiento circular se transmite en una dirección linealmente. Este sistema se utiliza para transmitir el movimiento en el motor de los automóviles.

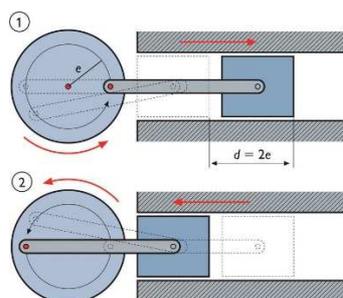


Figura 4. Biela – Manivela

Fuente: (TecnologíasS, s.f.)

- Leva – seguidor

Este sistema consiste en un disco “deformado”, es decir, que posee una superficie irregular en su borde; además existe un seguidor (elemento con rueda) que solo se mueve linealmente y al seguir la trayectoria del borde se transmite el movimiento.

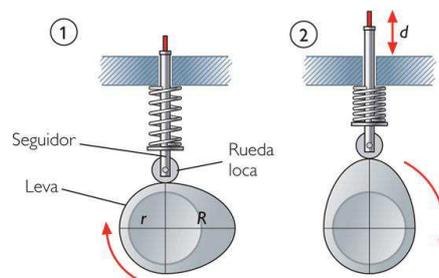


Figura 5. Leva – Seguidor

Fuente: (TecnologíasS, s.f.)

- Piñón - cremallera

Este sistema consiste en un engranaje que gira y se acopla con una cremallera en una superficie plana, de tal forma que transmite el movimiento rotacional en lineal. Este mecanismo se utiliza en varias máquinas industriales y en el sistema de giro de ruedas de los automóviles.

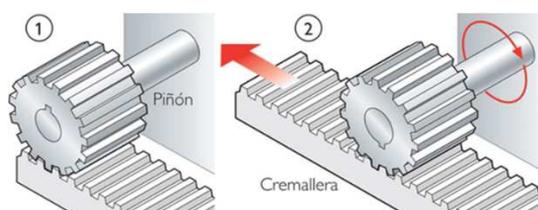


Figura 6. Piñón - Cremallera

Fuente: (e-educativa, s.f.)

- Cilindro neumático

El cilindro neumático consiste en un pistón que se mueve dentro de un cilindro y es impulsado hacia un lado u otro mediante la fuerza de aire comprimido que ingresa a un lado u otro del émbolo controlado mediante una electroválvula. Existen muchas aplicaciones en la industria para movimientos que requieran velocidad y fuerza en donde se requiera solo un movimiento todo o nada.

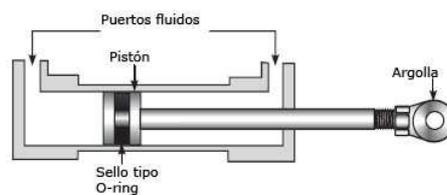


Figura 7. Cilindro Neumático.

Fuente: (Sapiensman, s.f.)

- Cilindro eléctrico

Este sistema trabaja con el mismo principio de la tuerca husillo y posee un vástago que se mueve linealmente gracias a la energía eléctrica que hace girar el motor. Se lo usa en máquinas donde no se necesita diferentes posiciones lineales pues se detiene en la posición donde se corta la energía.



Figura 8. Cilindro Eléctrico.

Fuente: (Linak, 2015)

2.2.1.3. Disipador de calor

Un disipador de calor es un elemento que transmite el calor desde una o más de sus caras, amplificando el área de contacto hacia el medio para transmitir mayor cantidad de calor en menor tiempo. Existen disipadores de calor de varios tipos. Principalmente son hechos de metales, ya que son buenos conductores de calor. Los fabricantes de disipadores construyen disipadores de diversas formas y tamaños dependiendo la aplicación y el diseño del mismo. Algunos son circulares y otros cuadrados o rectangulares, pero todos son diseñados con aletas para tener una mayor área de contacto con el medio y así disipar más calor.

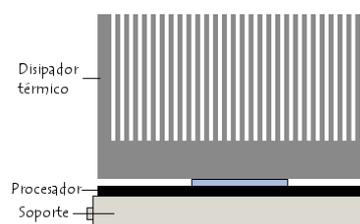


Figura 9. Disipador de Calor.

Fuente: (Communitic International, 2013)

Algunos disipadores poseen tubos de cobre para transmitir mejor el calor e inclusive vienen con un ventilador hecho a la medida para una disipación más eficaz del calor como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Disipador de Calor.

Fuente: (StarTech, 2015)

2.2.1.4. Rodamientos

Los rodamientos son un tipo de cojinetes de elementos rodantes, que facilitan la rotación de dos piezas que tengan movimiento relativo entre ellas. Para facilitar el movimiento se disminuye la fricción agregando elementos rotativos como bolas o cilindros que giran entre las dos superficies. Esto hace que la resistencia a la rotación sea muy baja, ayudando en la optimización y ahorro de recursos y elementos, ya que se necesita menor torque y se evita el desgaste de las piezas por fricción, además al disminuir la fricción disminuye el calor generado por esta. (Norton, 1999, pág. 677)

Los rodamientos básicamente poseen elementos rodantes de dos tipos: de bolas y cilíndricos, los cuales tienen varias modificaciones según las aplicaciones y los diseños.

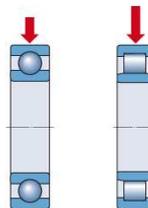


Figura 11. Rodamientos de Bolas y Cilindros

Fuente: (SKF, s.f.)

Los rodamientos se los puede clasificar según la dirección de las cargas que soportan en tres tipos:

- Para cargas radiales

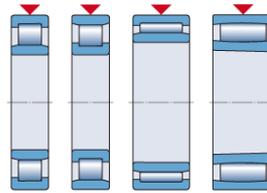


Figura 12. Rodamiento de Carga Radial

Fuente: (SKF, s.f.)

- Para cargas axiales



Figura 13. Rodamiento de Carga axial.

Fuente: (SKF, s.f.)

- Para cargas mixtas

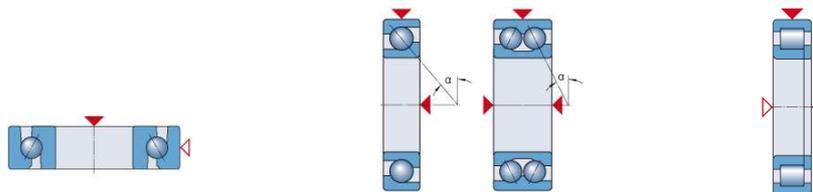


Figura 14. Carga combinada.

Fuente: (SKF, s.f.)

2.2.2. Elementos eléctricos/electrónicos y de control

2.2.2.1. Fuente de Alimentación

La alimentación de los dispositivos o elementos en el sistema puede ser muy variada dependiendo del fabricante y el tipo de elementos. Los tipos de corriente que podemos tener es alterna o continua. Aunque se puede manejar diversos tipos de

voltaje, los más comunes para los que los dispositivos son diseñados son los siguientes:

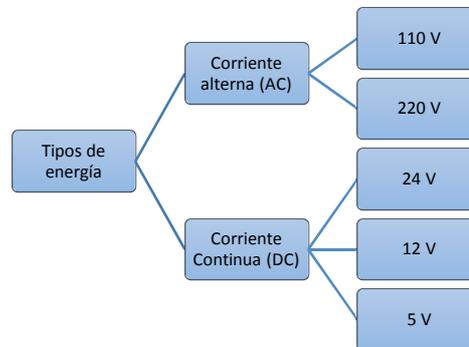


Figura 15. Voltajes de alimentación utilizados.

Corriente Alterna

La corriente alterna se produce con alternadores y es la que se genera en las centrales eléctricas y llega hasta las viviendas, es decir los enchufes que de las paredes son corriente alterna. En nuestro caso la corriente en las viviendas es de 110V y 60 Hz. La corriente alterna se representa en el siguiente gráfico:

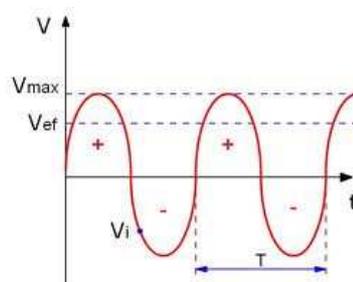


Figura 16. Corriente Alterna.

Fuente: (Areatecnologia.com, s.f.)

Corriente Continua

La corriente continua es la que se genera con una tensión constante que no varía en el tiempo entre un extremo y otro, por lo que siempre existirá una polaridad (un lado positivo y un negativo) como se muestra en la Figura 17. (Areatecnologia.com, s.f.)

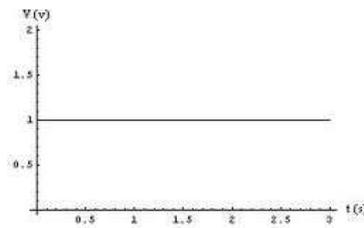


Figura 17. Corriente continua.

Fuente: (Areatecnologia.com, s.f.)

Las función de las fuentes de alimentación que se utilizan en electrónica y que se van a utilizar en el presente proyecto es transforman la corriente alterna (AC) en corriente continua (DC), lo más estable posible, para poder alimentar adecuadamente los elementos del sistema. En el siguiente gráfico se muestra las fases que posee una fuente de alimentación:

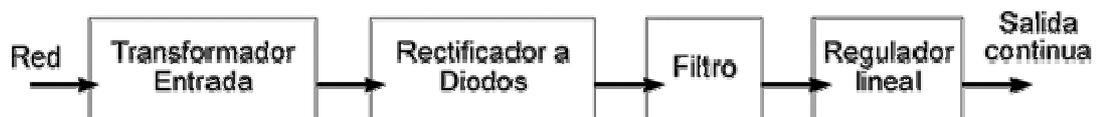


Figura 18. Fases de la fuente de alimentación.

Fuente: (Electronicafacil.net, 2004)

En la Figura 19 se muestra la señal que se obtiene en las diferentes etapas de una fuente.

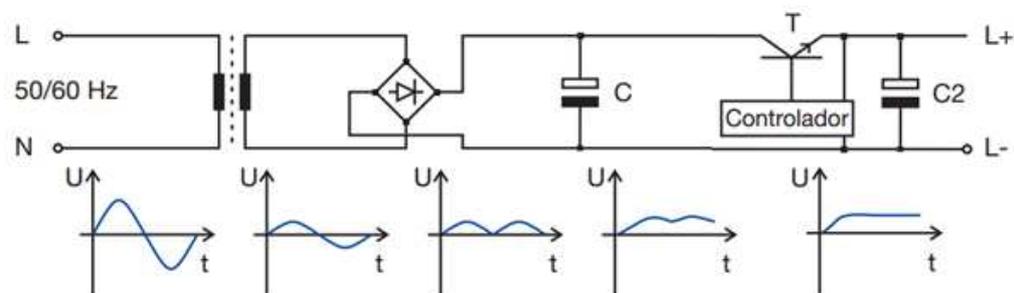


Figura 19. Señales de las etapas de Fuente de alimentación.

Fuente: (ABB Stotz- Kontakt GmbH, 2006, págs. 6-7)

Las fuentes de alimentación se pueden obtener realizando el circuito, pero se las pueden comprar ya fabricadas y a bajo costo. Los voltajes de salida comunes a los que trabajan los dispositivos electrónicos son 24V, 12V y 5V.

2.2.2.2. Actuadores

2.2.2.2.1. Motores

Existen varios tipos de motores que utilizan diversas fuentes de energía como los motores a combustión interna o externa, pero en este proyecto se utilizaran motores eléctricos y específicamente motores DC debido a las facilidades que presenta en cuanto a voltajes, tamaños, disponibilidad y facilidad de control, además cubrirán las especificaciones de diseño pues solo se utilizarán cargas livianas. Los motores opcionados para el proyecto se presentan a continuación, estos motores son los que más se utilizan en electrónica dependiendo de su funcionalidad.

Motores Paso a Paso

Los motores paso a paso son actuadores electromagnéticos, rotativos incrementales que convierten pulsos digitales en rotación mecánica. La característica de incrementar el giro al enviar pulsos los hace ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos precisos.

Motores DC

El motor de corriente continua cuenta con un devanado de excitación o inductor en el estator, por ello, además de contar con un módulo constante en el tiempo, el fador de la fuerza magneto motriz creada por ese devanado se halla fijo en el espacio

En cuanto a la fuerza magneto motriz de inducido, está creada en la parte móvil de la máquina, es decir en el rotor. La circulación de corriente por una determinada bobina del rotor crea la correspondiente fuerza magneto motriz de inducido, dicha circulación de corriente es provocada mediante la alimentación con tensión continua del devanado inducido la cual implica que el fador magnetomotriz de inducido también tendrá un módulo contante en el tiempo.

Por eso la amplia gama de velocidad que ofrecen su fácil control y gran flexibilidad de las curvas per-velocidad y su amplio margen de velocidades los hace más confiables que los motores de corriente alterna

Este motor presenta unas prestaciones elevada en el arranque, consecuencia del mayor flujo existente, la corriente de inducido requerida en el arranque es menor.

El motor de excitación independiente, como su nombre lo indica posee una alimentación independiente de los dos devanados principales es decir, el del devanado de inducido y del devanado de excitación, en la Figura 20 se presenta el motor esquemático donde L_i y R_i representan la inductancia y resistencia del inducido, respectivamente, L_{ex} representa la inductancia de excitación de la maquina; U y U_{ex} son las tensiones de alimentación del inducido y de la excitación, respectivamente, siendo I_i e I_{ex} las corrientes resultantes de inducido y de excitación, E representa la fuerza electromotriz creada en el inducido. (Diaz, Barbón, Gómez, & Fernández, 2002, pág. 7)

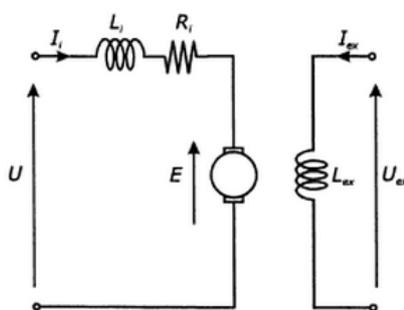


Figura 20. Esquemático de principio del motor de corriente continua.

Fuente: (Diaz, Barbón, Gómez, & Fernández, 2002, pág. 10)

2.2.2.2.2. Placas Termoeléctricas

Las llamadas placas Peltier se refieren a placas termoeléctricas, las cuales utilizan el efecto Peltier (debido a su descubridor), en donde al introducir energía se genera una diferencia de temperatura en los lados opuestos de la placa termoeléctrica.

En el siglo XIX fueron descubiertos dos efectos termoeléctricos básicos. El primero fue Thomas Seebeck, quien descubrió el fenómeno que convierte el calor directamente en energía eléctrica. El segundo fue Jean Peltier, quien descubrió el efecto contrario, es decir, una bomba de calor de estado sólido. Pero no fue hasta los años 1950 gracias al ruso A. F. Ioffe y sus colegas con la extracción de aleaciones semiconductoras, que se pudo poner en práctica estos efectos y esto permitió la producción masiva de elementos de enfriamiento termoeléctrico *TEC* (Thermoelectric cooler) y generadores de energía *TEG* (Thermoelectric generator). (Kryotherm, pág. 5)

Una placa termoeléctrica básica es un termopar que se compone de elementos semiconductores tipo-p y tipo-n, que son interconectadas por medio de placas de conmutación de cobre; estos termopares están interconectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo entre dos placas cerámicas. (Kryotherm)

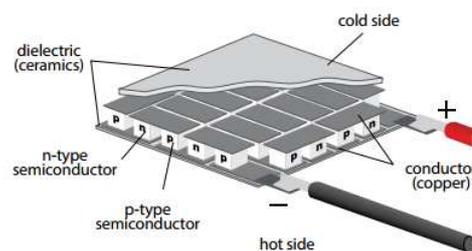


Figura 21. Composición de placa termoeléctrica.

Fuente: (Kryotherm, pág. 5)

El efecto del sentido de flujo de la energía eléctrica a través de los termopares genera que de un lado absorba calor y en el otro lo libere, generando así un lado que se enfría y el otro que se calienta (Kryotherm, pág. 5)

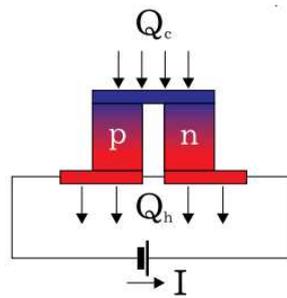


Figura 22. Efecto peltier.

Fuente: (Kryotherm, pág. 5)

El módulo termoeléctrico es un conjunto de termopares conectados eléctricamente y consecutivamente y colocados entre dos placas cerámicas; la cantidad de termopares es variable, lo que permite obtener diferentes voltajes de alimentación.

Si en la parte caliente del módulo termoeléctrico se asegura la evacuación efectiva de calor utilizando un radiador, en la parte fría se podrá obtener temperaturas decenas de grados inferiores a la temperatura ambiente, lo que genera una gran gama de aplicaciones en refrigeración. (Kryotherm, s.f.)

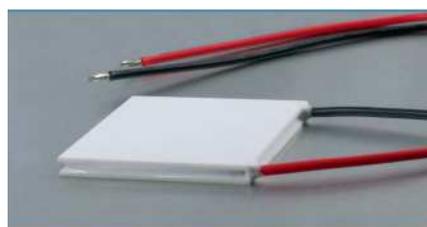


Figura 23. Placa termoeléctrica.

Fuente: (Kryotherm, pág. 10)

2.2.2.2.3. Cinta led

La cinta led consiste en una tira larga, vendida por metros, que posee una secuencia de leds de alta potencia montados sobre una circuito impreso flexible. Este

tipo de leds son de montaje superficial para poder ser soldados sobre el circuito impreso y ocupar el mínimo espacio para que la cinta sea lo más delgada posible.

Las cintas leds que se venden en el mercado mundial normalmente se alimentan con 12 V DC y la corriente que consumen depende de la intensidad del led y de la cantidad de metros.

Existen varios colores que pueden ser generados dependiendo del led, por lo que se puede encontrar cintas led de colores independientes; pero existe también un tipo de led que mezcla los colores básicos y puede generar varias tonalidades y colores dependiendo de la mezcla, este tipo leds se los conoce como RGB (Red Green Blue), pues utilizan los colores principales rojo, verde y azul, los cuales al combinarse generan una gama amplia de colores. Las cintas led pueden estar constituidas por este tipo de leds RGB, pero necesitan de un controlador para poder cambiar la secuencia y los colores de la iluminación.

2.2.2.3. Sensores

Existe una gama amplia de sensores. A continuación se describen los sensores que van a ser utilizados en el actual proyecto:

2.2.2.3.1. Sensor Óptico

El sensor óptico se lo utiliza para obtener la posición de un objeto. Si bien existen varios sensores de los que se puede obtener la posición de un objeto como sensores capacitivos, inductivos, ultrasónicos, etc.; en el proyecto se ha seleccionado los sensores ópticos que indican la posición por medio de la emisión y recepción de luz.

Los switches ópticos son utilizados para obtener posición sin contacto del objeto, lo que genera grandes ventajas en su utilización, además tienen un bajo consumo de energía, bajo costo, son pequeños y puede medir cualquier objeto opaco, además de que no posee partes mecánicas desmontables, todo esto facilita su instalación en cualquier sistema. (PerkinElmer optoelectronics, 2001, pág. 15)

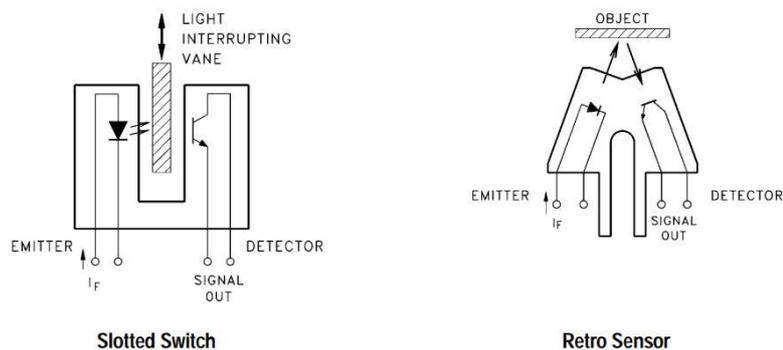


Figura 24. Optoswitch.

Fuente: (PerkinElmer optoelectronics, 2001, pág. 15)

El sensor que se va a utilizar en el presente proyecto es un optoswitch ranurado como se muestra en la Figura 24. Este optoswitch consiste en un emisor de luz de un lado y por el otro lado, como salida, de un fototransistor. (Sharp Corporation, 2005)

Es decir, es un interruptor óptico en el que un objeto es detectado cuando ingresa en la ranura y bloquea el haz de luz entre el emisor y el detector. (PerkinElmer optoelectronics, 2001)

2.2.2.3.2. Sensor de temperatura

Existe una gran variedad de sensores de temperaturas como termopar, termistores, infrarrojo, etc. Los sensores que se utilizaran en el presente proyecto son elementos sencillos debido a que no se necesita mayor precisión.

LM35

El LM35 es un sensor de temperatura de precisión en un circuito integrado, con una salida de voltaje linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados. Cubre un rango de temperatura entre $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ y entregando $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, además es muy pequeño, por esto se lo puede ocupar ampliamente para sistemas de control de temperatura. (Texas Instrument Incorporated, 2013)

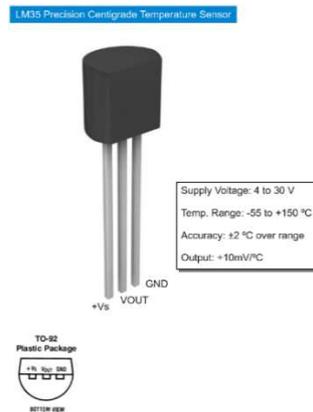


Figura 25. LM35.

Fuente: (Mileti, 2013)

2.2.2.3.3. Sensor de peso

Los sensores de peso se basan en fuerza sobre un área aplicada. Existen varios sensores según las cargas que se va a manejar. En el caso de este proyecto se utilizará para sensar el peso de un niño, por lo que se utilizarán sensores pequeños.

El sensor que entrega una salida analógica variable que se utilizará en el proyecto es una resistencia que varía con la fuerza que se le aplica.

FlexiForce

El modelo FlexiForce A201 es un ultra delgado circuito impreso flexible. Esta construido por dos capas de una lámina de sustrato de polyester/poliamida; en cada capa se aplica un material conductor seguida de una capa de tinta sensible a la presión; se recubre finalmente con un adhesivo que junta las dos capas. Se compone de una superficie circular que se extiende hacia los conectores que facilitan la incorporación a un circuito.



Figura 26. FlexiForce.

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

FlexiForce actúa como una resistencia detectora de fuerza en un circuito eléctrico. Cuando el sensor no tiene cargas, la resistencia es alta y va decreciendo a medida que incrementa las cargas en la superficie. En la Figura 27, se muestra la curva que relaciona la fuerza de ingreso con la resistencia de salida de este sensor.

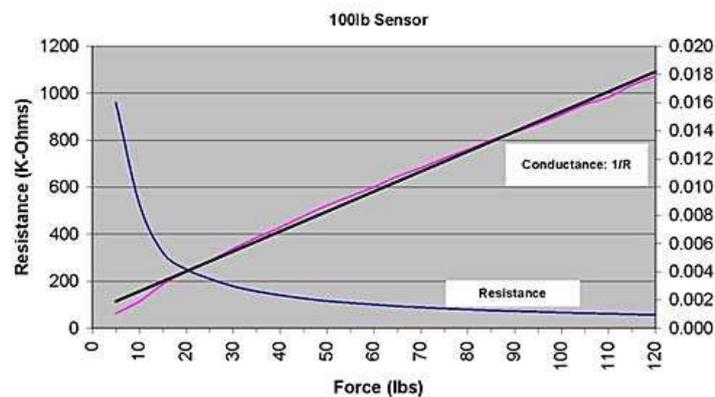


Figura 27. Flexiforce - Fuerza vs Resistencia.

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

Switch activado por peso

También se puede encontrar switches de peso en lugar de sensores de peso. Estos switches se activan al llegar a un cierto peso. Este tipo de switches se utilizan como alfombras en el piso y están constituidos por dos placas delgadas que están separadas en algunas secciones por unos espaciadores tipo esponjas; al generar una fuerza la placa se pandea en la sección sin espaciador, uniéndose las dos placas y cerrando el switch.

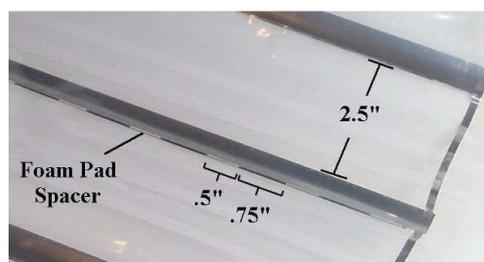


Figura 28. Alfombra switch.

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

2.2.2.3.4. Sensor de giro

Para poder verificar el giro de un elemento rotativo se puede recurrir a varios tipos de sensores, por ejemplo un óptico ranurado si se le agrega un disco. Para el presente proyecto se utilizará encoder rotativo.

El encoder rotativo o encoder de eje, es un dispositivo de medición angular. Es usado para medir con precisión la rotación de un motor y crear controles de perilla que pueden girar infinitamente, que presenta una ventaja frente a potenciómetros que tienen un número de vueltas definido. Este tipo de encoder, inclusive tiene, un botón al presionar el eje y se lo puede encontrar en varios tipos de resolución desde 16 a 1024 pasos por revolución, además su costo es bajo. (Arduino, 2015)



Figura 29. Rotary Encoder

Fuente: (Amazon.com, 2015)

La lectura para este tipo de sensor rotativo se lo hace gracias a sus dos salidas, en donde al sensar el paso de uno de los sensores de apagado a encendido, se verifica si el otro de los sensores se encuentra activado o desactivado, de esta forma se puede saber, para qué lado está girando el eje. Las curvas de salida de este tipo de sensor se muestran en la Figura 30. (Arduino, 2015)

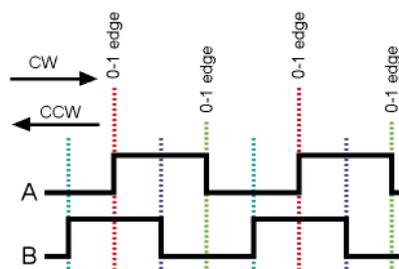


Figura 30. Forma de onda de encoder rotativo.

Fuente: (Arduino, 2015)

2.2.2.4. Elementos de control

2.2.2.4.1. Controladores

Existen varios elementos que nos sirven como cerebro para el control del sistema, sus entradas y salidas. Para el control de entradas, procesos y salidas, en electrónica se utiliza **microcontroladores** que pueden ser de varias familias y marcas, entre las más famosas están **PIC** de Microchip Technology Inc y **AVR** de Atmel. A estos se los puede grabar con un programa desarrollado en un lenguaje de programación como C o Basic, según el caso y realiza los procesos codificados y la interacción entre entradas y salidas como sensores, actuadores o señales de control o comunicación.

Para el funcionamiento de un microprocesador se necesita un circuito que alimente de energía al microprocesador y elementos de acondicionamiento para las salidas y entradas de señales. Existen ahora en el mercado placas electrónicas que ya vienen armadas en un circuito completo, las cuales evitan el trabajo de diseñar y construir el circuito y la placa del microprocesador. Estas placas permiten la configuración y grabado del programa desde un software en una computadora y permiten realizar un sistema de control de una manera más sencilla y rápida. A continuación se describen dos de las placas de control más conocidas y utilizadas actualmente:

Arduino

Arduino es una plataforma electrónica *open-source* basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. El hardware se basa en una placa electrónica con microcontrolador que posee los puertos de alimentación, comunicación y entradas y salidas del microcontrolador, listos para conectar. El microcontrolador en la placa es

programado utilizando el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). (Arduino, 2015)

Existen varios tipos de placas de arduino que se pueden utilizar según la necesidad, además, otras capas se pueden adaptar al arduino para poder realizar funciones adicionales o más específicas.

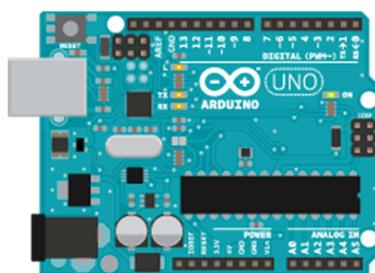


Figura 31. Arduino Uno.

Fuente: (Arduino, 2015)

Raspberry Pi

Raspberry Pi es una computadora de bajo costo de tamaño pequeño, del tamaño de una tarjeta de crédito, que se puede conectar a un monitor o televisión, utilizar un teclado y mouse y que está pensada para que gente de todas las edades exploren la computación y aprendan a programar en lenguajes como Scratch o Python. Adicionalmente de las funciones de una computadora común, Raspberry Pi puede interactuar directamente con el mundo exterior a través de sus entradas y salidas, lo que abre una enorme gama de posibilidades de uso. (Raspberry Pi Foundation, 2015)



Figura 32. Raspberry Pi B+.

Fuente: (Raspberry Pi Foundation, 2015)

2.2.2.4.2. Elementos de amplificación o interrupción

Existen elementos que se los conocen como preactuadores o activadores, cuya función es de amplificar señales o ser drivers para interrumpir o dejar pasar energía. Estos elementos son un puente entre la electrónica de control y de potencia, pues convierten una señal de control en la alimentación de actuadores que consumen alto voltaje o potencia.

Los elementos de amplificación o acondicionamiento de señal y energía que se utilizarán en este proyecto, son los siguientes:

Transistores

El transistor cumple con dos funciones importantes que es la de dejar pasar o cortar las señales eléctricas a partir de una pequeña señal de mando. Y funcionan como un elemento amplificador de señales.

Existen características básicas del transistor bipolar o BJT (Bipolar Junction Transistor). Según como se coloquen los cristales tenemos dos tipos básicos de transistores

- Transistor NPN: es decir un cristal P, está ubicado entre dos cristales N.
- Transistor PNP: es decir un cristal N está situado entre dos cristales P.

Un transistor bipolar de unión está formado por dos uniones pn en contraposición. Físicamente, el transistor está constituido por tres regiones semiconductoras; emisor (E): proporciona portadores de carga, base (B): controla corriente a través del transistor y colector(C): recoge portadores de carga, siendo la región de base muy delgada ($< 1\mu\text{m}$). El modo normal de hacer operar a un transistor

es en la zona directa. En esta zona, los sentidos de las corrientes y tensiones en los terminales del transistor se muestran en la Figura 33 para un transistor NPN y PNP. (Ruiz, 2001, pág. 1)

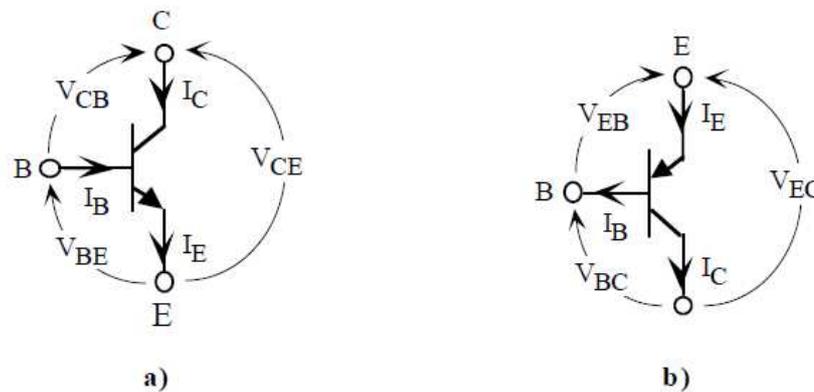


Figura 33. Símbolos y sentidos de un Transistor bipolar a) NPN y b) PNP

Fuente: (Ruiz, 2001, pág. 1)

Relés

Las apelaciones de los relés tiene muchas finalidades como la de multiplicar, retardar y convertir señales. Básicamente un relé es un interruptor que se acciona electromagnéticamente, donde el circuito controlado y el circuito controlador están separados galvánicamente.

El relé está compuesto por una bobina con núcleo de hierro, un inducido como elemento de accionamiento mecánico, un muelle de recuperación y los contactos de conmutación. De esta manera si se conecta tensión en la bobina del electroimán se produce un campo electromagnético, por lo tanto el inducido móvil es atraído por el núcleo de la bobina. El inducido actúa sobre los contactos del relé, y dependiendo del tipo de relé, los contactos se abren a se cierran. Si la corriente es interrumpida a través de la bobina, el inducido recupera su posición inicial entrando en acción el muelle mecánico. (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2008, pág. 29)

A continuación la descripción, partes de un relé:

- 1 - Núcleo de la bobina

- 2 - Muelle de reposición mecánica
- 3 - Bobina del relé
- 4 - Inducido
- 5 - Aislamiento
- 6 - Contacto

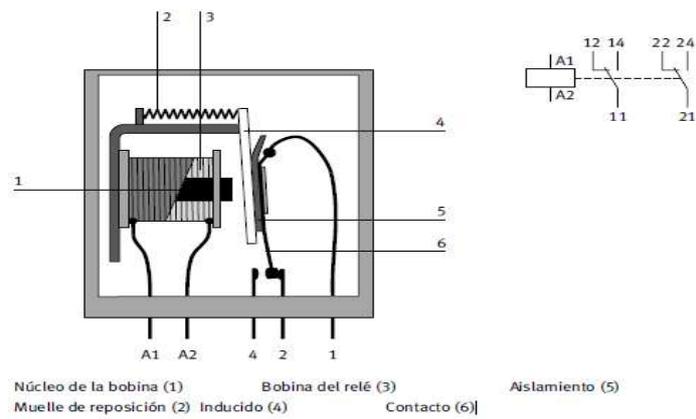


Figura 34. Vista en corte del relé y su esquemático
Fuente: (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2008, pág. 29)

CAPÍTULO 3

3.0. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CADA MÓDULO

3.1. Propuesta de módulos a implementar

Los módulos que se implementarán en el presente proyecto ayudarán a cubrir las necesidades planteadas del aula de estimulación multisensorial. El proyecto constará de seis módulos o juegos interactivos, los cuales intervienen en una o varias áreas de estimulación de los sentidos y el desarrollo de habilidades prácticas en el comportamiento y toma de decisiones de los niños.

Los módulos que se desarrollarán a continuación son seis y se enumeran a continuación:

- Módulo 1: Calle-Semáforo
- Módulo 2: Fotos de rostros
- Módulo 3: Temperaturas
- Módulo 4: Texturas
- Módulo 5: Tubo de burbujas
- Módulo 6: Levitador de pelota

3.2. Módulo 1: Calle-Semáforo

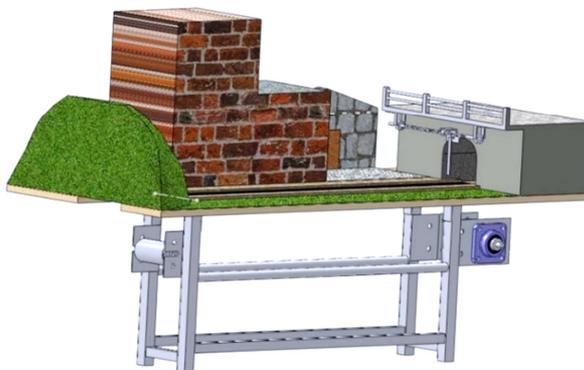


Figura 35. Esquema Calle-Semáforo.

En este módulo se pretende interactuar con los niños con autismo en un entorno cotidiano, como es la ciudad, la calle, y el cruce en un semáforo. Con este módulo, además de incentivar a que el niño interactúe y sienta su decisión en las cosas que pasan, también se podrá enseñar una actividad tan importante para la vida en la ciudad, como es saber cuándo esperar y cuándo cruzar una calle.

El diseño del módulo del semáforo será una maqueta de calle en una ciudad, donde circularán los autos y cruzará una persona. El objetivo es que el niño pueda hacer cruzar a la persona la calle cuando el semáforo lo permita. Se necesita de dos movimientos lineales, uno para los autos y el otro para la persona.

En el caso de los autos el movimiento será constante de tal forma que el niño a través de un botón podrá elegir cuando se activará un semáforo que hará que los autos se detengan durante un tiempo establecido y después el semáforo se pondrá nuevamente en verde.

En el caso de la persona, el niño podrá decidir cuándo hacerle cruzar la calle por medio de un botón. Si los autos están en movimiento, se parará todo y se activará una alarma, pues cruzó la calle cuando no debía, caso contrario, cruzará sin problemas la calle.

3.2.1. Diseño Mecánico

3.2.1.1. Análisis y selección de alternativas

En este módulo se manejarán dos movimientos: movimiento lineal de autos y movimiento lineal de persona. Por lo tanto se tendrá que escoger el sistema idóneo para cada caso.

Selección de alternativas para el movimiento de autos

Para la selección del tipo de movimiento de los autos que se mueven en la calle del semáforo, se deben tomar en cuenta las siguientes características:

- Los autos son livianos y se utilizarán 3 o 4 aproximadamente.

- Los autos deben circular como el flujo de una calle.
- No necesitan una posición de alta precisión

Los mecanismos opcionales para el movimiento lineal de los autos son los siguientes:

- Husillo-tuerca
- Banda delgada con sujetador
- Actuador lineal neumático
- Actuador lineal eléctrico
- Banda transportadora con sujeción en la superficie

Tabla 2.

Análisis y Selección de Alternativas Mecanismo Autos

		MECANISMOS DE MOVIMIENTO LINEAL AUTOS					
		Importancia (Referencia)	Husillo - Tuerca	Banda delgada y Sujetador	Actuador lineal neumático	Actuador lineal eléctrico	Banda Transportadora sujetado en la superficie
CRITERIOS DE SELECCIÓN	Sencillez del Sistema	30	10	10	5	15	25
	Cercanía de Objetivo	40	20	20	20	20	40
	Menor Costo	30	20	15	10	20	15
TOTAL		100	50	45	35	55	80

El mecanismo seleccionado para el movimiento de los autos es la banda transportadora con sujeción en la superficie, debido a que posee las características más idóneas para el objetivo que se desea desarrollar.

La banda transportadora posee la mayor **cercanía de los objetivos**, ya que al sujetar los autos a la superficie de la banda hará que circulen cíclica y continuamente sin tiempos de retardos o esperas a que el auto regrese a su posición inicial, además no se necesita de mecanismos y control adicional para el retorno del auto; esto hará que se simule una situación más real de una calle y los autos que circulan.

La utilización de este mecanismo hace que los autos se movilen en un solo sentido, lo que se produce con un **mecanismo más simple**, debido a que no necesita adicionar mecanismos de cambio de sentido del auto o de retorno al punto inicial; esto hará que **el sistema sea más sencillo** pues los elementos complementarios al mecanismo serán también sencillos, por ejemplo no se necesita cambio de giro del motor y el control del semáforo se lo hará en un solo sentido de circulación. Esto además facilitará el aprendizaje del niño debido a que no es un cuadro complejo que lo confunda, sino lo más simple posible para que pueda aprender sin mayor esfuerzo y sin requerir de conocimientos complejos para que puedan servir desde niños pequeños.

El diseño del módulo entonces se lo hará con dos “túneles”, uno para el ingreso y el otro para la salida de los autos, de modo que no se note que los autos giran con la banda y solo se visualice el movimiento lineal de los autos. Los autos se sujetaran a las bandas por medio de grapas y cauchos unidos por medio de un eje para darles cierta altura y poder ingresar en la maqueta. A continuación se presenta una imagen explicativa del diseño.

Selección de alternativas para el movimiento de persona

Para el movimiento de la persona para cruzar la calle, se deberá toma en cuenta las siguientes características:

- Baja velocidad de movimiento para simular una realidad más cercana.
- La persona estará hecha de cartón o plástico, por lo que será muy liviana.
- El espacio deberá ser lo más pequeño posible para que no se vea el sistema ni oculte partes de la maqueta.
- El persona deberá moverse ida y regreso, es decir en los dos sentidos

Los mecanismos opcionales para el movimiento lineal de la persona que cruza la calle son los siguientes:

- Cilindro neumático
- Cilindro eléctrico
- Husillo-Tuerca

- Banda con sujetador
- Biela-Manivela
- Leva o disco excéntrico-seguidor

Tomando en cuenta las características se analiza las opciones en la Tabla 3.

Tabla 3.

Análisis y Selección de Alternativas Mecanismo Persona

MECANISMOS DE MOVIMIENTO LINEAL PERSONA								
		Importancia (Referencia)	Husillo - Tuerca	Banda delgada y Sujetador	Actuador lineal neumático	Actuador lineal eléctrico	Biela - Manivela	Leva - Seguidor
CRITERIOS DE SELECCIÓN	Sencillez del Sistema	30	20	15	5	25	10	10
	Cercanía de Objetivo	40	35	20	20	25	10	10
	Menor Costo	30	25	15	10	20	20	20
TOTAL		100	80	50	35	70	40	40

El mecanismo seleccionado para el movimiento lineal de la persona es el husillo-tuerca pues posee las características más idóneas. Las características decisivas de selección fueron la dificultad de implementar o conseguir el mecanismo, la cercanía del objetivo como el espacio reducido y el menor costo en su implementación.

Para realizar la implementación del mecanismo, por motivos de costos y debido a que no existen cargas significativas, se lo hará con un tornillo simple y tuercas. Esto no afectará el funcionamiento pues las fuerzas que se manejan son muy pequeñas.

3.2.1.2. Diseño y selección de elementos mecánicos

El módulo completo medirá aproximadamente 130 cm de largo, 50 cm de ancho y 85 cm de alto, véase en ANEXO A.1.1. (Planos solidworks). Este módulo posee dos partes principales donde se tiene que diseñar mecánicamente. La banda transportadora y el tornillo-tuerca.

La estructura externa se la construirá de madera, específicamente MDF, debido a su bajo costo y facilidad de trabajo.

3.2.1.2.1. Banda transportadora (autos)

Los elementos que se utilizarán en la banda transportadora son los siguientes:

- Estructura
- Banda
- Rodillos
- Rodamientos
- Motor

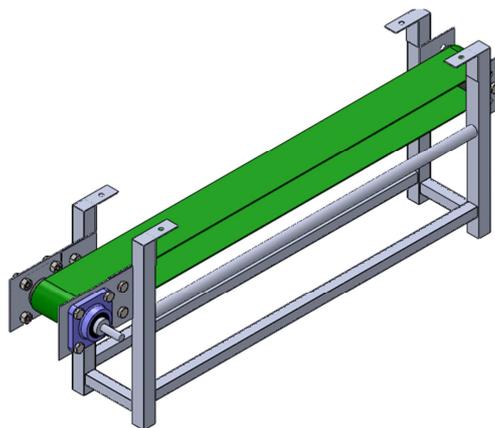


Figura 36. Banda transportadora autos. Fuente Propia

Estructura de la banda transportadora

La estructura de la banda y soporte interno del módulo se utilizará **Acero inoxidable**, debido a que se necesita una estructura que sea resistente y durable, pues debe soportar el peso de todo el módulo y de los niños si se suben, está prevista para que dure mucho tiempo. Además de la resistencia y duración, se tiene gran disponibilidad del material en el país y al no ser grande, el costo no es elevado para las prestaciones que genera.

El diseño de la estructura será de la siguiente forma:

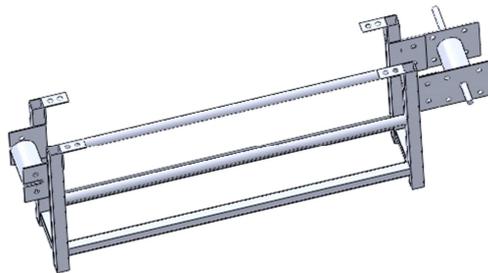


Figura 37. Estructura de la banda Ciudad-Semáforo.

La estructura será hecha con tubos cuadrados y redondos de acero inoxidable, con placas para el montaje de los rodillos y en la parte superior el montaje de la maqueta de madera.

Las características del acero inoxidable son las siguientes:

Acero inoxidable AISI 304

Límite elástico a la tensión: 35 KSI (241 MPa)

Resistencia máxima a la tensión: 85 KSI (586 MPa)

(Norton, 1999, pág. 997)

Las fuerzas que soportará son las que se calculan más adelante en las cargas sobre los rodillos. Para poder asegurarnos de la resistencia de la estructura y demostrar que el límite elástico es superior a los esfuerzos generados nos ayudamos del estudio con el software Solidworks.

Se aplica donde se acoplan los rodillos una carga horizontal a cada lado de 368 [N] y una vertical de 35 [N] como se muestra en la Figura 38. Además se aplicará una carga vertical en la parte superior suponiendo un peso elevado de 100 Kg (980 N) que se aplica sobre la parte superior.

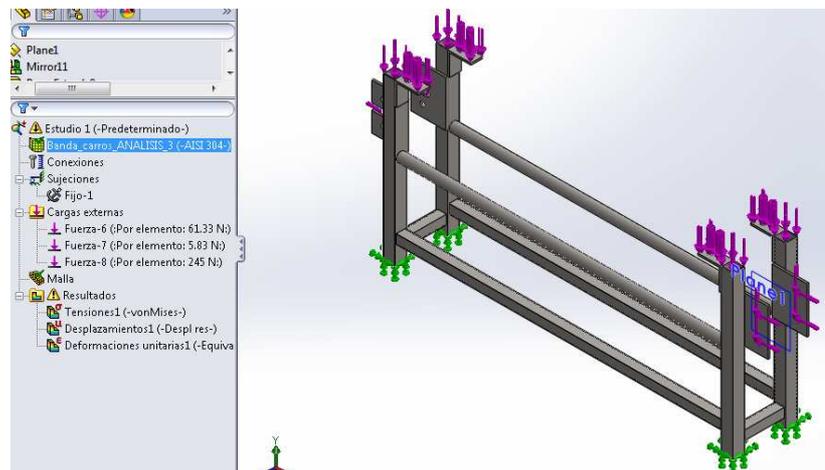


Figura 38. Cargas aplicadas sobre la Estructura Banda Semáforo

Los resultados de los esfuerzos generados se muestran en la Figura 39, los cuáles, como podemos observar, son mucho más bajos que el límite elástico del material. Por lo tanto la estructura resistirá fácilmente los esfuerzos generados por las cargas aplicadas sobre ésta.

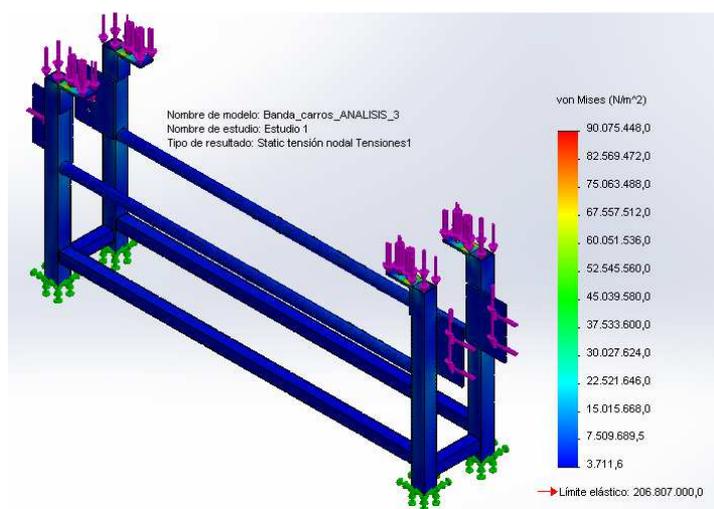


Figura 39. Análisis de Resistencia Estructura Banda Semáforo.

Para la estructura no se necesita una precisión muy alta pues no se maneja fuerzas altas y estará sobredimensionada como se muestra en el análisis por medio de software.

El diseño de la estructura se lo ha hecho para utilizar rodillos de un largo de máximo 9.5cm y la distancia entre centros de los rodillos de 90 cm ya que se necesita una carrera aproximada de 1 m.

Lr = 95 mm **(Largo del rodillo)**

Ler = 900 mm **(Distancia entre centros de rodillos)**

Selección de la banda

Para la **banda** se deben considerar algunas opciones según el uso, las cargas, la disponibilidad del fabricante, el costo, etc.

La banda que se utilizará es una **banda de PVC** debido a que es de menor costo y al tener cargas livianas y para un juego educativo, no se necesita características especiales.

El proveedor de la banda nos proporcionará la banda requerida con las siguientes características técnicas:

Tabla 4.

Catálogo de Bandas transportadoras Esbelt

Tejidos		Espesor banda mm	Peso banda kg/m ²	a 20°C		Carga de rotura N/mm	Carga de trabajo al 1% alargamiento N/mm	Carga de trabajo al 1,5% alargamiento N/mm	Ancho máx. de fabricac. mm	Tipo de banda	
Nº de telas	Trama			A	B						
				∅ mm	∅ mm						
2	Rigida	5,50	4,20	45	70	120	8	12	2000	A12 G2F	Aster
2	Rigida	6,30	5,25	70	90	120	10	15	2000	A12 G2K	
2	Rigida	3,20	3,50	45	70	120	9	13	2-3000	A13 QF	
2	Rigida	5,50	4,20	45	70	160	15	22	2000	A15 G2F	
2	Rigida	3,20	3,50	50	60	160	15	22	2-3000	A15 QF	
2	Rigida	8,75	4,80	80	100	150	10	16	1250	A15 W1F	
2	Flexible	2,20	2,50	35	55	90	12	18	1500	A19 DF	
2	Rigida	2,90	3,20	55	80	200	14	20	3000	A20 AF	
2	Rigida	5,80	4,60	55	90	160	16	22	2000	A20 G2F	
2	Rigida	6,40	6,90	50	80	160	14	22	2000	A24 QF	
3	Rigida	6,40	7,00	150	200	300	20	28	2000	A33 QF	
2	Rigida	1,60	1,90	40	60	120	10	16	2-3000	B12 UF ^V	Breda
2	Rigida	2,20	2,60	60	80	200	18	25	2-3000	B20 UF ^V	
1	Rigida	1,00	1,10	10	25	60	5	7	3000	B07 CF	
2	Rigida	2,10	2,50	35	55	120	10	15	3000	B12 CF	
2	Rigida	2,70	2,95	50	50	120	7	12	2000	B12 CK	
2	Rigida	2,90	3,50	55	75	200	15	22	3000	B20 CF	
2	Rigida	3,50	4,00	70	70	140	9	15	2000	B20 CK	
2	Rigida	2,40	2,70	60	60	190	15	20	3000	B20 FF	
2	Rigida	4,00	4,80	80	100	200	17	25	3000	B22 CF	
2	Rigida	4,80	5,80	80	120	200	15	22	3000	B23 CF	
3	Rigida	4,00	4,80	100	120	275	22	30	3000	B25 CF	
3	Rigida	4,90	5,80	120	150	300	22	30	3000	B30 CF	
3	Rigida	6,00	7,00	130	200	300	20	28	3000	B33 CF	

Fuente: (Esbelt S.A., 2014, pág. 3)

Banda Esbelt**Tipo:** PVC – Breda - B12CF**Color:** Verde**Espesor de la banda:** 2.1 mm**Peso de la banda:** 2.5 Kg/m²**Diámetro recomendado de rodillo:** 35 – 55 mm**Carga de rotura:** 120 N/mm**Carga de trabajo al 1% de alargamiento:** 10 N/mm**Carga de trabajo al 1.5% de alargamiento:** 15 N/mm

Ancho de la banda

Según el diseño de la estructura se tiene que el largo máximo del rodillo es 9.5 cm; por lo tanto la banda será de 8.5 cm para tener una holgura adecuada dentro del rodillo.

$$\mathbf{Ab = 85 \text{ mm} \quad (\text{Ancho de la banda})}$$

Diámetro de rodillos

Los diámetros de rodillos recomendados en el catálogo de bandas de Esbelt, para este tipo de banda son entre 35 y 55 mm, por lo tanto se utilizará rodillos de 2 in.

$$\mathbf{Dr = 50,8 \text{ mm} \quad (\text{Diámetro de rodillos})}$$

$$\mathbf{Rr = 25,4 \text{ mm} \quad (\text{Radio de rodillos})}$$

Longitud de la banda

La distancia entre rodillos (Ler) según el diseño es de 90 cm y es una banda horizontal plana, por lo tanto la longitud de la banda es:

$$Lb = 2 * Ler + \pi * \left(\frac{Dr1}{2} + \frac{Dr2}{2} \right)$$

$$Lb = 2 * 900 + \pi * \left(\frac{50,8}{2} + \frac{50,8}{2} \right)$$

$$\mathbf{Lb = 1960 [mm] \quad (\text{Longitud de la banda})}$$

Peso de la banda

$$Wb = Lb * Ab * \text{Peso-banda/m}^2$$

$$Wb = 1,960 [m] * 0,085 [m] * 2,5 [Kg/m^2] * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mathbf{Wb = 4,09 [N] \quad (\text{Peso de la banda})}$$

Peso de los autos

El peso máximo de los autos será de 1Kg, y son máximo 4 autos que se pretenden sujetar. Se toma en cuenta como si todos los autos se encontraran en la parte superior para simplificar las fuerzas que ejercen.

$$W_a = 4 * 1 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_a = 39,24 \text{ [N]} \quad \text{(Peso de los autos)}$$

Peso adicional

Se adicionará un peso externo teniendo en cuenta que los niños pueden sujetar o hacer peso con sus manos.

$$W_e = 10 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_e = 98,10 \text{ [N]} \quad \text{(Peso externo)}$$

Análisis de Fuerzas en la Banda

Fuerza de rozamiento en la mesa

Según el catálogo de bandas de Forbo el coeficiente de rozamiento para una mesa se muestra en la Tabla 5

Tabla 5.

Coefficientes de fricción μ para diferentes recubrimientos

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, E0, A0, V5H, V10H
μ_T (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
μ_R (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
μ_{ST} (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

Fuente: (Forbo Movement Systems, 2013, pág. 4)

Al ser la banda de PVC se tomará el valor de V1, el cual tiene un coeficiente de rozamiento para las mesas de $\mu_T = 0,5$

$$F_u' = \mu_T * N$$

$$Fu' = \mu_T * (Wa + We + Wb)$$

$$Fu' = 0,5 * (39,24 + 98,10 + 4,09)$$

$$Fu' = 70,72 \text{ [N]}$$

Si tomamos en cuenta pérdidas y eficiencias en el sistema, además de imprecisiones y factores externos no previstos, se debe considerar un factor de seguridad. Para este caso vamos a tener un **FS = 2**

$$Fu = Fu' * FS$$

$$Fu = 70,72 * 2$$

$$\mathbf{Fu = 141,44 \text{ [N]}} \quad \text{(Fuerza tangencial - rozamiento)}$$

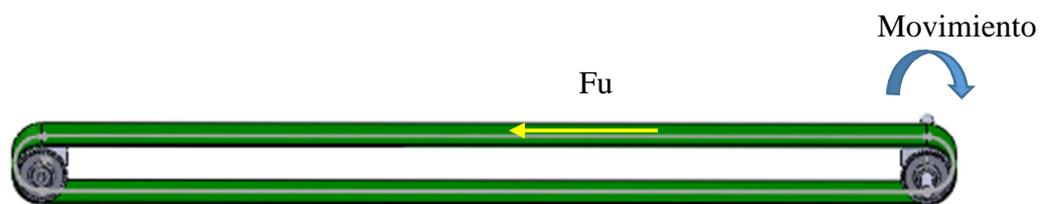


Figura 40. Fuerza tangencial.

La fuerza que se ejerce sobre la banda no es únicamente la fuerza F_u que debe generar el motor, esto se debe a que se necesita adicionar una tensión de pre-carga para evitar que la banda patine al moverse el rodillo.

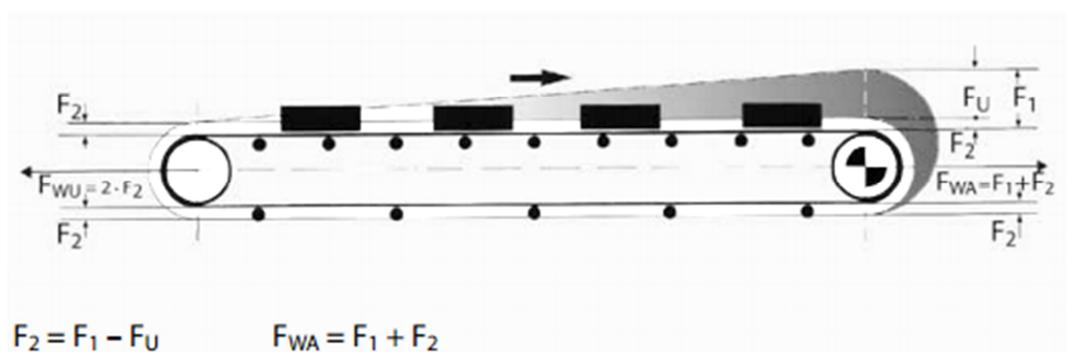


Figura 41. Fuerzas en la banda.

Fuente: (Forbo Movement Systems, 2013, pág. 7)

Fuerza de tracción máxima en la banda

Esta fuerza es la máxima fuerza que se genera en la banda para las cargas establecidas y tomando los valores mínimos de fuerza para evitar el patinamiento de la banda en el rodillo.

El coeficiente para obtener la tensión mínima de la banda para que no patine, se lo obtiene por tablas según el tipo de banda y el ángulo de contacto (β) entre la banda y el rodillo. En este caso será $\beta = 180^\circ$ pues es una banda horizontal.

Tabla 6.

Coefficiente C1 para evitar el patinamiento

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, AS, E3			V1, U1, UH, U2H V2H, V5H			0, U0, NOVO, E0, A0, T, P		
Ángulo de contacto β	180°	210°	240°	180°	210°	240°	180°	210°	240°
Tambor de acero liso									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0	No recomendable		
Tambor con forro de fricción									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

Fuente: (Forbo Movement Systems, 2013, pág. 4)

Al ser la banda de PVC, seleccionamos el valor de V1 a 180° y seco, el cual tiene un **C1 = 1,8**

$$F1 = C1 * Fu \quad (\text{Forbo Movement Systems, 2013})$$

$$F1 = 1,8 * 141,44$$

$$F1 = 254,6 \text{ [N]} \quad (\text{Fuerza de tracción máxima generada en la banda})$$

Por lo tanto la fuerza máxima ejercida en cada mm de la banda es $\frac{F_{max}}{Ab}$

$$F_{unitaria} = \frac{F1}{Ab} = \frac{254,6}{85}$$

$$F_{unitaria} = 3 \text{ [N/mm]} \quad (\text{Carga unitaria máxima en la banda})$$

Según el catálogo de Esbelt, la carga de rotura de la banda es **120 [N/mm]** por lo tanto, **Funitaria** <<< **Carga de rotura** y la banda cumple con las características para este sistema.

La tensión de precarga para evitar el patinamiento será entonces:

$$F2 = F1 - Fu$$

$$F2 = 254,6 - 141,44$$

$$F2 = 113,16 \text{ [N]} \quad \text{(Tensión mínima de la banda)}$$

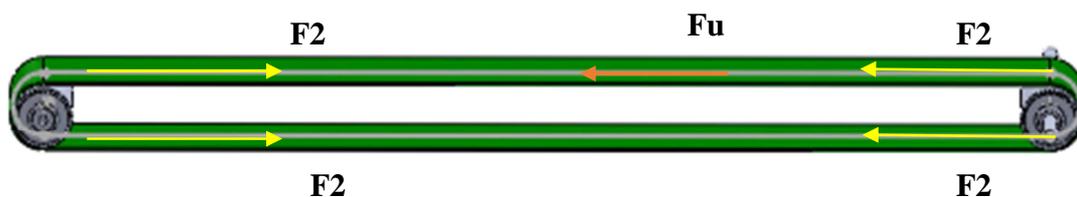


Figura 42. Tensiones en la Banda de autos.

Tensión unitaria de precarga

— —

(Tensión unitaria de pre-carga)

Si sabemos, por el catálogo de Esbelt, que la banda tiene una carga de trabajo al 1% de elongación de $K1\% = 10 \text{ [N/mm]}$ entonces podemos saber el porcentaje de elongación que tendrá la banda para generar una Tensión de precarga $F2u$.

$$F2u = \%elong. * K1\%$$

Dónde: $\%elong.$: Porcentaje de elongación de la banda

$K1\%$: Carga al 1% de elongación de la banda [N/mm]

Elongación mínima de ajuste de la banda para que no patine



Para saber la longitud que se debe mover el rodillo para evitar el patinamiento, tenemos que:

$$L\epsilon b = Lb * (\%elong / 100)$$

$$L\epsilon b = 1960 * (0,0013)$$

$$L\epsilon b = 2,6 \text{ [mm]} \quad (\text{Longitud de elongación mínima de la banda})$$

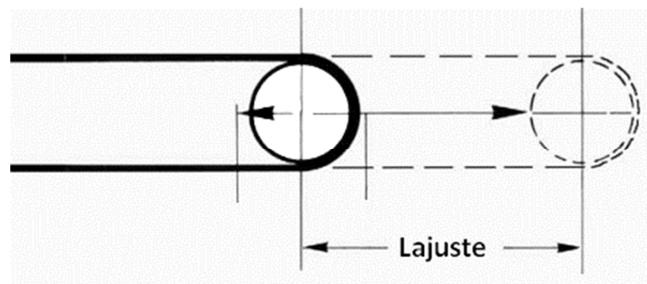


Figura 43. Longitud de ajuste banda.

Fuente: (Forbo Movement Systems, 2013, pág. 6)

$$\text{Lajuste} = (1/2) L\epsilon b$$

$$\text{Lajuste} = (1/2) 2,6 \text{ [mm]}$$

$$\text{Lajuste} = 1,3 \text{ [mm]} \quad (\text{Longitud mínima de carrera de ajuste de espacio entre rodillos para que no patine})$$

Selección del motor

Torque mínimo

$$T1 = Fu * \frac{Dr}{2}$$

$$T1 = 141,44 * \frac{0,0508}{2}$$

$$\mathbf{T1 = 3,6 [Nm]} \quad \text{(Torque mínimo para banda)}$$

Momento de inercia de los rodillos

$$T = I * \alpha$$

La inercia de un cilindro de pared delgada de 2Kg es la siguiente:

$$I = m * r^2$$

$$I = 1 \text{ Kg} * 0,0254 \text{ m}$$

$$I = 1 \text{ Kg} * 0,0254 \text{ m}$$

$$\mathbf{I = 0,0007 Kg m^2}$$

Para la aceleración angular α se asumirá que alcanzará la velocidad máxima de 0 a 50 rpm en 0,1 segundo.

$$\alpha = \frac{50 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \frac{2\pi \text{rad}}{1 \text{rev}} \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}}}{0,1 \text{ s}}$$

$$\alpha = 52,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Por lo tanto el torque que genera la inercia de 2 rodillos es:

$$T2 = 2 * 0,0007 \text{ Kg m}^2 * 52,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$\mathbf{T2 = 0,07 [Nm]} \quad \text{(Torque para vencer la inercia)}$$

Por lo tanto

$$\mathbf{Tm = T1 + T2}$$

$$\mathbf{Tm = 3,7 [Nm]} \quad \text{(Torque mínimo del motor)}$$

Velocidad del motor

La velocidad requerida para los autos será de aproximadamente 1 metro en 10 segundos

$$V = 0,1 \text{ [m/s]} \text{ (Velocidad tangencial)}$$

$$V = W * Rr$$

$$W = \frac{V}{Rr} * \frac{1rev}{2\pi rad} * \frac{60s}{1min}$$

$$W = \frac{0,1}{0,0254} * \frac{1rev}{2\pi rad} * \frac{60s}{1min}$$

$$W = 37,6 \text{ [rpm]} \text{ (Velocidad del motor)}$$

Se seleccionó un motor DC debido a su facilidad de control y disponibilidad. Se utilizará un motor de plumas por su disponibilidad y precio en el mercado, además es el más cercano a las características requeridas.

El motor seleccionado posee las siguientes características técnicas:



Figura 44. Características del motor banda autos.

Fuente: (Bosch, 2005, pág. 37)

Marca: Bosch

Torque motor: 6,5 Nm

Velocidad del motor: 43 rpm

Potencia: 28W

Anteriormente se calculó el Torque mínimo: $T_m = 3,6 \text{ Nm}$, por lo tanto,

Torque motor > Torque mínimo

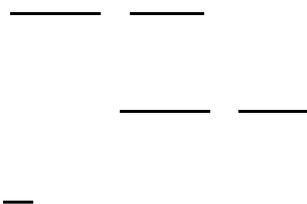
Encontramos que el motor cumple con las especificaciones necesarias

Conociendo la velocidad aproximada de diseño, Velocidad aproximada= 38 rpm, entonces,

Velocidad del motor > Velocidad aproximada

Con esta velocidad del motor que es un poco superior de la aproximada, se tiene la siguiente velocidad de los autos:

$$V = WR$$



Cargas en los rodillos

Se conoce que los dos rodillos, tanto el fijo (motriz) como el móvil, tendrán un diámetro externo de 2 pulgadas por recomendaciones de la banda. Las cargas generadas sobre los rodillos serán iguales en los dos y se muestran en la Figura 45.

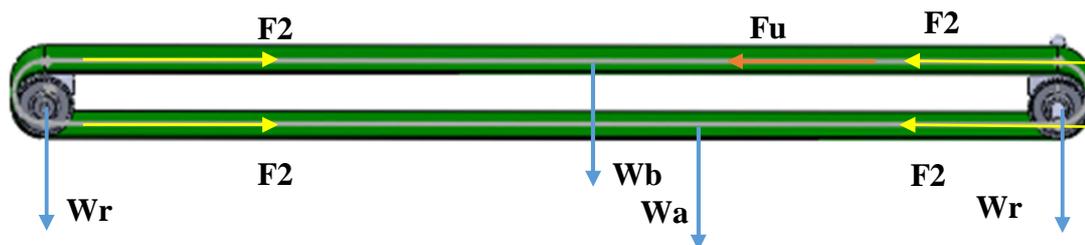


Figura 45. Cargas en los Rodillos.

Dónde:

$$F_2 = 113,16 \text{ [N]}$$

$$F_u = 141,44 \text{ [N]}$$

$$W_b = 4,09 \text{ [N]}$$

$$W_a = 39,24 \text{ [N]}$$

$$W_r = 1,3 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 12,75 \text{ [N]}$$

La carga máxima sobre los rodillos será:

Fuerza vertical

$$B_y = W_r + \frac{W_b}{2} + \frac{W_a}{2}$$

$$B_y = 34,4 \text{ [N]}$$

Fuerza Horizontal

$$B_z = 2 * F_2 + F_u$$

$$B_z = 367,76 \text{ [N]}$$

El rodillo posee en la parte externa un tubo de acero de 2 in (50,8mm) de diámetro.

El análisis de fuerzas sobre el rodillo se muestra en el siguiente diagrama:

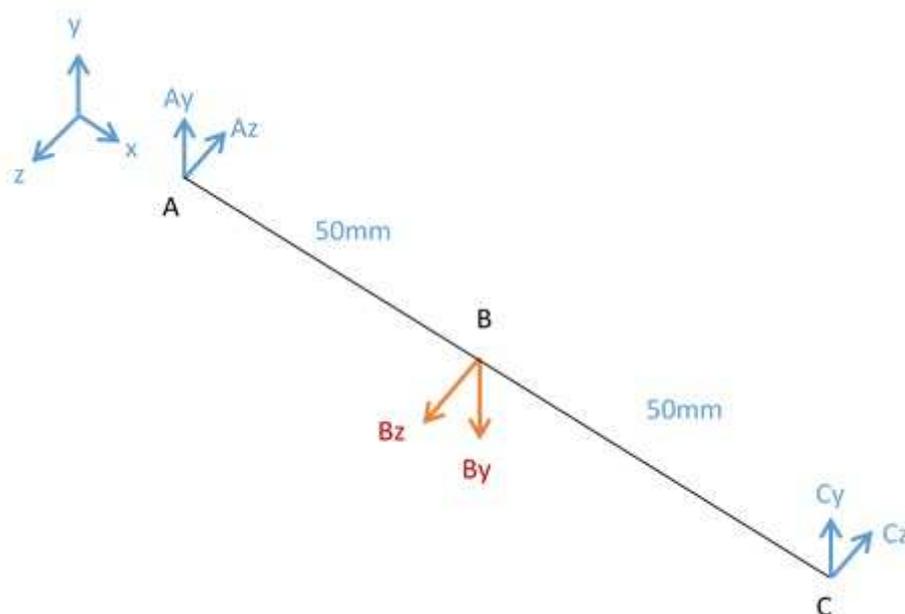


Figura 46. Diagrama de cargas sobre el Rodillo.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$B_y = A_y + C_y$$

$$B_y = A_y + \frac{B_y}{2}$$

$$A_y = 17,2 \text{ [N]}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$C_y * 100 = B_y * 50$$

$$C_y = \frac{B_y}{2}$$

$$C_y = 17,2 \text{ [N]}$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$B_z = A_z + C_z$$

$$B_z = A_z + \frac{B_z}{2}$$

$$A_z = 183,88 \text{ [N]}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$C_z * 100 = B_z * 50$$

$$C_z = \frac{B_z}{2}$$

$$C_z = 183,88 \text{ [N]}$$

Diseño y Cálculo de Flechas

Si bien los dos tubos de los rodillos son iguales, el diseño interno será diferente debido a que uno de los rodillos necesitará acoplarse al motor y transmitir el movimiento.

Las flechas tendrán que ser acopladas a los elementos disponibles en el mercado local, por lo que tendrán las siguientes características:

Flecha de rodillo Móvil



Figura 47. Rodillo Móvil

El diámetro nominal del eje será de 1 pulgada, es decir, 25,4 mm y se maquinará los extremos para acoplar los rodamientos seleccionados que se analizan más adelante; el diámetro donde se acoplan los rodamientos será de 20mm, debido a los rodamientos que se acoplan en el interior del tubo del rodillo. Las dimensiones de los diámetros de la Flecha del rodillo Móvil se muestran en la Figura 48.

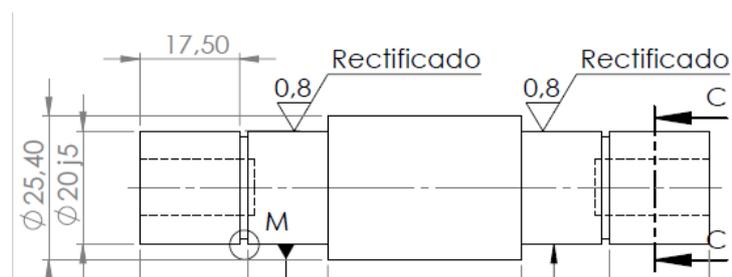


Figura 48. Diámetros de Flecha rodillo Móvil

Flecha de rodillo Fijo



Figura 49. Rodillo Fijo

El diámetro nominal de la flecha del rodillo Fijo será de $\frac{3}{4}$ de pulgada y se la rectificará en sus extremos a una sección de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, que serán los que se acoplarán a las chumaceras. El análisis de resistencia para esta flecha se justifica más adelante. Las dimensiones de los diámetros de la Flecha para el rodillo Fijo se muestran en la Figura 50.

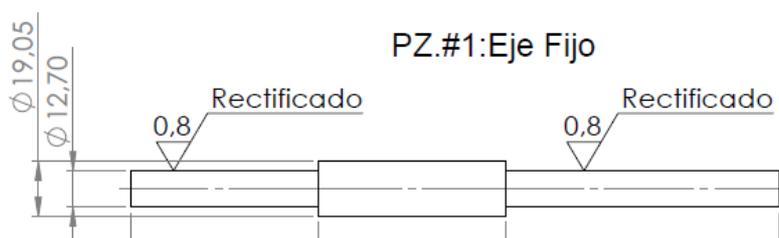


Figura 50. Diámetros de Flecha rodillo Fijo

Análisis de Esfuerzos en la Flecha

Para asegurarnos de la resistencia de la flecha, se analizarán los esfuerzos generados al aplicarse las cargas en los rodillos. Se realizará únicamente el análisis de la Flecha del rodillo Fijo, debido a que es la de menor diámetro y la que soporta cargas dinámicas al transmitir el movimiento del motor a la banda. Por lo tanto si resiste la Flecha del rodillo Fijo, resistirá también la del rodillo Móvil.

El diagrama de Cargas en la Flecha, se muestra en la Figura 51.

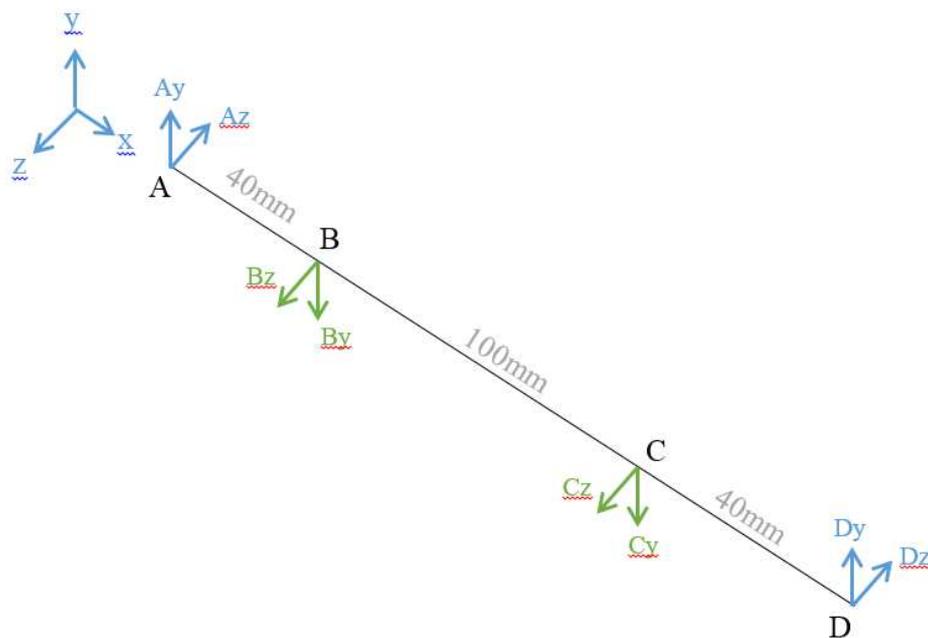
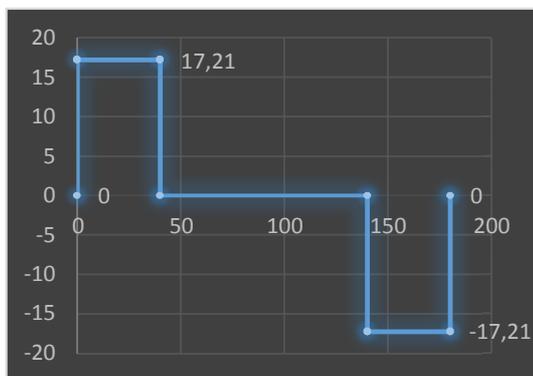


Figura 51. Diagrama de Cargas sobre la Flecha rodillo Fijo

Se analiza de la misma manera que las cargas en los rodillos, descrita anteriormente, por lo que se tiene que:

El diagrama de Cortantes se muestra en la Figura 52.

x-y



x-z

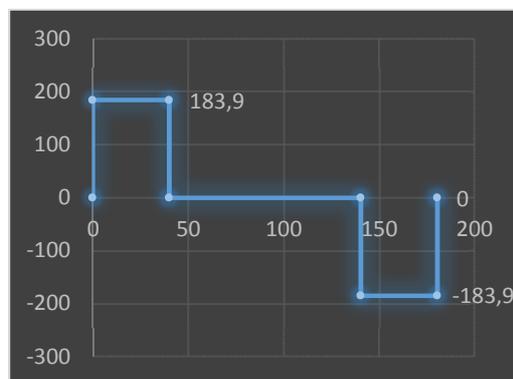


Figura 52. Diagrama Cortantes.

El diagrama de Momentos se muestra en la Figura 53.

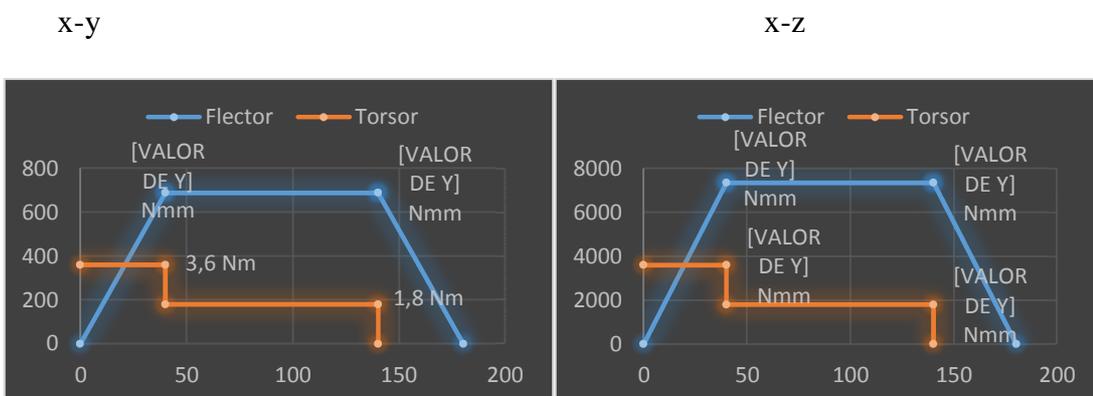


Figura 53. Diagrama de Momentos

El punto crítico será el Punto B

El momento Flector es:

El momento Torsor es:

La fuerza cortante es:

Por lo tanto los esfuerzos quedan de la siguiente forma:

Esfuerzo de Flexión

— (Norton, 1999, pág. 194)

— (Norton, 1999, pág. 990)

$$\sigma_b = 36,7 \text{ [MPa]}$$

$$I = 1,277 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Esfuerzo de Torsión

$$\tau_T = \frac{Tr}{J} \quad (\text{Norton, 1999, pág. 220}) \quad J = \frac{\pi(D^4)}{32} \quad (\text{Norton, 1999, pág. 990})$$

$$\tau_T = \frac{3,6 * \frac{0,0127}{2}}{2,554 \times 10^{-9}} \quad J = \frac{\pi(0,0127^4)}{32}$$

$$\tau_T = 8,95 \text{ [MPa]}$$

$$J = 2,554 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Esfuerzo cortante por cargas transversales

$$\tau_{Vmax} = \frac{4V}{3A} \quad (\text{Norton, 1999, pág. 199})$$

$$\tau_{Vmax} = \frac{4 * 184,7}{3 * \pi * \left(\frac{0,0127}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{Vmax} = 1,94 \text{ [MPa]}$$

Los esfuerzos generados en el cilindro hueco en el punto B entonces se resumen así:

$$\sigma_b = 36,7 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_T = 8,95 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{Vmax} = 1,94 \text{ [MPa]}$$

Al ser cargas variables en el tiempo debido a la rotación, se realizará un análisis de resistencia a la fatiga.

Análisis de Resistencia a la fatiga

Sabemos que la Flecha tiene un diámetro mayor de $\frac{3}{4}$ de pulgada, es decir, $D = 19,05 \text{ [mm]}$, y un diámetro menor $d = 12,7 \text{ [mm]}$.

Cargas variables en el punto B (crítico) de la Flecha

$$\sigma_{bmax} = 36,7 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{bmin} = -36,7 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{max} = 10,9 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{min} = 7 \text{ [MPa]}$$

Esfuerzos estáticos

$$\sigma_{om} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (\text{Norton, 1999, pág. 357})$$

$$\sigma_{om} = \mathbf{0 \text{ [MPa]}}$$

$$\sigma_{m^*} = Kt \sigma_{om}$$

$$Kt = A \left(\frac{r}{d}\right)^b \quad \frac{D}{d} = 1,5 ; r = 2$$

$$A = 0,93836$$

$$b = -0,25759$$

(Norton, 1999, pág. 1006)

$$Kt = 1,51$$

$$\sigma_{m^*} = 1,51 (0)$$

$$\sigma_{m^*} = \mathbf{0}$$

$$\tau_{om} = \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2}$$

$$\tau_{om} = \mathbf{8,95 \text{ [MPa]}}$$

$$\tau_{m^*} = Kt \tau_{om}$$

$$Kt = A \left(\frac{r}{d}\right)^b$$

$$\frac{D}{d} = 1,5; r = 2$$

$$A = 0,84897$$

$$b = -0,23161$$

$$Kt = 1,3$$

$$\tau_{m^*} = 1,3 (8,95)$$

$$\tau_{m^*} = \mathbf{11,6}$$

Esfuerzo dinámicos

$$\sigma_{oa} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

(Norton, 1999, pág. 357)

$$\sigma_{oa} = \mathbf{36,7 [MPa]}$$

$$\sigma_{a^*} = Kf \sigma_{oa}$$

$$Kf = 1 + (Kt - 1) q$$

$$q = 1$$

Pues no se conoce el diámetro de muescas y se prefiere se conservador.

(Norton, 1999, pág. 391)

$$Kf = Kt$$

$$Kf = 1,51$$

$$\sigma_{a^*} = 1,51 (36,7)$$

$$\sigma_{a^*} = \mathbf{55,4}$$

$$\tau_{oa} = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2}$$

$$\tau_{oa} = \mathbf{1,95 [MPa]}$$

$$\tau_{a^*} = Kf \tau_{oa}$$

$$Kf = 1 + (Kt - 1) q$$

$$q = 1 ; \quad (\text{Norton, 1999, pág. 391})$$

$$Kf = Kt$$

$$Kf = 1,3$$

$$\tau_{a^*} = 1,3 (1,95)$$

$$\tau_{a^*} = \mathbf{2,54}$$

Los esfuerzos estáticos y dinámicos se resumen a continuación:

Estáticos

$$\sigma_m^* = \mathbf{0}$$

$$\tau_m^* = \mathbf{11,6}$$

Equivalente estático

$$\sigma_{eqm} = 2 \tau_m^* \quad (\text{Norton, 1999, pág. 293})$$

$$\sigma_{eqm} = \mathbf{23,2 [MPa]}$$

Dinámicos

$$\sigma_a^* = \mathbf{55,4}$$

$$\tau_a^* = \mathbf{2,54}$$

Equivalente dinámico

$$\sigma_{eqa} = \sigma_a^* \quad (\text{Norton, 1999, pág. 293})$$

$$\sigma_{eqa} = \mathbf{55,4 [MPa]}$$

Para el acero AISI 304, la Resistencia máxima a la tensión es:

$$\mathbf{Sut = 85 KSI (586 MPa)}$$

$$Se' = 0,5 Sut$$

$$\mathbf{Se' = 293 [MPa]}$$

$$Se = C_{tam} C_{carga} C_{superficie} Se'$$

$$C_{tam} = 1,189 d^{-0.097}$$

$$C_{tam} = 0,93$$

(Norton, 1999, pág. 376)

Al ser maquinado (rectificado), tenemos que:

$$C_{superficie} = A (Sut)^b$$

$$C_{superficie} = 0,83$$

(Norton, 1999, pág.

379)

Al estar sometido a cargas por flexión, se tiene que:

$$C_{carga} = 1$$

(Norton, 1999, pág. 376)

$$S_e = (0,93)(1)(0,83) 293$$

$$S_e = 226 \text{ [MPa]}$$

$$\frac{S_y}{FS} = \sigma_{eqm} + \frac{S_y}{S_e} \sigma_{eqa}$$

(Norton, 1999, pág. 410)

$$\frac{241}{FS} = 23,2 + \frac{241}{226} 55,4$$

$$FS = 2,93$$

(Factor de Seguridad – Resistencia a la

fatiga)

Este número de Factor de seguridad significa que la resistencia del material es aproximadamente 3 veces mayor que los esfuerzos a fatiga generados. Por lo tanto cumple ampliamente con el diseño del sistema.

Selección de Rodamientos

Para la selección de los rodamientos se utilizará las cargas aplicadas sobre el rodillo, que a su vez son soportadas por los rodamientos. Si bien los dos rodillos

tienen el mismo diámetro, difieren en sus elementos, pues uno será fijo para acoplarse con el motor y el otro será móvil y simplemente necesita rodar.

Por lo tanto se necesitará un par de rodamientos para el rodillo fijo y otro par para el rodillo móvil.

Para el rodillo Móvil

Se analizará las cargas en uno de los lados del rodillo, pues las cargas son simétricas, y se seleccionará un rodamiento igual para el otro lado de la flecha. Las cargas entonces son:

$$A_y = 17,2 [N]$$

$$A_z = 183,88 [N]$$

$$A_x = 0 [N]$$

A_y y A_z son cargas radiales. En este caso no existe carga axial $A_x = 0$. Si se suman las dos fuerzas en el plano radial tenemos:

$$F_{RA} = 184,68 [N]$$

La carga equivalente para la selección del rodamiento será entonces:

$$P = XVF_r + YF_a \quad (\text{Norton, 1999, pág. 683})$$

Al no tener fuerza axial y ser la pista externa la que gira tenemos que:

$$P = (1)(1,2)(184,68) + 0 \quad (\text{Norton, 1999, pág. 683})$$

$$P = 221,62 [N]$$

Si utilizamos la relación de vida y carga de los rodamientos siguiente:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (\text{Norton, 1999, pág. 682})$$

Donde L es la vida a la fatiga expresada en revoluciones, C es la capacidad de carga dinámica del rodamiento y P es la carga equivalente aplicada sobre el rodamiento.

Si sabemos que el motor gira a 43 RPM, y asumimos que el sistema funcionará un máximo de 3 horas al día y durante 10 años, tendremos la vida del rodamiento expresada en millones de revoluciones de la siguiente forma:

$$L = 3 \frac{h}{día} * 10 \text{ años} * 43 \frac{rev}{min} * 365 \frac{días}{año} * 60 \frac{min}{h}$$

$$L = 28,25 \text{ [millones de revoluciones]}$$

Por lo tanto,

$$C_m = P L^{1/3}$$

$$C_m = 221,62 (28,25)^{1/3}$$

$$C_m = 675 \text{ [N]} \quad (\text{Capacidad de carga mínima requerida})$$

Sabemos que el rodillo es un cilindro de diámetro externo de 50,8mm y de diámetro interno de 47mm. Por lo tanto, para el rodillo móvil, que no genera movimiento, se seleccionará un rodamiento que calce ajustado internamente en el tubo, es decir, un rodamiento de diámetro exterior de 47mm.



Figura 54. Rodamiento de bolas 6204Z.

Fuente: (Amico, 2015)

Se ha seleccionado el rodamiento 6204 debido a la alta disponibilidad en el mercado, el cual, cumple con el diámetro necesario como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.***Características de Rodamiento 6204Z***

Diámetro Exterior	47 [mm]
Diámetro Interior (eje)	20 [mm]
Grosor	14 [mm]
Peso	0,11 [Kg]
Capacidad de Carga Estática (Co)	6,55 [KN]
Capacidad de Carga Dinámica (C)	12,7 [KN]

Fuente: (FAG Sales Europe GmbH, 2000, pág. 158)

Analizando las cargas, se observa que la capacidad de carga de este rodamiento es muy superior a la capacidad de carga mínima calculada ($C > C_m$), por lo que cumple con las necesidades de diseño.

Al seleccionar este rodamiento, se necesitará que el diámetro de la flecha en la sección del rodamiento, sea de 20mm. Por lo tanto se utilizará un eje de 25,4mm (1 in) y se realizará un proceso de rectificado en los extremos para que calce el rodamiento; y se reducirá a un diámetro de 20mm de diámetro. Véase ANEXO A.1.1.3.

El ajuste recomendado para el rodamiento para la flecha interna, es un ajuste “j5”; y para el exterior del rodamiento, es decir el ajuste del agujero (interior del tubo rodillo) es “M7”. (SKF, s.f.)

Para el rodillo Fijo

Para el eje motriz o rodillo fijo, que se acopla al motor, se deberá seleccionar un par de chumaceras, pues el tubo del rodillo estará unido al eje que se acopla al motor. El diámetro de eje que se acopla al motor sabemos que es de 0,5 pulgadas por lo que se seleccionará una chumacera con un rodamiento de diámetro de eje 0,5 in y que soporte las cargas generadas.



Figura 55. Chumacera Rodillo Banda.

Fuente: (VXB, 2015)

La chumacera de ½ pulgada seleccionada, debido a su disponibilidad en el mercado, es la chumacera UCF201-8, la cual se muestra en la Figura 55 y tiene las características que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8.

Características de la chumacera UCF201-8

d	=	1/2 inch
a	=	86mm
e	=	64mm
i	=	15mm
g	=	12mm
L	=	25.4mm
S	=	12mm
Z	=	33.3mm
Bi	=	31mm
n	=	12.7mm
Bolt	=	10mm
kg	=	0.63
Dynamic Load	=	1000 kgf
Static Load	=	630 kgf

Fuente: (Simply Bearings Ltd, 2015)

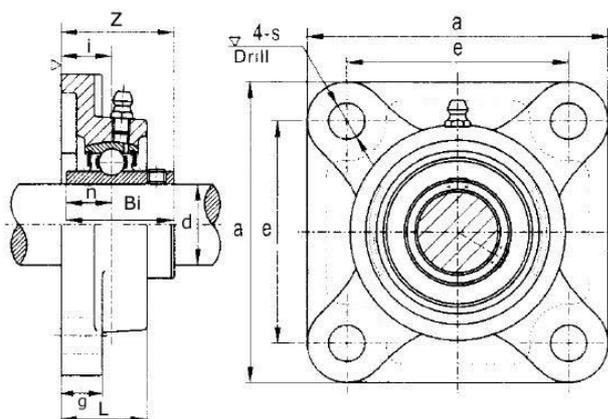


Figura 56. Características de la chumacera UCF201-8

Fuente: (Simply Bearings Ltd, 2015)

Las cargas aplicadas en los dos rodillos serán iguales, por lo que se utilizará la misma capacidad de carga requerida calculada. Al analizar las cargas, observamos que la capacidad de carga de la chumacera es superior a la carga mínima requerida calculada anteriormente ($C > C_m$); por lo que la chumacera seleccionada cumple con las especificaciones de diseño.

El eje del rodillo fijo entonces será de 0,75 pulgadas y tendrá un cambio de sección a 0,5 pulgadas. Este cambio de sección será para alojar al disco que se acoplará fijamente con el tubo del rodillo, y los extremos de la flecha se sostendrán en las chumaceras. Por lo tanto se necesitarán dos chumaceras de este tipo. Véase Figura 56.

Sellos de eje

Se necesita seleccionar un par de sellos de eje para el rodillo móvil, donde se alojan los rodamientos 6204 anteriormente seleccionados. El rodillo fijo no necesitará sellos pues posee simplemente uniones soldadas y no rodamientos internos.

Este sello se necesitará para evitar que impurezas ingresen a la sección del rodamiento. Para la selección se tomará en cuenta los diámetros del eje y del rodillo

(tubo); el sello no estará sometido a presiones internas o externas y su función será simplemente la protección o aislamiento de basuras.

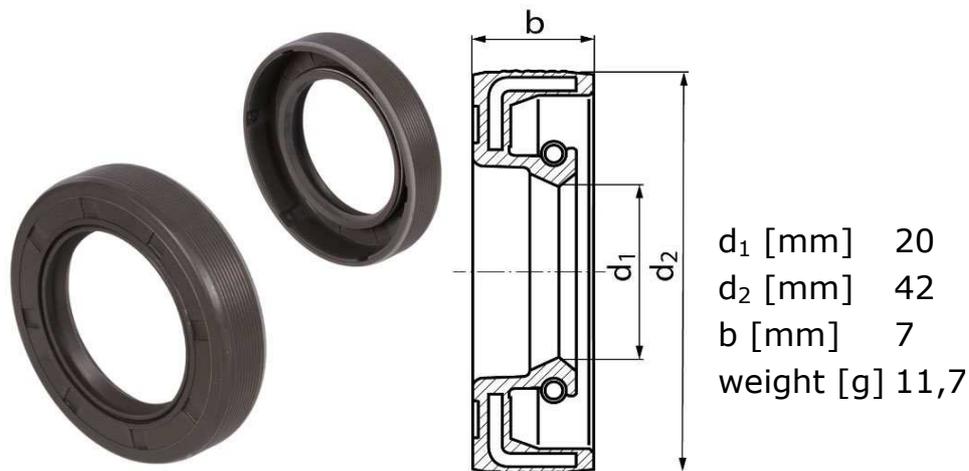


Figura 57. Sello de eje rodillo 20mm.

Fuente: (Mädler GmbH, 2012)

El sello de eje seleccionado, cuya imagen se muestra en la Figura 57, tendrá 20mm de diámetro de agujero para el eje, y 42mm de diámetro externo, tomando en cuenta el diámetro de la flecha y el diámetro interno del tubo de rodillo, que es 47mm, por lo que cubrirá casi en su totalidad, dejando un espacio para que el rodillo gire sin interferencias.

Por lo tanto se necesitará adquirir dos sellos de este tipo para acoplar en el eje del rodillo móvil y proteger los rodamientos. El eje motriz o rodillo fijo no necesitará de estos elementos, pues no tiene rodamientos en el interior del tubo sino que se acopla a las chumaceras de pared seleccionadas.

3.2.1.2.2. Tornillo – Tuerca (persona)

Para el sistema de tornillo – tuerca que generará el movimiento para que cruce la calle la persona, se utilizarán los siguientes elementos:

- Estructura
- Tornillo

- Tuercas
- Eje guía
- Carro de deslizamiento lineal
- Motor

El sistema se muestra en la Figura 58, en donde se observa que el motor está alineado con el tornillo y el carro de deslizamiento está montado en un eje paralelo al eje roscado (tornillo), este carro tiene en uno de sus lados, soldadas dos tuercas que son las que se acoplarán al tornillo para la transmisión del movimiento.

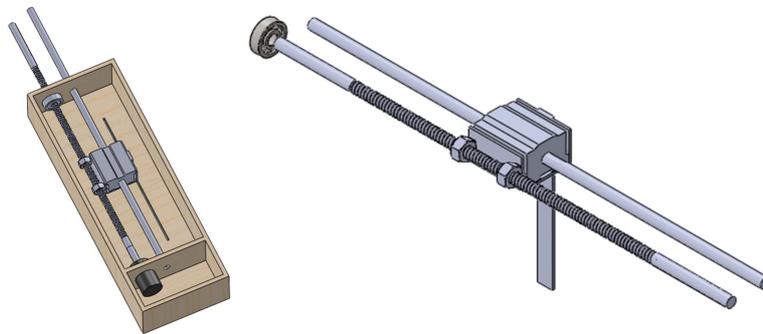


Figura 58. Sistema Tornillo-Tuerca.

La estructura externa y de soporte se la construirá de MDF, ya que se manejan cargas pequeñas y va acorde con el diseño exterior del módulo.

El funcionamiento del tornillo-tuerca consiste en un eje roscado, el cual, tiene únicamente un movimiento rotatorio sobre su eje; al girar las hélices intenta girar la rosca a la que está acoplado, pero al evitar el movimiento rotativo de la rosca, genera un movimiento lineal paralelo al eje. Para evitar que la tuerca gire, ésta deberá estar acoplada a un carro que evite la torsión y permita el deslizamiento lineal.

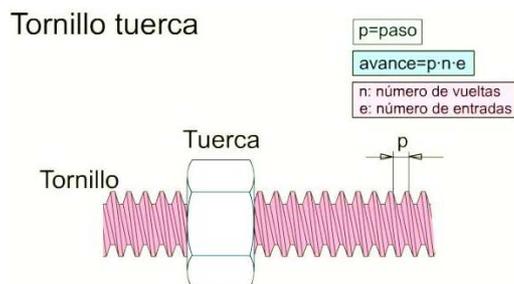


Figura 59. Tornillo-Tuerca.

Fuente: (Sites.google.com, s.f.)

Cargas en el tornillo

En el mercado se buscó un tornillo delgado, ya que se manejarán cargas muy pequeñas y se ha conseguido un tornillo de ¼-20 UNC, es decir, un tornillo de 0.25 pulgadas de diámetro, con un paso de 20 hilos por pulgada. (Norton. R, 1999, p. 893)

$$ps = \frac{1 \text{ in}}{20 \text{ hilo}}$$

$$ps = 0,05 \text{ in} \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ in}}$$

$$ps = 1,27 \text{ mm}$$

Tiene un diámetro exterior de 0.25 pulgadas y un diámetro interior de 0,185 pulgadas.

(Norton, 1999, pág. 893)

$$d = 6,35 \text{ mm}$$

$$dr = 4,7 \text{ mm}$$

El diámetro de paso será entonces

$$dp = 0,2175 \text{ in}$$

(Norton, 1999, pág. 894)

$$dp = 5,53 \text{ mm}$$

Las cargas que se generan en el tornillo se muestran en la Figura 60. Donde P es la fuerza de torsión, F la fuerza de movimiento lineal, N la normal y μ el coeficiente de rozamiento.

Por lo tanto el ángulo que tiene la hélice es

$$\tan \alpha = \frac{ps}{\pi dp}$$

(Norton, 1999, pág. 897)

$$\tan \alpha = \frac{1,27}{17,37}$$

$\alpha = 4,18^\circ$ (Ángulo de hélice)

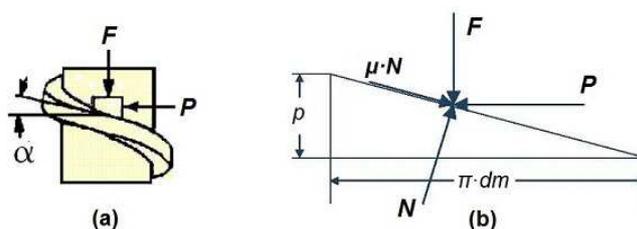


Figura 60. Cargas en la rosca de un tornillo.

Fuente: (Rodriguez, s.f.)

Si realizamos un análisis de fuerzas en equilibrio tenemos que:

$$\sum F_x = 0$$

$$P - \mu N \cos \alpha - N \sin \alpha = 0$$

$$N = \frac{P}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F - \mu N \sin \alpha - N \cos \alpha = 0$$

$$N = \frac{F}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} \quad (2)$$

Igualando (1) y (2)

$$P = F \frac{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} \quad (\text{Norton, 1999, pág. 899})$$

$$P = F \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$$

Al ser un tornillo que tiene un filete, se le debe agregar el ángulo θ del filete

$$P = F \frac{\frac{\mu}{\cos \theta} + \tan \alpha}{1 - \frac{\mu}{\cos \theta} \tan \alpha} \quad (\text{Rodriguez, s.f.})$$

Si se conoce que el ángulo entre crestas es 60° (Norton, 1999, pág. 891), el ángulo del filete de la cresta (θ) será entonces la mitad.

$$\theta = 30^\circ$$

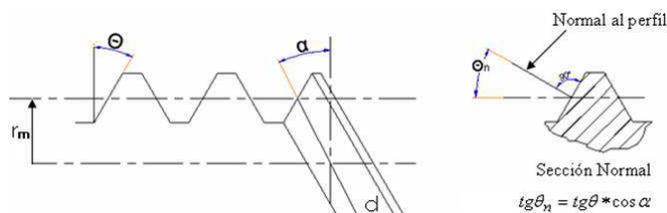


Figura 61. Cálculo de tornillos de Potencia

Fuente: (Ma San Zapata, 2013, pág. 83)

En realidad no existe una carga significativa para el tornillo, ya que el carro se desliza en forma horizontal sobre un eje con un rodamiento de bolas de deslizamiento lineal, que eliminará prácticamente toda la fricción al deslizarse.

Aun así, si consideramos que existe la fuerza F para el movimiento lineal que asumiremos por seguridad 0,2 Kg, tenemos que:

$$F = 0,2 \text{ Kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 1,96 \text{ N}$$

Conocemos que el material del tornillo y la tuerca es aluminio, por lo que el coeficiente de rozamiento (μ) entre aluminio es 0,35; pero por seguridad y siendo conservadores, se asumirá $\mu = 0,5$. (Hufnagel, 1992, pág. 117)

Aplicamos la fórmula encontrada para encontrar la fuerza tangencial de torsión:

$$P = 1,96 \frac{\frac{0,5}{\cos 30} + \tan 4,18}{1 - \frac{0,5}{\cos 30} \tan 4,18}$$

$$P = 1,96 \frac{0,65}{0,96}$$

$$P = 1,33 \text{ N}$$

Si utilizamos un factor de seguridad $FS = 2$ para compensar cualquier fuerza adicional, tenemos que,

$$F_t = FS * P$$

$$F_t = 2 * 1,33 N$$

$$F_t = 2,66 N \quad \text{(Fuerza tangencial de torsión generada)}$$

Selección del motor

Se ha seleccionado un motor de las siguientes características:

Velocidad: 400 rpm

Alimentación: 12 V

Corriente: 50 mA



Figura 62. Motor para peatón.

Fuente: (Amico, 2015)

Potencia del motor

$$P = V * I$$

$$P = 12 V * 0.05 A$$

$$P = 0,6 W$$

$$P = n * T$$

$$T = \frac{0,6 \text{ W}}{400 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}}$$

$$T = \mathbf{0,0143 \text{ [Nm]}}$$

La fuerza tangencial que genera este torque, utilizando el $dp = 5,53 \text{ mm}$ obtenido anteriormente, debido a que la fuerza es aplicada en el diámetro medio del filete, tenemos que:

$$Ft' = \frac{T}{dp/2}$$

$$Ft' = \frac{0,0143 \text{ Nm}}{0,00553/2}$$

$$Ft' = \mathbf{5,17 \text{ [N]}}$$

Por lo tanto tenemos que la fuerza generada por el motor es mucho mayor que la fuerza aplicada necesaria para el movimiento,

$$Ft' > F$$

$$\mathbf{5,17 \text{ N} > 2,66 \text{ N}}$$

Entonces el motor cumple las especificaciones de diseño.

Adicionalmente se calcula la velocidad lineal que tendrá el carro de deslizamiento, que será a la velocidad que cruce la calle la persona:

$$Vl = ps * n$$

$$Vl = 1,27 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} * 400 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$Vl = \mathbf{8,47 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}$$

El tiempo que tomará en cruzar los 10 cm de calle será:

$$t = \frac{d}{vl}$$

$$t = \frac{100 \text{ mm}}{8,47 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}$$

$$t = 11,8 \text{ s}$$

Selección del Rodamiento

Para la rotación del tornillo simplemente se necesitará el rodamiento de un lado, ya que al ser cargas muy pequeñas, el motor soportará el eje en el otro lado. Si sabemos que el diámetro del tornillo es de 1/4 pulgada, es decir, 6mm aproximadamente, se buscará un rodamiento con un diámetro interno de 6mm.

El rodamiento seleccionado es el 626 (FAG, sf., p. 153), el cual tiene las siguientes características:

d	=	6
D	=	19
B	=	6
r min	=	0.3
r1 min	=	0.3
Dynamic Load	=	2.6 kN
Static Load	=	1.05 kN
Speed in Oil	=	35000 rpm
Speed in Grease	=	27000 rpm

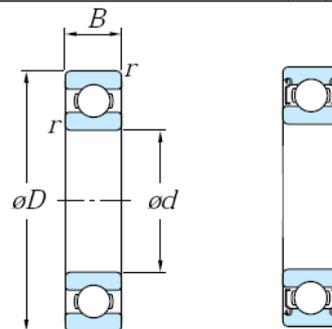


Figura 63. Características del rodamiento 626ZZ.

Fuente: (Simply Bearing Ltd., 2015)

Si asumimos una carga exagerada de 1Kg que soportará el eje, es decir 9,8 [N], la fuerza será insignificante para la capacidad de carga del rodamiento mostrado en la Figura 63. Por lo tanto, según las características de dimensiones y su capacidad de carga, el rodamiento cumple con las especificaciones de diseño.

Eje y Carro de deslizamiento lineal

Las cargas que se moverán con el sistema de tornillo-tuerca son muy bajas, además que el objetivo del carro de deslizamiento, es simplemente funcionar como guía y evitar la rotación del acople de las tuercas; por este motivo no se realizará un análisis de carga y se buscará el carro más pequeño y disponible en el mercado. Comercialmente un carro pequeño disponible es uno para un eje de 8mm de diámetro.

El carro seleccionado es el LM8UU con rodamiento de bolas, como se muestra en la Figura 64. El eje será entonces de acero inoxidable y 8mm de diámetro.



Figura 64. Carro de deslizamiento lineal LM8UU.

Fuente: (Amico, 2015)

3.2.2. Sistema de Control

3.2.2.1. Diseño electrónico

3.2.2.1.1. Selección de elementos del sistema

Los elementos electrónicos seleccionados fueron los siguientes:

Motores

Mecánicamente se han seleccionado dos motores, uno para los autos y el otro para la persona, las características eléctricas de los motores son las siguientes:

Motor para autos

Marca: Bosch

Torque motor: 6,5 Nm

Velocidad del motor: 43 rpm

Potencia: 28W

Alimentación: 12 V

Por lo tanto, la corriente podemos calcularla,

$$P = V * I$$

$$I = \frac{28 W}{12 V}$$

$$I = 2,33 A$$

Motor para persona

Velocidad: 400 rpm

Alimentación: 12 V

Corriente: 50 mA

Potencia calculada: 0,6 W

Sensores

Para el funcionamiento y control del sistema se utilizarán 3 sensores de posición. Se ha seleccionado sensores ópticos (interruptores ópticos) ranurados, como se muestra en la Figura 65. Debido a su bajo costo y tamaño pequeño, se lo puede adaptar en el sistema sin necesidad de gran espacio, además, se encuentra disponible ampliamente en el mercado y la adquisición de su señal es relativamente sencilla. Los tres sensores serán del mismo tipo, de marca Sharp modelo S53.

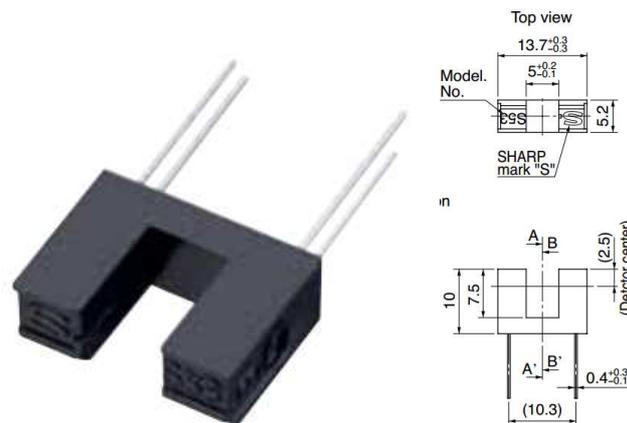


Figura 65. Dimensiones de optoswitch.

Fuente: (Sharp Corporation, 2005, pág. 1)

Las dimensiones de este sensor son pequeñas, se muestra en la Figura 65, por lo que es muy útil para adaptar en cualquier tipo de sistema.

Uno de los sensores va a funcionar para hacer parar a los autos que se mueven en la banda transportadora justo antes del semáforo (cuando se encuentre en rojo). Para esto se incorporará internamente unas pestañas delante de cada auto para que pase por la ranura del sensor.

Los otros dos sensores van a funcionar como fines de carrera en el cruce de la calle de la persona cuando llega a un lado u otro de la vereda.

El diagrama de conexión interna es el que se muestra en la Figura 66, en donde se observa que tenemos un diodo emisor de luz y como receptor se tiene un fototransistor que se activa al recibir la señal de luz.

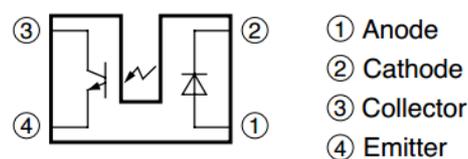


Figura 66. Conexión interna interruptor óptico.

Fuente: (Sharp Corporation, 2005, pág. 2)

A este tipo de sensor simplemente se le adicionarán resistencias para la conexión a tierra y como protección del led como se muestra en la Figura 67.

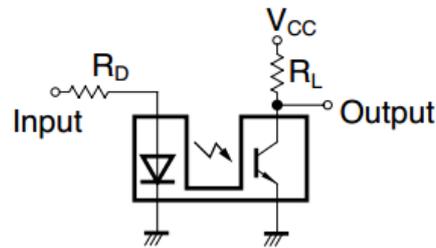


Figura 67. Conexión circuito externo de interruptor óptico.

Fuente: (Sharp Corporation, 2005, pág. 6)

La resistencia R_D puede utilizarse de 220Ω y R_L de $1 K\Omega$. Lo que nos asegura que el led consuma solo el voltaje necesario y que la salida nos envíe un 0 o un 1 dependiendo de si se activa o no el fototransistor.

Botones

Los botones utilizados son de tamaño grande y con luz incorporada para que sean llamativos a los niños y mediante la luz se pueda saber si está activado o no, el módulo.

Las características del botón se muestran a continuación:

Tipo de botón: momentáneo

Tipo de contacto: 1NO&1NC (un normalmente abierto y un normalmente cerrado)

Tensión y corriente nominal: AC 250V 15A; AC 125V 6A; DC 250V 0.3A; DC 125V 0.6A.

Diámetro del botón: 52 mm

Diámetro de agujero de montaje: 24 mm

(Amico, 2015)

En el sistema se utilizarán dos botones, uno será para que el semáforo de los autos se ponga en rojo y los autos se detengan y el otro será para hacer cruzar al niño

la calla desde una vereda a la otra. La Figura 68 muestra una imagen de los botones utilizados.



Figura 68. Botón.

Fuente: (Amico, 2015)

Placas de control

Como controlador del sistema y cerebro del funcionamiento vamos a utilizar un Arduino Uno, el cual posee suficientes salidas y entradas para manejar las interacciones.



Figura 69. Arduino Uno.

Fuente: (Arduino, 2015)

A continuación se muestra el resumen de características del Arduino Uno.

Tabla 9.

Características Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V

Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Fuente: (Arduino, 2015)

Elementos de amplificación o Preactuadores

Los elementos que se utilizarán como activadores de actuadores, enlazando la señal de control que viene desde el Arduino uno, que utiliza baja potencia, y controlando las señales de potencia para los actuadores, serán los relés.

Por motivos de facilidad de conexiones y armado, se ha adquirido placas electrónicas de relés ya armados, ya que vienen las conexiones y la placa ya construidas, están ya organizados y ahorra tiempo en su implementación. En el sistema se utilizarán 5 salidas del Arduino que van cada una a un relé para la activación de actuadores.

El circuito de cada uno de los relés, con las señales de control para su activación será de la siguiente forma:

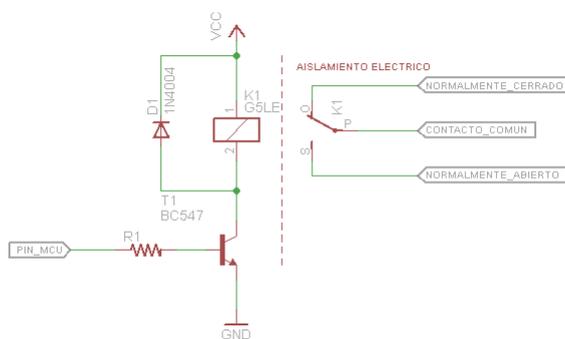


Figura 70. Conexión del relé.

Fuente: (Ruben, 2012)

Los módulos de relés, como se muestra en la Figura 71, tienen la facilidad de tener el circuito ya armado con transistores NPN, utilizan relés de activación a 5V y salida de hasta 250VAC 10 A.



Figura 71. Módulo de 2 relés.

Fuente: (Kootek, 2015)

Semáforo

Para el semáforo se utilizarán simplemente 3 led que estarán conectadas directamente de las salidas del Arduino Uno, cada led con una resistencia de 220 Ω como protección.



Figura 72. Led para semáforo.

Fuente: (Reichelt Electronic GmbH & Co, 2015)

Sonido

El sonido únicamente entrará en funcionamiento cuando el niño quiera hacer cruzar a la persona mientras los autos están circulando en semáforo en verde. El sistema parará todos los movimientos y se escuchará un sonido de frenos de autos y sirenas de peligro.

Para la activación del sonido, se utilizará un módulo que puede grabar y reproducir sonido durante 10s. Es un botón que tiene el nombre de “Talk Point” de la marca *Learning Resources*. A este botón se lo ha adaptado para que funcione activándose con una de las salidas del Arduino y se alimente con las fuentes del sistema.

Este botón mide 1,75 pulgadas de diámetro, necesita de una alimentación de baterías y puede grabar y reproducir 10s de audio. (Learning Resources Inc., 2015)

A continuación se muestra una imagen del botón de sonido:



Figura 73. Botón de audio.

Fuente: (Learning Resources Inc., 2015)

Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación se lo hará con fuentes de alimentación de 12V. Se tendrán dos fuentes independientes, una para la alimentación de actuadores y otra para la alimentación de control; de esta forma se evita fallas por picos de voltaje o corriente debido a la alimentación de potencia.

La fuente de alimentación del Arduino Uno será de 12V 2A, pues se encargará simplemente de alimentar a los sensores, leds y señales de control.

Si sumamos la corriente que consumirán los motores, obtenemos que

$$I_{TOTAL} = 2,33 A + 0,05 A$$

$$I_{TOTAL} = 2,38 A$$

Asumiendo que los motores en el momento de arranque o al cambiar de giro consumirán más corriente de la nominal, se pondrá una fuente de mayor suministro de corriente. La fuente para el circuito de potencia será entonces de **12V 6A**, con lo que se cubrirá las necesidades de consumo de los motores y elementos adicionales.

Adicionalmente se necesitará de un suministro de 5V DC para alimentar los botones, luces de los botones y la placa de sonido con los parlantes. Para esto se agregará un regulador de voltaje para tomar la alimentación de 12V y transformarla en 5V. Para esto se utilizará un elemento regulador (LM7805) para bajar la tensión y regularla en 5V DC.

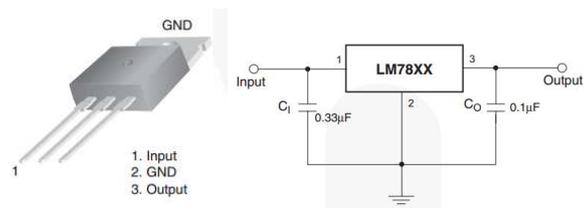


Figura 74. Conexión regulador 7805

Fuente: (Fairchild Semiconductor Corporation, 2014, pág. 1)

Existe en el mercado módulos que poseen el circuito regulado ya armado, los cuáles, son cajas cerradas que solo necesitan ser conectadas en sus entradas y salidas como se muestra en la Figura 75, esto facilita las conexiones y evita el armado y construcción de una placa para el circuito regulador. Por este motivo para este módulo se ha utilizado uno de estos convertidores ya armados en lugar de utilizar el LM7805.



Figura 75. Convertidor 12V a 5V.

Fuente: (Smakn, 2015)

3.2.2.1.2. Esquema lógico del circuito

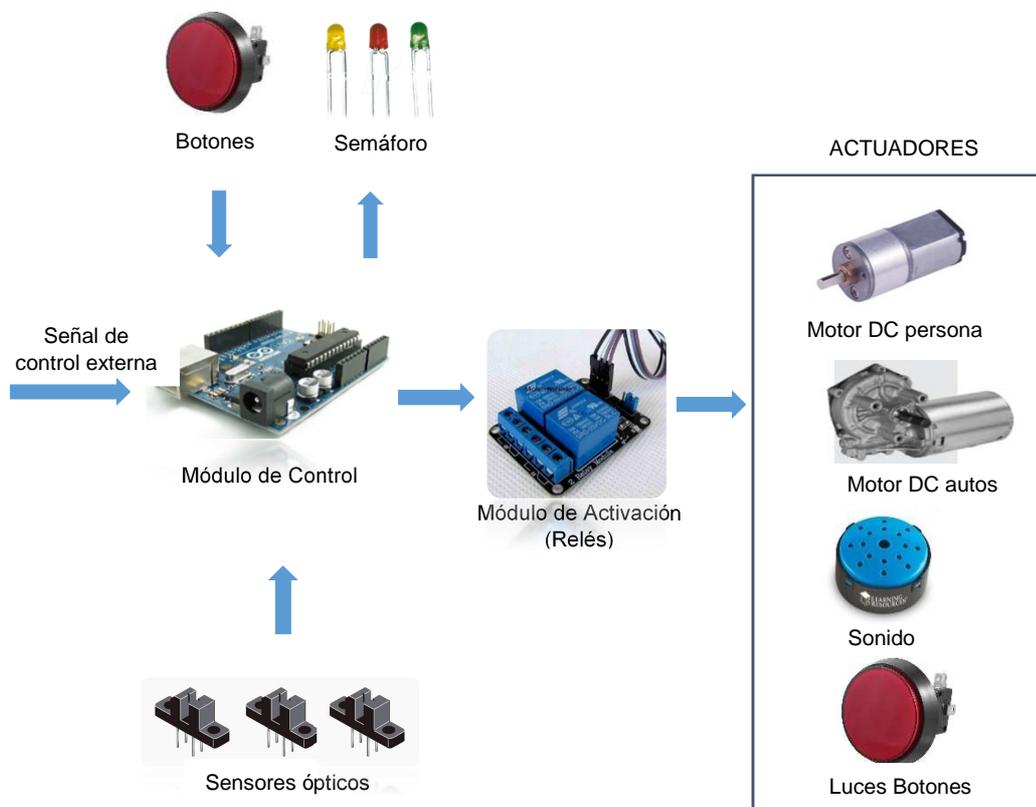


Figura 76. Circuito Lógico Calle-Semáforo.

3.2.2.1.3. Circuito de Control y Potencia

Circuito Esquemático

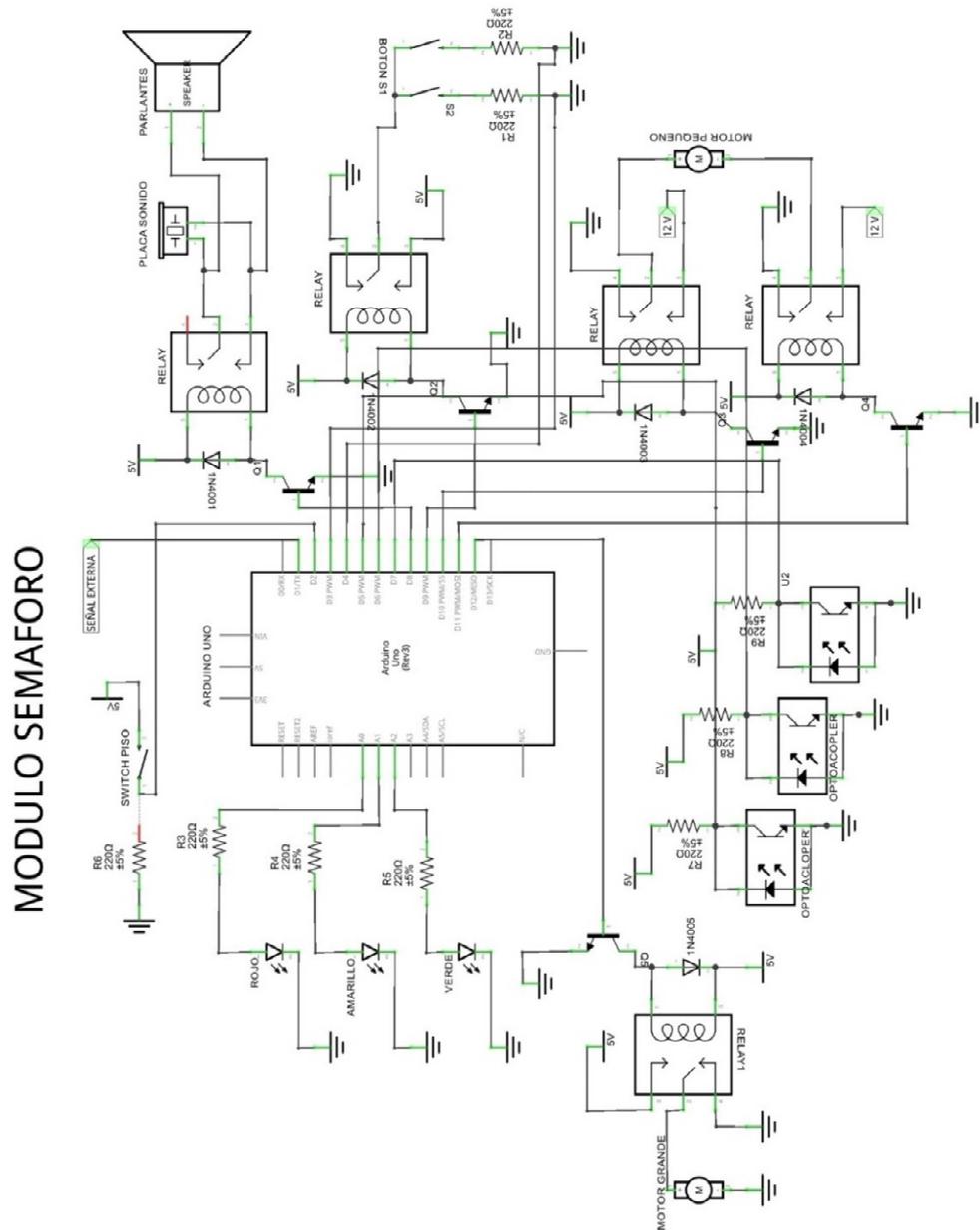


Figura 77. Circuito Esquemático Semáforo.

Para distinguir mejor el circuito, se lo va a dividir en secciones como se muestra más adelante.

En la Figura 78 se muestra dos relés que están controlados por el arduino; uno de los relés activa el sonido y el otro alimenta los botones de entrada con sus respectivas luces.

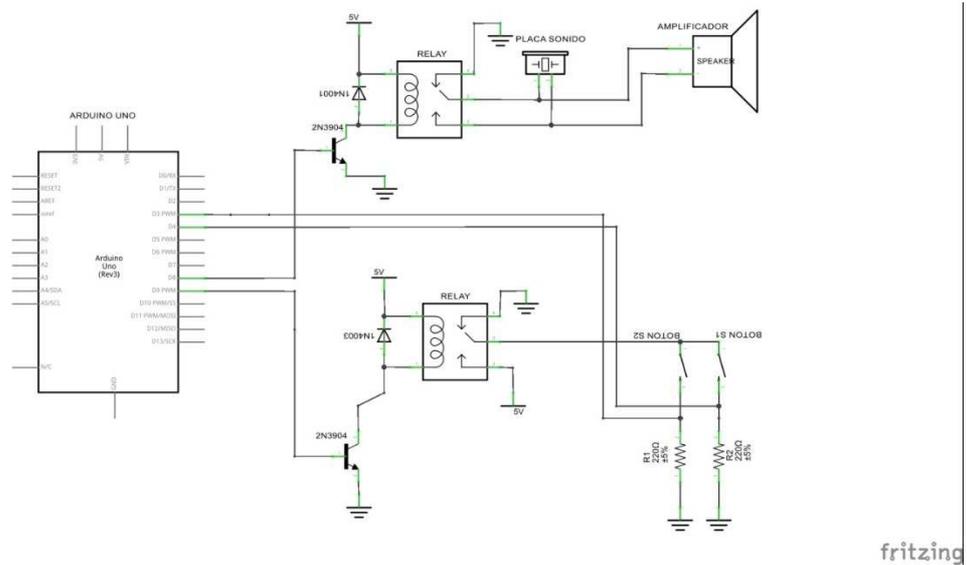


Figura 78. Circuito Esquemático Semáforo-Parte1.

En la Figura 79 se observa el control de los dos motores desde el arduino a través de los relés; un relé controla el motor de la banda de los autos para uque gire en un solo sentido y dos relés controlan el motor de la persona que cruza la calle, pues debe cambiar de giro para que cruce en cualquiera de las direcciones.

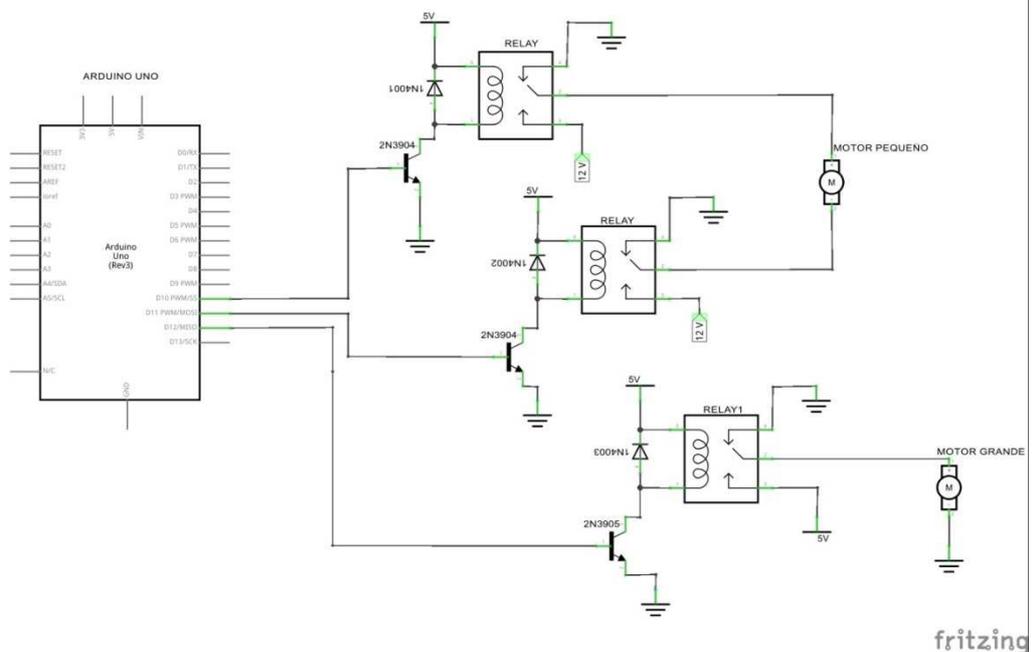


Figura 79. Circuito Esquemático Semáforo-Parte2.

En la Figura 80 se muestra los sensores ópticos que son entrada del arduino, y los focos led que son el semáforo como salida del arduino.

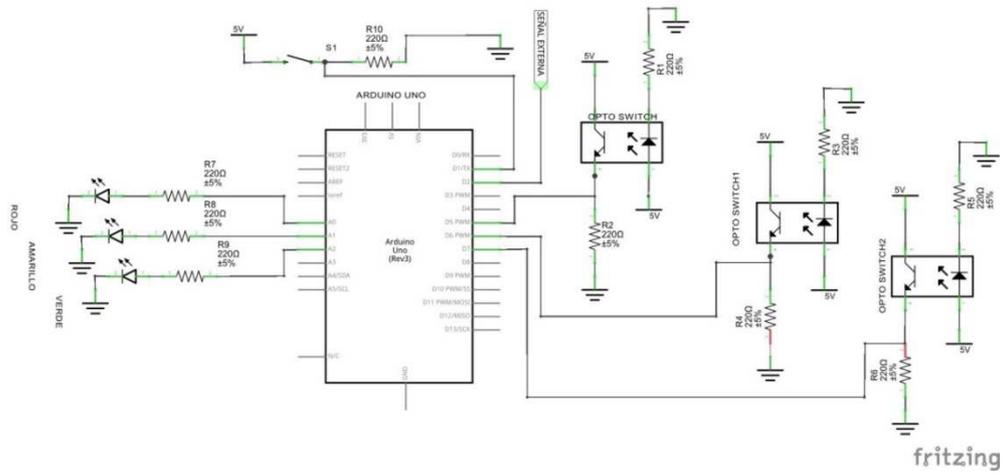


Figura 80. Circuito Esquemático Semáforo-Parte2.

Circuito en Vista real

Parte 1

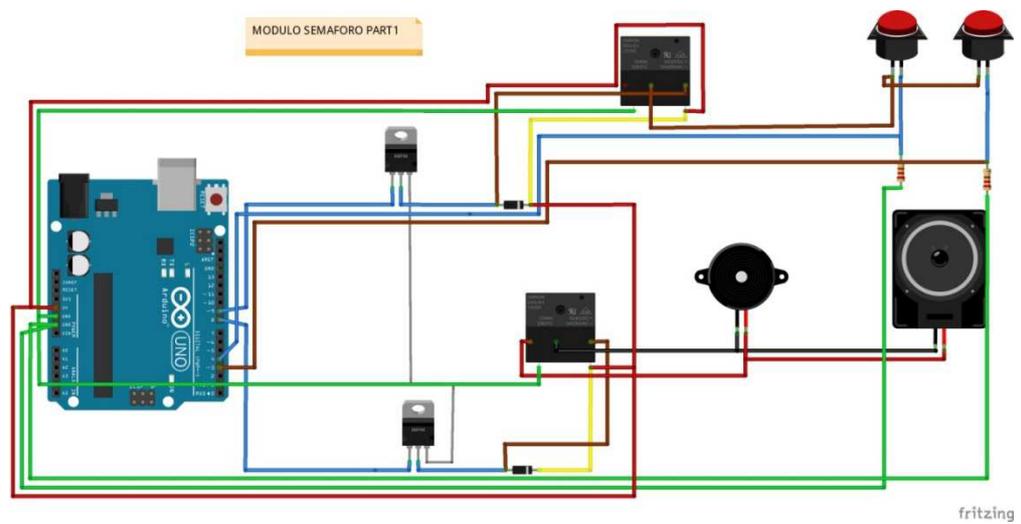


Figura 81. Circuito en Vista Real Semáforo-Parte1.

Parte 2

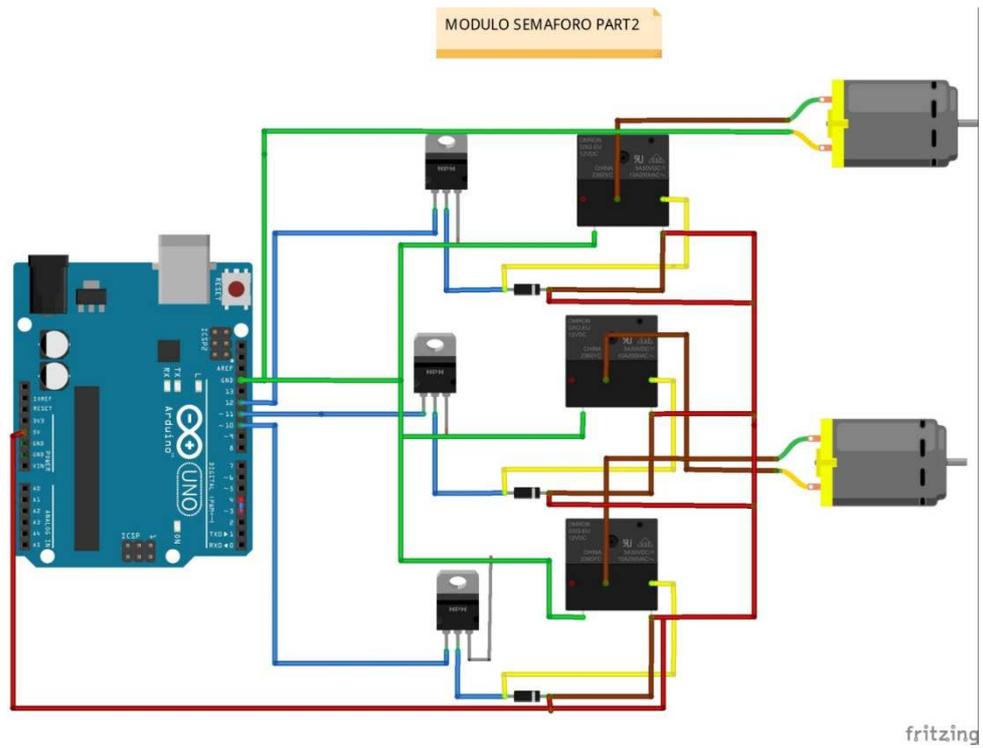


Figura 82. Circuito en Vista Real Semáforo-Parte2.

Parte 3

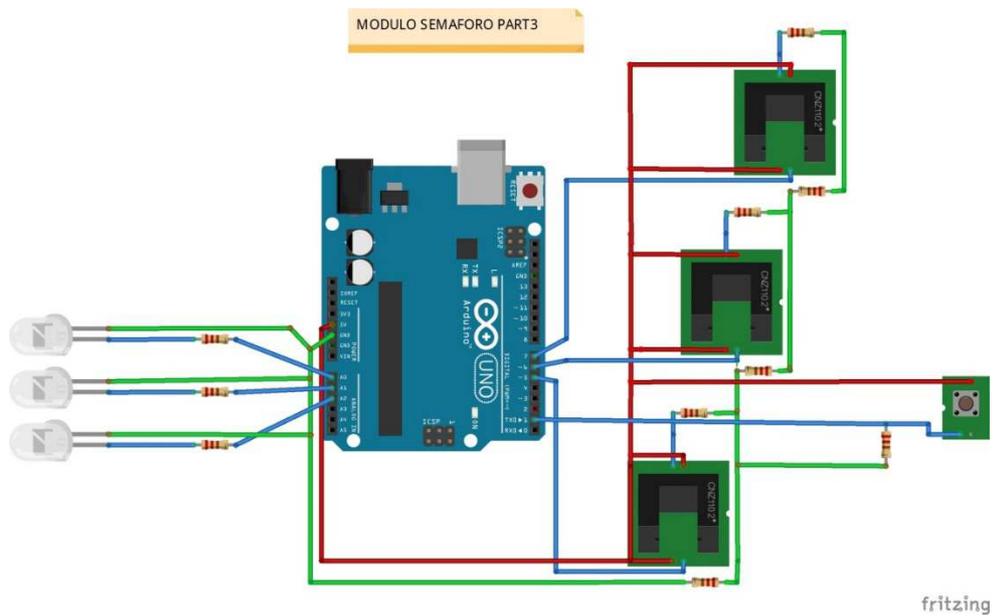


Figura 83. Circuito en Vista Real Semáforo-Parte3.

3.2.2.2. Lazo de control

Este sistema tiene un control de lazo abierto, debido a que la señal de entrada no es comparada con la señal de salida, es decir, la señal de salida no influye en el funcionamiento del proceso pues no existe una retroalimentación.

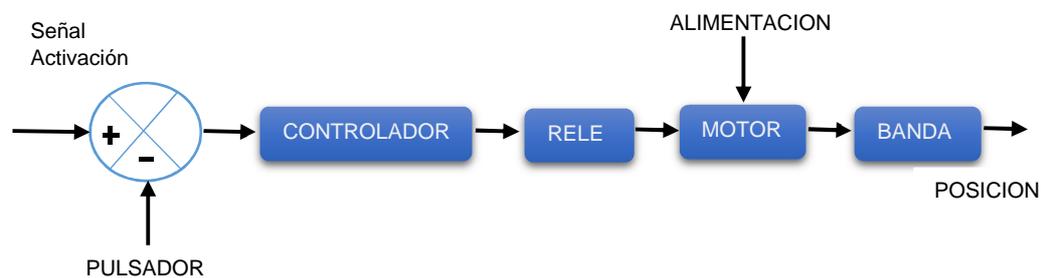


Figura 84. Diagrama de bloques control Semáforo

3.2.2.3. Programa de control

Para controlar el sistema se ha realizado un programa que se ha cargado en el elemento de control, en este caso, el Arduino Uno. Este programa nos permite interactuar y tomar decisiones con las salidas y entradas del sistema que están conectadas a los pines del Arduino; en el programa se realizan comparaciones, temporizaciones, etc., según el funcionamiento requerido del juego.

Las entradas y salidas que se han conectado al Arduino y se han asignado en el programa son las que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10.

Entradas y salidas arduino Calle-Semáforo

# pin	Tipo de señal	Descripción
1	Entrada digital	Señal de activación del switch del piso
2	Entrada digital	Señal externa de activación del módulo
3	Entrada digital	Activación de Botón 1
4	Entrada digital	Activación de Botón 2
5	Entrada digital	Activación de Sensor óptico 1
6	Entrada digital	Activación de Sensor óptico 2
7	Entrada digital	Activación de Sensor óptico 3
8	Salida	Activación de sonido de alarma
9	Salida	Activación de luces y alimentación de botones
10	Salida	Girar motor persona sentido 1
11	Salida	Girar motor persona sentido 2
12	Salida	Activación motor banda autos
A0	Salida	Activación led rojo semáforo
A1	Salida	Activación led amarillo semáforo
A2	Salida	Activación led verde semáforo

Para la programación del arduino, se utilizó el software libre de arduino en la computadora, la programación se la hace en código C con un estilo de arduino.

3.2.3. Montaje y Construcción

3.2.3.1. Lista de elementos

Tabla 11.

Lista de elementos módulo Semáforo

Elementos	Cantidad
Banda Brida 9cm ancho	1,96 [m]
Tubo de acero redondo	1,40 [m]
Tubo de acero cuadrado	2,80 [m]
Lamina de acero 2mm	0,2037 [m^2]
Rodillo móvil 2in y 10 cm largo	1 [unidad]

Rodillo fijo	1 [unidad]
Chumacera ½ in	2 [unidades]
Madera MDF 15mm	1,5 [m^2]
Motor 12V / 28W / 43rpm	1 [unidad]
Eje ¼ in roscado (tornillo)	20 [cm]
Eje acero 8mm diámetro	20 [cm]
Carro con rodamiento 8mm	1 [unidad]
Tuercas ¼ in	4 [unidades]
Rodamiento ¼ in	1 [unidad]
Motor 12V / 50mA / 400rpm	1 [unidad]
Botones grandes 52mm con luz	2 [unidades]
Sensores ópticos Sharp S53	3 [unidades]
Arduino Uno	1 [unidad]
Placa de 2 relés	1 [unidad]
Placa de 4 relés	1 [unidad]
Fuente de 12V 6A	1 [unidad]
Fuente 12V 2 A	1 [unidad]
Convertidor 12V a 5V	1 [unidad]
Placa-botón sonido	1 [unidad]
Parlantes	1 [juego]
Led	3 [unidades]

3.2.3.2. Proceso de construcción y montaje

Para el montaje de éste módulo, se inició con la construcción de la estructura de la banda, que también es el soporte interno de todo el módulo.



Figura 85. Foto construcción estructura Semáforo.

Después se diseñó y seleccionó los rodillos, banda y chumaceras, los cuales fueron acoplados a la estructura.





Figura 86. Foto montaje banda Semáforo.

Una vez lista la banda y el motor para su movimiento, se cortó y armó la tabla superior que sería la calle de los autos, se acopló los autos a la superficie de la banda y se construyó con la madera el resto de partes de la carcasa externa.



Figura 87. Foto montaje partes maqueta Semáforo.

Ya teniendo el movimiento de los autos asegurado, se construyó la caja y se acopló el sistema de movimiento lineal de la persona,



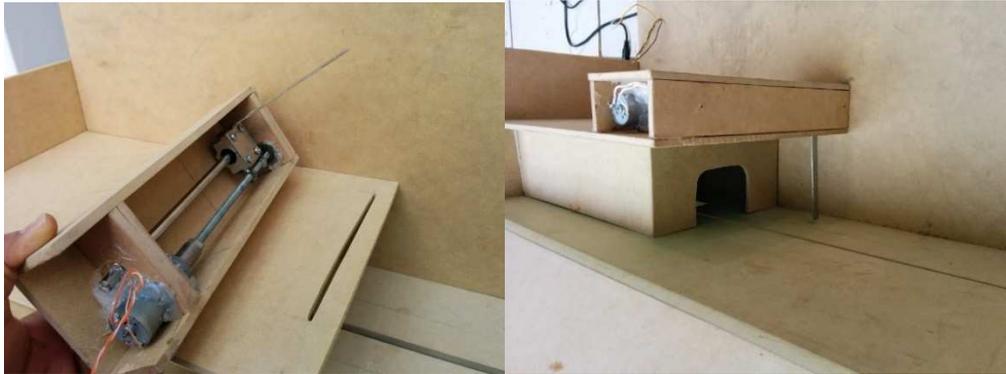


Figura 88. Foto construcción Tornillo-Tuerca Semáforo.

Después se montaron los sensores y las placas de control y alimentación. Y por último se unieron los circuitos por medio de cables y se programó el arduino para las pruebas respectivas.



Figura 89. Foto montaje electrónico Semáforo.

3.2.3.3. Manual de usuario y funcionamiento

Véase ANEXO A.2.1.

3.3. Módulo 2: Fotos de Rostros

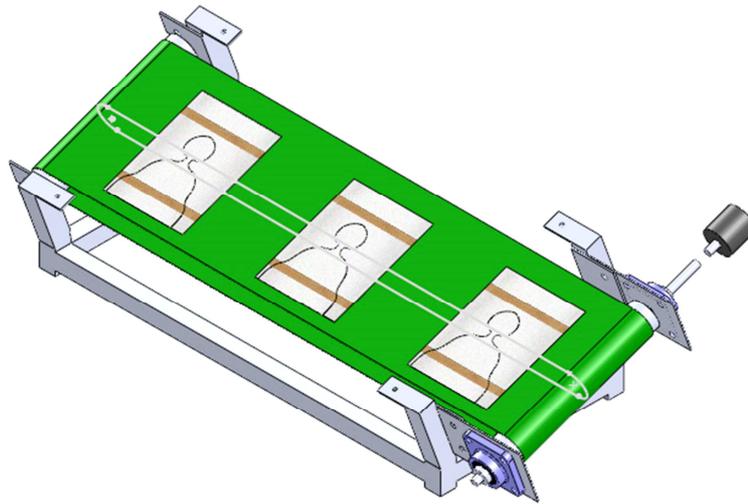


Figura 90. Fotos – Rostros.

Este módulo consiste en una serie de fotos de rostros, los cuales pueden ser cambiados con botones por los niños. Con este módulo se pretende incentivar a los niños que sean ellos los que tomen la decisión al interactuar a través de los botones. Además con las fotos de rostros se pretende que los niños se logren identificar como personas viendo reflejado emociones en los rostros y fotos de rostros familiares. Al poner las fotos en un espacio con luces y que se pueda mover, se hace un juego llamativo que llamará la atención de los niños e inducirá a que vean los rostros de las fotos en lugar de solo los objetos como suelen hacer los niños con autismo, pues se identifican más con objetos que con personas.

El módulo es de un funcionamiento sencillo, pues posee dos botones que mueven a uno u otro lado las fotos que están pegadas en la superficie. Al presionar el botón se mueve, y al soltarlo se detiene, de esta forma el niño podrá ir moviendo la tira de fotos que se encuentran pegadas en la superficie de la banda.

3.3.1. Diseño Mecánico

Para este módulo la única alternativa que cumple con el objetivo de diseño es la banda transportadora; pues debido a que las fotos deben ir de un lado a otro se las pegará en la superficie de la banda para que puedan dar un giro completo, además la banda transportadora es la única que posee una superficie en donde se pueden sostener las fotografías y mostrar una sección mientras las otras se ocultan en la parte inferior de la banda. Por estos motivos y aprovechando que el diseño es muy similar que la banda transportadora del módulo del semáforo, se ha seleccionado la banda transportadora como mecanismo de movimiento para las fotografías.

3.3.1.1. Diseño y selección de elementos

El módulo de fotos de rostros posee muchas de las características de la banda del módulo anterior, debido a que es el mismo estilo de banda transportadora y solo cambia en las dimensiones.

Los elementos mecánicos que se utilizarán y se tendrá que dimensionar y seleccionar en este módulo son los siguientes:

- Estructura
- Banda
- Rodillos
- Motor
- Chumaceras

El módulo de fotos tendrá unas dimensiones aproximadas de: 120 cm de largo, 65 cm de ancho y 40 cm de altura máxima. Véase en ANEXO A.1.6. (Planos Fotos-Rostros).

Estructura de la banda transportadora de fotos

La estructura de la banda transportadora de fotos, se la construirá de Acero inoxidable, debido a sus características y resistencia. Aunque no se manejarán cargas pesadas, las prestaciones del acero frente al precio y a la disponibilidad en el

mercado nacional, merecen la pena. Por este motivo se construirá la estructura que servirá como soporte interno de la carcasa de madera del módulo, con tubos cuadrados y redondos de acero, y con planchas de 2mm de espesor. La estructura es similar a la banda de semáforo descrita anteriormente, con la diferencia de que esta banda posee un mayor largo de rodillos y éstos estarán inclinados, es decir la banda tendrá un grado de inclinación como se muestra en la Figura 91.

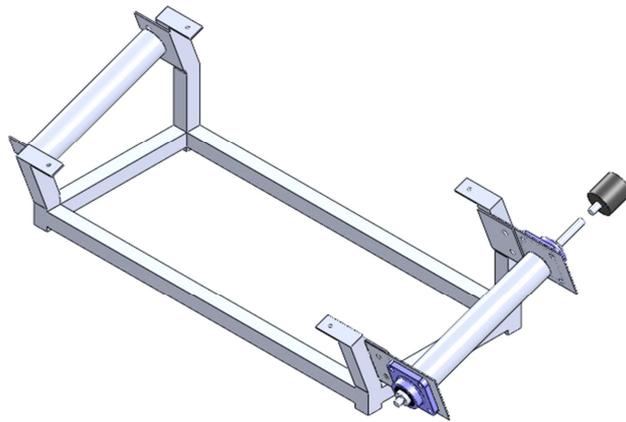


Figura 91. Estructura de la banda Fotos-Rostros.

Las características del acero inoxidable que se utilizará en la estructura del módulo son las siguientes:

Acero inoxidable AISI 304

Límite elástico a la tensión: 35 KSI (241 MPa)

Resistencia máxima a la tensión: 85 KSI (586 MPa)

(Norton. R, 1999, p. 997)

Las fuerzas que soportará son las que se calculan más adelante aplicadas sobre los rodillos:

Se realizará un estudio de cargas con la ayuda del software Solidworks para asegurarnos y demostrar que la estructura resiste los esfuerzos generados por las cargas aplicadas:

En el Soporte izquierdo y derecho de la banda transportadora se aplica una carga horizontal de 291 [N] dirigida hacia el centro y una carga vertical de 25 [N]. Además se aplicará una carga vertical en la parte superior de la banda de 980 [N].

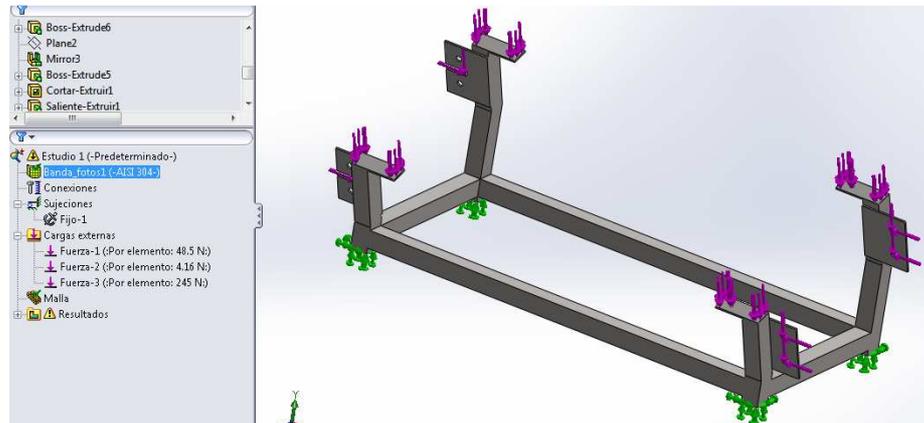


Figura 92. Cargas aplicadas Estructura Banda Fotos.

Los resultados que presenta el software en la Figura 93, demuestran que el límite elástico del material de la estructura es muy superior a los esfuerzos generados en cualquiera de los puntos de la estructura. Por lo que podemos concluir que la estructura soportará las cargas aplicadas sin inconvenientes.

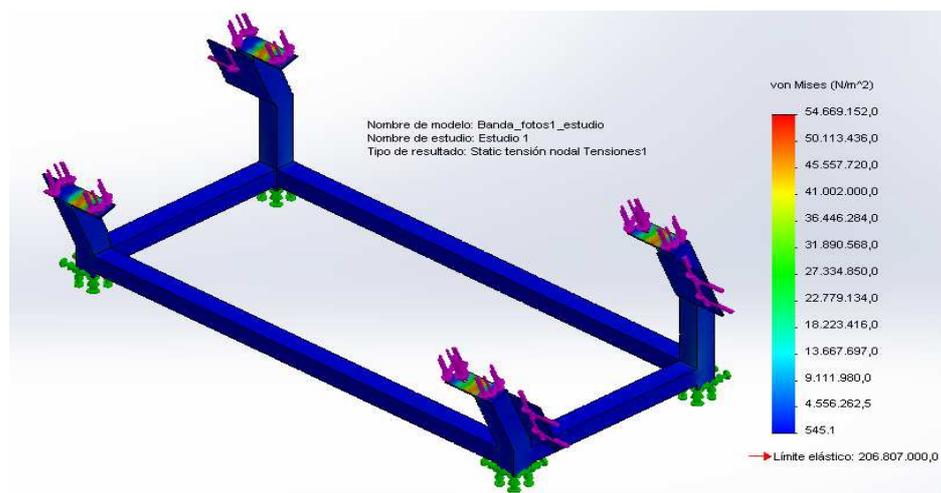


Figura 93. Análisis de Resistencia Estructura Banda Fotos.

Para la estructura no se necesita una precisión muy alta pues no se maneja carga pesada, pues tendrá que soportar el peso de un niño, de la carcasa de madera y de los componentes de la banda transportadora.

El diseño de la estructura se lo ha pensado para utilizar rodillos de un largo máximo de 30cm y la distancia entre centros de los rodillos de 90 cm ya que se necesita una carrera aproximada de 1 m.

Lr = 295 mm (Largo del rodillo)

Ler = 900 mm (Distancia entre centros de rodillos)

Banda transportadora

Selección de la banda

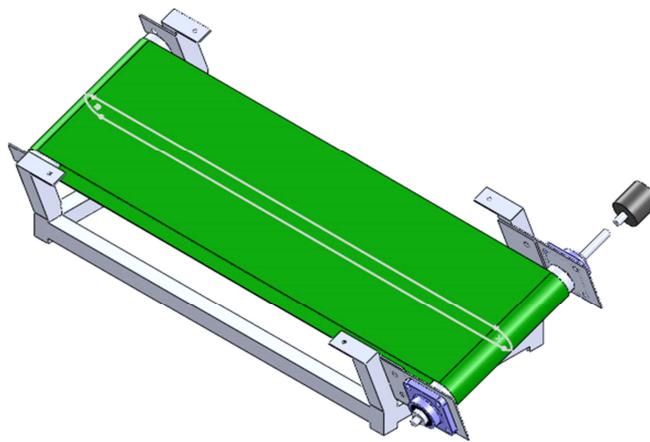


Figura 94. Banda transportadora Fotos-Rostros.

El tipo de banda que se utilizará será la misma que en la banda del semáforo, por los motivos ya descritos. Por lo tanto tendrá las siguientes características:

Banda Esbelt

Tipo: PVC – Breda - B12CF

Color: Verde

Espesor de la banda: 2.1 mm

Peso de la banda: 2.5 Kg/m²

Diámetro recomendado de rodillo: 35 – 55 mm

Carga de rotura: 120 N/mm

Carga de trabajo al 1% de alargamiento: 10 N/mm

Carga de trabajo al 1.5% de alargamiento: 15 N/mm

(Esbelt S.A., 2014)

Ancho de la banda

Según el diseño de la estructura se tiene que el largo máximo del rodillo es 30 cm; por lo tanto la banda será de 29 cm para tener un juego adecuado dentro del rodillo.

$$\mathbf{Ab = 290 \text{ mm (Ancho de la banda)}}$$

Diámetro de rodillos

Los diámetros de rodillos recomendados en el catálogo de bandas de Esbelt, para este tipo de banda son entre 35 y 55 mm, por lo tanto se utilizará rodillos de 2 in.

$$\mathbf{Dr = 50,8 \text{ mm} \quad (\text{Diámetro de rodillos})}$$

$$\mathbf{Rr = 25,4 \text{ mm} \quad (\text{Radio de rodillos})}$$

Longitud de la banda

La distancia entre rodillos (L_r) según el diseño es de 90 cm y es una banda horizontal plana, al ser las mismas características que la banda calculada anteriormente tenemos que:

$$\mathbf{Lb = 1960 [mm] \quad (\text{Longitud de la banda})}$$

Peso de la banda

$$Wb = Lb * Ab * \text{Peso-banda/m}^2$$

$$Wb = 1,960 [m] * 0,29 [m] * 2,5 [Kg/m^2] * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mathbf{Wb = 13,94 [N] \quad (\text{Peso de la banda})}$$

Peso adicional

Se adicionará un peso externo teniendo en cuenta que los niños pueden sujetar o hacer peso con sus manos. Además se agrega este peso para considerar un peso mínimo de las fotografías que se peguen en la superficie de la banda.

$$W_e = 10 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_e = 98,10 \text{ [N]} \quad \text{(Peso externo)}$$

Análisis de Fuerzas

Para el análisis se utilizarán los mismos coeficientes y constantes que se utilizaron en la banda anterior.

Fuerza de rozamiento en la mesa

Al ser la banda de PVC se tomará el valor de V1, el cual tiene un coeficiente de rozamiento para las mesas de $\mu_T = 0,5$

$$F_u' = \mu_T * N$$

$$F_u' = \mu_T * (W_e + W_b)$$

$$F_u' = 0,5 * (98,10 + 13,94)$$

$$F_u' = 56,02 \text{ [N]}$$

Si tomamos en cuenta pérdidas y eficiencias en el sistema, además de imprecisiones y factores externos no previstos, se debe considerar un factor de seguridad. Para este caso vamos a tener un $FS = 2$

$$F_u = F_u' * FS$$

$$F_u = 56,02 * 2$$

$$F_u = 112,04 \text{ [N]} \quad \text{(Fuerza tangencial - rozamiento)}$$

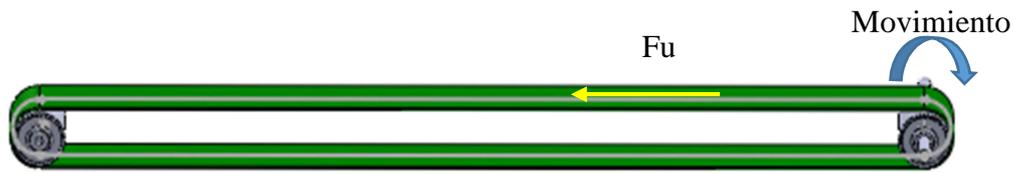


Figura 95. Fuerza tangencial Banda Fotos.

La fuerza que se ejerce sobre la banda no es únicamente la fuerza F_u que debe generar el motor, esto se debe a que se necesita adicionar una tensión de pre-carga para evitar que la banda patine al moverse el rodillo.

Fuerza de tracción máxima en la banda

Al ser la banda de PVC, seleccionamos el valor de V_1 a 180° y seco, el cual tiene un **$C_1 = 1,8$**

$$F_1 = C_1 * F_u \quad (\text{Forbo Movement Systems, 2013})$$

$$F_1 = 1,8 * 112,04$$

$$\mathbf{F_1 = 201,67 [N]} \quad (\mathbf{Fuerza de tracción máxima generada en la banda})$$

Por lo tanto la fuerza máxima ejercida en cada mm de la banda es ———

— ———

(Carga unitaria máxima en la banda)

Según el catálogo de Esbelt, la carga de rotura de la banda es **120 [N/mm]** por lo tanto, **Funitaria <<< Carga de rotura** y la banda cumple con las características para este sistema.

La tensión de precarga para evitar el patinamiento será entonces:

$$F_2 = F_1 - F_u$$

$$F2 = 201,67 - 112,04$$

$$F2 = 89,63 \text{ [N]} \quad (\text{Tensión mínima de la banda})$$



Figura 96. Tensiones en la Banda de Fotos.

Selección del motor

Torque mínimo

$$T1 = F * l$$

$$T1 = Fu * (Dr/2)$$

$$T1 = 112,04 \text{ N} * (50,8/(2*1000)) \text{ m}$$

$$T1 = 2,85 \text{ [Nm]} \quad (\text{Torque mínimo banda})$$

Momento de inercia de los rodillos

$$T = I * \alpha$$

La inercia de un cilindro de pared delgada de 2Kg es la siguiente:

$$I = m * r^2$$

$$I = 2 \text{ Kg} * 0,0254^2 \text{ m}$$

$$I = 0,0013 \text{ Kg m}^2$$

Para la aceleración angular α se asumirá que alcanzará la velocidad máxima de 0 a 50 rpm en 0,1 segundo.



$$\alpha = 52,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Por lo tanto el torque que genera la inercia de 2 rodillos es:

$$T2 = 2 * 0,0013 \text{ Kg m}^2 * 52,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T2 = 0,14 \text{ [Nm]} \quad \text{(Torque para vencer la inercia)}$$

Por lo tanto

$$T_m = T1 + T2$$

$$T_m = 3 \text{ [Nm]} \quad \text{(Torque mínimo del motor)}$$

Velocidad del motor

Debido a la similitud de toque necesario entre esta banda y la anteriormente calculada, se seleccionará el mismo motor.

Se seleccionó un motor DC debido a su facilidad de control y disponibilidad. Se utilizará un motor de plumas por su disponibilidad y precio en el mercado, además es el más cercano a las características requeridas.

Marca: Bosch

Torque motor: 6,5 Nm

Velocidad del motor: 43 rpm

Potencia: 28W

Anteriormente se calculó el Torque mínimo: $T_m = 3 \text{ Nm}$, por lo tanto,

$$\text{Torque motor} > \text{Torque mínimo}$$

Encontramos que el motor cumple con las especificaciones necesarias

Con esta velocidad de motor tendremos una velocidad de movimiento lineal así:

$$V = WR$$

Cargas en los rodillos

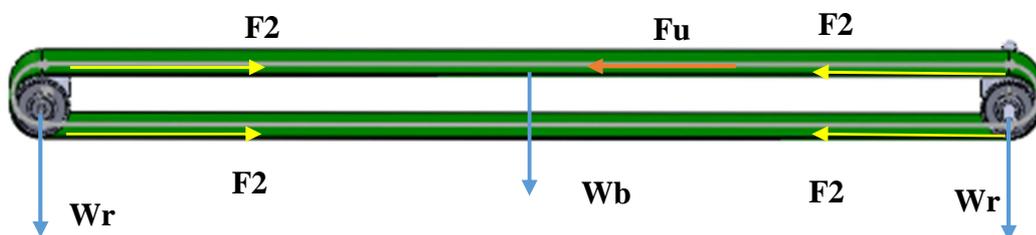


Figura 97. Cargas en los rodillos Banda de Fotos.

Donde:

$$F_2 = 89,63 \text{ [N]}$$

$$F_u = 112,04 \text{ [N]}$$

$$W_b = 13,94 \text{ [N]}$$

$$W_r = 2 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 19,62 \text{ [N]}$$

La carga máxima sobre los rodillos será:

Fuerza vertical

La estructura para la banda tiene como diseño una inclinación de 20° , por lo que la fuerza vertical se descompondrá en una fuerza Y y una X de la siguiente manera:

$$B_y = 25 \text{ [N]}$$

$$B_x = B_{y'} \sin 20$$

$$B_x = 9,1 \text{ [N]}$$

Fuerza Horizontal

$$B_z = 2 * F_2 + F_u$$

$$B_z = 291,3 \text{ [N]}$$

El rodillo motriz posee en la parte externa un tubo de acero de 2 in (50,8mm) de diámetro, pero está pegado a un eje que está en su interior de ½ pulgada de diámetro, que es el que se acopla al motor.

El análisis de esfuerzos y resistencia a la fatiga para la Flecha, no se lo realizará debido a que es el mismo proceso que el análisis realizado en el módulo anterior. Además las cargas aplicadas son menores, por lo que podemos asegurar que el diseño resistirá los esfuerzos estáticos y dinámicos generados por las cargas.

3.3.2. Sistema de Control

3.3.2.1. Diseño electrónico

3.3.2.1.1. Selección de elementos del sistema

Los elementos electrónicos seleccionados son los siguientes:

Motor

Mecánicamente se ha seleccionado un motor con las siguientes características:

Marca: Bosch

Torque motor: 6,5 Nm

Velocidad del motor: 43 rpm

Potencia: 28W

Alimentación: 12 V

Por lo tanto, la corriente podemos calcularla,

$$P = V * I$$

$$I = \frac{28 W}{12 V}$$

$$I = 2,33 A$$

Placa de activación

La placa de activación o amplificación de una señal de control a una de potencia será un relé. Que por motivos de facilidad se utilizará el módulo armado de 2 relés que se describió anteriormente.

Se utilizará un solo relé que será activado o desactivado con la señal externa de control que viene desde el arduino principal para prender o apagar el módulo remotamente.

Botones

El módulo de fotos utilizará dos pulsadores que poseen luz incorporada. Las características de los botones son las siguientes:

Tipo de botón: momentáneo

Tipo de contacto: 1NO&1NC (un normalmente abierto y un normalmente cerrado)

Tensión y corriente nominal: AC 250V 15A; AC 125V 6A; DC 250V 0.3A; DC 125V 0.6A.

Diámetro del botón: 52 mm

Diámetro de agujero de montaje: 24 mm (Amico, s.f.)

Cada botón al poseer un contacto normalmente abierto y un normalmente cerrado, se los puede utilizar para enviar la señal de potencia del motor de la banda

sin necesidad de ningún otro elemento adicional, pues al tener cada botón estos contactos, se puede enviar 12V o tierra y según el botón que se presione, el motor girará para un lado o para otro.

Las luces de los botones también serán alimentadas con la misma señal de 12V, que vienen desde el relé descrito anteriormente, el cual, se activa mediante la señal externa.

Sistema de Alimentación

Para saber la fuente de alimentación que necesitamos, se ha calculado la corriente que consume el motor de la banda. Nominalmente consume 2,33 A, pero si asumimos que los picos de arranque o circunstancias ajenas al sistema detienen la banda, se necesitará una fuente de alimentación que cumpla con un factor de seguridad la corriente requerida.

Para esto se ha seleccionado una fuente de alimentación de 12V DC 6A, la cual, puede entregar más del doble de la corriente calculada de consumo.

Adicionalmente se necesitará una fuente de 5V DC para la alimentación de la placa de relés. Para esto se ha seleccionado un bloque convertidor de 12V a 5V, que sustituye al regulador LM7805 como se describió en el módulo anterior.

3.3.2.1.2. Esquema lógico del circuito

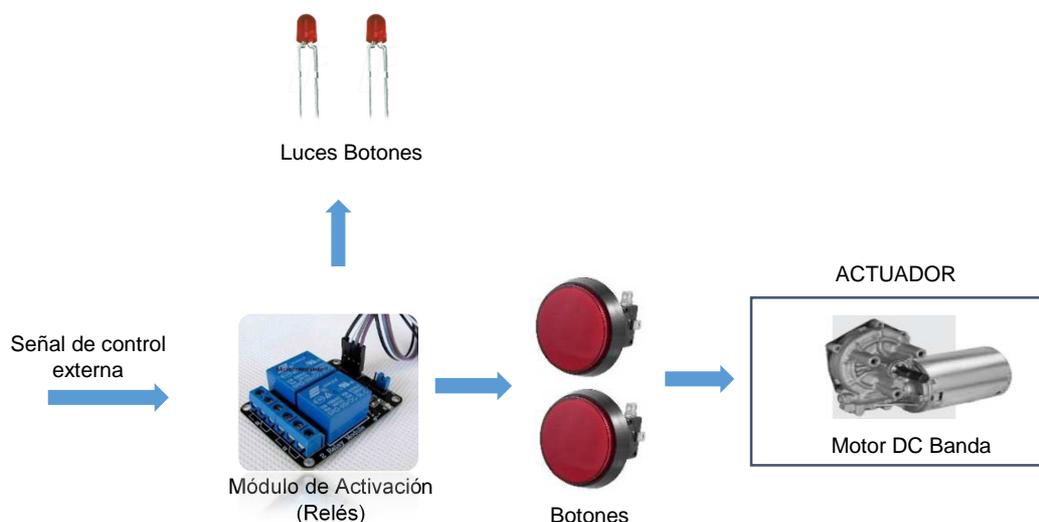


Figura 98. Circuito Lógico Fotos-Rostros.

3.3.2.1.3. Circuito de Control y Potencia

Esquemático

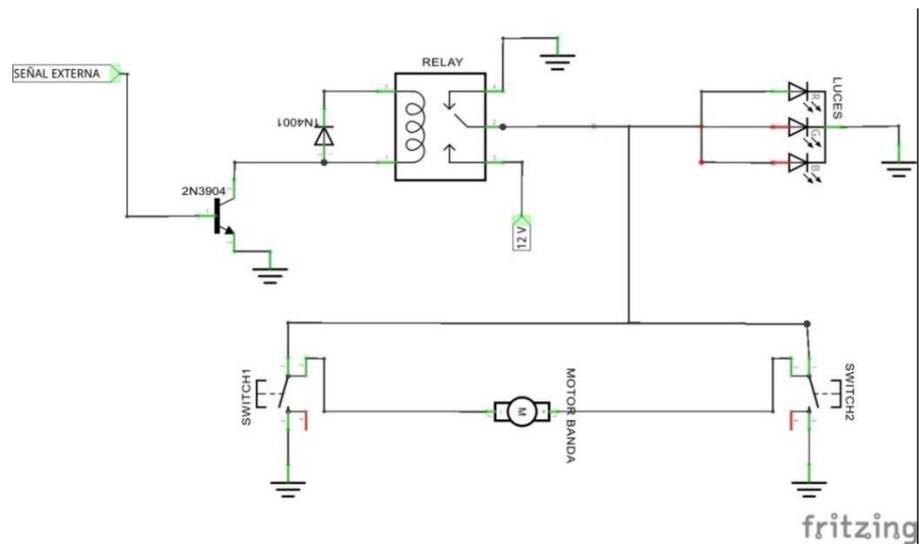


Figura 99. Circuito Esquemático Fotos-Rostros.

Circuito en Vista Real

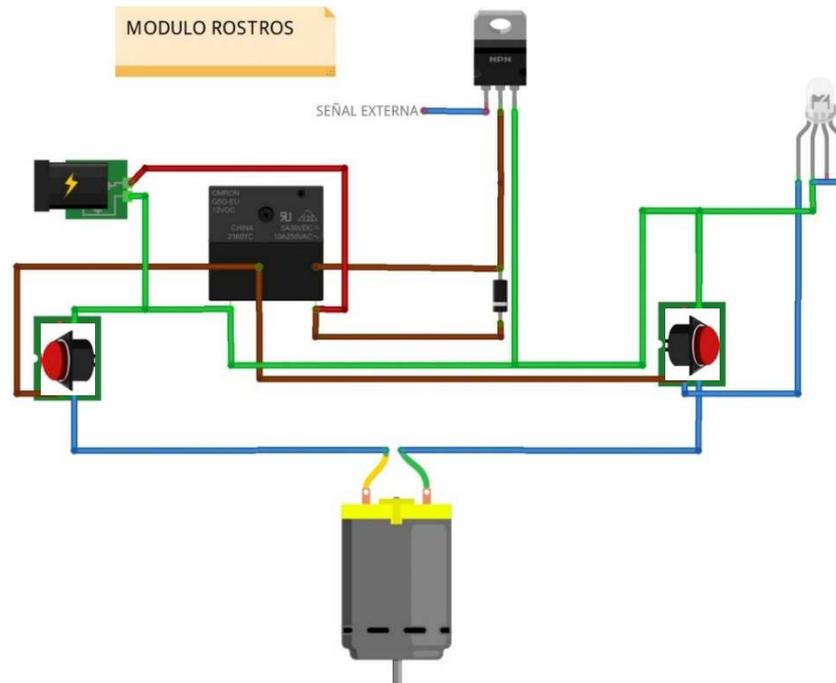


Figura 100. Circuito Vista Real Fotos-Rostro.

3.3.2.2.Lazo de control

El tipo de lazo de control del sistema de Fotos-Rostros es un lazo abierto, como se muestra en la Figura 101, debido a que la señal de salida no retroalimenta a la señal de entrada y no existe una medición de la variable de salida que influya en la actuación del sistema. El control del sistema será entonces un ON/OFF realizado por el niño a través de los botones.

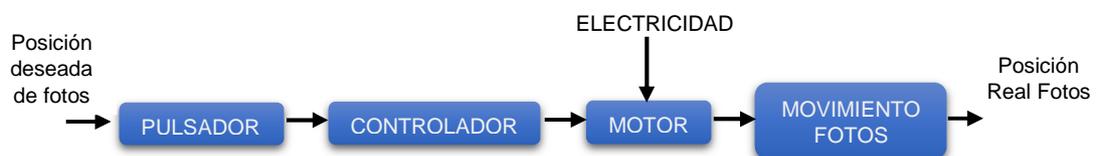


Figura 101. Diagrama de bloques Fotos-Rostros.

3.3.2.3.Programa de control

Este sistema no posee ningún código de programa de control, pues no utiliza ningún elemento controlador como un microcontrolador o arduino. El único

elemento que controla el prendido y apagado del módulo es una placa activadora (relé) que alimenta o corta la alimentación hacia el motor.

3.3.3. Montaje y Construcción

3.3.3.1. Lista de elementos

Tabla 12.***Lista de elementos Fotos-Rostros***

Elementos	Cantidad
Banda Brida 29cm ancho	1,96 [m]
Tubo de acero redondo	1,40 [m]
Tubo de acero cuadrado	3,20 [m]
Lamina de acero 2mm	0,2037 [m^2]
Rodillo móvil 2in y 30 cm largo	1 [unidad]
Rodillo fijo	1 [unidad]
Chumacera ½ in	2 [unidades]
Madera MDF 12mm	0,4 [m^2]
Madera MDF 6mm	3 [m^2]
Motor 12V / 28W / 43rpm	1 [unidad]
Botones grandes 52mm con luz	2 [unidades]
Placa de 2 relés	1 [unidad]
Fuente de 12V 6A	1 [unidad]
Convertidor 12V a 5V	1 [unidad]
Cinta Led	1 [m]
Cable utp	1 [m]
Cable gemelo	5 [m]

3.3.3.2. Proceso de construcción y montaje

Se inició con la construcción de la estructura de la banda, con las medidas especificadas en los planos (véase ANEXO A.1.6.3.). La estructura está hecha con tubos redondos y cuadrados de acero inoxidable.



Figura 102. Fotos estructura Banda Fotos.

Se montó las chumaceras y rodillos seleccionados:



Figura 103. Fotos montaje rodillos Fotos.

Se acoplo la banda y el motor a la estructura:



Figura 104. Fotos montaje banda Fotos.

Se armó la carcasa del módulo:



Figura 105. Fotos carcasa Fotos.

Se instaló las conexiones eléctricas, cables y circuitos:



Figura 106. Fotos montaje eléctrico Fotos.

Se realizó pruebas de funcionamiento:



Figura 107. Fotos Prueba funcionamiento Fotos.

3.3.3.3. Manual de usuario y funcionamiento

Véase ANEXO A.2.2.

3.4. Módulo 3: Temperaturas

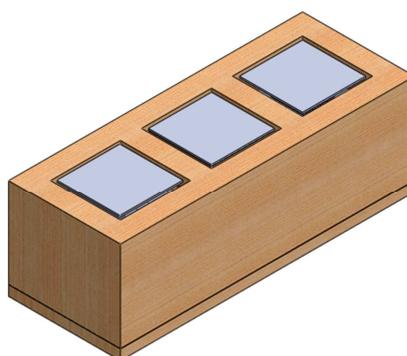


Figura 108. Módulo Temperatura.

Este módulo consiste en tres placas que estarán a diferentes temperaturas, de forma que se incentive sus sentidos a través de luz y temperatura. Una placa estará fría, la otra caliente y la última a temperatura ambiente. Cada placa tendrá un color de luz significativo para diferenciar la temperatura; de esta forma se llamará la atención del niño para que se acerque y tope las placas incentivando el sentido del tacto.

El módulo de temperaturas, como los otros, podrá ser encendido o apagado remotamente con una señal externa desde la computadora. Aunque este módulo no posee interacción directa por medio de botones, la relación entre colores con temperaturas y la sensación de sus diferencias al alcance de mover la mano, llaman mucho la atención e incentivan los sentidos de los niños haciéndoles percibir estímulos de la realidad.

3.4.1. Diseño mecánico

El módulo de temperaturas será un bloque que medirá aproximadamente 50cm de largo, 20cm de ancho y 13 cm de altura, como se muestran en los planos del módulo de temperaturas. (Véase en ANEXO A.1.5.) Los elementos mecánicos del módulo serán: la estructura y los disipadores de calor.

En primer lugar se dimensionó las placas que serán enfriadas o calentadas para el contacto con los niños, éstas medirán 10cm x 10cm y un espesor de 1,5mm (véase ANEXO A.1.5.3.). Estas placas serán metálicas (acero inoxidable) debido a que los metales son conductores de calor.

No se necesita especificar la conductividad térmica o características térmicas del proceso o elementos, pues el objetivo no es hacer un análisis térmico, sino simplemente hacer un control de temperatura. Este control se lo hará por medio de un sensor ubicado en las placa metálica, que medirá la salida del sistema (que para este caso será la temperatura); de esta forma no se necesita conocer el funcionamiento interno del sistema ni hacer un análisis mecánico o térmico del proceso, pues el control se lo hace externamente utilizando únicamente la salida del mismo (la temperatura).

Estructura del módulo de temperaturas

Para diseñar la estructura se basó en las dimensiones de las placas metálicas, los disipadores de calor y los espacios requeridos para acoplar ventiladores para el enfriamiento.

La estructura externa tendrá las medidas del bloque final que se mencionó anteriormente. La estructura externa será básicamente una caja rectangular como se muestra en la Figura 108; el techo tendrá 3 agujeros rectangulares ligeramente más grandes que las placas metálicas e internamente el techo tendrá soportes de madera para colocar la cinta led para cada placa.

Para demostrar la resistencia a los esfuerzos generados por las cargas aplicadas sobre el módulo, se realizará un análisis de cargas utilizando el software Solidworks.

En el soporte superior del módulo se va a aplicar una carga alta para más seguridad del niño considerando 980 N (100Kg), distribuidos a lo largo del soporte. Como se muestra en la Figura 109.

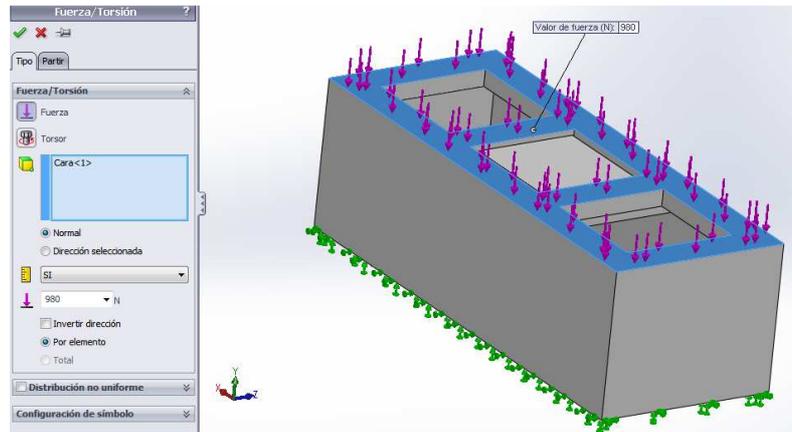


Figura 109. Aplicación de cargas Temperaturas solidworks.

Los resultados generados por el software se muestran en la Figura 110, donde se observa que el límite elástico del material es muy superior a los esfuerzos generados por las cargas aplicadas sobre el módulo.

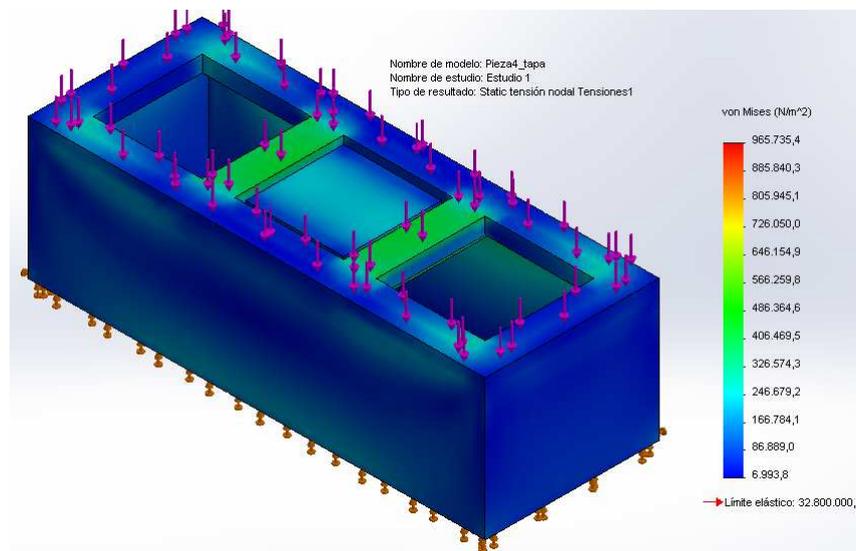


Figura 110. Análisis de Resistencia Temperaturas Solidworks.

Por tanto podemos concluir que el diseño de la estructura soportará fácilmente las cargas de los niños al subirse en el módulo.

La estructura interna serán dos torres de madera que soportarán los disipadores de calor, las placas termoelectricas y las placas metálicas, como se muestra en la Figura 111.

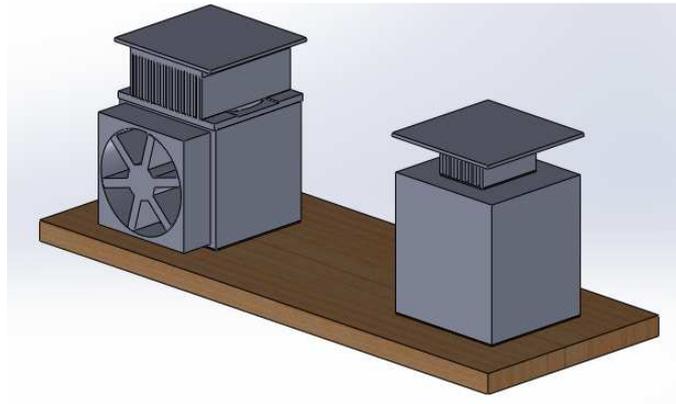


Figura 111. Esquema estructura interna.

Disipadores de calor

Los disipadores de calor no serán diseñados mecánicamente, pues, como se mencionó antes, no se realizará un análisis térmico, sino que serán reutilizados de computadoras antiguas.

Existirán dos placas termoelectricas que generarán la diferencia de temperaturas. En la una se tendrá el lado superior (de contacto con los niños) caliente y el lado inferior frío; en la otra placa termoelectrica será lo contrario, el lado superior frío y el inferior caliente.

Para la placa termoelectrica que tiene el lado inferior frío se le ubicará un disipador de calor pequeño simplemente por protección, ya que al apagarse después del funcionamiento, el lado frío se calienta por un retorno de calor del lado contrario.

Para la placa termoelectrica con el lado inferior caliente, se necesitará un disipador más grande y la utilización de ventiladores para su enfriamiento, debido a que experimentalmente un disipador pequeño no lograba enfriar el lado superior para la percepción de la diferencia de temperaturas.

En la Figura 112 se muestra el esquema de ensamblaje de las placas y el disipador.

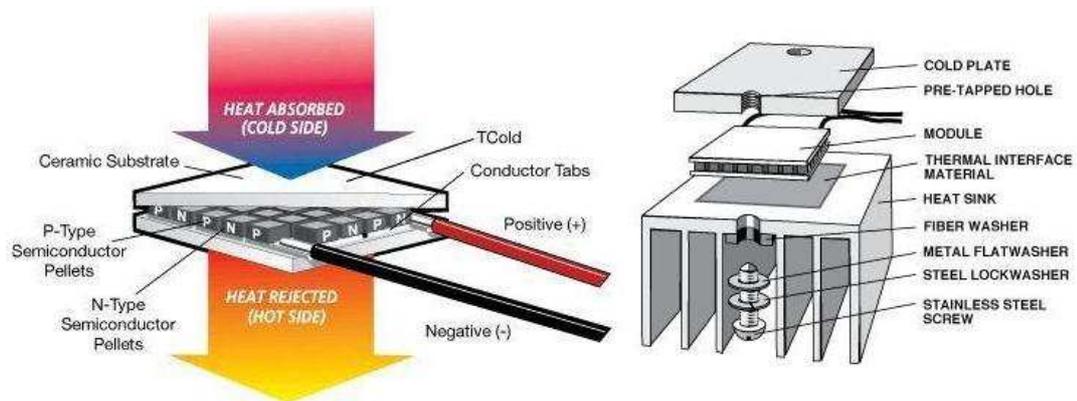


Figura 112. Esquema de ensamblaje disipador.

Fuente: (Shoptronica s.l.u, 2015)

3.4.2. Sistema de Control

3.4.2.1. Diseño electrónico

3.4.2.1.1. Selección de elementos del sistema

Los elementos electrónicos seleccionados son los siguientes:

Actuadores de temperatura

Para poder calentar una placa, se puede buscar varias alternativas; la más común y viable es a través de niquelinas o resistencias que se calientan al introducir energía eléctrica. Pero para las placas frías se encuentran sistemas difíciles de implementar y demasiado grandes para un módulo de este tipo.

Se ha seleccionado placas termoeléctricas (Peltier) para los dos sistemas, tanto para calentar como para enfriar. El motivo es porque tienen un tamaño reducido y funcionan con electricidad, normalmente 12V DC, lo que hace más fácil su control. Principalmente se seleccionó este tipo de sistema para generar frío en una de las placas, sin necesidad de construir un proceso complicado de refrigeración.

Las placas termoeléctricas utilizan el efecto Peltier para generar calor en un lado de sus placas y frío en el otro, como se explicó anteriormente. Aprovechando de este efecto, se utilizarán disipadores en los dos sistemas y para el sistema de calor, se pondrá un sensor de temperatura para que se apague cuando llegue a la temperatura establecida y así evitar que los niños se quemen con altas temperaturas.

El modelo de la placa termoeléctrica es TEC1-12708, la cual soporta hasta 5A.



Figura 113. Placa Peltier TEC1-12708.

Fuente: (Amico, 2015)

Ventilador

El ventilador cumplirá la función de enfriar al disipador que es calentado con la placa termoeléctrica. Al aumentar la velocidad de aire que pasan por las aletas del disipador, genera una mayor transferencia de calor desde las aletas hacia el aire. El esquema de ubicación del ventilador en el sistema de disipación se muestra en la Figura 114.

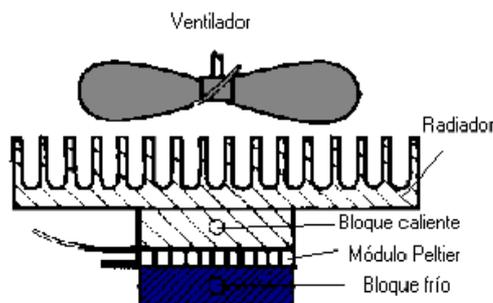


Figura 114. Esquema de ensamblaje ventilador disipador.

Fuente: (Gomez, 1999)

Se utilizará un ventilador común de computadora, como se muestra en la Figura 115, cuyas especificaciones se muestran a continuación:

Velocidad: 3000 RPM

Alimentación de entrada: 12 VDC, 0,16 A

Medida: 80 x 80 mm

(StarTech.com, 2015).



Figura 115. Ventilador de computador.

Fuente: (StarTech, 2015)

Cinta Led

La cinta led (ver Figura 116) será ubicada internamente en la estructura de tal forma que iluminen a cada placa metálica con un color específico fijado para cada placa. Así la placa fría se iluminará de color azul, la caliente de color rojo y la que está a temperatura ambiente de color blanco. Para cada color de luz, se necesitará aproximadamente 40 cm de cada color de cinta led, es decir en total 120cm de cinta led.



Figura 116. Cinta Led.

Fuente: (LEDwholesalers, 2015)

Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura se lo ubicará en la cara inferior de la placa metálica que la placa Peltier calienta. Este sensor estará pegado a la placa metálica con un pegamento térmico para poder sensar correctamente la temperatura.

La temperatura fijada para el control será aproximadamente 32 °C, debido a esto y al tamaño reducido de espacio, se utilizará el sensor LM35, que cumple ampliamente con los rangos y necesidades de medición para este sistema. Además de ser un sensor de bajo costo y alto rendimiento, tiene una conexión muy sencilla.

Las especificaciones del sensor de temperatura LM35 son las siguientes:

Rango de funcionamiento: -55 °C a 150 °C

Voltaje de operación: 4 a 30 V

Consumo de corriente: < 60 μ A

Factor de escalamiento: lineal + 10 mV / °C

(Texas Instrument Incorporated, 2013)

La conexión básica del sensor LM35 se muestra en la Figura 117.

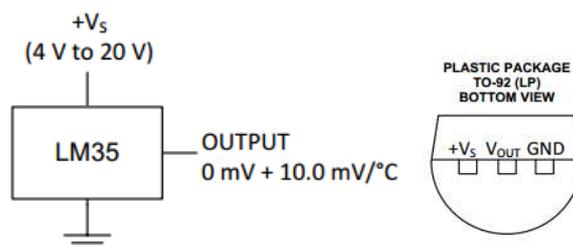


Figura 117. Conexión básica LM35.

Fuente: (Texas Instrument Incorporated, 2013)

El sensor enviará una señal analógica que será enviada directamente al Arduino para su lectura y procesamiento posterior. La señal irá directo desde el sensor al Arduino, sin utilizar ningún circuito de acondicionamiento para amplificar la señal, esto se debe a que no se necesita de mucha precisión en la medición de temperatura,

pues se fijará a una temperatura que será probada experimentalmente y para el control no se requiere una precisión alta, sino aproximada para la percepción de temperatura caliente.

Placas de control

Como controlador del sistema y cerebro del funcionamiento vamos a utilizar un Arduino Uno, el cual posee suficientes salidas y entradas para manejar las interacciones. El arduino será el encargado de leer la señal analógica del sensor de temperatura, traducirla a grados, tomar decisiones comparando según lo programado y enviar señales de control a los relés para encender o apagar las placas termoeléctricas y las luces.

Las características del Arduino Uno se muestran en la Tabla 9, descrita anteriormente en otro de los módulos.

Placa de activación

La placa de activación o amplificación de una señal de control a una de potencia serán dos relés. Que por motivos de facilidad se utilizará el módulo armado de 2 relés que se describió anteriormente.

Se utilizará un relé para la activación o alimentación de una de las placas Peltier conjuntamente con la cinta led que ilumina a las tres placas metálicas; y el otro relé será para la activación o interrupción del circuito de la placa Peltier que genera calor en su lado superior, que es la que está controlada por el sensor de temperatura. La señal de control de los relés vendrá desde el arduino.

Sistema de Alimentación

La alimentación del módulo será con una fuente de 12V 10A. Esto se debe a que cada una de las placas termoeléctricas puede consumir hasta 5A como se describió anteriormente; aunque las placas térmicas no trabajarán a su capacidad máxima y no estarán prendidas todo el tiempo, nos aseguramos de tener la capacidad de alimentación necesaria para que no falle.

El arduino se alimentará de una fuente independiente de 12VDC 2A, y éste a su vez alimentará a la placa de relés con 5VDC.

3.4.2.1.2. Esquema lógico del circuito

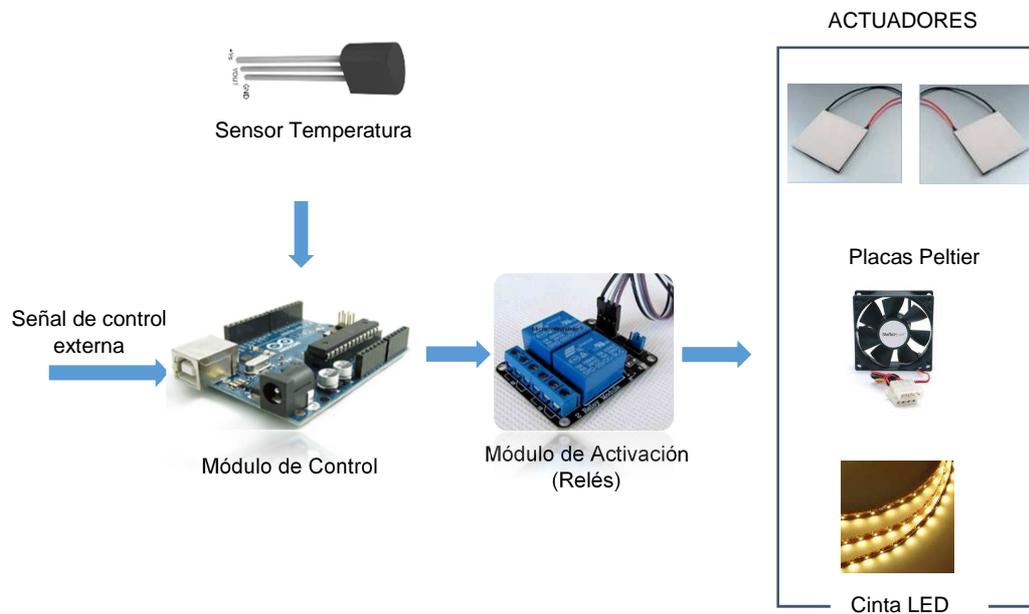


Figura 118. Circuito Lógico Temperaturas.

3.4.2.1.3. Circuito de Control y Potencia

Esquemático

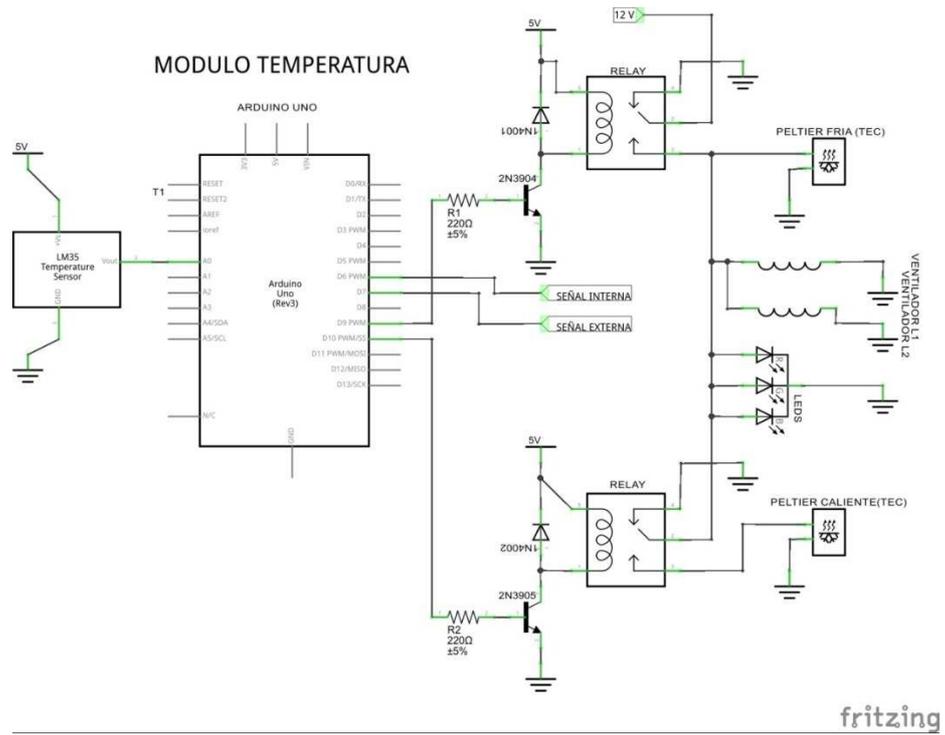


Figura 119. Circuito Esquemático Temperaturas.

Circuito en Vista Real

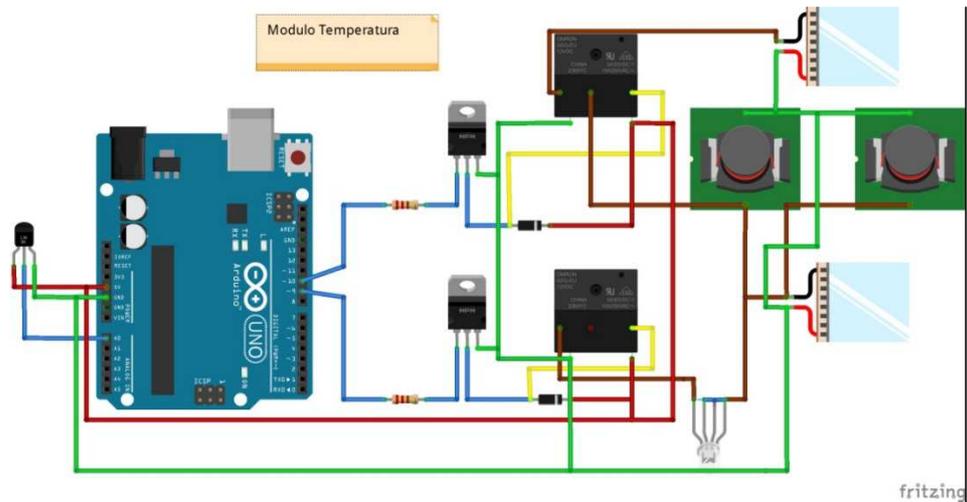


Figura 120. Circuito Esquemático Temperaturas.

3.4.2.2.Lazo de control

El lazo de control para este sistema, es un lazo cerrado, debido a que la salida del sistema influye en el control del proceso al contrastar con el set point de entrada. El sensor se encarga de percibir la salida y retroalimentarla al controlador para su comparación y posterior acción de control.

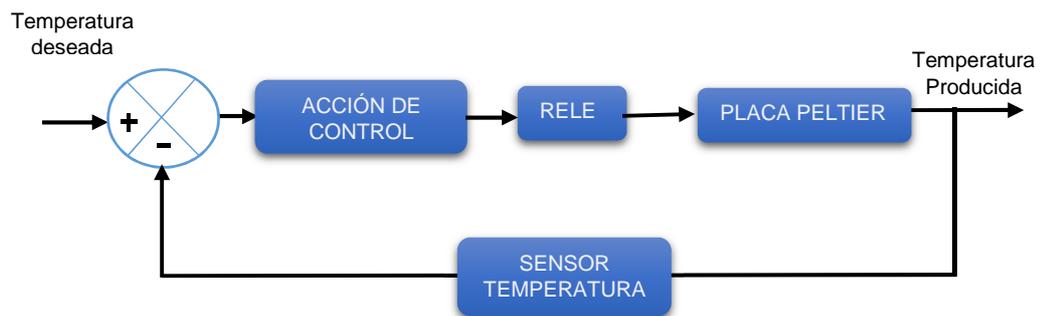


Figura 121. Diagrama de bloques lazo cerrado

3.4.2.3. Programa de control

Para controlar el sistema se ha realizado un programa que se ha cargado en el elemento de control, en este caso, el Arduino Uno

Las entradas y salidas que se han conectado al Arduino y se han asignado en el programa son las que se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13.

Entradas y salidas arduino Temperaturas

# pin	Tipo de señal	Descripción
7	Entrada digital	Señal externa de activación del módulo
9	Salida	Activación Placa Peltier 1 y Cinta Led
10	Salida	Activación Placa Peltier 2

El código del programa que controla al módulo, está realizado en el software de Arduino para Pc.

3.4.3. Montaje y Construcción

3.4.3.1. Lista de elementos

Tabla 14.

Lista de elementos Temperaturas

Elementos	Cantidad
Madera MDF 12mm	0,5 [m^2]
Placa de acero 10 x 10 cm	3 [unidades]
Disipador de calor CPU	2 [unidades]
Placas Termoeléctricas (Peltier)	2 [unidades]
Sensor de Temperatura LM35	1 [unidad]
Placa de 2 relés	1 [unidad]
Fuente de 12V 10A	1 [unidad]
Fuente de 12V 2A	1 [unidad]
Cinta Led	1,5 [m]
Cable utp	1 [m]
Cable gemelo	2 [m]
Cinta doble Faz	1 [m]
Taípe	1 [m]
Pega Térmica	1 [unidad]

3.4.3.2. Proceso de construcción y montaje

Se inició con la construcción de la estructura externa e interna con las medidas especificadas (véase ANEXO A.1.5.)



Figura 122. Fotos armado estructura Temperaturas.

Se acoplan los elementos a la estructura, ventiladores y disipadores.



Figura 123. Fotos montaje disipador Temperaturas.

Se acopló y pegó las placas Peltier en la estructura.

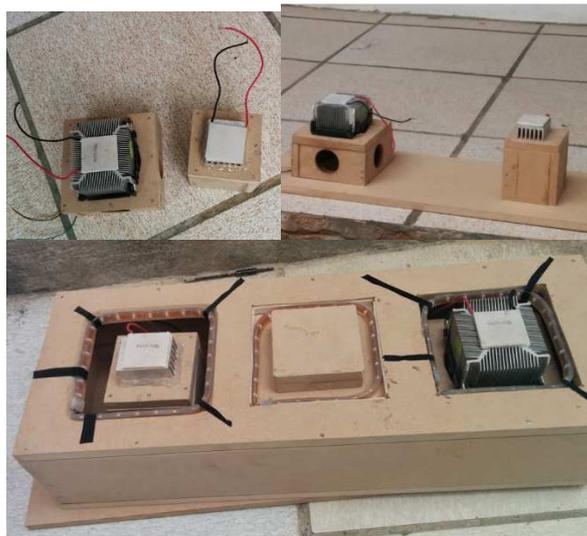


Figura 124. Fotos montaje Peltier Temperaturas.

Se instala las conexiones eléctricas y los elementos electrónicos como placas de control, activación, cinta led y sensores.

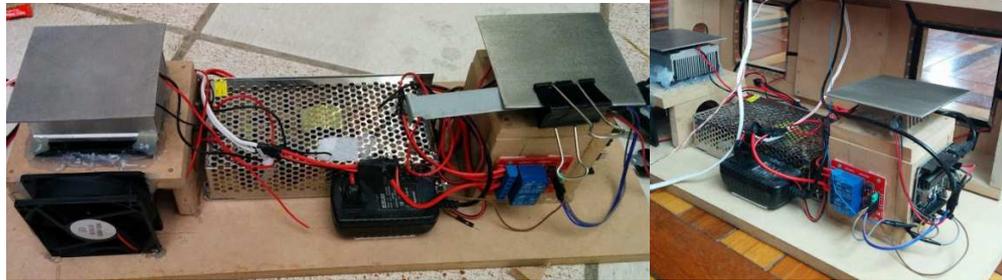


Figura 125. Fotos montaje electrónica Temperaturas.

Y por último se realiza la prueba de funcionamiento y se experimenta con las temperaturas para corregir las temperaturas.



Figura 126. Fotos Prueba funcionamiento Temperaturas.

3.4.3.3. Manual de usuario y funcionamiento

Véase ANEXO A.2.3.

3.5. Módulo 4: Texturas



Figura 127. Esquema Módulo de Texturas.

El módulo de texturas consiste en un prisma hexagonal que puede rotar sobre su eje. Cada cara del prisma tendrá una textura diferente para poder incentivar el sentido del tacto de los niños y cambiar de textura mientras rota el prisma. El objetivo del módulo es incentivar a que el niño rote el prisma con la fuerza de su mano; para esto se ha agregado elementos electrónicos que al percibir la rotación del prisma, activarán un generador de burbujas de jabón que se lanzarán por el aire mientras se rota el prisma y se apagará cuando el prisma no se mueva; de esta forma se incentivará al niño que toque la variedad de texturas aunque no le guste, pues el interés por la burbujas será mayor y les ayudará a perder el miedo a varios tipos de texturas.

3.5.1. Diseño Mecánico

El módulo de Texturas se dividirá en dos secciones. La parte inferior, será para soporte y donde se instalarán los circuitos de control, y la superior será el prisma

hexagonal. Estarán unidas por medio de un rodamiento de mesas giratorias para permitir la rotación del prisma.

El soporte inferior será una caja cuadrada sin piso que medirá aproximadamente 40cm de lado y 5cm de alto (véase ANEXO A.1.3.).

El prisma hexagonal tendrá un ancho de 20 cm por cada cara y un alto de 120 cm (véase ANEXO A.1.3.3.).

Soporte del módulo de Texturas

La estructura se basa en el tamaño del prisma, lo suficientemente grande para que sea llamativo y se pueda colocar varias texturas. Las dimensiones coinciden con el ancho del hexágono del prisma para que no sobresalga e interfiera con el caminar de los niños.

El peso del prisma no será mayor a 10 Kg, pero se realizará un análisis de fuerzas mediante software, aplicando una carga de 50 Kg para asegurarnos y demostrar que el material y el diseño del soporte resisten las cargas aplicadas.

El software utilizado como ayuda para el análisis de fuerzas es SolidWorks y al aplicar las cargas nos entrega como resultados los siguientes:

Las cargas se distribuirán en el rodamiento, como se muestra en la Figura 128. Cargas aplicadas Módulo Texturas.. La fuerza aplicada es de 50 Kg (490 N)

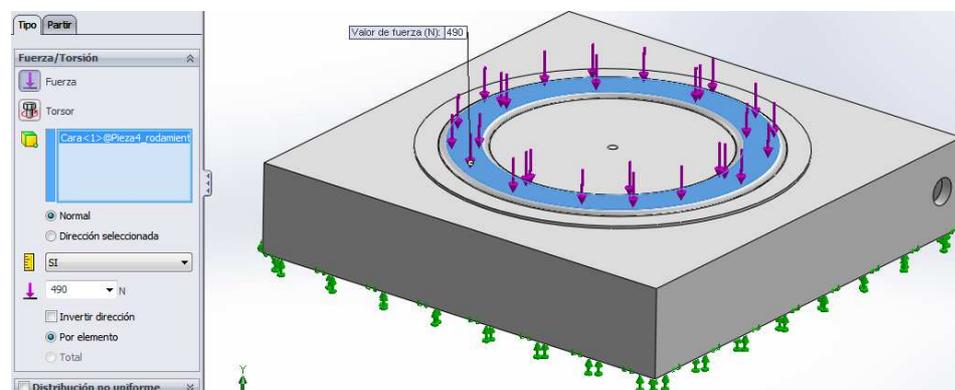


Figura 128. Cargas aplicadas Módulo Texturas.

El software realiza automáticamente el análisis de Resistencia mecánica, mostrando el límite elástico del material y entregando los resultados de los esfuerzos de Von Mises encontrados en todos los puntos del elemento analizado, en donde podemos conocer el esfuerzo máximo y compararlo con el límite elástico

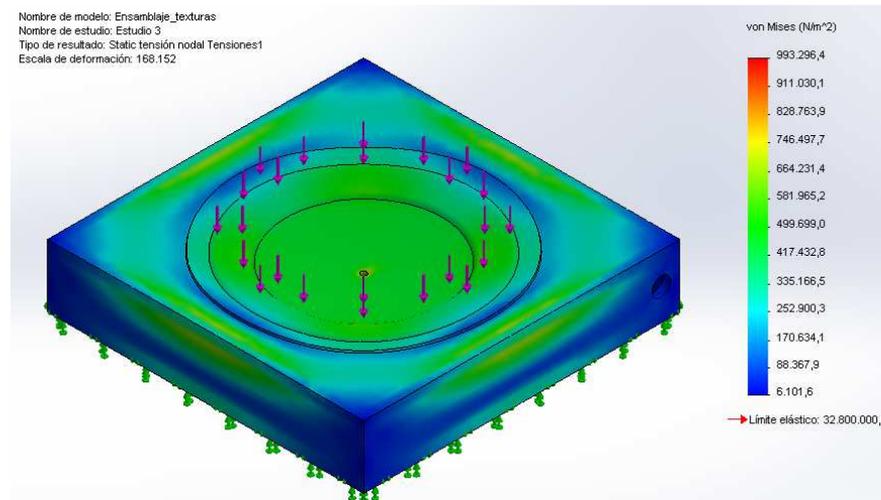


Figura 129. Análisis de Resistencia Texturas Solidworks.

Como se observa en el análisis por software, el esfuerzo máximo es muy inferior al límite elástico del material (MDF), por lo tanto, el diseño y tipo de material resisten ampliamente las cargas y esfuerzos aplicados.

Rodamiento para giro

El rodamiento que une el prisma hexagonal con la base de soporte es un rodamiento para cargas axiales como se muestra en la Figura 130, éste rodamiento es utilizado en las mesas giratorias. El rodamiento soporta 1000 lb de peso como se muestra en las especificaciones, por lo que resiste sin problemas las cargas aplicadas.

Las especificaciones del rodamiento se muestran a continuación:

Diámetro: 12 pulgadas

Grosor: 5/16 pulgada

Capacidad: 1000 lbs



**Figura 130. Rodamiento carga axial 1000lb.
Fuente: (NationSkander California Corp, 2015)**

3.5.2. Sistema de Control

3.5.2.1. Diseño electrónico

3.5.2.1.1. Selección de elementos del sistema

Los elementos electrónicos seleccionados son los siguientes:

Cinta Led

La cinta led (ver Figura 116) será ubicada internamente en la base de soporte fija. Esta luz permitirá reconocer si el módulo se encuentra activo. Para poder visualizar la luz se han realizado algunos agujeros que permitan observar la luz desde afuera. El tipo de cinta led será de un solo color, igual al que se utilizó en módulos anteriores. La cantidad de cinta led que se utilizará será de 160cm.

Sensor de giro

Para poder reconocer si el prisma hexagonal está rotando debido a que una persona lo está moviendo, se necesita un sensor que perciba el giro. Se podrían utilizar sensores ópticos, pero al ser el prisma cerrado y el espacio entre la base de soporte y la base del prisma que gira muy pequeña, y si se le suma que se debe saber a cada momento si está girando o no el sistema, es muy complicado realizar un sistema de medición con un sensor óptico.

Por este motivo se ha seleccionado como sensor de giro un encoder rotativo de eje como se muestra en la Figura 131. Este sensor posee un eje que al girar, por uno de sus pines envía una señal, que va variando entre bajo y alto conforme gira el eje.

Esta señal de cambio de estado de la señal es leída por Arduino y reconoce cuándo está girando para tomar una decisión.



Figura 131. Rotary Encoder.

Fuente: (ETCBrand, 2015)

Este sensor se ha asegurado en la base de soporte fija y el eje del sensor a la base del prisma rotatorio, lo que permitirá enviar una señal al elemento de control (Arduino) cuando el eje del sensor rote, es decir, cuando una persona mueva el prisma. Este tipo de sensor se lo puede utilizar porque el centro de giro del prisma está libre de ejes o rodamientos, pues el rodamiento posee un agujero lo suficientemente grande para mantener libre el centro como se observa en la Figura 132.



Figura 132. Sensor de giro en la base de Texturas.

Placa de control

Como controlador vamos a utilizar un Arduino Uno, el cual posee suficientes salidas y entradas para manejar las interacciones. El arduino será el encargado de leer

la señal que envía el sensor de giro y reconocer cuándo está rotando el prisma y cuándo está parado, de esta forma podrá tomar la decisión de activar mediante un relé, la alimentación de un actuador, que para este módulo será un generador de burbujas de jabon.

El arduino además recibirá una señal externa para controlar la encendido o apagado del módulo. De esta forma podrá administrar las salidas dependiendo del la señal de control enviada desde el arduino principal.

Las características del Arduino Uno se muestran en la Tabla 9, descrita anteriormente en otro de los módulos.

Placa de activación

La placa de activación o amplificación de una señal de control a una de potencia serán dos relés. Que por motivos de facilidad se utilizará el módulo armado de 2 relés que se describió anteriormente.

Se utilizará un relé para la activación del actuador (generador de burbujas) y el otro relé para activar la cinta led. El arduino es el encargado de controlar la activación de los relés mediante sus salidas.

Sistema de Alimentación

La alimentación del módulo será con una fuente de 12V 2A, ya que solo se deberá alimentar al arduino, el que a su vez alimentará la placa de relés y el sensor con una de sus salidas de 5V.

Además de la fuente de alimentación se necesitará un cable de energía que venga directamente del tomacorriente (110 VAC) para poder activar su paso para la alimentación del generador de burbujas que funciona con corriente alterna.

3.5.2.1.2. Esquema lógico del circuito

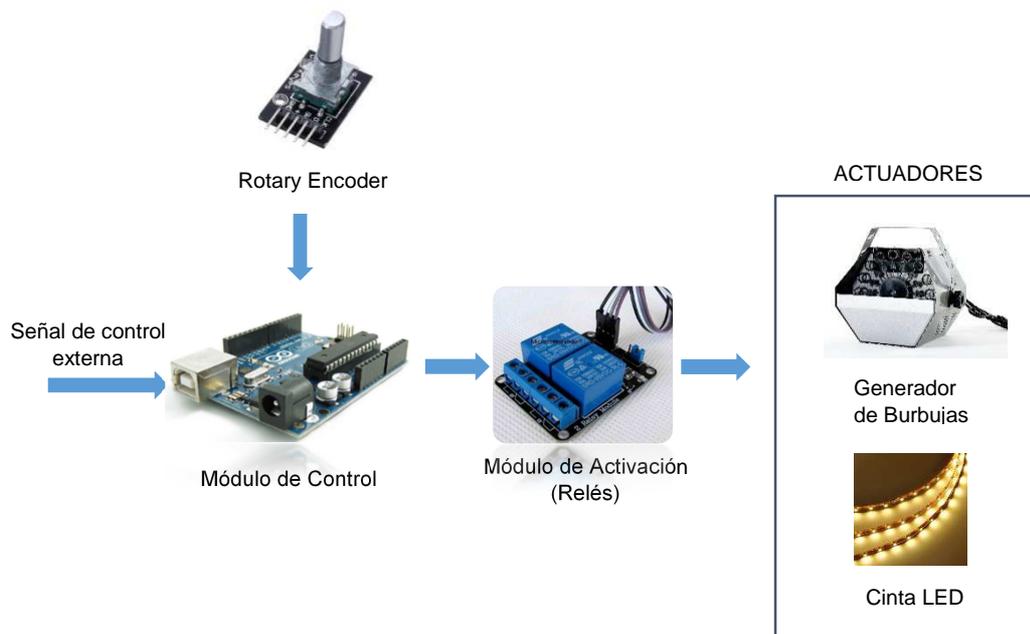


Figura 133. Circuito Lógico Texturas.

3.5.2.1.3. Circuito de Control y Potencia

Circuito Esquemático

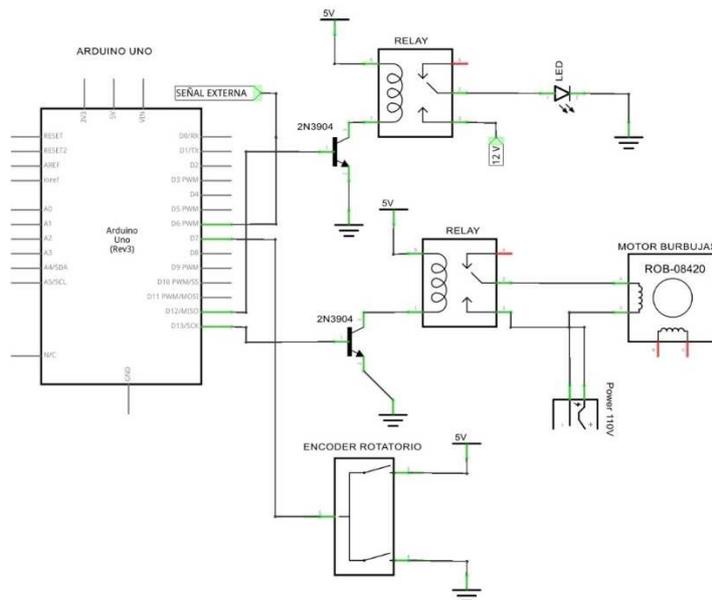


Figura 134. Circuito Esquemático Texturas.

Circuito en Vista Real

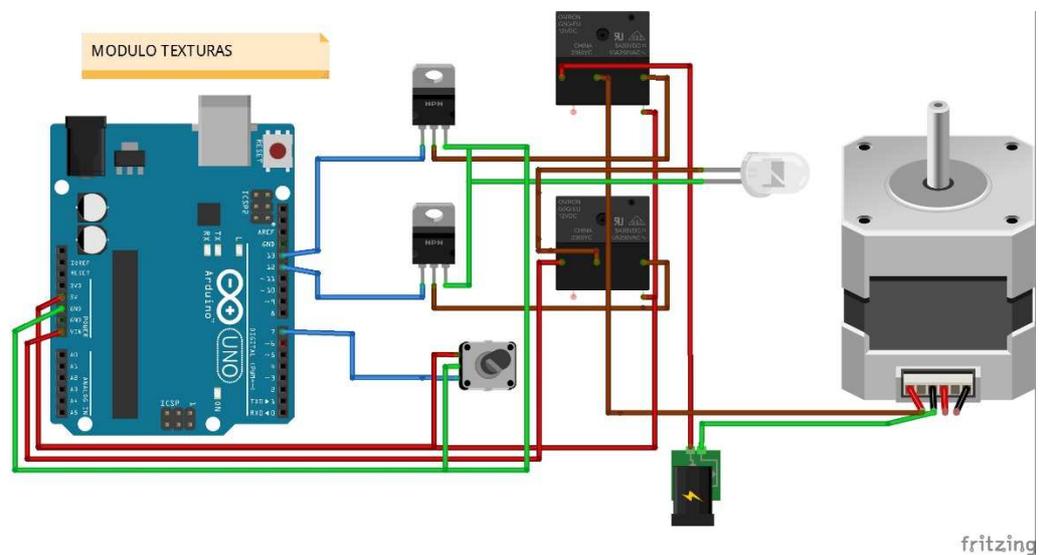


Figura 135. Circuito en Vista Real.

3.5.2.2. Lazo de control

El control de este sistema es de tipo lazo abierto pues la señal de salida no influye en el proceso, ya que no posee un sensor para comparar la señal y calcular un error que intervenga en el proceso. Simplemente se realiza el proceso sin tener una retroalimentación.

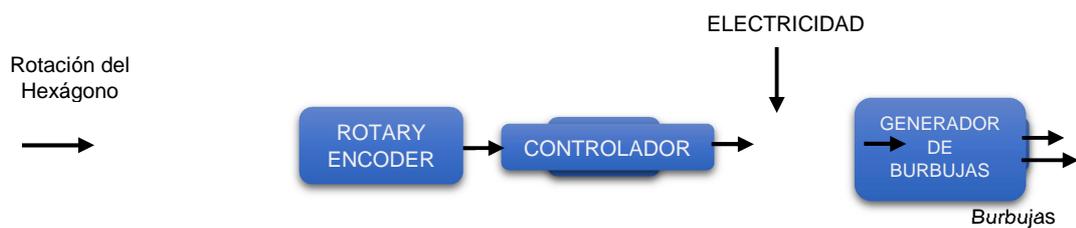


Figura 136. Diagrama de bloques de control Texturas

3.5.2.3. Programa de control

Para controlar el sistema se ha realizado un programa en el software de Arduino y grabado en el Arduino Uno conectado en el módulo

Las entradas y salidas que se han conectado al Arduino y se han asignado en el programa son las que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15.

Entradas y salidas arduino Texturas

# pin	Tipo de señal	Descripción
6	Entrada digital	Señal externa de activación del módulo
7	Entrada digital	Señal sensor de giro
12	Salida	Activación Cinta LED
13	Salida	Activación Motor

3.5.3. Montaje y Construcción

3.5.3.1. Lista de elementos

Tabla 16.

Lista de Elementos Texturas

Elementos	Cantidad
Madera MDF 12mm	2,5 [m^2]
Rodamiento carga axial	1 [unidad]
Sensor (encoder) de giro	1 [unidad]
Placa de 2 relés	1 [unidad]
Fuente de 12V 2A	1 [unidad]
Cinta Led	1,6 [m]
Generador de burbujas	1 [unidad]
Cable UTP	1 [m]
Cable gemelo	4 [m]

3.5.3.2. Proceso de construcción y montaje

En primer lugar se construyó el prisma hexagonal



Figura 137. Foto construcción prisma texturas.

Se acopló el rodamiento de cargas axiales y la base de soporte



Figura 138. Fotos rodamiento Texturas.

Se acopla el sensor

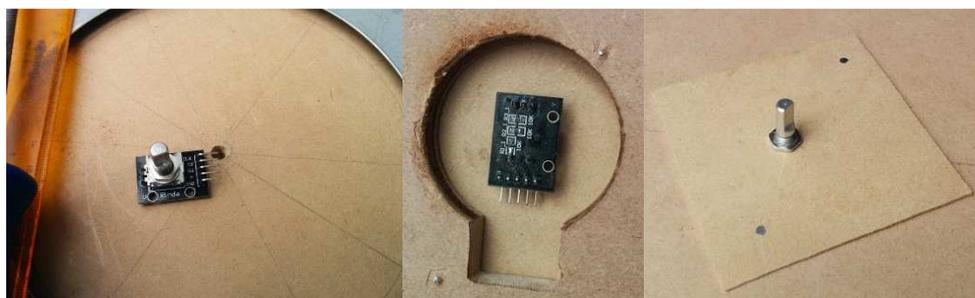


Figura 139. Fotos sensor giro Texturas.

Y finalmente se conectan los elementos electrónicos

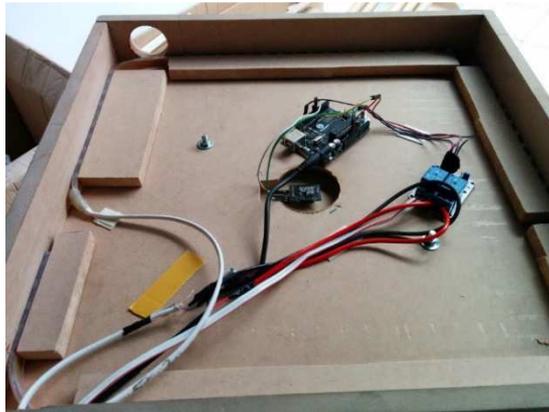


Figura 140. Fotos sensor giro Texturas.

3.5.3.3. Manual de usuario y funcionamiento

Véase ANEXO A.2.4.

3.6. Módulo 5: Tubo de burbujas

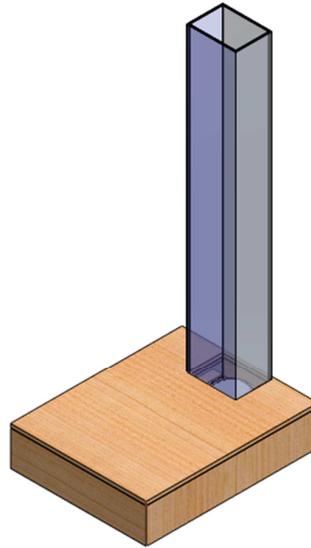


Figura 141. Tubo de Burbujas.

El módulo de Burbujas consiste en una plataforma y un tubo que estará lleno con agua. La plataforma que está pensada para que se suba el niño y se mida el peso mediante un sensor. Dependiendo del peso se controlará niveles de entrada de aire al agua mediante una bomba de aire, es decir, la cantidad de aire depende de la cantidad de fuerza que se aplique en la plataforma. Adicionalmente el módulo posee una luz LED que va apunta al tubo de burbujas y va cambiando de color constantemente, lo que hace muy llamativo e incentiva los sentidos de los niños y la práctica de incidir en la realidad mediante sus acciones, en este caso, haciendo fuerza en la plataforma.

3.6.1. Diseño Mecánico

Los elementos básicos que componen el módulo es el Tubo transparente con su respectivo soporte y la plataforma. El módulo medirá aproximadamente 60cm de ancho, 70cm de largo y 130 cm de altura máxima. (Véase ANEXO A.1.2.)

Tubo de Burbujas

El tubo que estará lleno de agua, es un tubo cuadrado de 11cm de lado y 120cm de altura. El material es acrílico transparente, para poder observar las burbujas de aire que ascienden en el agua.

En la base del tubo estará una piedra de difusión de aire para que se distribuyan de mejor forma las burbujas en el agua. En la base, mediante un acople hacia la piedra de difusión, se conectará la manguera que sale desde la bomba de aire.

La base donde se asienta el tubo de acrílico será un bloque de madera de 12 x 12 cm y una altura de 10 cm (Véase ANEXO A.1.2.3.). En la tapa superior de la caja, tendrá un agujero de aproximadamente 7cm de diámetro, que permitirá pasar la luz de un foco LED que está montado dentro de la caja e iluminará al tubo con agua.

Plataforma

La plataforma será el espacio donde se pueda subir el niño y aplicar la fuerza de su peso y saltar para aumentar la cantidad de fuerza. Las medidas de la plataforma serán aproximadamente 60cm x 70cm y una altura de 15cm (véase ANEXO A.1.2.3.). La plataforma será un poco más alta que el soporte del tubo para ocultar las conexiones y elementos que se encuentran en la base del tubo.

Las cargas máximas que serán aplicadas sobre la plataforma, será de un niño, pero por motivos de un análisis de cargas y verificar la resistencia del diseño, se utilizará una fuerza de 150 Kg (1470 N).

El software que se utilizará para el análisis de resistencia será Solidworks, en donde solo se ingresa la fuerza aplicada como se muestra en la Figura 142 y nos entrega los resultados de los esfuerzos generados en todos los puntos, y compara en una regla vertical el esfuerzo máximo con el módulo de elasticidad del material como se muestra en la Figura 143.

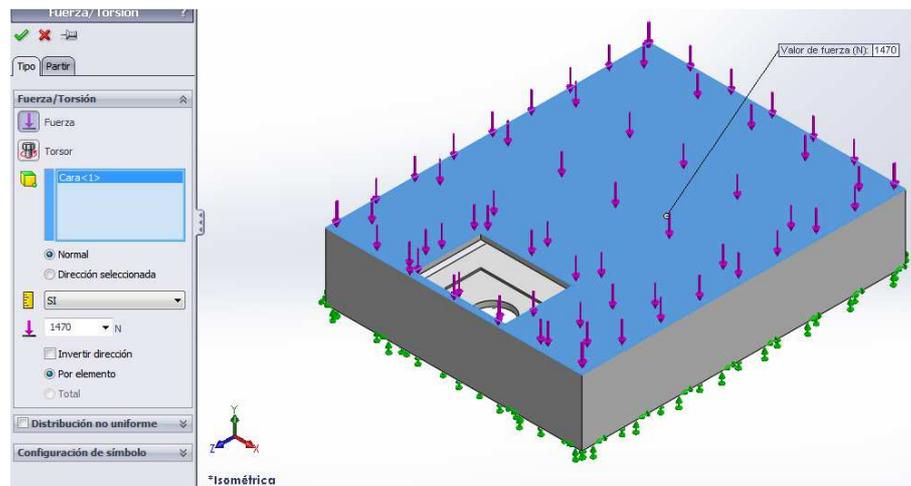


Figura 142. Aplicación de cargas Burbujas Solidworks.

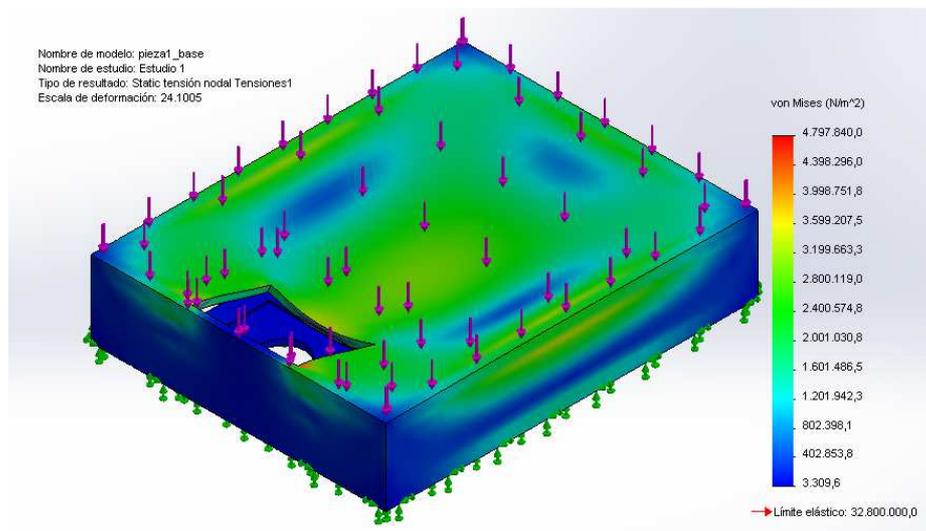


Figura 143. Resultado de esfuerzos Burbujas Solidworks.

Como se observa en la Figura 143. Los esfuerzos generados al aplicar la fuerza establecida, son mucho más pequeños que el límite elástico del material, por lo que podemos concluir que el material y el diseño resisten ampliamente a las cargas aplicadas.

3.6.2. Sistema de Control

3.6.2.1. Diseño electrónico

3.6.2.1.1. Selección de elementos del sistema

Los elementos electrónicos seleccionados son los siguientes:

Actuador (Bomba de aire)

La bomba de aire cumplirá la función de generar burbujas en el agua al enviar el aire por una manguera al dispensador que se encuentra en la base del tubo de acrílico.

La bomba de aire que se seleccionó es una bomba de pecera que se alimenta con 12VDC, lo que permitirá realizar un control más fácil. Las características de la bomba de aire se muestran a continuación:

Alimentación: 12VDC 0.46A

Caudal: 5,6 lt/min

(Marine Metal Products, 2012)



Figura 144. Bomba de aire.

Fuente: (Marine Metal Products, 2012)

Foco LED

El foco LED cumplirá la función de iluminar el agua donde se generan las burbujas de aire, de esta forma se podrá diferenciar si el módulo está activo o apagado. El foco LED que se ha seleccionado y se muestra en la Figura 145, tendrá

una alimentación de 12V y una potencia de 10W, y será controlado por el arduino a través de un relé.



Figura 145. Foco LED Burbujas.

Fuente: (Lemonbest®, 2015)

Sensor de peso

El sensor de peso utilizado en el módulo se lo pondrá en la superficie de la plataforma entre dos placas, para que al pisar la plataforma, se aplaste el sensor y envíe el valor analógico correspondiente al arduino.

El sensor seleccionado es el Flexiforce de 100lb como se muestra en la Figura 146. Se ha seleccionado éste sensor debido a que es una lámina muy delgada y se lo pondrá en medio de dos placas sin requerir mayor espacio para su instalación. Además su lectura es muy fácil porque es simplemente una resistencia que varía con la fuerza aplicada y se lo leerá como un divisor de voltaje.



Figura 146. FlexiForce.

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

El sensor se posicionará en la superficie de la plataforma, sobre la que irá una tapa adicional para para concentrar el peso sobre el sensor. La posición del sensor se muestra en la Figura 147.



Figura 147. Posición del sensor de peso.

Placa de control

Como controlador vamos a utilizar un Arduino Uno, el cual posee suficientes salidas y entradas para manejar las interacciones. El arduino será el encargado de leer la señal que envía el sensor de peso y tomar la decisión, dependiendo del valor leído, de enviar un ancho de pulsos mayor o menor para activar la bomba de aire a través del transistor.

El arduino además recibirá una señal de control externa enviada desde el arduino principal para la activación o desactivación del módulo. Cuando se activa el módulo al recibir la señal externa, el arduino se encargará de controlar la activación de la luz del foco LED además de activar la lectura del sensor para el control de PWM⁵.

Las características del Arduino Uno se muestran en la Tabla 9, descrita anteriormente en otro de los módulos.

Circuito de activación

Para el circuito de activación se utilizará un transistor, debido a que se realizará un control PWM desde el Arduino y los reles al tener contactos mecánicos no pueden conmutar tan rápido como un transistor para variar activar y desactivar en milisegundos.

⁵ PWM: Pulse Width Modulation, Modulación de ancho de pulso

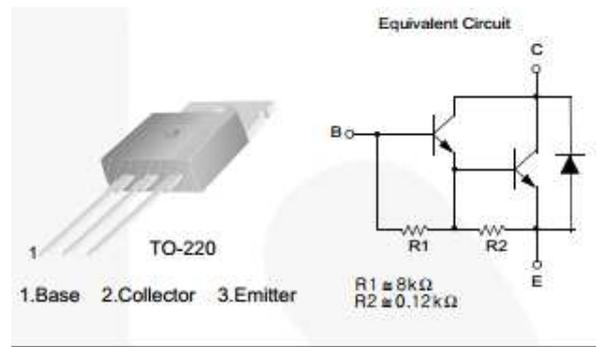


Figura 148. Esquema transistor TIP122

Fuente: (Fairchild Semiconductor Corporation, 2014, pág. 1)

El transistor que se utilizará será el TIP122 que se representa en la Figura 148, cuyas características se muestran a continuación:

Voltaje Colector Emisor: 100 V

Corriente del Colector: 5 A

(Fairchild Semiconductor Corporation, 2014, pág. 1)

Como se trabajará con 12V y 0,46A, el transistor TIP122 trabajará sin problemas.

El circuito de activación o amplificación por medio del transistor se lo armará como se muestra en la Figura 149. El control de activación del transistor está generada por la señal que envía el arduino; éste envía pulsos con diferente ancho dependiendo de la lectura que posee del sensor.

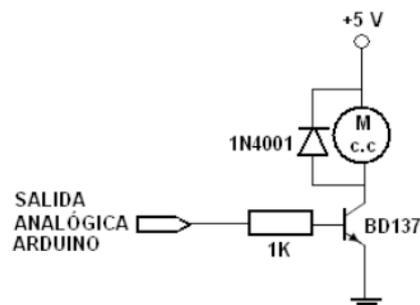


Figura 149. Conexión del circuito del transistor.

Fuente: (Art Interactivo, 2015)

Adicionalmente a la activación de la bomba, se necesitará activar un foco LED RGB, el cual, se activará a través del arduino por medio del relé. Por facilidad se utilizará una placa ya con el circuito armado de 2 relés. Solo se utilizará un relé para la activación del foco.

Sistema de alimentación

La alimentación de este módulo será a través de una sola fuente de 12V 6A, pues solo se tiene que alimentar la bomba que tiene un bajo consumo, un foco led y el arduino. El arduino a su vez alimentará con 5VDC a la placa de relés y al sensor de fuerza.

3.6.2.1.2. Esquema lógico del circuito

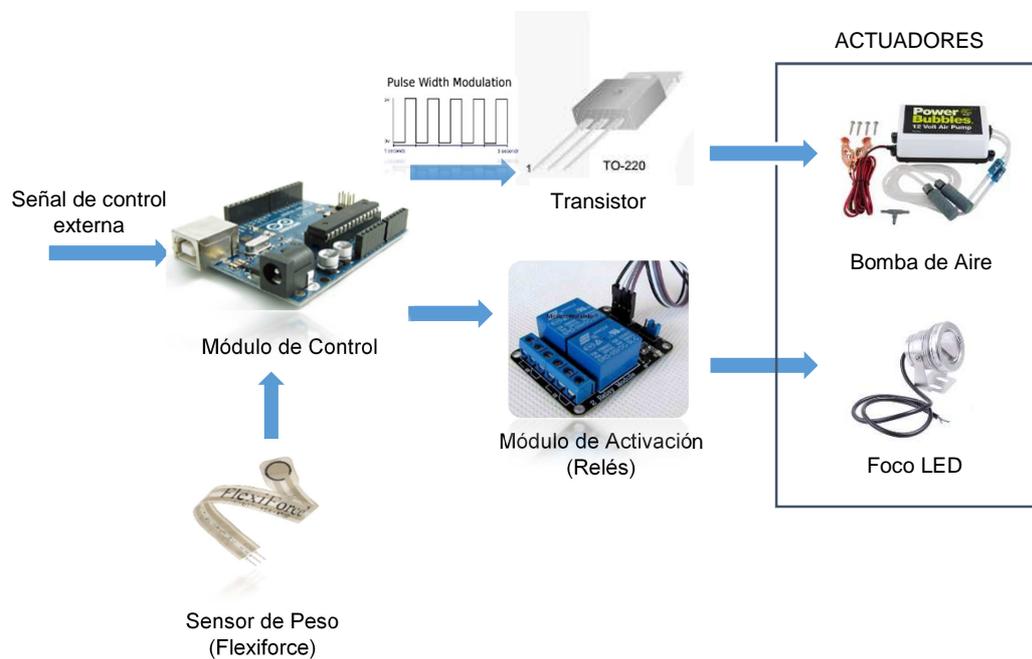


Figura 150. Circuito Lógico Burbujas.

3.6.2.1.3. Circuito de Control y Potencia

Circuito Esquemático

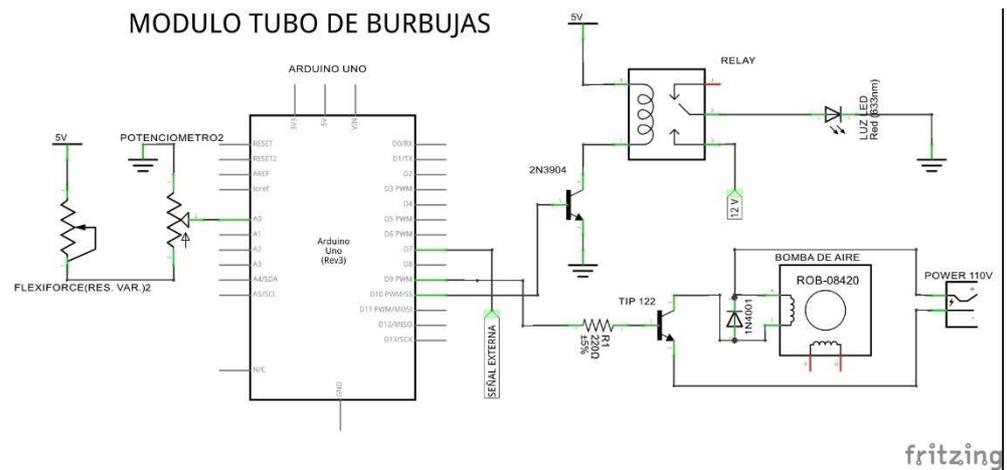


Figura 151. Circuito Esquemático Burbujas.

Circuito en Vista Real

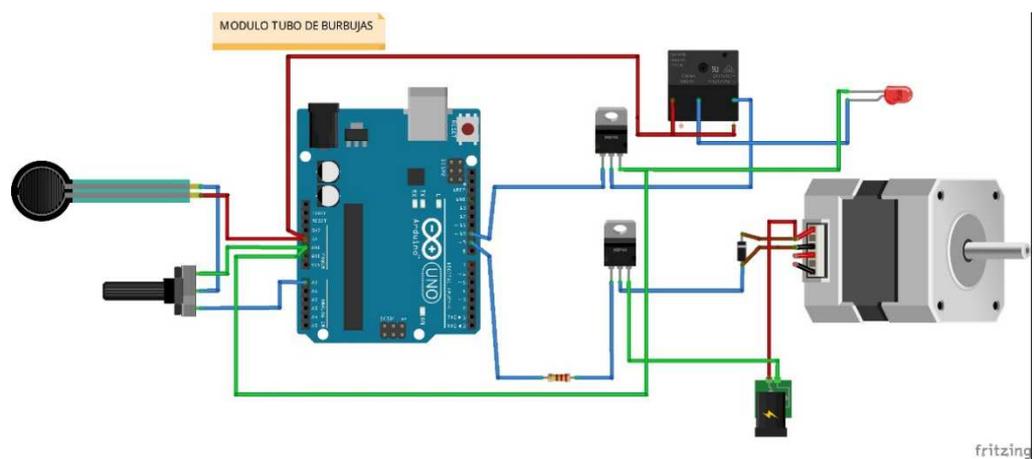


Figura 152. Circuito en Vista Real Burbujas.

3.6.2.2. Lazo de control

El control será un lazo cerrado, pues no existe una retroalimentación de la salida del sistema. Al no tener un sensor que perciba la señal de salida para enviar a un controlador a compararla, no existirá una señal de verificación que influya en el proceso.

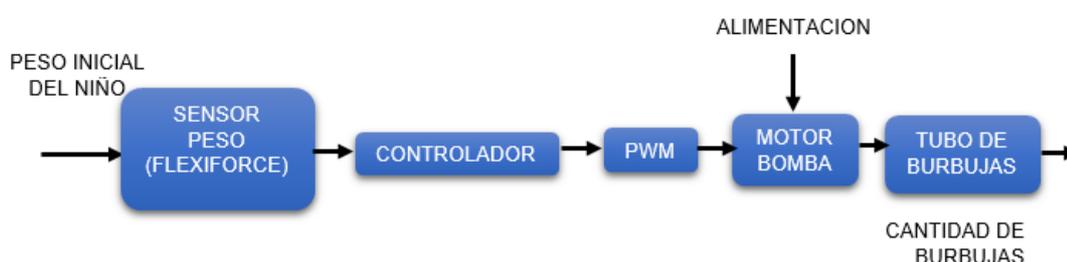


Figura 153. Diagrama de Lazo abierto de control Burbujas

3.6.2.3. Programa de control

Para controlar el sistema se ha realizado un programa en el software de Arduino. Las entradas y salidas que se han conectado al Arduino y se han asignado en el programa son las que se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17.

Entradas y salidas arduino Temperaturas

# pin	Tipo de señal	Descripción
7	Entrada digital	Señal externa de activación del módulo
A0	Entrada Analógica	Señal sensor de peso
8	Salida	Señal hacia arduino principal
9	Salida	Activación Bomba PWM
10	Salida	Activación foco LED

3.6.3. Montaje y Construcción

3.6.3.1. Lista de elementos

Tabla 18.

Lista de Elementos Agua-Burbujas

Elementos	Cantidad
Madera MDF 12mm	3 [m^2]
Tubo cuadrado de acrílico	1 [unidad]
Sensor de peso	1 [unidad]
Placa de 2 relés	1 [unidad]
Circuito Transistor	1 [unidad]
Fuente de 12V 6A	1 [unidad]
Foco LED	1 [unidad]
Bomba de aire	1 [unidad]
Cable UTP	2 [m]
Cable gemelo	3 [m]

3.6.3.2. Proceso de construcción y montaje

Primero se construyó el tubo de acrílico y su soporte



Figura 154. Foto construcción tubo de acrílico.

Se construyó la plataforma.



Figura 155. Foto construcción base Burbujas.

Se instalaron los elementos electrónicos y las conexiones



Figura 156. Foto montaje electrónico Burbujas.

Se realizó las pruebas de funcionamiento



Figura 157. Foto Pruebas funcionamiento Burbujas.

3.6.3.3. Manual de usuario y funcionamiento

Véase en ANEXO A.2.5.

3.7.Módulo 6: Levitador de pelota

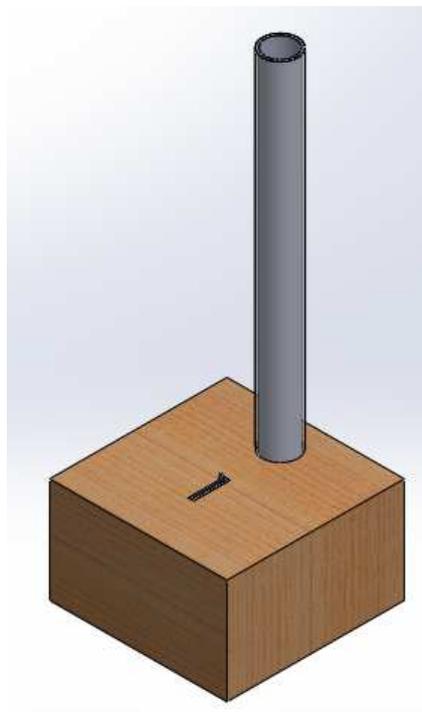


Figura 158. Levitador de pelota.

Este módulo consiste en un tubo transparente colocado de forma vertical y que posee un ventilador en su parte inferior para poder hacer elevar a una pelota que se encuentra dentro del tubo. La interacción con los niños será a través de una perilla que al moverla, cambiará la intensidad de flujo de aire del ventilado y cambiará de altura la pelota. Existe además una luz LED que dependiendo de la intensidad del motor, cambiará de color.

3.7.1. Diseño Mecánico

El módulo de levitación de pelota medirá aproximadamente 35 x 45 cm y 150cm de altura máxima (véase ANEXO A.1.4.)

Los elementos mecánicos básicos que componen el módulo son la estructura y el tubo transparente. En éste módulo no se realizarán análisis físicos de fuerzas de

empuje del aire sobre la pelota, debido a que se pretende simplemente el control manual de la altura de la pelota a través de la perilla; es decir, el objetivo del módulo no es el análisis de fuerzas de levitación, sino la interacción del niño con la realidad, para que tomando decisiones incida en la realidad y sienta que sus acciones alternan el curso de los procesos y las cosas.

Estructura del levitador de pelota

La estructura cumplirá la función de soporte del tubo y de presentación de la perilla para modificar la intensidad del motor. Al tener un amplio espacio en la estructura se tiene que prever que los niños se pueden subir a la misma. Debido a esto se debe diseñar de tal forma que soporte las cargas aplicadas al subirse un niño sobre el módulo.

Para asegurarnos de que la estructura resistirá los esfuerzos generados por las cargas del peso del niño, se realizará un análisis mediante software (Solidworks) en donde se utilizará una carga de 50 Kg (490 N) para demostrar que el diseño y la resistencia del material superan los esfuerzos. En la Figura 159. se muestran las cargas aplicadas sobre el módulo.

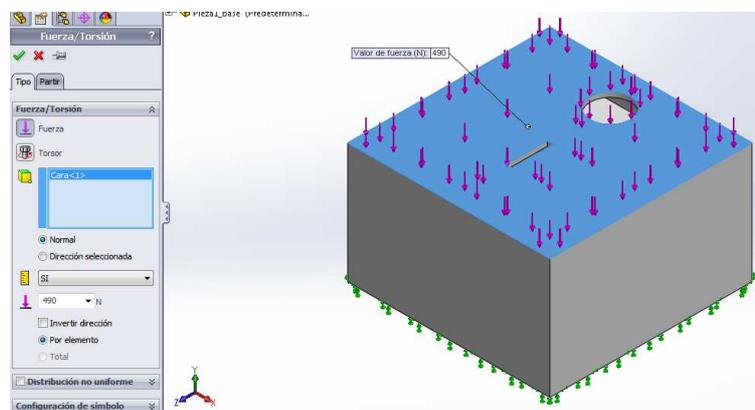


Figura 159. Cargas aplicadas sobre le estructura Levitador Solidworks.

En la Figura 160 se muestra los resultados del análisis de resistencia a las fuerzas aplicadas.

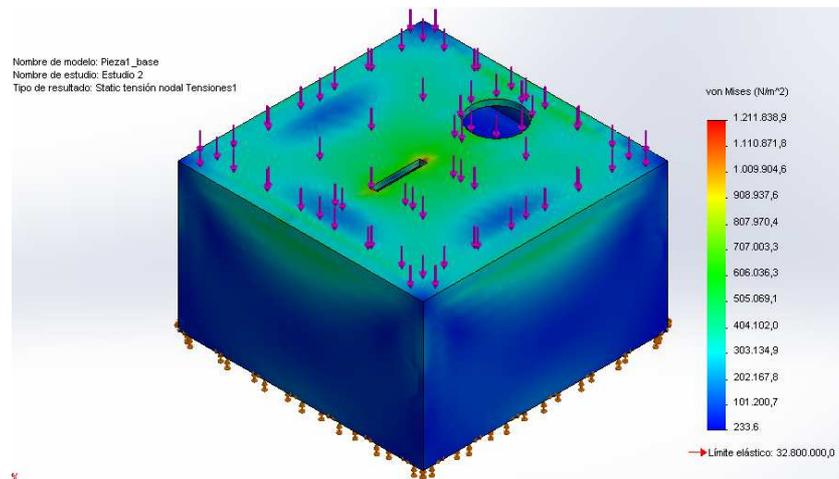


Figura 160. Resultados de análisis de esfuerzos Levitador Solidworks.

Los resultados demuestran que el límite elástico del material es muy superior a los esfuerzos generados por las cargas aplicadas. Por lo tanto el diseño y el material cumplen las necesidades pues el módulo resistirá fácilmente la subida de un niño sobre este.

Tubo transparente

El tubo es transparente y redondo. –dentro de este tubo se encuentra la pelota que se la hará ascender con la fuerza del aire que genera el ventilador en la parte inferior del tubo.

Las dimensiones del tubo son 2 pulgadas de diámetro, hecho a la medida para que coincida con el ventilador, y 130cm de largo (véase ANEXO A.1.4.2.). El material del tubo es PET transparente.

3.7.2. Sistema de Control

3.7.2.1. Diseño electrónico

3.7.2.1.1. Selección de elementos del sistema

Los elementos electrónicos seleccionados son los siguientes:

Actuador Motor (Ventilador)

El ventilador cumplirá la función de cambiar la altura de la pelota según la intensidad con la que funcione. La velocidad del ventilador será controlada por el arduino mediante un transistor.

El ventilador utilizado se muestra en la Figura 161 y posee las siguientes características:

Voltaje de operación: 7.2 V

Corriente: 3A

Empuje: 73 g

Diámetro: 2 pulgadas

(Trossen Robotics, 2015)



Figura 161. Mini turbo Fan.

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

Cinta LED RGB

La cinta led (ver Figura 116) será ubicada en la parte posterior del tubo transparente. Esta cinta permitirá saber si el módulo se encuentra activado o desactivado.

Se utilizará un tipo de cinta LED RGB, es decir que posee tres colores principales que se pueden combinar para generar otros. El color de la cinta LED

cambiará conforme a la velocidad que gira el motor. La activación y cambio de color de la cinta LED será controlada por el arduino mediante relés para la combinación de los colores. La cinta RGB posee 4 pines; uno es alimentación normalmente de 12VDC y los otros son conexiones a tierra para cada uno de los tres colores: rojo, verde y azul.

Perilla

La perilla cumple la función de interactuar con los niños. La perilla es simplemente un potenciómetro lineal que varía la resistencia al moverla de un lado al otro. La señal de la Perilla llegará al arduino utilizando un divisor de voltaje. El potenciómetro lineal utilizado se muestra en la Figura 162, la cual tiene una resistencia variable de hasta 10K Ω .



Figura 162. Potenciómetro lineal.

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

Placa de control

Como controlador vamos a utilizar un Arduino Uno, el cual posee suficientes salidas y entradas para manejar las interacciones. El arduino será el encargado de leer la señal que envía el divisor de voltaje variado por el potenciómetro lineal. El arduino se encargará de tomar la decisión de enviar un ancho de pulso variable para modificar la velocidad del ventilador dependiendo del valor de la entrada leída. Además el arduino se encargará de activar la cinta LED y hacerla variar de color según la misma entrada leída. El control que realiza el arduino modificando el ancho de pulso sobre el ventilador, lo realizará a través de un circuito de un transistor

debido a su conmutación rápida. Para el control del cambio de color de la cinta LED, utilizarán relés como elementos de activación.

Las características del Arduino Uno se muestran en la Tabla 9, descrita anteriormente en otro de los módulos.

Elementos de activación

Los elementos de activación utilizados en este módulo son tres relés y un transistor.

El transistor se utilizará para el control PWM que realiza el arduino sobre el ventilador. Se utilizará el circuito que se muestra en la Figura 149 descrito en uno de los módulos anteriores.

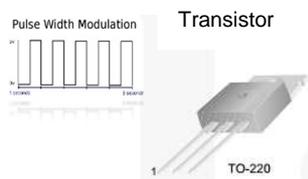
Los tres relés servirán para para la activación y cambio de color de la cinta led. Cada relé se encargará de un color principal y el arduino, controlando su activación, podrá combinar y cambiar de color. Por motivos de facilidad de diseño, se utilizará una placa armada de 4 relés de los que serán utilizados tres para la cinta LED.

Sistema de Alimentación

La alimentación del módulo será con una fuente de 12V 6A, ya que alimentará (a través de un regulador) al ventilador, que puede consumir hasta 3A, la cinta LED y el Arduino que a su vez alimentará a la placa de Relés.

Además se utilizará un convertidor de voltaje de 12V a 7,5V, pues el motor funciona a 7,2 V. Este convertidor se lo usará para sustituir al regulador LM7807.

3.7.2.1.2. Esquema lógico del circuito



ACTUADORES

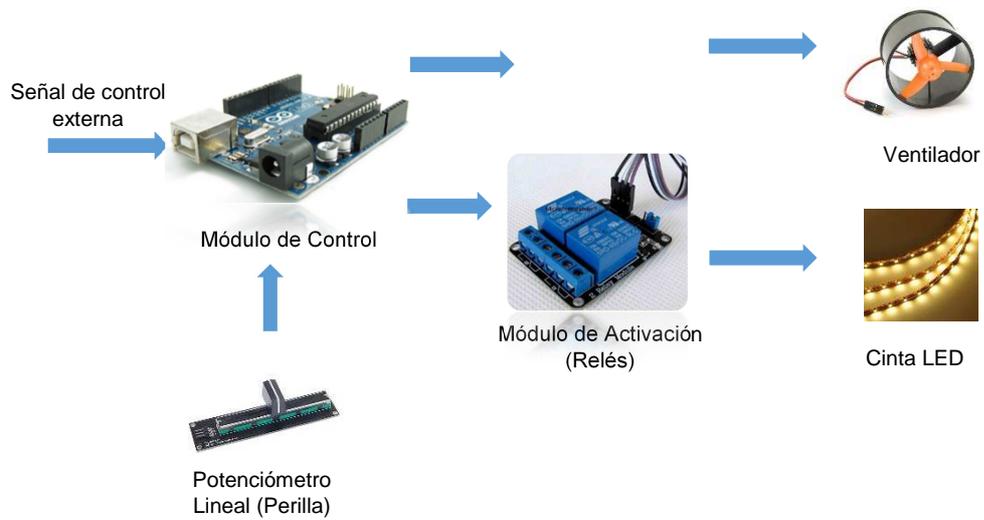


Figura 163. Circuito Lógico Levitador Pelota.

3.7.2.1.3. Circuito de Control y Potencia

Circuito Esquemático

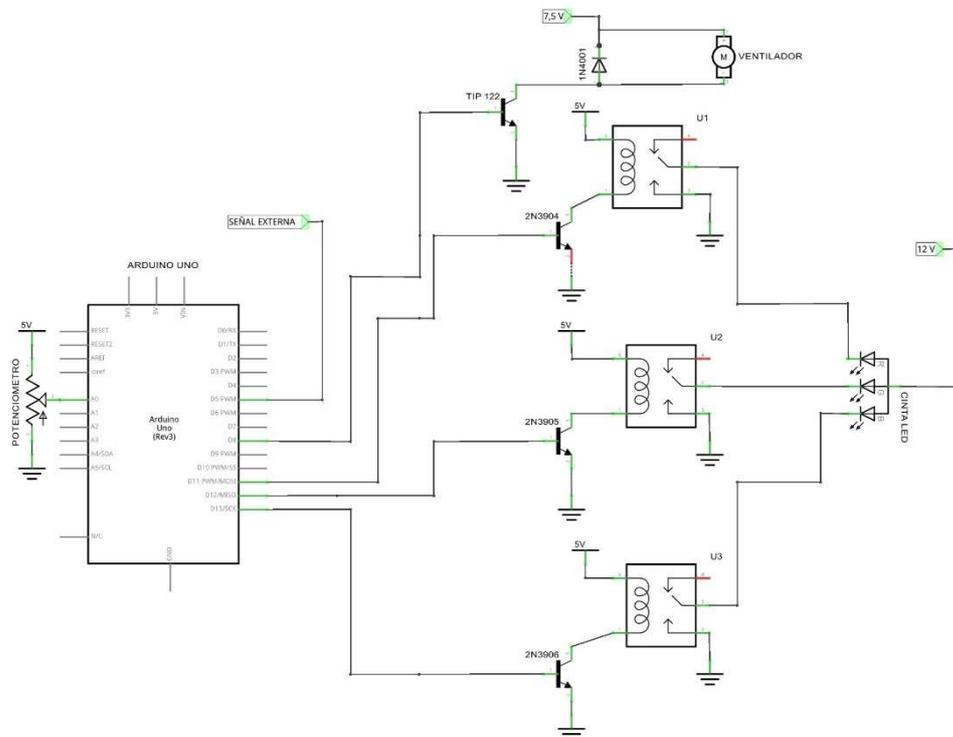


Figura 164. Circuito Esquemático Levitador Pelota.

Circuito en Vista Real

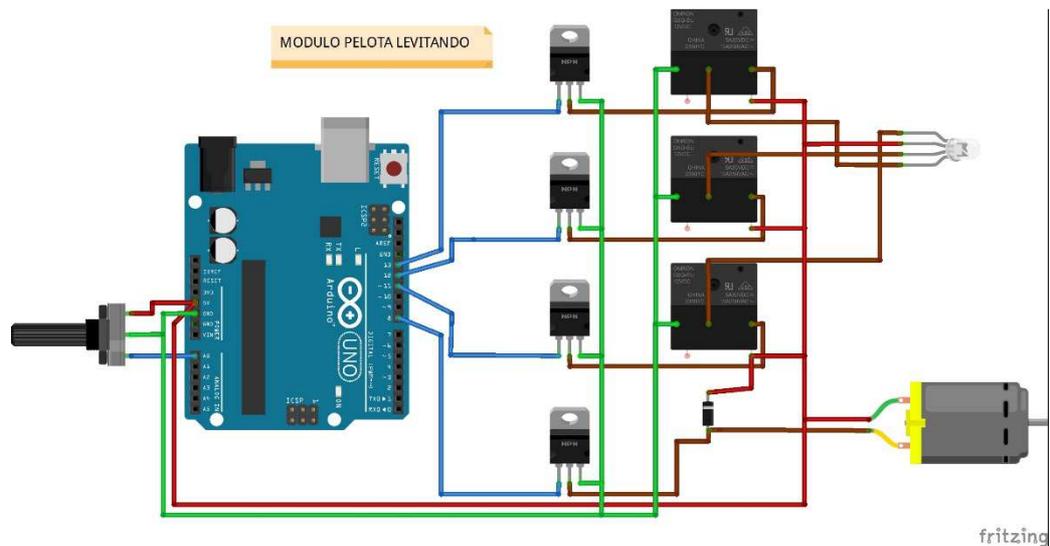


Figura 165. Circuito en Vista Real Levitador Pelota.

3.7.2.2.Lazo de control

El control del sistema será un lazo abierto, pues no existe ningún sensor que mida la salida y la lleve a comparar con la entrada para generar una diferencia que influya en el proceso; es decir, no existe retroalimentación de la variable de salida.

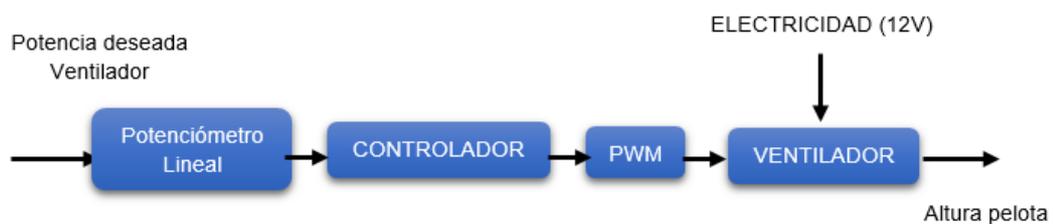


Figura 166. Diagrama de bloques control Levitador

3.7.2.3. Programa de control

Para controlar el sistema se ha realizado un programa en el software de Arduino. Las entradas y salidas que se han conectado al Arduino y se han asignado en el programa son las que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19.

Entradas y salidas arduino Levitador Pelota

<i># pin</i>	<i>Tipo de señal</i>	<i>Descripción</i>
5	Entrada digital	Señal externa de activación del módulo
A0	Entrada Analógica	Señal de potenciómetro lineal
3	Salida Anal[ogica	Señal PWM activación ventilador
11	Salida	Activación color rojo cinta LED
12	Salida	Activación color verde cinta LED
13	Salida	Activación color azul cinta LED

3.7.3. Montaje y Construcción

3.7.3.1. Lista de elementos

Tabla 20.

Lista de Elementos Levitador Pelota

Elementos	Cantidad
Madera MDF 12mm	0,5 [m^2]
Tubo redondo PET	1 [unidad]
Pelota espuma flex	1 [unidad]
Potenciómetro Lineal	1 [unidad]
Ventilador 7.5 V	1 [unidad]
Placa de 4 relés	1 [unidad]
Circuito Transistor	1 [unidad]
Fuente de 12V 6^a	1 [unidad]
Cinta LED RGB	2 [m]
Cable UTP	1 [m]
Cable gemelo	2 [m]

3.7.3.2. Proceso de construcción y montaje

Primeramente se construyó el tubo transparente y su respectivo soporte



Figura 167. Foto montaje Tubo Levitador.

Se construyó la estructura externa y se acopló con el soporte del tubo



Figura 168. Foto estructura Levitador.

Se montaron los elementos electrónicos y se realizó el cableado eléctrico



Figura 169. Foto montaje electrónico Levitador.

Y por último se realizaron las pruebas de funcionamiento



Figura 170. Foto Prueba Funcionamiento Levitador.

3.7.3.3. Manual de usuario y funcionamiento

Véase en ANEXO A.2.6.

CAPÍTULO 4

4.0. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONJUNTO

El proyecto presenta varios módulos que tienen una función específica en cuanto a la estimulación sensorial e interacción; pero no funcionan aisladamente, sino que se complementan para la implementación de un aula de estimulación sensorial, donde se estimulará varios de los sentidos y se podrá medir y controlar el cambio de actividades de los niños que utilizan el aula.

Para el diseño del conjunto de módulos, sabemos que el sistema de conjunto cumplirá las siguientes funciones:

- Monitorear el uso de cada uno de los módulos, midiendo el tiempo que el niño permanece en cada uno de ellos, en un tiempo determinado.
- Capacidad de introducir o alternar en el sistema, nuevas propuestas de módulos.
- Controlar el encendido y apagado de cada uno de los módulos desde una interfaz en la computadora.

El aula de estimulación sensorial al realizar estas funciones tendrá la capacidad de ayudar enormemente en la evaluación, diagnóstico y tratamiento de los niños con autismo, debido a que brindará a las personas encargadas y especialistas en el tema del autismo, las capacidades de:

- Monitorear y analizar con datos medibles (tiempos), el uso y comportamiento de los niños en cada módulo.
- Estimular sensorialmente e incentivar a cambio de actividades de cada niño de una forma personalizada.
- Utilizar datos obtenidos en cada módulo para realizar investigaciones que analicen la utilidad y efectividad de cada módulo.

- Experimentar con los mismos módulos y alternar o incrementar nuevas propuestas de módulos para ratificar o buscar mejores alternativas de diagnóstico y tratamiento.

4.1. Características de diseño

Monitoreo y Visualización

Para el monitoreo del tiempo de presencia de los niños en cada uno de los módulos se deberá utilizar sensores que indiquen la presencia de un niño delante de los módulos. Para esto se podrá utilizar un sensor de presencia, de cualquier tipo. Para poder monitorear los datos, se necesitará centralizar la información en un solo punto; para esto se necesitará de un elemento que reciba las señales de presencia de todos los módulos y se pueda conectar a un HMI⁶ para presentar los datos obtenidos.

Control Remoto

Para poder controlar y guiar adecuada y eficazmente la estimulación sensorial de un niño, sin intervenir directamente y evitar momentáneamente los problemas de relación que los niños puedan tener, se necesita poder activar y desactivar los módulos a conveniencia a juicio del instructor o encargado de la sesión de estimulación.

Para poder realizar esto, se necesitará de un HMI que se pueda manejar desde una computadora ubicada fuera del aula de estimulación donde pueda enviar una señal para encender o apagar cada uno de los módulos a través de un dispositivo de control principal que se encargue de enviar y recibir las señales del HMI. Existirá entonces un solo HMI y un solo dispositivo de control principal que se encarguen del control y monitoreo de los módulos de estimulación.

⁶ HMI: Human Machine Interface

Escalabilidad y Alternancia

El diseñar los módulos para que sean escalables y puedan ser alternados o sustituidos, es una de las características que más herramientas puede entregar a los profesionales que investigan y tratan a niños con autismo. El hecho de que el sistema tenga la capacidad de aumentar o alternar los módulos, sin perder el modelo de monitoreo, ni realizar mayores cambios, genera una ventaja de investigación y experimentación que puede dar resultados muy positivos para el diagnóstico y tratamiento de los niños con autismo.

Para poder implementar este tipo de sistema, se necesita de un dispositivo electrónico que pueda manejar gran cantidad de entradas y salidas, para enviar y recibir las señales de control y monitoreo. Además el dispositivo deberá ser capaz de comunicarse con la computadora para poder enlazarse con el HMI administrado por el encargado.

Otra de las características que permitan la escalabilidad y alternancia, es que la señal de los sensores de presencia será enviada directamente al dispositivo principal sin comunicarse con el control interno de cada módulo. De esta forma, se podrá sustituir módulos sin tener que reprogramar o instalar cables, ya que la señal de presencia servirá para cualquier módulo que se lo instale frente al sensor de presencia.

4.2.Sistema de Control Conjunto

4.2.1. Selección de Elementos

Sensores de presencia

Para el monitoreo del tiempo de permanencia de los niños en cada módulos se ha seleccionado switches activados por el peso debido al bajo costo y facilidad de conexión. Estos switches se ubicarán como si fueran alfombras delante de cada módulo. El switch seleccionado es el siguiente:



Figura 171. Alfombra switch.

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

El funcionamiento de los switches consiste en dos láminas metálicas delgadas, separadas en varias secciones por esponjas; al aplastarse con el peso, se unen las dos placas y cierran el circuito. La conexión de cada una de los switches se muestra en la Figura 172.

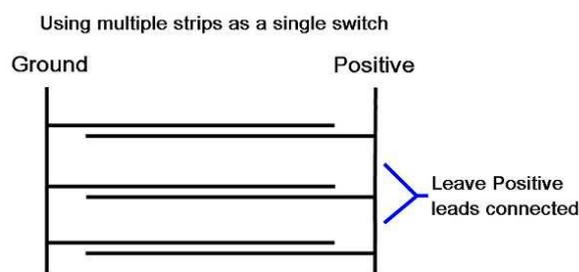


Figura 172. Conexión de alfombra-interruptor

Fuente: (Trossen Robotics, 2015)

Placa de Control

El elemento de control principal, que se comunicará por un lado con los elementos de control de cada módulo y los sensores de presencia, y por otro con el HMI en la computadora, será el Arduino Mega ADK, debido a que posee las suficientes entradas y salidas para enviar y recibir las señales de los arduinos secundarios y de la computadora como se muestra en las características de la Tabla 21. Además, se utilizará este arduino porque tendrá entradas y salidas sobrantes que asegurarán la escalabilidad del sistema si se requiere se necesita aumentar los módulos o los sensores. La comunicación con los otros arduinos en cada módulo y

con los sensores de presencia lo hará a través de los pines de salida y de entrada. La conexión con la computadora para comunicarse con el HMI, lo hará a través de cable USB y comunicación Serial.

Tabla 21.

Características del Arduino Mega ADK

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 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

Fuente: (Arduino, 2015)

4.2.2. Esquema lógico de conexión de conjunto

La configuración de conexión será tipo estrella, dónde el Arduino principal recibirá todas las señales de presencia y enviará todas las señales de control externa a cada módulo.

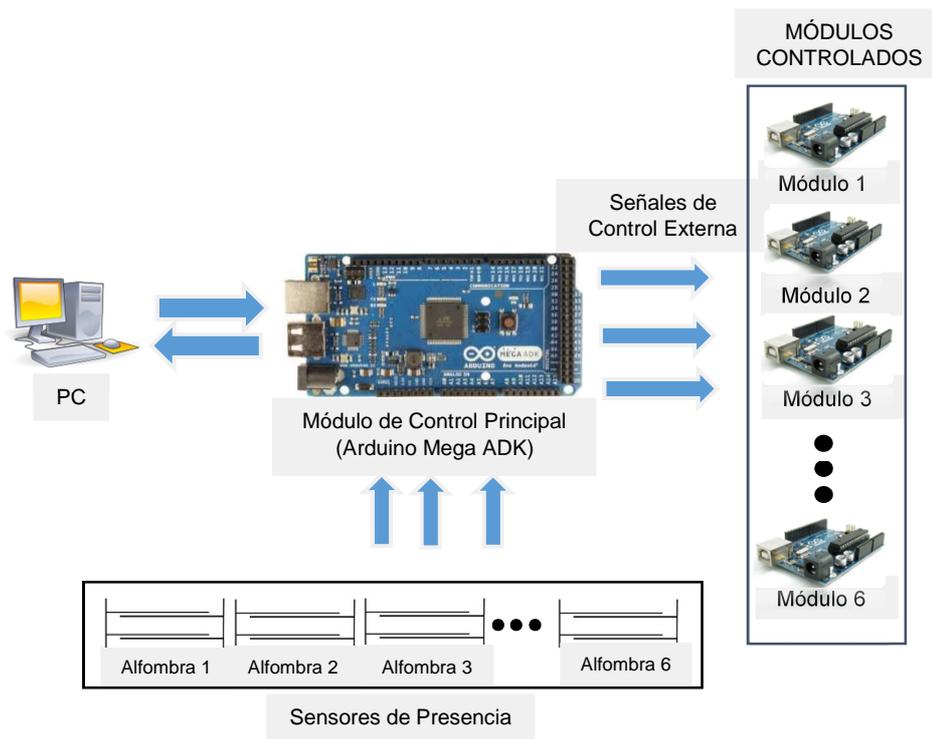


Figura 173. Circuito Lógico Control Principal.

4.2.3. Circuito de Control de conjunto

Por facilidad de visualización se ha dividido el circuito en entradas y salidas.

Esquemático

Entradas

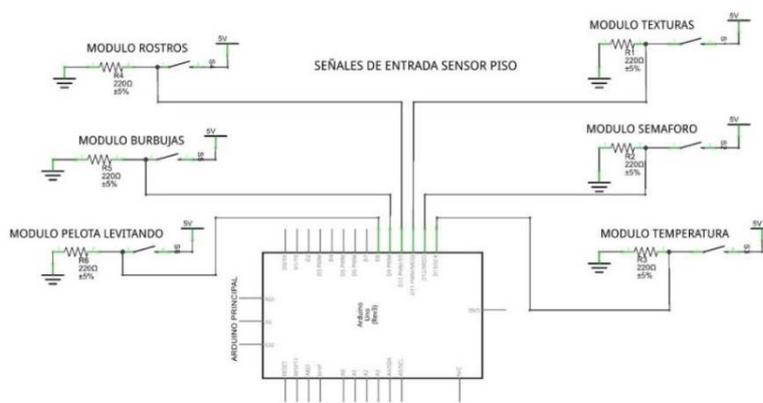


Figura 174. Circuito Esquemático de Entradas de Conjunto.

Salidas

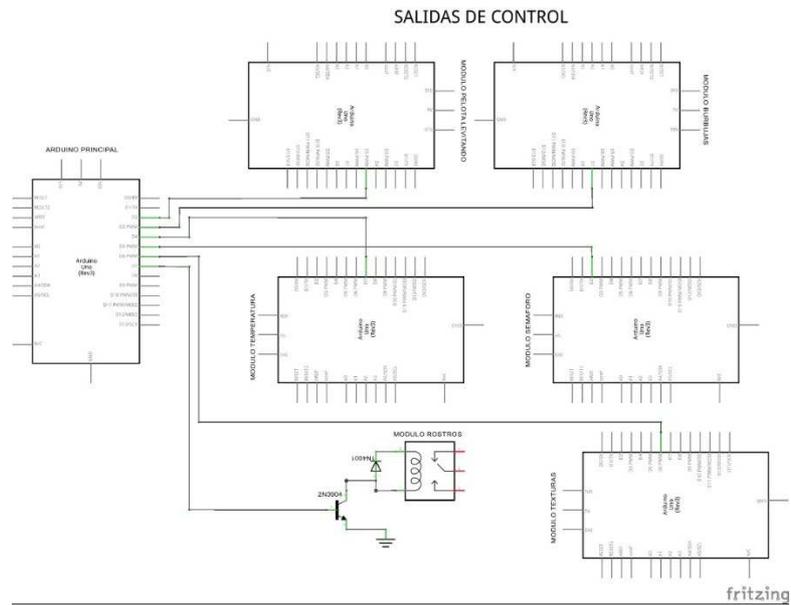


Figura 175. Circuito Esquemático de Salidas de Conjunto.

Circuito en Vista Real

Entradas

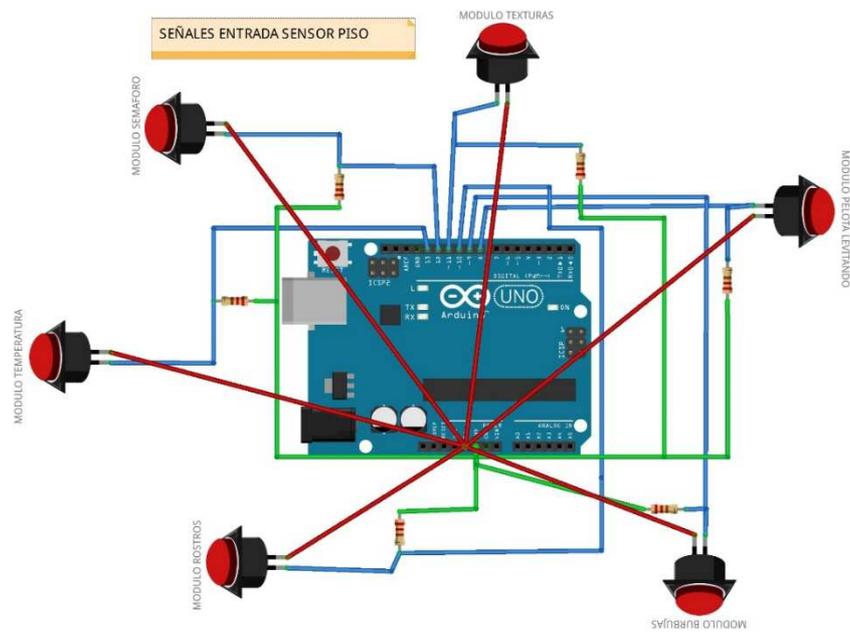


Figura 176. Circuito en Vista Real de Entradas de Conjunto.

Salidas

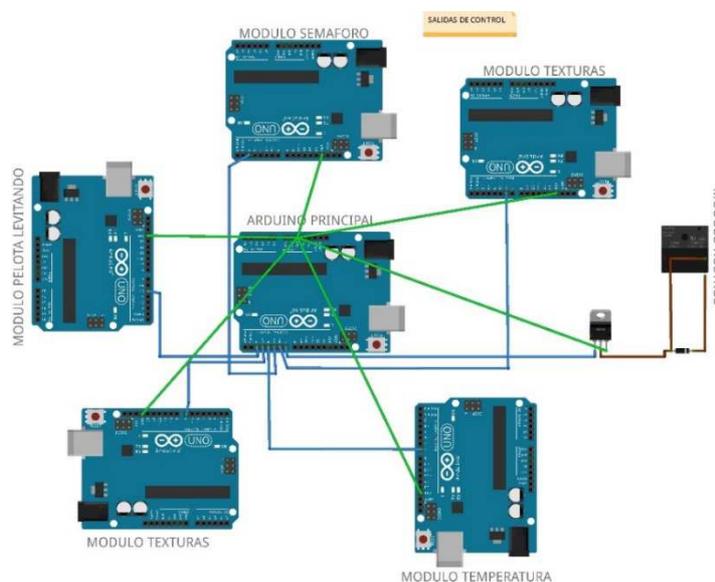


Figura 177. Circuito en Vista Real de Salidas de Conjunto.

4.2.4. Programa de Arduino Principal

El programa del Arduino se codificó en el software de arduino para pc. A continuación se presenta la Tabla 22 de entradas y salidas.

Tabla 22.

Entradas y salidas Arduino Principal

# PIN	TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN
2	Entrada digital	Señal sensor presencia Módulo 1
3	Entrada digital	Señal sensor presencia Módulo 2
4	Entrada digital	Señal sensor presencia Módulo 3
5	Entrada digital	Señal sensor presencia Módulo 4
6	Entrada digital	Señal sensor presencia Módulo 5
7	Entrada digital	Señal sensor presencia Módulo 6
8	Salida	Señal control Módulo 1
9	Salida	Señal control Módulo 2
10	Salida	Señal control Módulo 3
11	Salida	Señal control Módulo 4
12	Salida	Señal control Módulo 5
13	Salida	Señal control Módulo 6

4.2.5. HMI

El HMI se lo realizó en el Software Visual Studio. Programado en Basic. La comunicación utilizada para comunicar el HMI con el Arduino principal es comunicación por el puerto Serial.

El programa tiene dos modos de funcionamiento: Automático y Manual. El modo automático funcionará exclusivamente para monitoreo de la presencia en cada módulo. El modo manual funcionará para el control de la activación y desactivación de cada uno de los módulos. Mayor información sobre el funcionamiento del HMI está detallada en el Manual de usuario de Conjunto.

4.2.5.1. Ventana de HMI



Figura 178. Esquema del HMI

4.3. Manual de Usuario

Véase ANEXO A.2.7.

5.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Las aulas de estimulación para el uso con niños autistas, están muy poco desarrolladas en el país, pues no existen investigaciones o estadísticas formales sobre el tema.
- El autismo es un trastorno, pues es una condición de vida, pero se puede desarrollar habilidades para mejorar las condiciones de ésta.
- La estimulación sensorial provee herramientas a los niños para enfrentar el mundo real, pues incide en la forma de percibir las señales externas.
- Los actuadores generan acciones variables y controladas, que permiten estimular las deficiencias sensoriales de los niños con autismo.
- La interacción de los módulos, a través de botones y sensores, incentiva la toma de decisiones en los niños, y les enseña que sus acciones generan consecuencias que alteran la realidad.
- El control de encendido y apagado centralizado de los módulos, incentiva a los niños al cambio de actividades de una forma personalizada y sin una intervención directa
- La visualización del tiempo de permanencia, permite monitorear y analizar con datos medibles, el uso y comportamiento de los niños en cada módulo.
- El control y monitoreo de los módulos mediante software, facilita la evaluación y diagnóstico de los niños, y permite guiarlos adecuadamente en la estimulación y tratamiento.
- Los datos de utilización de los módulos, proporciona herramientas de experimentación e investigación a los profesionales encargados.

Recomendaciones

- Los datos obtenidos en cada módulo se podrán utilizar para analizar la utilidad y eficacia de cada módulo.
- La experimentación y análisis de los datos obtenidos en cada módulo permitirá ratificar y buscar nuevas alternativas de diagnóstico y tratamiento de los niños con autismo.
- Estar pendientes de las reacciones de los niños al utilizar los módulos multisensoriales, pues se pueden evitar daños y pueden ayudar a evaluar el estado del niño y guiar adecuadamente la estimulación.
- Los datos de tiempos de permanencia obtenidos, se deberán documentar adecuadamente para poder obtener estadísticas de uso y analizar la evolución de los niños y la utilidad de los módulos.
- Leer los manuales de usuario para no tener ningún inconveniente de malos procedimientos y usos de los módulos
- Tener un manejo previo del funcionamiento del HMI, para tener un buen resultado al utilizarlo en la evaluación, diagnóstico y tratamiento de los niños.

6.0. REFERENCIAS:

ABB Stotz- Kontakt GmbH. (2006). *ABB*. Obtenido de [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/9146478e6e30e650c12574ec002bec1a/\\$file/1txa114004m0701.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/9146478e6e30e650c12574ec002bec1a/$file/1txa114004m0701.pdf)

Álvarez, R., Andrés, A., Andrés, O., Anta, V., Aparicio, P., Azcona, C., . . . Toribio, J. (Mayo de 2004). *educacyl Portal de Educación*. Obtenido de Despertando Sensaciones: <http://www.educa.jcyl.es/profesorado/es/materiales-jcyl/despertando-sensaciones>

Amazon.com. (2015). *Amazon.com*. Obtenido de <http://www.amazon.com/KY-040-Rotary-Decoder-Encoder-Arduino/dp/B00KMMFWRC>

Amico. (2015). *Amazon*. Obtenido de http://www.amazon.com/6204Z-Double-Metal-Shielded-Bearing/dp/B008ASY9GU/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1421774589&sr=8-1&keywords=6204Z&pebp=1421774592424&peasin=B008ASY9GU

Amico. (2015). *Amazon*. Obtenido de <http://www.amazon.com/gp/product/B007612AX6/>

Amico. (2015). *Amazon*. Obtenido de <http://www.amazon.com/gp/product/B00AUBDUK6>

Amico. (2015). *Amazon*. Obtenido de http://www.amazon.com/gp/product/B008MU3UM0/ref=oh_aui_search_detailpage?ie=UTF8&psc=1

Amico. (2015). *Amazon*. Obtenido de <http://www.amazon.com/gp/product/B00FH6WUE6>

Arduino. (2015). *Arduino*. Obtenido de <http://playground.arduino.cc/Main/RotaryEncoders#Waveform>.

Arduino. (2015). *Arduino*. Obtenido de <http://arduino.cc/>

Arduino. (2015). *Arduino*. Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

- Arduino. (2015). *Arduino*. Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMegaADK>
- Areatecnologia.com. (s.f.). *AREA TECNOLOGÍA*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/corriente-continua-alterna.htm>
- Art Interactivo. (2015). *Art Interactivo*. Obtenido de <http://www.artinteractivo.com/tutorial-arduino>
- Autism Research Institute. (2014). *Understanding Autism*. Obtenido de Is it Autism: http://www.autism.com/is_it_autism
- Baio, J., EdS, National Center on Birth Defects and Developmental, & CDC. (2014). Prevalence of Autism Spectrum Disorder among Children Aged 8 years – Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 sites, United States, 2010. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*(63 SS02), 1. Obtenido de <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss6302a1.htm>
- Bosch. (2005). *Bosch*. (R. B. Limitada, Ed.) Obtenido de <http://www.bosch.com.br/br/negociosindustriais/produtos/motorventilador/12v/pdf/catalogomt.pdf>
- BRICO-TODO. (s.f.). *El bricolaje de la madera*. Obtenido de Tipos de Tableros: <http://www.bricotodo.com/tipostableros.htm>
- Centers for Disease Control and Prevention. (Marzo de 2014). *Autism Spectrum Disorder (ASD)*. Obtenido de Facts About ASD: <http://www.cdc.gov/ncbddd/autism/facts.html>
- Communitic International. (2013). *Ensamblaje del ordenador (PC): Instalación del procesador*. Obtenido de <http://es.kioskea.net/contents/6-ensamblaje-del-ordenador-pc-instalacion-del-procesador>
- Díaz, G., Barbón, A., Gómez, J., & Fernández, A. (2002). *Variación de la velocidad de los motores eléctricos*. (U. d. Oviedo, Ed.) Oviedo.

- Dorma. (2015). *DORMA*. (D. I. S.A., Editor) Obtenido de http://www.dorma.com/es/es/productos/apertura_cierre/operadores_puertas_correderas/es_400_en/index-38806-48153-48276.html
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2008). *Fundamentos de la técnica de automatización*. (F. D. KG, Ed.) Alemania. Obtenido de http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf
- e-ducativa. (s.f.). *DEMO E-DUCATIVA CATEDU*. Obtenido de http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//1000/1102/html/1_pinnacle.html
- Electronicafacil.net. (2004). *Electrónica Fácil*. Obtenido de <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>
- Enciclopedia Británica. (s.f.). *ENCYCLOPEDIA BRITANNICA*. Obtenido de Steel: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/562558/stainless-steel>
- Enciclopedia Británica. (s.f.). *ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA*. Obtenido de Steel: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/564627/steel>
- Esbelt S.A. (2014). *Esbelt*. Obtenido de <http://www.esbelt.com/products/MostrarUpload.php?Upload=493&ARTICLE=727>
- ETCBrand. (2015). *Amazon*. Obtenido de <http://www.amazon.com/KY-040-Rotary-Decoder-Encoder-Arduino/dp/B00KMMFWRC>
- FAG Sales Europe GmbH. (2000). *Baleromex*. Obtenido de <http://www.baleromex.com/catalogos/C-FAG.pdf>
- Fairchild Semiconductor Corporation. (2014). *Fairchild*. Obtenido de <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf>

- Fairchild Semiconductor Corporation. (2014). *Fairchild*. Obtenido de <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/TI/TIP120.pdf>
- Forbo Movement Systems. (2013). *Forbo Movement Systems*. Obtenido de <http://www.forbo.com/movement/en-gl/downloads/brochures/technical-information/espanol/ps0krw>
- Fuentes, J., Ferrari, M., Boada, L., Touriño, E., Artigas, J., Belinchón, M., . . . Posada, M. (Marzo de 2006). Guía de buena práctica para el tratamiento de los trastornos del espectro autista. *REVISTA DE NEUROLOGÍA*, 43(7), 425-438.
- Gaviria, P., Sampedro, M., & Restrepo, L. (2010). *Orientaciones pedagógicas para la atención y la promoción de la inclusión de niñas y niños menores de seis años con autismo*. (I. C. Familiar, Ed.) Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/RecursosMultimedia/Publicaciones/Editoriales1/CARTILLA-AUTISMO-5.pdf>
- Gomez, I. (1999). *EHU*. (U. d. Vasco, Editor) Obtenido de <http://www.ehu.eus/mmtde/PELTIER.htm>
- Gómez, M. (2009). *Aulas Multisensoriales en Educación Especial. Estimulación e integración sensorial en los espacios snoezelen* (Primera ed.). España: Ideaspropias.
- Hufnagel, W. (1992). *Aluminium – Taschenbuch, 14. Auflage*. (P. Coca, Trad.) Barcelona, España: Reverté S.A. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=BOncbMz-uzAC&pg=PA116&lpg=PA116&dq=coeficiente+de+rozamiento+aluminio+aluminio&source=bl&ots=gOTDaHNhbQ&sig=L3Uynb-yC9BJAeuwxCkRznM7tDk&hl=es&sa=X&ei=7Wu-VPb3GI3ksAS4g4GQDw&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=coeficiente%20de%](https://books.google.com.ec/books?id=BOncbMz-uzAC&pg=PA116&lpg=PA116&dq=coeficiente+de+rozamiento+aluminio+aluminio&source=bl&ots=gOTDaHNhbQ&sig=L3Uynb-yC9BJAeuwxCkRznM7tDk&hl=es&sa=X&ei=7Wu-VPb3GI3ksAS4g4GQDw&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=coeficiente%20de%20rozamiento)
- Kootek. (2015). *Amazon*. Obtenido de <http://www.amazon.com/gp/product/B00C59NOHK>

- Kryotherm. (s.f.). *Informational Booklet*. Obtenido de <http://kryothermtec.com/assets/dir2attz/Kryotherm%20catalog.pdf>
- Kryotherm. (s.f.). *KRYOTHERM*. Obtenido de Production of Thermoelectric Modules: <http://kryothermtec.com/espania.html>
- Learning Resources Inc. (2015). *Learning Resources*. Obtenido de <http://www.learningresources.com/product/talk+point--8482-%2C+set+of+15.do?sortBy=bestSellers>
- LEDwholesalers. (2015). *Amazon*. Obtenido de http://www.amazon.com/LEDwholesalers-Flexible-300xSMD3528-Adhesive-2026WW-31K/dp/B002QQ48TK/ref=sr_1_13?ie=UTF8&qid=1421358225&sr=8-13&keywords=led+strip
- Lemonbest®. (2015). *Amazon*. Obtenido de <http://www.amazon.com/gp/product/B009UR846G>
- Linak. (2015). *LINAK*. Obtenido de <http://www.linak.es/productos/linear-actuators.aspx?product=LA27C>
- Ma San Zapata, J. (2013). *Diseño de Elementos de Máquinas I*. (F. U. Andalu, Ed.) Piura, Perú. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/ciencia/2013/14/14.pdf>
- Mädler GmbH. (2012). *Madler*. Obtenido de <http://info.maedler.de/product/1643/1126/2583/wellendichtringe-din-3760-form-a-6-bis-30mm>
- Marine Metal Products. (2012). *Marine Metal*. Obtenido de <http://www.marinemetal.com/products/12-vt-air-pumps/power-bubbles/item/power-bubbles>
- Mileti, P. (2013). *Mileti*. Obtenido de <http://www.mileti.com.ar/hoy/?p=413>
- NationSkander California Corp. (2015). *VXB*. Obtenido de <http://www.vxb.com/page/bearings/PROD/LazySusan/Kit8999>

- Neubauer Automation. (s.f.). *EQUIPAMIENTO para espárragos y fresas*. (N. Automation, Editor) Obtenido de <http://www.neubauer-automation.de/esp/rollbahnen-abschnittsfoerderer-erdbeerstauforderer.php>
- Nico, M. R. (2010). *Actualizaciones Terapéuticas*. Obtenido de Los problemas sensoriales de los niños del espectro autista (TEA): http://www.actualizacionesterapeuticas.com/articulos/articulo_problemas.pdf
- Norton, R. (1999). *Diseño de Máquinas* (Tercera ed.). (G. Sánchez, Trad.) México: Pearson Educación, Prentice Hall.
- Núñez, J. M. (Diciembre de 2011). *Todotecnología - E.S.O.* Obtenido de Tipos de tableros de madera: <http://todotecnologia-eso.blogspot.com/2011/12/tipos-de-tableros-de-madera.html>
- Olayo, J. M. (Julio de 2013). *Deporte y Discapacidad. El coraje de vivir y participar*. Obtenido de Estimulación Multisensorial: <http://olayo.blogspot.com/2013/07/estimulacion-multisensorial.html>
- Páez, D., & Ayala, V. (Diciembre de 2012). ROMPECABEZAS: Pon tu pieza por el autismo. *Campaña de Mercadeo Social*. Ecuador.
- Palomo, R. (2013). *Federación Autismo Andalucía*. Obtenido de TRASTORNO DEL ESPECTRO DE AUTISMO 299.00 (F84.0): http://www.autismoandalucia.org/images/stories/pdf/DSM5_traducidos.pdf
- PerkinElmer optoelectronics. (2001). *PerkinElmer*. Obtenido de Catalog: <http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/Optoswitches.pdf>
- Raspberry Pi Foundation. (2015). *Raspberrypi*. Obtenido de <http://www.raspberrypi.org/>
- Reichelt Electronic GmbH & Co. (2015). *Reichelt Electronic*. Obtenido de <http://www.reichelt.de/?ACTION=3;GROUP=A5333;GROUPID=3020;ARTICLE=21628;SID=32pQj3LqwQASAAAF1AayE332540ad14d93e3da256b702998eb628>

- Repeto, S. (2006). Naturaleza de los Trastornos del Espectro Autista. En C. d. Educación, *Los trastornos generales del desarrollo. Una aproximación desde la práctica* (págs. 9-10). España: Junta de Andalucía. Obtenido de http://www.juntadeandalucia.es/educacion/portal/com/bin/Contenidos/PSE/orientacionyatenciondiversidad/educacionespecial/Publicaciones/1165319832199_volumen_01.pdf
- Rodriguez, H. (s.f.). *Ingemecanica*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn131.html#seccion22>
- Ruben, J. (2012). *GeekFactory*. Obtenido de <http://www.geekfactory.mx/arduino/conectar-un-relevador-con-un-microcontrolador-o-arduino/>
- Ruiz, G. (2001). *Electrónica Básica para Ingenieros* (Primera ed.). (U. d. Ciencias, Ed.) España.
- Sampedro, M. E., González, M., Vélez, S., & Lemos, M. (Octubre de 2013). Detección temprana en trastornos del espectro autista: una decisión responsable para un mejor pronóstico. *Medigraphic*, 70(6), 456-466. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/bmhim/hi-2013/hi136f.pdf>
- Sapiensman. (s.f.). *Sapiensman*. Obtenido de http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm
- Sharp Corporation. (2005). *sharp-world*. Obtenido de http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp1s53v_e.pdf
- Shoptronica s.l.u. (2015). *Shoptronica*. Obtenido de <http://www.shoptronica.com/componentes-varios/1110-celulas-peltier.html>
- Simply Bearing Ltd. (2015). *Simply Bearing*. Obtenido de with ½ inch Bore Insert. . Inglaterra: Simple Bearings Ltd. Recuperado de: http://simplybearings.co.uk/shop/Housings+&+Inserts-Housings-4+Bolt+Square+Housings-4+Bolt+Square+Cast+Iron+Housings/c16_17_4893_4894/p21206/UCF201-8+Imperial+Four+Bolt+Square+Cast+

- Simply Bearings Ltd. (2015). *Simply Bearings*. Obtenido de http://simplybearings.co.uk/shop/p170642/626ZZ+Budget+Metal+Shielded+Deep+Groove+Ball+bearing+6x19x6mm/product_info.html
- Sites.google.com. (s.f.). *Sites.google.com*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/8dlosstim14/mecanismo>
- SKF. (s.f.). *SKF*. Obtenido de <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/principles/bearing-basics/basic-selection-criteria/loads/index.html>
- SKF. (s.f.). *SKF*. Obtenido de <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/principles/application-of-bearings/radial-location-of-bearings/selection-of-fit/recommended-fits/index.html?switch=y>
- Smakn. (2015). *Amazon*. Obtenido de http://www.amazon.com/gp/product/B00CXKBJI2/ref=oh_aui_search_detail_page?ie=UTF8&psc=1
- StarTech. (2015). *StarTech*. Obtenido de <http://es.startech.com/Componentes-Ordenadores/Ventiladores/Ventilador-Enfriador-para-CPU-Socket-478-de-85x70x50mm-con-Disipador-de-Calor-y-Conector-TX3~FAN478>
- StarTech. (2015). *StarTech*. Obtenido de <http://www.startech.com/Computer-Parts/Fans/8cm-Dual-Ball-Bearing-PC-Case-Cooling-Fan-Internal-Power-Connectors~FANBOX>
- TecnologíasS. (s.f.). *TecnologíaS. Educastur Blog*. Obtenido de <http://blog.educastur.es/tecnologiaslmcr/tecnologia-industrial-i/mecanismos/imagenes-mecanismos-imagenes-kalipedia/>
- Texas Instrument Incorporated. (2013). *Texas Instrument*. Obtenido de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- THK. (2006). *THK*. (L. THK CO., Editor) Obtenido de <http://www.thk.com/?q=es/node/4776>

- Trossen Robotics. (2015). *Trossen Robotics*. Obtenido de <http://www.trossenrobotics.com/flexiforce-100lb-resistive-force-sensor.aspx>
- Trossen Robotics. (2015). *Trossen Robotics*. Obtenido de <http://www.trossenrobotics.com/store/p/3508-Switch-Floor-Mat-14-Inches-x-30-Inches.aspx>
- Trossen Robotics. (2015). *Trossen Robotics*. Obtenido de <http://www.trossenrobotics.com/c/mini-turbo-fan.aspx>
- Trossen Robotics. (2015). *Trossen Robotics*. Obtenido de <http://www.trossenrobotics.com/robotgeek-slider>
- VXB. (2015). *Amazon*. Obtenido de <http://www.amazon.com/Bearing-UCF201-8-Flanged-Housing-Bearings/dp/B002BBAXBC>

7.0. ANEXOS

Véase en CD-ROM adjunto.