



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**TESIS DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTORES:

DE VACAS ESPÍN, GERMÁN ALEXIS

VILLACÍS FLORES, JEAN PIERRE

**TEMA: ADAPTACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN
DE UN SISTEMA ELEVADOR DE SILLA DE RUEDAS PARA
OMNIBUSES A SER UTILIZADO COMO EQUIPO PARA
PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN –
DECEM**

DIRECTOR: ING. OLMEDO, FERNANDO

CODIRECTOR: ING. TAPIA, MELTON

SANGOLQUÍ, JULIO 2014

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de grado denominado “ADAPTACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA ELEVADOR DE SILLA DE RUEDAS PARA OMNIBUSES A SER UTILIZADO COMO EQUIPO PARA PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN – DECEM” fue realizado en su totalidad por los señores Germán Alexis De Vacas Espín y Jean Pierre Villacís Flores, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniera en Mecatrónica.

ING. FERNANDO OLMEDO

DIRECTOR

ING. MELTON TAPIA

CODIRECTOR

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de grado denominado “ADAPTACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA ELEVADOR DE SILLA DE RUEDAS PARA OMNIBUSES A SER UTILIZADO COMO EQUIPO PARA PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN – DECEM”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Germán Alexis De Vacas Espín

Jean Pierre Villacís Flores

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA.

Director de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

Ing. Francisco Terneus

Sangolquí, 07 de julio 2014

CARRERA DE INGENIERIA MECATRÓNICA
AUTORIZACIÓN

Nosotros:

Germán Alexis De Vacas Espín y Jean Pierre Villacís Flores.

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “ADAPTACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA ELEVADOR DE SILLA DE RUEDAS PARA OMNIBUSES A SER UTILIZADO COMO EQUIPO PARA PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN – DECEM”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Germán Alexis De Vacas Espín

Jean Pierre Villacís Flores

Sangolquí, 07 de julio 2014

DEDICATORIA

El proyecto de tesis presentado a continuación va dedicado a nuestros padres que nos engendraron, criaron, cuidaron y brindaron su apoyo moral y económico a lo largo de nuestra carrera universitaria siendo un pilar fundamental en nuestro desarrollo personal y profesional.

Dedicamos a Dios por brindarnos el apoyo espiritual necesario para culminar este logro mediante la sabiduría, el conocimiento, la perseverancia y la salud que nos han hecho llegar hasta donde hoy nos encontramos.

A nuestra familia que inherentemente está en nuestros corazones apoyándonos en cada paso dado y enorgulleciéndose con cada logro alcanzado.

A una persona en especial que siempre nos brindó su apoyo y aliento y que con su dinamismo logró sacarnos adelante en momentos pusilánimes para nunca decaer y seguir adelante.

Germán Alexis De Vacas Espín

Jean Pierre Villacís Flores

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por la formación brindada y apoyo constante, así como a nuestra familia que han estado incesantemente alentándonos y ayudándonos en cada etapa de nuestras vidas.

A Dios, creador del universo y de toda vida existente en él, por permitirnos alcanzar este logro con dicha y bienestar.

A nuestros amigos y compañeros que a lo largo de nuestra carrera universitaria nos brindaron sus conocimientos y apoyo en cada materia impartida para lograr pasar cada curso llevado.

A nuestros tutores que nos han sabido guiar y aconsejar en la realización del presente proyecto con su paciencia, conocimiento y tiempo.

A la universidad por impartirnos el conocimiento necesario para formar nuestro perfil profesional.

Germán Alexis De Vacas Espín

Jean Pierre Villacís Flores

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4. ESTUDIO DEL ARTE	6
1.4.1. SISTEMAS EXISTENTES.....	6
1.4.2. FORMA DE CONTROL DE LOS SISTEMAS EXISTENTES	8
1.4.3. PATENTES EXISTENTES.....	11
1.5. OBJETIVOS	12
1.5.1. GENERAL.....	12
1.5.2. ESPECÍFICOS.....	12
1.6. METODOLOGÍA.....	13
1.6.1. PLANIFICAR.....	13
1.6.2. HACER	14
1.6.3. VERIFICAR.....	14
1.6.4. ACTUAR.....	15
CAPITULO II.....	16
2.1. DEFICICIÓN DEL PROYECTO.....	16
2.1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	16
2.1.2. ÁREA DE INFLUENCIA.....	17
2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	17
2.2.1. GENERACIÓN DE LA PORTABILIDAD DEL SISTEMA.....	17
2.2.2. REVISIÓN DEL MECANISMO DE VOLTEO DEL PUENTE DE ACCESO	18
2.2.3. IMPLEMENTACIÓN DEL MECANISMO DE SEGURIDAD PARA LA SILLA DE RUEDAS.....	19

2.2.4.	MECANISMO DE SINCRONIZACIÓN DE LA LEVA	20
2.2.5.	SIMULACIÓN DEL SISTEMA EN SOFTWARE DE DINÁMICA MULTICUERPO (SOLIDWORKS)	21
2.2.6.	SELECCIÓN DE LA FUENTE ELÉCTRICA DE LA BOMBA	22
2.2.7.	IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	22
2.2.8.	AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA	23
2.2.9.	ELABORACIÓN DE PRÁCTICAS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN.....	24
2.3.	ESTUDIO DE LA ADAPTACIÓN DEL SISTEMA A UN BUS TIPO LOCAL	29
2.4.	DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS Y RESTRICCIONES DEL ELEVADOR PARA SU IMPLEMENTACIÓN COMO EQUIPO DE LABORATORIO	32
	CAPITULO III.....	35
3.1.	REDISEÑO Y DISEÑO DE ELEMENTOS MECANICOS.....	35
3.1.1.	PORTABILIDAD.....	35
3.1.2.	REDIMENSIONAMIENTO DE LOS BRAZOS	39
3.1.3.	FUGAS DE LIQUIDO HIDRAULICO	42
3.1.4.	PINTURA DE LA ESTRUCTURA Y LOS BRAZOS	42
3.1.5.	REDISEÑO DE LA PLATAFORMA.....	43
3.1.6.	DISEÑO DEL MECANISMO INVERSO DE LEVA Y SEGUIDOR.....	48
3.1.7.	DISEÑO DEL MECANISMO DE SEGURIDAD	64
3.1.8.	DISEÑO PLATAFORMA DE CONEXIÓN PLATAFORMA ELEVADOR – ESTRUCTURA.....	71
3.1.9.	DISEÑO DEL SEGUIDOR DE LA LEVA.....	72
3.2.	SELECCIÓN Y DISEÑO DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y/O ELECTRÓNICOS.....	72

3.2.1.	PULSADORES Y LUCES INDICADORAS	72
3.2.2.	BALIZA	73
3.2.3.	FINES DE CARRERA.....	74
3.2.4.	SENSORES FOTOELECTRICOS	75
3.2.5.	CARGADOR DE BATERIA.....	77
3.3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	78
3.3.1.	CONTROL MEDIANTE UN PLC.....	78
3.3.2.	CONTROL MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR	79
3.4.	SELECCIÓN DEL SOFTWARE NECESARIO	84
3.4.1.	SOFTWARE PARA DISEÑO MECANICO	84
3.4.2.	SOFTWARE PARA DISEÑO ELECTRONICO/ELECTRICO	86
CAPITULO IV		88
4.1.	IMPLEMENTACIÓN MECANICA	88
4.1.1.	IMPLEMENTACION DE LOS BRAZOS.....	88
4.1.2.	ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA.....	89
4.1.3.	ENSAMBLE DE LA PLATAFROMA.....	90
4.1.4.	ENSAMBLE DE LA PLATAFORAMA DE CONEXIÓN PLATAFORMA – ESTRUCTURA.....	91
4.1.5.	ENSAMBLE DE LA LEVA INVERSA	92
4.1.6.	IMPLEMENTACION DEL MECANISMO DE SEGURIDAD	94
4.1.7.	IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO HIDRAULICO	95
4.2.	IMPLEMANTACION DE LOS COMPONENTES ELECTRICOS Y/O ELECTRONICOS.....	96
4.2.1.	IMPLEMENTACION DE SENSORES.....	96
4.2.2.	IMPLEMENTACION DE LA BOMBA HIDRAULICA.....	98
4.3.	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL	98
4.3.1.	IMPLEMENTACION DEL PLC.....	98

4.3.2.	IMPLEMENTACION DE UNA PLACA PCB A UTILIZARSE COMO CONTROLADOR.....	99
4.4.	PROGRAMACION DEL SISTEMA DE CONTROL	102
4.4.1.	DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO AUTOMATICO DEL ELEVADOR	102
4.4.2.	VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA.....	102
4.4.3.	LOGICA DEL PROGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL	106
	CAPITULO V	114
5.1.	DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	114
5.2.	PRUEBAS Y RESULTADOS SISTEMA MECANICO.....	114
5.2.1.	MECANISMO LEVA INVERSA.....	114
5.2.2.	MECANISMO DE SEGURIDAD.....	115
5.3.	PRUEBAS Y RESULTADOS SISTEMA ELECTRICO/ ELECTRONICO	115
5.3.1.	PRUEBAS DE SENSORES.....	115
5.3.2.	PRUEBAS BOMBA HIDRAULICA	116
5.3.3.	PRUEBAS ELECTROVALVULA.....	117
5.4.	PRUEBAS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	117
5.4.1.	PRUEBAS DEL PLC.....	117
5.4.2.	PRUEBAS DE LA PLACA PCB	118
5.5.	PRUEBAS DEL PROCESO, EQUIPO O MÁQUINA	120
5.5.1.	PROCESO AUTOMATICO CON PLC	120
5.5.2.	PROCESO AUTOMATICO CON PLACA PCB	123
5.6.	ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS	126
5.6.1.	MECANISMO LEVA INVERSA.....	126
5.6.2.	MECANISMO DE SEGURIDAD.....	127

5.6.3.	PRUEBAS SENSORES.....	127
5.6.4.	PRUEBAS BOMBA HIDRAULICA	127
5.6.5.	PRUEBAS ELECTROVALVULA.....	127
5.6.6.	PRUEBAS DEL PLC.....	127
5.6.7.	PRUEBAS DE LA PLACA PCB	128
5.6.9.	PROCESO AUTOMATICO CON LA PCB	131
5.7.	MEJORAS IMPLEMENTADAS	131
5.7.2.	PROCESO DE SUBIDA AUTOMATICO CON PLC	132
5.7.3.	PROCESO DE BAJADA AUTOMATICO CON PLC	132
5.7.4.	MOVIMIENTO DE LOS BRAZOS	132
5.7.5.	FUNCIONAMIENTO DE LA PCB.....	133
5.8.	VIDA ÚTIL Y PROYECCIÓN DEL SISTEMA	133
CAPITULO VI		136
6.1.	COSTES DE INVERSIÓN.....	136
6.1.1.	SISTEMA MECÁNICO.....	136
6.1.2.	SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRONICO.....	140
6.1.3.	COSTE MANO DE OBRA DIRECTA	142
6.1.4.	COSTE TOTAL DEL PROYECTO PRIMERA ETAPA	142
6.1.5.	GASTOS DE GESTIÓN.....	142
6.1.6.	COSTE TOTAL DEL PROYECTO SEGUNDA ETAPA.....	143
6.1.7.	COSTE TOTAL DEL PROYECTO	143
6.2.	COSTES DE EXPLOTACION	144
CAPITULO VII		145
7.1.	CONCLUSIONES.....	145
7.2.	RECOMENDACIONES	146
7.3.	BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS	147

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de medidas de diferentes omnibuses	3
Tabla 2. Medidas promedio de omnibuses	4
Tabla 3. Inventario de artículos adquiridos del proyecto anterior	24
Tabla 4. Deformación de la plataforma para diferentes cargas.....	47
Tabla 5. Ángulos calculados para generar la leva	53
Tabla 6. Ángulos óptimos para generar la leva.....	53
Tabla 7. Tabla de constantes del circuito vectorial	55
Tabla 8. Variables de entrada	103
Tabla 9. Variables de salida.....	105
Tabla 10. Prueba mecanismo leva inversa	114
Tabla 11. Pruebas de mecanismo de seguridad.....	115
Tabla 12. Funcionamiento de los sensores.....	115
Tabla 13. Funcionamiento de la bomba hidráulica.....	116
Tabla 14. Funcionamiento de la electroválvula	117
Tabla 15. Prueba señales de entrada del PLC	117
Tabla 16. Prueba señales de salida del PLC	118
Tabla 17. Pruebas de funcionamiento y fabricación de la PCB	118
Tabla 18. Pruebas de la señal de entrada al Arduino de la PCB	119
Tabla 19. Prueba señales de salida de la PCB.....	119
Tabla 20. Pruebas proceso de subida PLC.....	120
Tabla 21. Pruebas proceso de bajada PLC	121
Tabla 22. Pruebas proceso de paro de emergencia PLC	123
Tabla 23. Pruebas proceso de subida placa PCB.....	123
Tabla 24. Pruebas proceso de bajada placa PCB	125
Tabla 25. Pruebas proceso de paro de emergencia placa PCB	126
Tabla 26. Costes sistema mecánico	136
Tabla 27. Costes sistema eléctrico y electrónico	140
Tabla 28. Coste mano de obra directa.....	142
Tabla 29. Coste total del proyecto primera etapa	142
Tabla 30. Gastos de gestión	143
Tabla 31. Coste total proyecto segunda etapa.....	143
Tabla 32. Coste total del proyecto, etapa 1 y 2.....	143

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Movimiento paralelo.....	6
Figura 2. Mecanismo de tijeras para furgoneta tipo Van.....	7
Figura 3. Mecanismo de tijeras para bus	7
Figura 4. Elevación directa.....	8
Figura 5. Botonera o control de mando elevador	8
Figura 6. Bomba Hidráulica manual	10
Figura 7. Patente Ricon serie S y K	11
Figura 8. Patente de Maxon Corporation	12
Figura 9. Ciclo PHVA	13
Figura 10. Elevador de movimiento paralelo instalado en un autobús escolar	17
Figura 11. Estructura del elevador en la primera etapa del proyecto	18
Figura 12. Mecanismo de Colapso	18
Figura 13. Mecanismo de seguridad, posición inicial	19
Figura 14. Mecanismo de seguridad, posición final	19
Figura 15. Rieles para mejorar la sujeción de la silla de ruedas	20
Figura 16. Mecanismo Leva-Seguidor	21
Figura 17. Simulación del Sistema en Solidworks	21
Figura 18. Simulación del circuito hidráulico	22
Figura 19. Sensor HANYOUNG NUX PZ1-M2N	25
Figura 20. Foto sensor HANYOUNG NUX PZ1-RN40	26
Figura 21. Sensor Fotoeléctrico HANYOUNG PN-M1	26
Figura 22. Ubicación de los sensores, plataforma posición 1	27
Figura 23. Ubicación de los sensores, plataforma posición 2	28
Figura 24. Bus tipo local, con el mecanismo adaptado	29
Figura 25. Posición inicial	30
Figura 26. Vista Isométrica	30
Figura 27. Vista lateral del sistema adaptado	31
Figura 28. Vista posterior del sistema adaptado	31
Figura 29. Plataforma plegada y silla de ruedas	32
Figura 30. Vista lateral, normal y de corte con plataforma plegada en forma vertical	32

Figura 31. Implementación del proyecto en el laboratorio de automatización	33
Figura 32. Templador adicionado a la base del elevador.....	33
Figura 33. Elevador primera etapa.....	35
Figura 34. Proceso de corte de las patas de la estructura	36
Figura 35. Corte del tocho de acero de transmisión para los pasadores	36
Figura 36. Camisa del pasador	37
Figura 37. Fabricación del pasador.....	37
Figura 38. Estructura soldada las camisas de los pasadores	38
Figura 39. Pasadores soldados a las patas de la estructura.....	38
Figura 40. Diseño e implementación de las placas de anclaje.....	39
Figura 41. Brazo con apertura de la manguera del pistón limitada	39
Figura 42. Corte con plasma de la abertura para la manguera del pistón...	40
Figura 43. Rozamiento de los brazos al plegarse la plataforma	40
Figura 44. Modificaciones realizadas para la implementación del rodillo de duralon	41
Figura 45. Implementación del rodillo de duralon en el brazo.....	41
Figura 46. Fugas hidráulicas en los brazos.....	42
Figura 47. Aplicación de teflón y sellante para evitar fugas	42
Figura 48. Remoción de óxido y de la pintura anterior.....	43
Figura 49. Estructura y brazos pintados.....	43
Figura 50. Corte y soldada de la plataforma	44
Figura 51. Plataforma con rieles de tol corrugado	44
Figura 52. Resultados del ensayo de tracción	45
Figura 53. Simulación de la plataforma con una carga de 10 Kg.....	46
Figura 54. Deformación máxima de la plataforma con 10 Kg	46
Figura 55. Deformación máxima de la plataforma con 66 kg.....	47
Figura 56. Modelado del mecanismo leva seguidor invertido	48
Figura 57. Inversión cinemática para el cálculo del perfil.....	49
Figura 58. Circuito Vectorial para el cálculo del perfil	50
Figura 59. Circuito vectorial de la leva	51
Figura 60. Ángulo referencial	51
Figura 61. Ángulo de la leva cuando la plataforma debe estar horizontal...	52

Figura 62. Ley de desplazamiento del cable que controla la plataforma	54
Figura 63. Circuito vectorial, mando del movimiento de la plataforma	54
Figura 64. Ley de desplazamiento de la leva impulsada por el seguidor	55
Figura 65. Perfil de la leva	56
Figura 66. Valores importados de Mathcad a Excel.....	57
Figura 67. Perfil de la leva importado a AutoCAD.....	57
Figura 68. Simulación del mecanismo de leva inversa	58
Figura 69. Leva importada a SolidWorks	58
Figura 70. Ensamble de levas, blank y checks en SolidWorks	59
Figura 71. Simulación del fresado en NX8.....	60
Figura 72. Código G de las levas para la CNC	60
Figura 73. Maquinado de las levas en la CNC.....	61
Figura 74. Ecuaciones para calcular el ancho de huella, w , y la presión máxima, p_{cmax}	61
Figura 75. Contacto cilindro cóncavo con uno convexo	62
Figura 76. Obtención del peso de la plataforma de conexión	62
Figura 77. Módulos de elasticidad y coeficientes de Poisson para diferentes materiales	63
Figura 78. Eslabonamiento de cuatro barras.	65
Figura 79. Ángulos θ_{2I} y θ_{4I}	67
Figura 80. Ángulos θ_{2II} y θ_{4II}	67
Figura 81. Ángulos θ_{2III} y θ_{4III}	68
Figura 82. Eslabón r1 mecanismo de seguridad.....	69
Figura 83. Medidas de los eslabones del mecanismo de seguridad.....	70
Figura 84. Simulación del mecanismo de seguridad en Working Model	70
Figura 85. Ángulo final de la rampa a consecuencia del tubo estructural ...	71
Figura 86. Diámetro de rodillo óptimo para el mecanismo de seguridad	71
Figura 87. Plataforma de conexión plataforma del elevado – estructura	72
Figura 88. Seguidor.....	72
Figura 89. Tablero de control con pulsadores y luces indicadoras	73
Figura 90. Baliza	74
Figura 91. Fin de carrera ubicado en la plataforma	74
Figura 92. Fin de carrera para controlar el pliegue de la plataforma.....	75

Figura 93. Sensor fotoeléctrico HANYOUNG PN-M1 en plataforma.....	76
Figura 94. Sensor fotoeléctrico para detectar a la plataforma cuando se encuentre a la misma altura de la estructura	76
Figura 95. Sensor fotoeléctrico para detectar salida de silla de ruedas.....	77
Figura 96. Cargador de batería Black&Decker	78
Figura 97. Disyuntor Siemens.....	78
Figura 98. Dispositivos y conexiones internas del tablero de control.....	79
Figura 99. Fuente de 5 voltios DC	80
Figura 100. Fuente de 24 voltios DC	81
Figura 101. Diseño de pulsadores en ISIS.....	81
Figura 102. Circuito acoplador de 24 a 5 voltios DC	82
Figura 103. Circuito para la activación del relé	82
Figura 104. Diodos LED.....	83
Figura 105. Circuito impreso placa PCB	83
Figura 106. Visualización 3D de la placa PCB.....	84
Figura 107. Programa SolidWorks	84
Figura 108. Programa Working Model	85
Figura 109. Programa NX 8	85
Figura 110. Pantalla del programa AutoCAD	86
Figura 111. Programa Proteus 7 professional.....	86
Figura 112. Programa Step 7 micro/win.....	87
Figura 113. Programa S7-200.....	87
Figura 114. Brazos, primera etapa del proyecto	88
Figura 115. Ensamblaje de los brazos, segunda etapa del proyecto	88
Figura 116. Taco de expansión de ½ pulgada y pernos de 3/8 " x 1 ¼".....	89
Figura 117. Implementación de la estructura y sus soportes.	90
Figura 118. Bocín para la unión entre la plataforma y los brazos	90
Figura 119. Implementación de bocines metálicos en la plataforma.....	91
Figura 120. Implementación final de la plataforma	91
Figura 121. Implementación de la plataforma de conexión.....	92
Figura 122. Levas después del maquinado en fresa CNC.....	92
Figura 123. Levas implementadas en los brazos	93
Figura 124. Implementación final del mecanismo leva-seguidor.....	93

Figura 125. Implementación del mecanismo de seguridad	94
Figura 126. Funcionamiento del mecanismo de seguridad.....	95
Figura 127. Implementación del circuito hidráulico	95
Figura 128. Conexiones e implementación del tablero de control.....	96
Figura 129. Implementación de los sensores.....	97
Figura 130. Implementación sensores fotoeléctricos IBEST	97
Figura 131. Implementación bomba hidráulica	98
Figura 132. Implementación del PLC	99
Figura 133. Proceso de transferencia del diseño a la placa.....	99
Figura 134. Quemado en ácido de la placa, obtención final de las pistas	100
Figura 135. Taladrado de la placa para poder insertar los elementos	100
Figura 136. Placa PCB finalizada colocada en una caja de acrílico	101
Figura 137. Implementación de la caja de acrílico en la estructura	101
Figura 138. Diagrama de flujo sistema de control para la subida	107
Figura 139. Diagrama de flujo sistema de control para la bajada	108
Figura 140. Diagrama de flujo programa arduino parte 1.....	109
Figura 141. Diagrama de flujo programa arduino parte 2.....	110
Figura 142. Diagrama de flujo programa arduino parte 3.....	111
Figura 143. Diagrama de flujo programa arduino parte 4.....	112
Figura 144. Diagrama de flujo programa arduino parte 5.....	113
Figura 145. Colocación de disipadores de calor	133
Figura 146. Refuerzos para no tener falla por fatiga.....	134
Figura 147. Bomba Hidráulica PowerPack.....	134

GLOSARIO

Ómnibus: Vehículo de transporte urbano para un gran número de pasajeros.

Automatización: Sistema de producción en el que se usa máquinas en lugar de mano de obra.

PLC: Dispositivo electrónico muy usado en automatización industrial, un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas, pueden aplicar estrategias de control.

Hidráulico: Que funciona o es movido por la acción de aceite u otro líquido.

Elevador: Es una máquina que sirve para trasladarse en construcciones que tienen distintos niveles (pisos).

Mecanismo: Estructura interna de un cuerpo, natural o artificial, adaptada para producir un efecto, manera en que funciona o trabaja algo.

Leva: Pieza que transforma el movimiento rectilíneo alternativo en circular continuo al girar entorno de un eje que no está en su centro geométrico.

Plataforma: Tablero horizontal descubierto y elevado sobre el suelo.

Sensor: Dispositivo que recibe o responde estímulos como la luz, la temperatura, nivel de radiación, presión, etc. Usualmente envía una señal a un observador o a un instrumento de medición o de control.

RESUMEN

La iniciativa de la realización del presente proyecto nace con una necesidad, que las personas con capacidad limitada en Ecuador no tienen acceso al uso del transporte público, una vez planteada la necesidad se buscó una solución, la cual consistió en diseñar un elevador de silla de ruedas para omnibuses. Es allí donde nace la idea del proyecto, al ser muy elaborado no se lo pudo completar en una sola etapa, es por ello que se lo realizó en dos etapas, la primera fue el diseño estructural y la segunda etapa fue la verificación del diseño, creación de su portabilidad y automatización del mismo. En el siguiente proyecto de grado se presenta la realización y culminación de esta segunda etapa y la implementación de todo el sistema elevador de silla de ruedas en el laboratorio de automatización de las Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas respectivas a través de un PLC o a su vez mediante una placa PCB controlada por un Arduino. Los estudiantes además de adquirir conocimiento con la realización de las prácticas a realizarse con el presente proyecto van a desarrollar conciencia social y a mejorar su calidad humana al observar que se pueden realizar proyectos para ayudar a la sociedad.

PALABRAS CLAVE: OMNIBUSES, SILLA DE RUEDAS, AUTOMATIZACIÓN, PLC, ARDUINO.

ABSTRACT

The initiative for the implementation of this project started with a need, people with limited capacity in Ecuador do not have any access to public transport use, once raised the need a solution was found, which was to design a wheelchair lifter for omnibuses. This is where the project idea was born, it is very complicated to be completed in a single step, is why was conducted in two stages, the first was the structural design and the second stage was the design verification, creation of its portability and its automation. The implementation and completion of the second stage and the implementation of all wheelchair lift in the laboratory of automation of the University of the Armed Forces ESPE system presents the following draft grade students to make their practice through a PLC or in turn controlled by a PCB by a microcontroller. Students also acquire knowledge of the implementation of practices to be done with this project will develop social awareness and improve human quality by observing projects that can be done to help society.

**KEYWORDS: OMNIBUS, WHEELCHAIR, AUTOMATION, PLC,
MICROCONTROLLER.**

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, es una institución que ha sido reconocida a nivel nacional por ser una de las primeras en brindar una educación eximia a la sociedad ecuatoriana, creando profesionales competitivos en diferentes ámbitos laborales.

Es así que los profesionales de la Escuela de las Fuerzas Armadas ESPE han mostrado un gran interés por colaborar con el desarrollo ecuatoriano, por esa razón en este proyecto con el título de adaptación, optimización y automatización de un sistema elevador de silla de ruedas para omnibuses a ser utilizado como equipo para prácticas del laboratorio de automatización - DECEM, busca que los jóvenes estudiantes tengan el acceso a un aprendizaje dinámico a través de la utilización de equipos prácticos en los cuales puedan aplicar la teoría y comprobarla, con esto se lograría un aprendizaje eficiente y eficaz, además de incentivar a los jóvenes estudiantes para que busquen como aplicar sus conocimientos con una visión solidaria para la sociedad, como es el caso de este proyecto.

En base a un proyecto realizado hace un tiempo atrás, en la Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, con el nombre de “Diseño y construcción de un sistema de elevación de silla de ruedas instalada en omnibuses para facilitar el acceso de personas con movilidad limitada” se observó la necesidad de mejorar y dar una utilidad dentro de la institución, pero antes de mencionar los procesos a utilizar para la mejora del proyecto ya mencionado, es importante definir de una manera clara ¿qué es un de sistema de elevación?, tomando de los datos investigativos del proyecto anterior se puede decir que el sistema de elevación es aquel que cumple la función de movilizar una carga de un nivel a otro, requiriendo para esto un sistema de impulsión y un mecanismo que haga posible el movimiento vertical deseado.

Y en este caso en particular que el sistema de elevación es para personas con capacidad limitada, existen muchos tipos de sistemas como plataformas elevadoras, rampas, sillas para escaleras que van instaladas en las barandillas de los edificios, o ascensores adaptados para ello. Dichos elevadores son utilizados en casas y edificios para permitir el fácil acceso de personas con capacidad limitada a los diferentes niveles de la edificación donde son instalados. Como se puede observar estos sistemas de elevación son muy indispensables para el diario vivir de las personas con capacidad limitada.

Cabe mencionar que para este tipo de elevadores se encontró diferentes alternativas en cuanto al sistema de impulsión entre ellas se encuentran: la de un sistema hidráulico, sistema mecánico o a su vez la de un sistema neumático.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se ejecutó un proyecto de investigación para permitir el acceso de personas con discapacidad física a omnibuses, el cual culminó con la parte del diseño y construcción de ciertos componentes mecánicos, faltando la parte del control automático del sistema y las conexiones del sistema oleo-hidráulico debido a problemas de retraso en la compra de los componentes y a que el proyecto anterior fue muy elaborado y complicado para el tiempo estipulado. El sistema actual posee algunas fallas, por lo que se procederá a su completa revisión para su optimización. Es necesaria la ejecución de una segunda fase donde se implementen todos los sistemas faltantes entre ellos la construcción del mecanismo de leva inversa y mecanismo de seguridad del sistema elevador de silla de ruedas; el sistema será destinado al laboratorio de automatización-DECEM como equipo de laboratorio de un sistema mecánico real y que trabaje con actuadores hidráulicos. Además se implementarán sensores y un controlador lógico programable para su automatización.

1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ha visto la necesidad actual que tienen las personas con capacidad limitada de poder trasladarse con facilidad de un lugar a otro, es por ello que han tomado cartas sobre el asunto, ahora la universidad cuenta con accesos predestinados para ellos entre los más

importantes están: las rampas a un costado de las gradas, los ascensores, que se ubican en toda la Matriz Campus Sangolquí, de la misma manera mediante este proyecto que es la complementación de otro realizado hace un tiempo atrás se pretende realizar un sistema de elevación de silla de ruedas para omnibuses, ya que la dificultad del acceso de las personas con capacidad limitada al mismo, es claramente observable en el diario vivir, debido a la altura existente entre la acera y el piso del bus, incluyendo las gradas de acceso para los pasajeros sin capacidades limitadas, para todo ello este proyecto se realiza con una visión a futuro es decir que pueda ser adaptado a los omnibuses y para ello se lo realizará con unas medidas promedio, que fueron tomadas de tres omnibuses de diferentes modelos y alturas como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Comparación de medidas de diferentes omnibuses

MODELO DE OMNIBUS	MEDIDAS DEL OMNIBUS
<p>Ómnibus Chevrolet, tipo FTR full air brak, capacidad 40 pasajeros.</p> 	<p>Medida de la calzada al piso del bus (altura): 113 cm.</p> <p>Medida del ancho de la puerta de ingreso: 90 cm.</p>
<p>Ómnibus Chevrolet, tipo FTR normal, capacidad 40 pasajeros.</p> 	<p>Medida de la calzada al piso del bus: 122 cm.</p> <p>Medida del ancho de la puerta de ingreso: 90cm.</p>

Ómnibus Mercedes Benz, tipo OH-1420/51, capacidad 40 pasajeros

Medidas de la calzada al piso del bus: 132 cm.



Medidas del ancho de la puerta de ingreso: 98 cm.

A continuación en la tabla 2 se presentará la medida promedio, tomada de los tres omnibuses mencionados anteriormente.

Tabla 2. Medidas promedio de omnibuses

Medida promedio de la calzada al piso del bus	122.33 cm
Medida promedio del ancho del ingreso	92.67 cm

Estas medidas promedio, sirven para determinar la altura de elevación del proyecto a realizarse con el objetivo de poder ser adaptado a un ómnibus en un futuro, así como la medida promedio del ancho de la puerta de ingreso que servirá como referencia para la adaptación en el ómnibus, cabe recalcar que el ancho variaría de acuerdo a las necesidades para la respectiva adaptación.

Las medidas de la estructura del proyecto son las siguientes: altura 101 cm. sin incluir la altura correspondiente a la vereda donde se ubicaría la persona con capacidades limitadas para acceder al ómnibus, además con los centímetros faltantes que podrían ser diferentes ya que no todas las veredas son iguales y tampoco no todos los buses tienen la altura promedio estimada anteriormente, pues existentes infinidad de modelos de omnibuses, se compensará mediante la rampa del mecanismo de seguridad que será

explicada posteriormente. El ancho de la estructura es de 115,5 cm ya que la silla de ruedas se adapta a esa medida entonces este ancho se adaptaría al ómnibus.

Con lo mencionado anteriormente, el proyecto cumpliría con el diseño para omnibuses, además de ser adaptado, optimizado y automatizado, será utilizado como equipo de prácticas en el laboratorio de automatización - DECEM, entre las cuales estarán: automatización del sistema hidráulico a través de un PLC y automatización de sistema hidráulico a través de una placa PCB, que se explicarán posteriormente, mediante ello se brindará la oportunidad para que los jóvenes estudiantes pertenecientes a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE puedan realizar prácticas no solo en plantas neumáticas que se encuentran actualmente en el laboratorio de automatización - DECEM sino que a través de este proyecto tengan la oportunidad de realizar nuevas prácticas en una planta hidráulica con el fin de comprobar los conocimientos que van adquiriendo mediante la observación de este proyecto en su totalidad, como funciona, que mecanismos posee, pero sobretodo, que analicen y puedan concluir que la ciencia debe ser utilizada en beneficio de la sociedad y que la Universidad les ofrece ser unos profesionales altamente capacitados para desarrollar proyectos de alto nivel.

Es por ello que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, cumpliendo con su plan estratégico está fortaleciendo las actividades académicas y de investigación, motivando a sus profesionales a participar en proyectos de interés institucional, como es el caso de éste proyecto pues la esfera de la responsabilidad social con las personas discapacitadas no ha sido profundizada, por lo tanto con la disponibilidad de la maquinaria y personal con conocimientos en el área, como es el caso de dos alumnos egresados que buscan adquirir conocimientos en la adaptación, optimización y automatización del sistema de elevación para silla de ruedas para omnibuses, se decide realizar el proyecto que a su vez se ajuste a la necesidad especificada.

Cabe mencionar que el proyecto anterior fue muy elaborado y complicado para el tiempo estipulado, además que existieron muchos retrasos en las compras; ya que estas se realizaron a través del sistema de compras públicas.

1.4. ESTUDIO DEL ARTE

1.4.1. SISTEMAS EXISTENTES

1.4.1.1. Mecanismo de movimiento paralelo

Para poner en práctica este tipo de mecanismo se necesita diseñar dos mecanismos laterales que van a elevar la plataforma donde se colocara la persona con capacidad limitada en su silla de ruedas, en forma paralela hasta llegar a la altura del piso del automotor para su posterior transporte.

“El movimiento paralelo se consigue de tres maneras, mediante mecanismos cognados, duplicando el mecanismo generador de trayectoria o mediante síntesis gráfica de movimiento paralelo con dos posiciones, el cual siempre dos pares de barras son de la misma magnitud” (Puma & Santos, 2011, p. 4).

Este tipo de mecanismos son mayormente utilizados por ambulancias y furgonetas para transportar a la gente con movilidad limitada como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Movimiento paralelo

Fuente: (transporte especializado, 2014)

1.4.1.2. Mecanismo de tijeras

El mecanismo de tijeras es un elevador que está constituido por una estructura metálica y un circuito hidráulico impulsado por un motor eléctrico. Por lo general este mecanismo se encuentra en la parte exterior de los vehículos. Este tipo de mecanismo es generalmente utilizado en los autobuses aunque

también se los utiliza en las Automóviles tipo van por lo que no requiere tanto espacio como se observan en las Figuras 2 y 3.



Figura 2. Mecanismo de tijeras para furgoneta tipo Van

Fuente: (mobility car solutions, 2014)



Figura 3. Mecanismo de tijeras para bus

Fuente: (Yanguas, 2014)

1.4.1.3. Elevación directa

Este tipo de mecanismos se lo realiza en forma directa ya que se ubican dos pistones a los lados de la plataforma que suben la misma en una forma vertical hasta llegar a la altura del piso del auto.

Este tipo de mecanismo es mayormente utilizado en los buses de transporte público ya que no ocupa demasiado espacio ya que va en la parte interior del

autobús en la zona especificada para gente con movilidad limitada como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Elevación directa

Fuente: (mobility car solutions, 2014)

1.4.2. FORMA DE CONTROL DE LOS SISTEMAS EXISTENTES

1.4.2.1. Eléctrico

En este tipo de control se dispone de una botonera la cual permite realizar las diferentes funciones que tiene disponible el sistema elevador de silla de ruedas como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Botonera o control de mando elevador

Fuente: (carga facil, 2014)

1.4.2.1.1. Descendiendo del vehículo

En el reposo, el sistema permanece en posición vertical, de esta manera se ocupa menos espacio, en el vehículo.

1) Presione Deploy. *La primera acción del elevador es desplegar la plataforma de sustentación a su posición horizontal, la cual queda al mismo nivel del piso del vehículo. Los brazos de sujeción también despliegan durante esta operación. El mecanismo Auto-Stop del elevador detiene el despliegue cuando se ha alcanzado la posición horizontal. En este momento es seguro colocar la silla de ruedas sobre la plataforma. Cerciórese que el cinturón de seguridad se encuentre cerrado.* (Instructivo de uso, 2014, p. 4)

2) Presione Down. *La segunda acción a realizar es el descenso de la plataforma, para lo cual el sistema de pistones se libera y la plataforma desciende suavemente manteniendo siempre la horizontal. Tanto el despliegue como el descenso no toman la energía del vehículo, pues bajan por gravedad. En todo momento del descenso, las barreras de seguridad de la plataforma permanecen en su sitio protegiendo al usuario. Cuando la plataforma se posa sobre el piso, la barrera frontal desciende para permitir el tránsito. Ahora la silla de ruedas puede retirarse del elevador.* (Instructivo de uso, 2014, p. 4)

1.4.2.1.2. Ascendiendo al vehículo

Seguir los pasos anteriores para subir la silla de ruedas al vehículo, cuando la plataforma se encuentre en el suelo, colocar la silla de ruedas sobre la plataforma y cerrar el cinturón de seguridad.

3) Presione Up. *Para ascender de nuevo, el sistema de pistones toma energía de la batería del vehículo y sube la plataforma en posición horizontal. Esta se detiene automáticamente al llegar al nivel del piso del vehículo. Ahora puede introducir con seguridad la silla de ruedas al vehículo.* (Instructivo de uso, 2014, p. 4)

4) Presione Stow. *“Utilice esta función para regresar el elevador a su posición de guardado. La plataforma y los brazos se pliegan nuevamente. Coloque la botonera en su sitio y cierre las puertas del vehículo”.* (Instructivo de uso, 2014, p. 4)

1.4.2.2. Manual

El control se lo realiza mediante la operación de una bomba hidráulica manual y una válvula hidro-manual. La cual se encarga de hacer fluir el aceite a los pistones dependiendo de en qué posición queremos que se encuentre el elevador, por lo cual tendremos dos posiciones de la bomba una para descenso y otra para ascenso como se observa en la Figura 6.

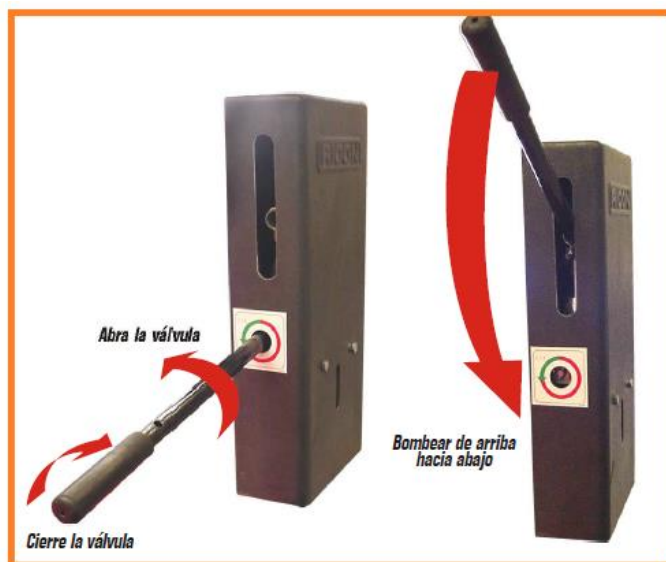


Figura 6. Bomba Hidráulica manual

Fuente: (carga facil, 2014)

1.4.2.2.1. Descenso

El sistema de control manual es controlado por la válvula hidro-manual, por lo cual para poder realizar el descenso del elevador, debemos girar la válvula a la izquierda para que el aceite fluya a los pistones y por acción de la gravedad la plataforma baje, para controlar la velocidad con la que baja la plataforma debemos regular cuanto abrimos la válvula hasta el punto en el cual la plataforma está en el suelo. Posterior a eso debemos cerrar la válvula.

1.4.2.2.2. Ascenso

El ascenso se logra mediante el accionamiento de la bomba hidráulica manual, por lo cual debe asegurarse que la válvula hidro-manual este cerrada. Para comenzar el ascenso del elevador necesitamos bombear la palanca de arriba hacia abajo hasta llegar a la posición deseada y de colapso.

1.4.3. PATENTES EXISTENTES

1.4.3.1. Ricon fmvss s-series and k-series



Figura 7. Patente Ricon serie S y K

Fuente: (Ricon Corporation, 2014)

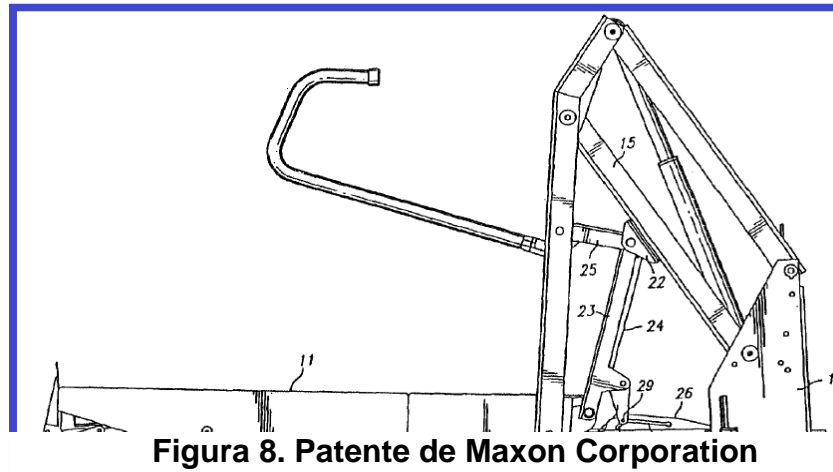
Ricon fue el primer fabricante norteamericano de elevadores de sillas de ruedas en recibir una certificación ISO 9001:2000 al poseer los más rigurosos componentes del mercado.

Entre las principales características de sus sistemas elevadores de sillas de ruedas se tiene:

- Fácil de operar y mantener.
- Rampas totalmente automáticas.
- El sistema no es ruidoso.
- Soporta hasta 800 libras.
- Conexiones de acero inoxidable.

Patente Numero: 32SL625-B (05 10 2M)

1.4.3.2. Maxon lift corporation, Cerritos, CA (US)



Fuente: (Ablabutyan, 2014)

Numero de patente: 6,705,824 B2

Fecha de la patente: 16 de marzo de 2004

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. GENERAL

Adaptar, optimizar y automatizar el sistema elevador de silla de ruedas diseñado para omnibuses a ser utilizado como equipo de prácticas en el laboratorio de Automatización - DECEM.

1.5.2. ESPECÍFICOS

- Verificar que cumpla con el movimiento en paralelo para el cual fue diseñada la estructura, de no cumplirlo se rediseñará la estructura.
- Sustituir las juntas soldadas de los soportes por juntas mecanizadas para su portabilidad.
- Diseñar e implementar el sistema de seguridad y el sistema de leva – seguidor.

- Automatizar y optimizar el sistema de elevación de sillas de ruedas mediante la implementación de un circuito hidráulico y sensores a controlarse por un PLC.
- Realizar dos prácticas de la planta hidráulica para el laboratorio de automatización.

1.6. METODOLOGÍA

La metodología que se usará para desarrollar el presente proyecto será el ciclo de Deming o también conocido como ciclo PHVA; el mismo que consta de los siguientes componentes: Planificar, hacer, verificar y actuar como se observa en la Figura 9.



Figura 9. Ciclo PHVA

Fuente: (Gestion empresarial, 2013)

1.6.1. PLANIFICAR

Dentro de la planificación se debe establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener el resultado esperado, se recomienda seguir estos pasos en la planificación:

a) Identificar proceso que se quiere mejorar

El sistema de elevación de silla de ruedas.

b) Recopilar datos para profundizar en el conocimiento del proceso.

Diseñar el mecanismo de sincronización de la leva para el movimiento de la plataforma que permitirá el acceso de la persona con capacidad limitada al ómnibus, redimensionar y hacerle portable a la estructura y automatizar todo el sistema a través de un PLC y un circuito hidráulico.

c) Definir los procesos necesarios para conseguir estos objetivos, verificando las especificaciones.

- Simulación del sistema en software de dinámica multicuerpo.
- Revisión del mecanismo de volteo del puente de acceso.
- Automatización del sistema.
- Implementación del mecanismo de seguridad para la silla de ruedas.
- Mecanismo de sincronización de la leva.
- Selección de la fuente de poder de la bomba.
- Implementación del circuito hidráulico.

1.6.2. HACER

En esta sección se debe dar a conocer la acción, para este proyecto se implementará nuevos procesos y dispositivos de acuerdo a lo planificado, se recolectará datos para utilizar en las siguientes etapas de manera que el proyecto avance en una forma secuencial, se realizarán pruebas continuas del funcionamiento de la máquina con una bomba manual antes de instalar el sistema hidráulico-eléctrico definitivo.

1.6.3. VERIFICAR

Dentro de la verificación se encuentra el monitoreo periódico del movimiento de los diferentes mecanismos para que no existan fallas en ningún momento mientras se avanza el proyecto; así mismo realizar pruebas del sistema

hidráulico verificar que el circuito no tenga fugas. También se realizarán simulaciones antes de armar o implementar ya sea un mecanismo o la automatización del sistema.

1.6.4. ACTUAR

- Si se han detectado errores parciales en el paso anterior, realizar un nuevo ciclo PHVA con nuevas mejoras.
- Si no se han detectado errores relevantes, fijar la estructura, mecanismos, válvulas, pistones y sensores en su posición final.
- Si se han detectado errores insalvables, analizar su fuente y corregirla inmediatamente.
- Ofrecer una Retro-alimentación y/o mejora en la Planificación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. DEFICIÓN DEL PROYECTO

2.1.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Retomando nuevamente el proyecto a realizarse, se iniciará determinando los parámetros funcionales de un elevador de silla de ruedas para omnibuses, es decir para transporte urbano, que salvarán la altura existente desde el piso de la calle o acera al piso de compartimiento de viajeros, se establecerán los parámetros constructivos, las especificaciones técnicas y normativas, se dará a conocer una síntesis y un análisis del correspondiente mecanismo, además se incluirá el diseño de sistema hidráulico a utilizarse con el control de un PLC , y como lo habíamos mencionado anteriormente el presente proyecto es la mejora de uno realizado hace un tiempo atrás en la misma institución, es por ello que se incluirán los procesos de mejora, entre ellos tenemos: la portabilidad de la estructura del sistema elevador de silla de ruedas para generar la portabilidad del sistema además de la revisión del mecanismo de volteo del puente de acceso y del mecanismo de sincronización de la leva; todo esto para generar el movimiento en paralelo del elevador y a su vez que cuando este movimiento haya finalizado se despliegue una rampa para que pueda entrar la silla de ruedas en este caso al bus como se ve en la figura 10. Cabe recalcar que se va a implementar un mecanismo de seguridad para la silla de ruedas para que esta no se vaya a caer mientras el sistema está en operación. Una vez realizados los procesos antes mencionados se procederá con la automatización del sistema mediante un controlador lógico programable (PLC) y la implementación de un circuito hidráulico el cual va a alimentarse mediante una bomba hidráulica la cual se la alimentará mediante una batería de 12 V y un cargador de batería para su respectiva carga en las noches. Toda la estructura del sistema elevador de silla de ruedas se lo va a simular en software de dinámica multicuerpo (solidworks).



Figura 10. Elevador de movimiento paralelo instalado en un autobús escolar

Fuente: (Wheel chair lift top, 2013)

2.1.2. ÁREA DE INFLUENCIA

Ya que el aprendizaje de los alumnos no solo debe ser teórico, sino tener ejemplos prácticos que sustenten lo aprendido en libros, es necesario tener equipo de laboratorio que cumplan con los sílabos aprendidos en clase y que a su vez tengan un uso útil y significativo para la sociedad.

Es aquí donde el presente proyecto va a ser utilizado como equipo para prácticas del laboratorio de automatización del departamento de ciencias de la energía y mecánica.

2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto del sistema elevador de silla de ruedas para omnibuses a ser utilizado como equipo para prácticas en el laboratorio de automatización como se menciona anteriormente es un proyecto al cuál se lo va a terminar, mejorar y automatizar. Todo lo que se va a realizar en el presente proyecto se va a describir a continuación de forma cronológica:

2.2.1. GENERACIÓN DE LA PORTABILIDAD DEL SISTEMA

Debido al gran tamaño del elevador tal como se puede observar en la figura 11, se va a generar la portabilidad de éste para que pueda entrar al laboratorio de automatización. Lo que se planea hacer es en primer lugar es poner dos soportes adicionales en la estructura, después todos los soportes en vez de ser

soldados van a ser reemplazados por juntas mecanizadas para que la estructura sea portable y maniobrable. También se procederá a poner placas en el otro extremo de los soportes para empernar la estructura al piso.



Figura 11. Estructura del elevador en la primera etapa del proyecto

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

2.2.2. REVISIÓN DEL MECANISMO DE VOLTEO DEL PUENTE DE ACCESO

Se procederá a la revisión del mecanismo de movimiento paralelo y del mecanismo de colapso como se observa en la figura 12, para verificar que estén trabajando con normalidad y que no exista ninguna dificultad de movimiento cuando se acople todo a la nueva estructura portable.

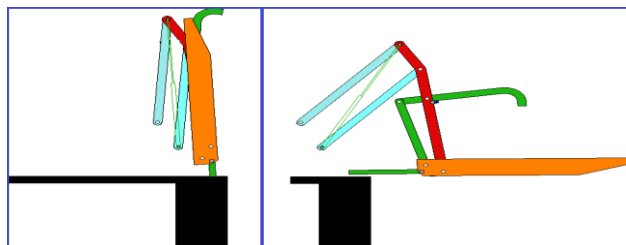


Figura 12. Mecanismo de Colapso

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

2.2.3. IMPLEMENTACIÓN DEL MECANISMO DE SEGURIDAD PARA LA SILLA DE RUEDAS

Debido a que la silla de ruedas se puede caer o balancear en el trayecto de subida o bajada del elevador, se desea implementar un mecanismo de seguridad que se activará al subir la plataforma.

Éste mecanismo en su posición inicial, cuando yace sobre el piso, extiende una rampa para que suba la silla de ruedas a la plataforma como se observa en la figura 13.

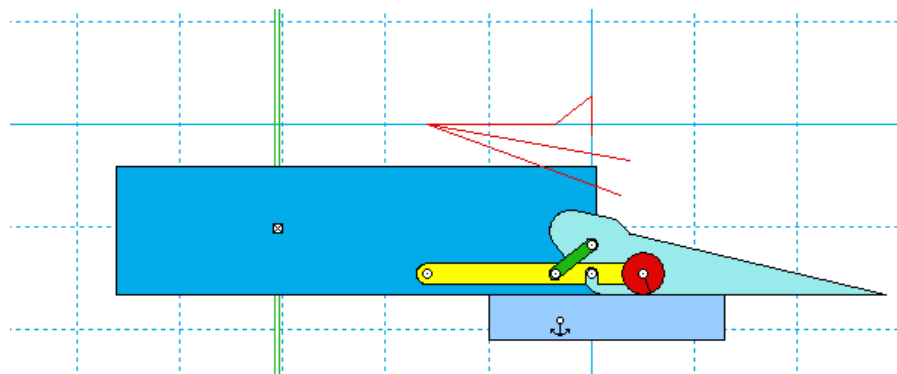


Figura 13. Mecanismo de seguridad, posición inicial

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

En el momento que la plataforma sube, el mecanismo hace que la rampa se eleve con el fin de no permitir que la silla de ruedas se caiga de la plataforma como se observa en la figura 14.

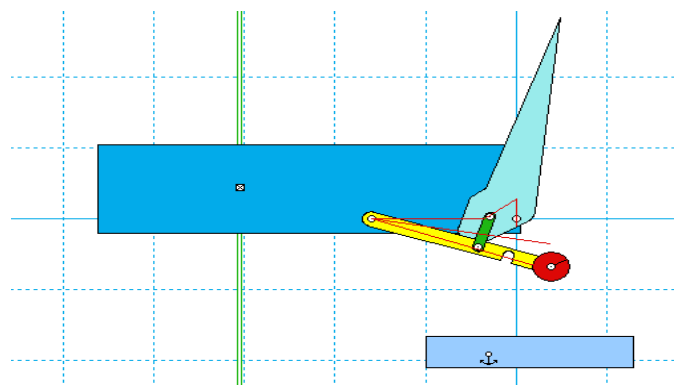


Figura 14. Mecanismo de seguridad, posición final

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

Para aumentar la seguridad del ocupante de la silla de ruedas se implementarán unos rieles como se observa en la figura 15, que serán ubicados en la plataforma para mantener los neumáticos de la silla de ruedas en una posición paralela para que no exista un movimiento oscilatorio de la silla y asegurar de esta manera que el tripulante suba de una manera segura sin que pueda sufrir daño alguno.



Figura 15. Rieles para mejorar la sujeción de la silla de ruedas

2.2.4. MECANISMO DE SINCRONIZACIÓN DE LA LEVA

El mecanismo de sincronización de leva se lo va a diseñar y construir en base al ángulo para el cual se desea que la plataforma se encuentre en posición horizontal y así permita el acceso de la persona con capacidad limitada al piso del bus como se observa en la figura 16.

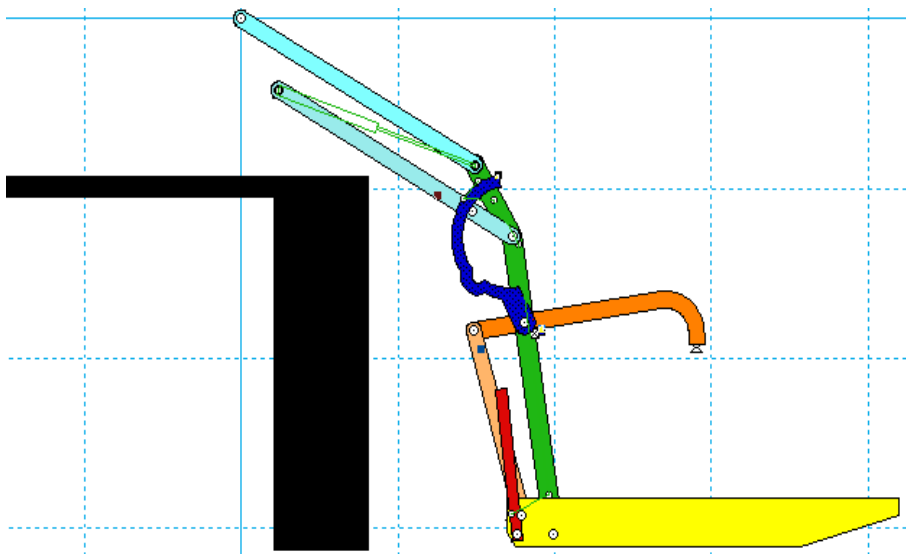


Figura 16. Mecanismo Leva-Seguidor

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

2.2.5. SIMULACIÓN DEL SISTEMA EN SOFTWARE DE DINÁMICA MULTICUERPO (SOLIDWORKS)

Toda la estructura del sistema de elevación de silla de ruedas se lo realizará en Solidworks, software en el cual se ejecutará la respectiva simulación de todo el sistema elevador como se observa en la figura 17.

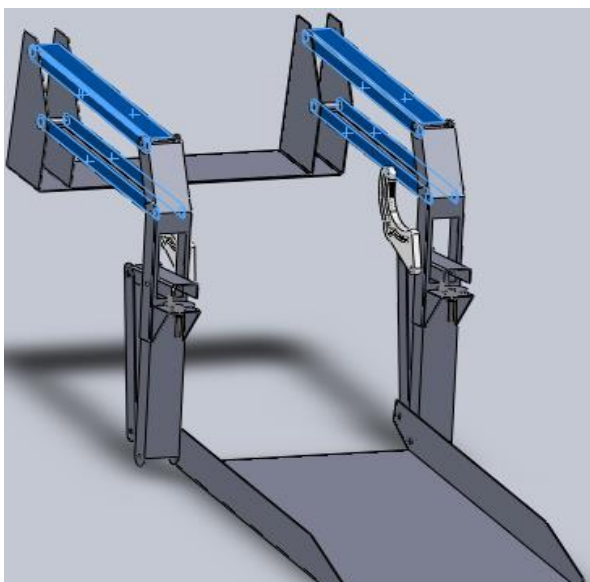


Figura 17. Simulación del Sistema en Solidworks

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

2.2.6. SELECCIÓN DE LA FUENTE ELÉCTRICA DE LA BOMBA

Debido a que la bomba hidráulica trabaja con 12 voltios DC y que el diseño y manufactura de una fuente de poder para este tipo de bomba que necesita 105 Amperios para trabajar es muy costoso y complejo, se utilizará una batería de 12 V DC de 150 Amperios y un tiempo de descarga aproximado de 200 minutos, lo cual será suficiente para que el equipo pueda funcionar todo el día sin ningún inconveniente.

A parte para cargar la batería se realizará la adquisición de un cargador de batería que será utilizado para cargar la misma.

2.2.7. IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Al utilizar un sistema hidráulico para el movimiento de subida y bajada del sistema de elevador para silla de ruedas se tiene las siguientes ventajas:

- Movimiento suave y silencioso, sin vibraciones.
- Regulación de la velocidad del elevador.
- Protección contra sobrecargas.
- Fácil control sobre las fuerzas y pares de torsión tanto en los cilindros como actuadores.

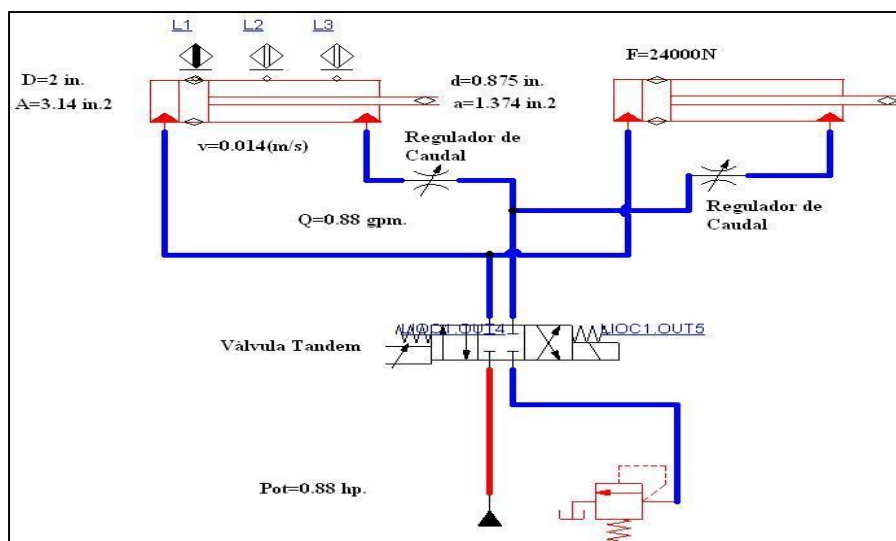


Figura 18. Simulación del circuito hidráulico

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

Para este circuito hidráulico se usará cilindros de doble efecto. Se escogió el sistema hidráulico debido a que éste puede trabajar con presiones de hasta 600 bares ya que el equipo va a trabajar un buen número de veces debido a que será usado como equipo de prácticas para el laboratorio de automatización hay que mencionar una ventaja de este sistema hidráulico la cual es que el aceite es prácticamente incompresible, razón por la que se eligió este tipo de sistema. También se puede decir que este tipo de sistemas son más silenciosos y el costo de energía es menor.

2.2.8. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

Para la automatización del elevador se va a utilizar sensores ópticos, fotoeléctricos retroreflectivos y fines de carrera para medir las 3 posiciones que tendrá el elevador, también se utilizará un PLC el cual controlará todo el proceso del elevador. Las variables que controlará el PLC serán las siguientes:

Variables de entrada:

- Sensor de posición 1.
- Sensor de posición 2.
- Sensor de posición 3.
- Sensor de posición 4.
- Sensor de posición 5.
- Botón para subir y bajar el elevador.
- Botón de paro de emergencia

Variables de salida:

- Solenoide 4/2 posición subida.
- Solenoide 4/2 posición bajada.
- Arrancador de la bomba hidráulica.
- Baliza.

Con todos estos aspectos se podrá optimizar y automatizar el sistema de elevación de sillas de ruedas para que pueda ser puesto en el laboratorio de automatización como material didáctico para prácticas de laboratorio.

2.2.9. ELABORACIÓN DE PRÁCTICAS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

Antes de empezar a detallar las prácticas que se realizarán en el laboratorio de automatización, es necesario dar a conocer el inventario de artículos que se tienen para realizar el respectivo proyecto y que fueron tomados del proyecto anterior ya mencionado como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Inventario de artículos adquiridos del proyecto anterior

Cantidad	Descripción	Estado
1	PLC Siemens CPU 224	Funciona
3	Photo Sensor PZ1-M2N	Funciona
1	Photo Sensor PZ1-RN40	Funciona
1	Photoelectric Sensor PN-M1	Funciona
1	Luz indicadora industrial 110V AC Color Roja	Funciona
1	Luz indicadora industrial 110V AC color Verde	Funciona
1	Luz indicadora industrial 110V AC color Amarillo	Funciona
1	Electroválvula 4/2 110V	Funciona
5	Relé 24V DC Marca ReleQuick con 2 NA y 2 NC	Funciona
1	Caja Dimensiones 300mmX300mmX160mm	Bueno
1	Disyuntor Marca Siemens	Funciona

Todos estos artículos que se observan en la tabla 3 fueron adquiridos en la anterior fase del proyecto, pero nunca fueron utilizados ni implementados; es por ello que para optimizar nuestro proyecto se intentará usar todos estos elementos con el fin de no desperdiciar nada. A continuación se dará una breve descripción de los sensores para luego dar a conocer cómo serán implementados en las prácticas de laboratorio que se van a realizar con la finalización de la segunda etapa del presente proyecto.

2.2.9.1. Foto sensor HANYOUNG NUX PZ1-M2N



Figura 19. Sensor HANYOUNG NUX PZ1-M2N

Modelo: NPN (PZ1-M2N).

Tipo: Retro reflejo.

Rango: 0.1 ~ 2 m.

Objeto detectable: Min. ϕ 48mm. Para objetos opacos.

Voltaje de alimentación: 12 – 24 V d.c.($\pm 10\%$)

Consumo de corriente: Max. 30 mA d.c.

2.2.9.2. Foto sensor HANYOUNG NUX PZ1-RN40



Figura 20. Foto sensor HANYOUNG NUX PZ1-RN40

Modelo: NPN (PZ1-R40N).

Tipo: Reflejo difuso.

Rango: 40 ~ 400 mm.

Objeto detectable: Objetos sin brillo y papel (200x200 mm).

Voltaje de alimentación: 12 – 24 V d.c(±10%)

Consumo de corriente: Max. 30 mA d.c.

2.2.9.3. Sensor Fotoeléctrico HANYOUNG PN-M1



Figura 21. Sensor Fotoeléctrico HANYOUNG PN-M1

Modelo: NPN (PN-M1).

Tipo: Retro reflejo.

Rango: 1 m.

Objeto detectable: Min. ϕ 48mm. Para objetos opacos y traslúcidos.

Consumo de corriente: Max. 30 mA d.c.

Con los sensores detallados anteriormente, se procederá a ubicarlos en el sistema elevador de silla de ruedas con el fin de utilizar todo lo que fue adquirido y nunca fue implementado ni usado en el proyecto de tesis de grado anterior. A continuación se presenta un bosquejo de cómo quedarán ubicados los sensores y luego se realizará una breve descripción de qué función realizará cada uno de ellos.

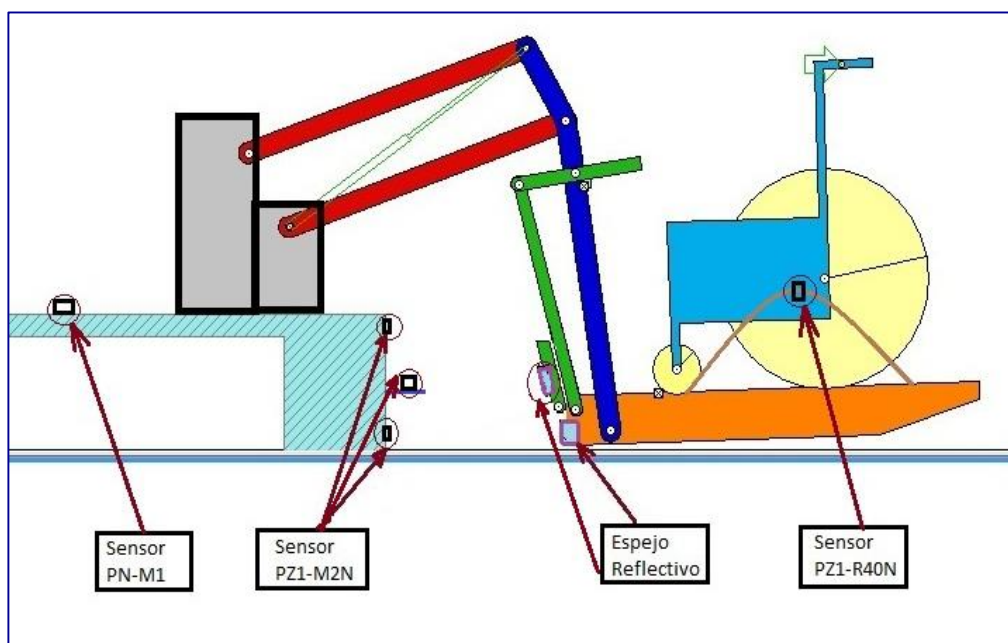


Figura 22. Ubicación de los sensores, plataforma posición 1

En la figura 22 se observa la ubicación de los sensores del sistema elevador de silla de ruedas para omnibuses a ser utilizado como equipo de prácticas del laboratorio de Automatización – DECEM. Dos de los foto sensores HANYOUNG PZ1-M2N serán utilizados para saber cuándo la plataforma esté en su posición inicial, yaciendo sobre el piso o a su vez en la posición final cuando se encuentre paralela y a la misma altura del sitio de arribo en la estructura. El sensor HANYOUNG PZ1-R40N en cambio se utilizará para detectar la silla de ruedas esté ubicada sobre la plataforma.

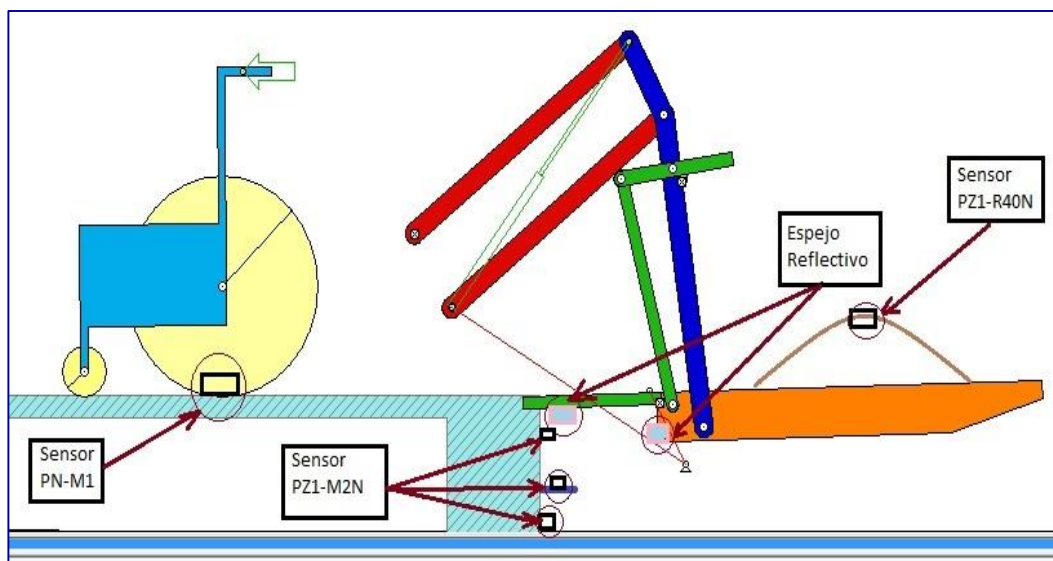


Figura 23. Ubicación de los sensores, plataforma posición 2

En la figura 23 se observa la funcionalidad que tendrá el sensor HANYOUNG PN-M1, el mismo que va a ser el encargado de censar la localización de la silla de ruedas cuando ésta ya ha bajado de la plataforma. Uno de los sensores PZ1-M2N, el que se encuentra en posición intermedia en la figura 12, será el encargado de detectar la posición de la rampa cuando ésta baja para poder comunicar la plataforma con la estructura y que así de esta manera pueda bajar la silla de ruedas.

Básicamente se va a plantear dos prácticas de laboratorio para ser realizadas con nuestro equipo, las cuales se detallarán a continuación.

2.2.9.4. Automatización del sistema hidráulico a través de un PLC

En esta práctica se va a utilizar un PLC para automatizar el proceso de movimiento del elevador de silla de ruedas. Se realizará un programa para el PLC en el cual se va a programar la secuencia hidráulica para que elevador suba y baje una silla de ruedas sin ningún problema.

Para programar esta secuencia se tiene que tener en cuenta las señales de los sensores que nos indican las posiciones iniciales y finales, la señal que indica si se encuentra o no una persona en el elevador, la señal de que indica si la rampa ha caído para que la silla de ruedas salga y la señal de que la silla de ruedas está fuera de la plataforma.

2.2.9.5. Automatización del sistema hidráulico a través de una placa PCB

En esta práctica se realizará el diseño de una placa PCB, que cumpla con todas las especificaciones de entradas y salidas para poder ingresar las señales de los sensores a un arduino y del mismo enviar las señales de accionamiento necesarias para el funcionamiento del elevador de silla de ruedas. En otras palabras todo lo que realizaría el PLC, lo realizará esta placa.

2.3. ESTUDIO DE LA ADAPTACIÓN DEL SISTEMA A UN BUS TIPO LOCAL

El sistema elevador de silla de ruedas ha sido diseñado para que pueda ser implementado en un bus tipo local, por lo cual se ha tomado en cuenta las medidas promedio de distintos buses locales para poder simular su posible implementación la cual se realizará en diferentes posiciones y vistas para tener un alto panorama de como este proyecto puede ser implementado en el Ecuador.

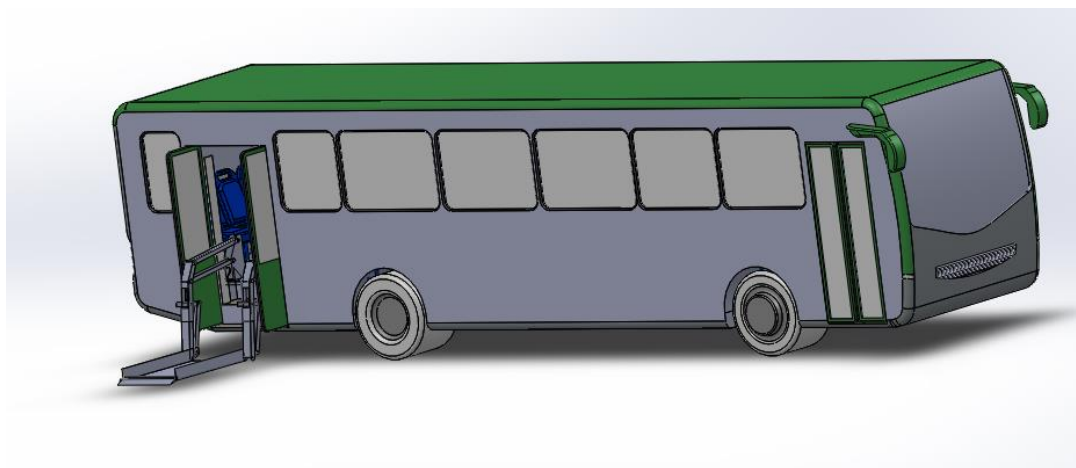


Figura 24. Bus tipo local, con el mecanismo adaptado

Se puede observar la posición inicial en la figura 24, donde la plataforma se encuentra paralela al piso, para que la silla de ruedas pueda ingresar al bus como se muestra en las figuras 25 y 26.

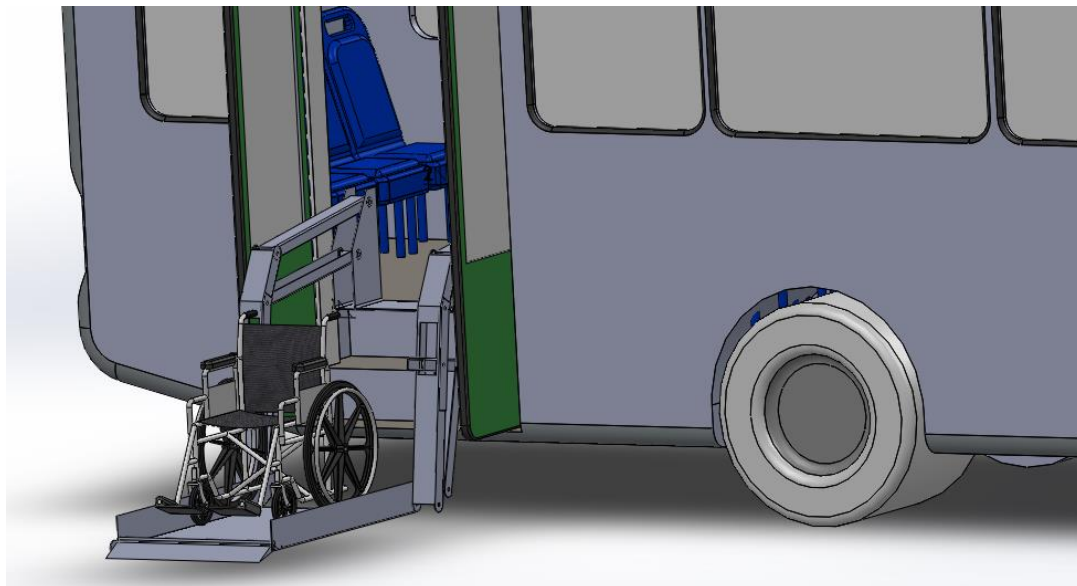


Figura 25. Posición inicial

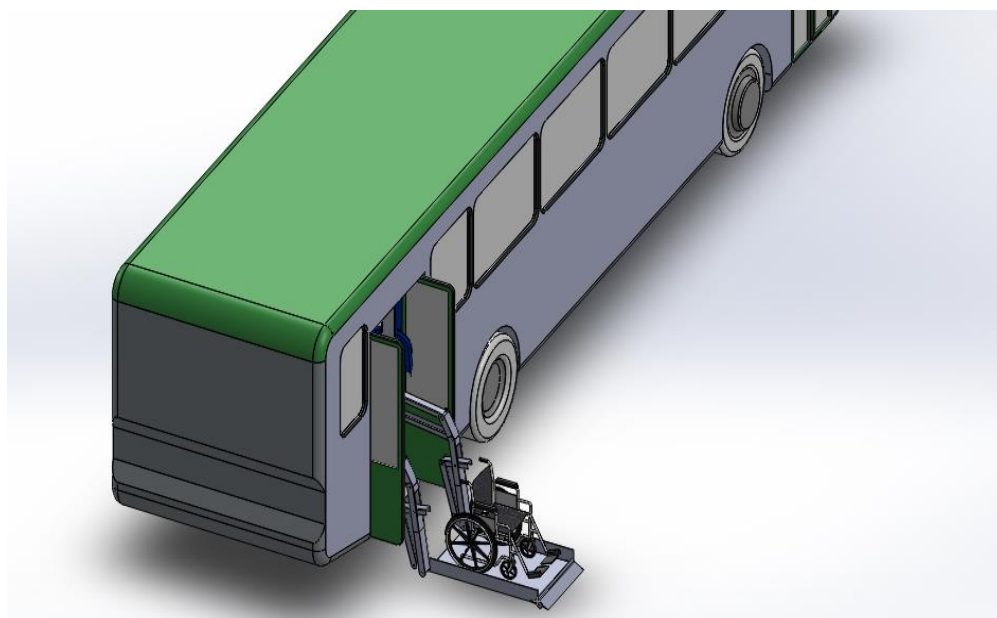


Figura 26. Vista Isométrica

Para la adaptación se ha tomado en cuenta las medidas de una silla de rueda estándar y la altura promedio de un bus para poder simular su implementación. En las siguientes figuras 27 y 28 podremos observar detalladamente la posición inicial en la que se encuentra el elevador.

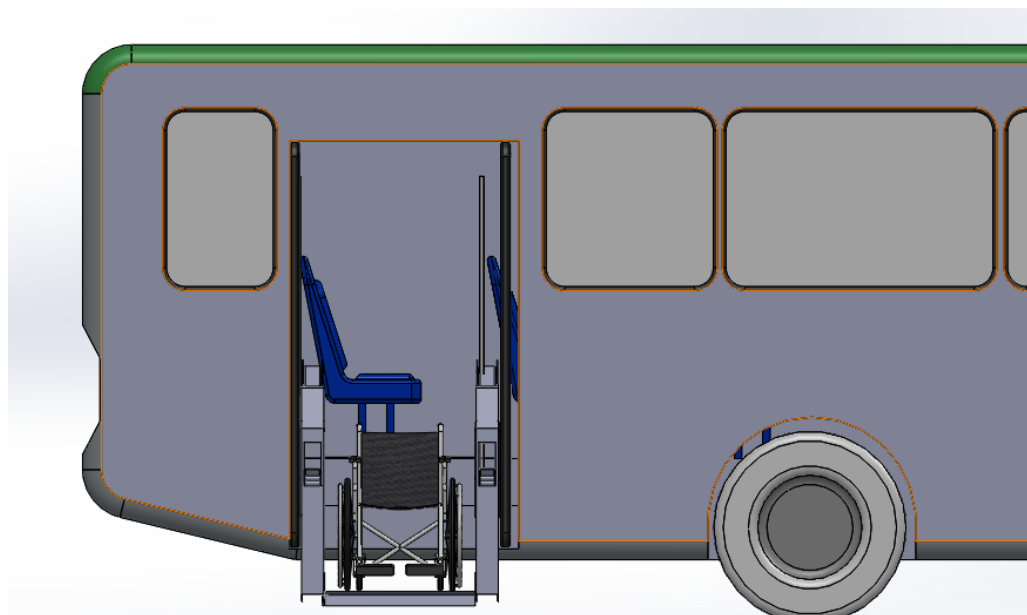


Figura 27. Vista lateral del sistema adaptado

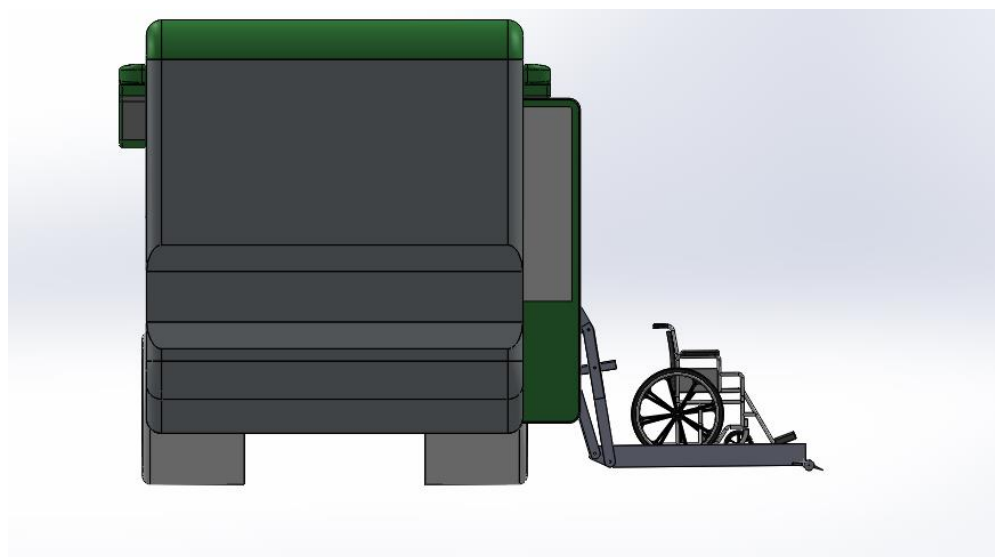


Figura 28. Vista posterior del sistema adaptado

En la figura 29, se observará la posición final de la plataforma en el bus.

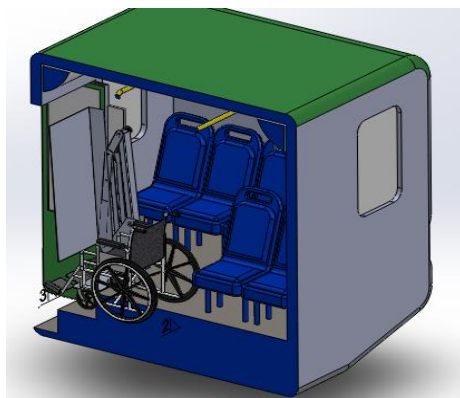


Figura 29. Plataforma plegada y silla de ruedas

La plataforma del elevador sube hasta una posición paralela y a la misma altura del piso del bus, la misma que permite que la silla se acomode en el bus, posterior a eso el elevador pasa a su posición final como se muestra en la figura 30, la cual es plegarse aproximadamente en forma vertical con el fin de ocupar un mínimo espacio y permitir que la puerta del bus se pueda cerrar.

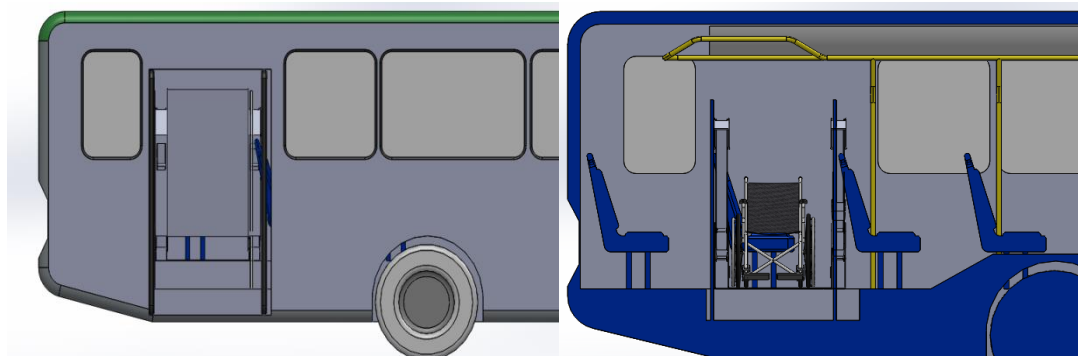


Figura 30. Vista lateral, normal y de corte con plataforma plegada en forma vertical

2.4. DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS Y RESTRICCIONES DEL ELEVADOR PARA SU IMPLEMENTACIÓN COMO EQUIPO DE LABORATORIO

La implementación del elevador de silla de ruedas en el laboratorio de automatización pese a sus grandes dimensiones se lo puede ubicar sin ningún inconveniente como se observa en la figura 31, la base está debidamente

empernada al suelo y además en la parte posterior posee un templador para brindar mayor seguridad al sistema como se muestra en la figura 32.



Figura 31. Implementación del proyecto en el laboratorio de automatización



Figura 32. Templador adicionado a la base del elevador

Con respecto a las fuentes de alimentación, el presente proyecto necesita 110V AC y 12V DC. Para los 110 voltios de corriente alterna no hay ningún problema ya que al estar ubicado el sistema elevador de silla de ruedas en un laboratorio de automatización hay un gran número de tomacorrientes que brindan ese voltaje, un ejemplo de esto es la figura 32 donde se observa claramente un tomacorriente ubicado en la parte posterior de la estructura. Para alimentar los 12 voltios de corriente continua se adquirió una batería y un cargador de batería con lo que queda la necesidad satisfecha.

CAPITULO III

DISEÑO MECATRÓNICO

3.1. REDISEÑO Y DISEÑO DE ELEMENTOS MECANICOS

3.1.1. PORTABILIDAD

La estructura del elevador es demasiado robusta y pesada, como se observa en la figura 33 es muy difícil maniobrar o transportarla por lo que se necesita hacerla portable.



Figura 33. Elevador primera etapa

Con el fin de cumplir el primer objetivo, hacer al elevador portable, se vio la necesidad de cortar las patas que soportan la estructura del elevador para que puedan ser desmontables y así generar su portabilidad ya que los brazos del elevador ya lo son.

La cortada de las patas de la estructura se realizó en el laboratorio de máquinas y herramientas de la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE con una amoladora como se muestra en la figura 34.

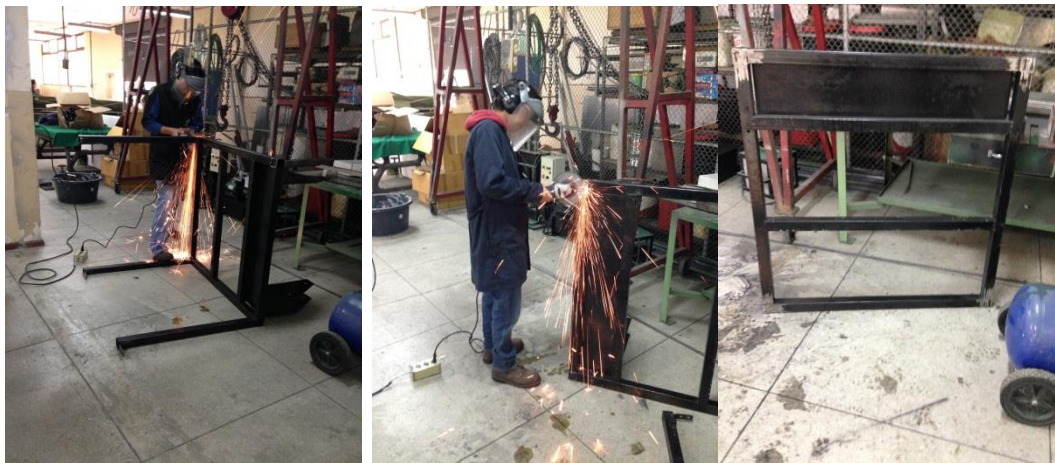


Figura 34. Proceso de corte de las patas de la estructura

Una vez ya cortadas las patas de la estructura, se procedió a realizar unos pasadores con cabeza en acero de transmisión debido a que se necesita un material que soporte el peso de la estructura y no se deforme con el movimiento y la fuerza que ejerzan los brazos.

Se adquirió un eje de acero de transmisión de dos pulgadas de diámetro y 90 centímetros de largo, se lo corto en cuatro pedazos 22.5 centímetros de largo, los cuales fueron cortados en dos pedazos, uno de 10 cm y otro de 12.5 cm como se muestra en la figura 35.



Figura 35. Corte del tocho de acero de transmisión para los pasadores

Una vez cortados los pedazos, se perforo los cuatro pedazos de 100 mm para crear la camisa del pasador. La perforación es pasante con una broca de 25,4 mm de diámetro como se muestra en la figura 36.



Figura 36. Camisa del pasador

Una vez maquinadas las camisas de los pasadores se fabricaron los pasadores, se realizó un torneado para reducir su diámetro de 2 pulgadas a 25.2 mm por un largo de 100 mm y los 25 mm restantes se dejó como la cabeza del pasador. Las cabeza del pasador se redujeron de 2 pulgadas a 46 mm como se observa en la figura 37 para que puedan entrar en las patas de la estructura que son de un 50 mm x 50 mm y de 2 mm de espesor.



Figura 37. Fabricación del pasador

Ya listos los pasadores se procedió a soldar las camisas a las esquinas de la estructura como se muestra en la figura 38.



Figura 38. Estructura soldada las camisas de los pasadores

Una vez soldadas las camisas a la estructura se soldó las cabezas de los pasadores a la parte interior de las patas de la estructura como se muestra en la figura 39.



Figura 39. Pasadores soldados a las patas de la estructura

Para anclar las patas al piso se soldará adicionalmente placas de 150 mm x 150 mm y de 8 milímetros de espesor con perforaciones como se muestra en la figura 40, para poderlas anclar al piso con pernos.

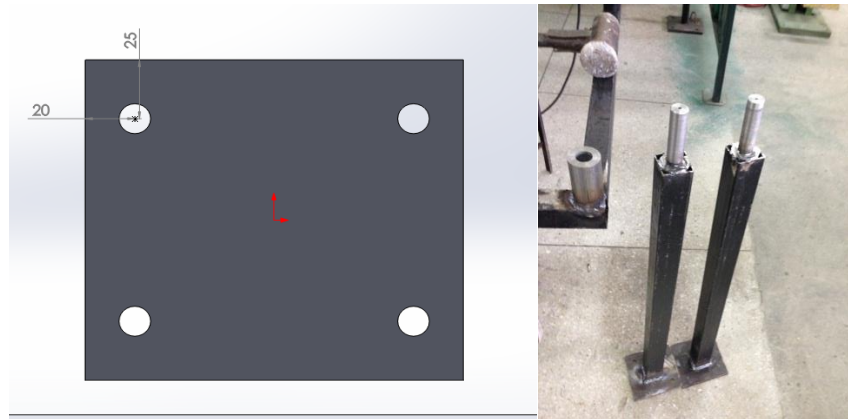


Figura 40. Diseño e implementación de las placas de anclaje

3.1.2. REDIMENSIONAMIENTO DE LOS BRAZOS

En los brazos existían ciertos problemas que se hubo que rediseñar para que el elevador tenga un mejor funcionamiento.

3.1.2.1. Dimensión de la abertura de la manguera

Al accionar el elevador se encontró con el inconveniente de que la abertura para que la manguera del pistón que realiza el retorno del émbolo era muy corta como se muestra en la figura 41, con el movimiento del brazo se iba cortando la manguera y no permitía que el émbolo llegue siquiera a mitad de carrera, la solución más viable fue hacer la abertura más larga para que la manguera se mueva sin inconvenientes.



Figura 41. Brazo con apertura de la manguera del pistón limitada

Para alargar la abertura de la manguera se procedió a cortar el brazo con plasma, con la ayuda del encargado del laboratorio el Sr. Cárdenas hasta una medida de 53 cm de largo como se muestra en la figura 42.

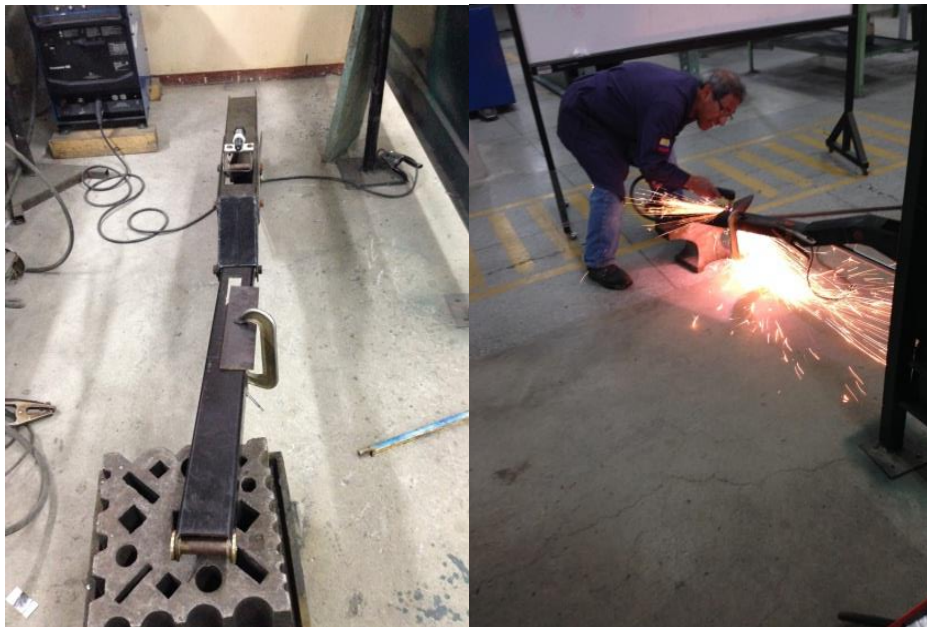


Figura 42. Corte con plasma de la abertura para la manguera del pistón

3.1.2.2. Implementación de rodillos en juntas de los brazos para impedir rozamiento al plegarse

Al momento de plegarse la plataforma verticalmente se presentó el problema que comenzó a rozar hierro con hierro y se desgastaba tanto el material de los brazos como su pintura tal cual se observa en la figura 43.



Figura 43. Rozamiento de los brazos al plegarse la plataforma

La solución que se encontró a este problema fue colocar dos rodillos de duralon de 2 pulgadas de diámetro y 82 mm de largo en las uniones de los brazos para evitar el rozamiento hierro con hierro ya que el duralon es un tipo de plástico suave liviano y resistente al que se le puede dar un acabado superficial muy lizo para obtener un rozamiento mínimo y así ser apto para ser utilizado en piezas donde existe desplazamiento o giro.

Primero se tuvo que disminuir el diámetro externo del terminal de los brazos donde van incorporados los rodillos para que la superficie del brazo haga contacto con el rodillo y para que el rodillo gire cuando realice el contacto, también se redujo la longitud de la parte plana cerca al terminal donde se ubica el rodillo y los pasadores para el movimiento del brazo como se muestra en la figura 44.



Figura 44. Modificaciones realizadas para la implementación del rodillo de duralon

Una vez modificadas esas partes y colocados los rodillos se solucionó el problema de rozamiento en los brazos como se muestra en la figura 45.



Figura 45. Implementación del rodillo de duralon en el brazo

3.1.3. FUGAS DE LIQUIDO HIDRAULICO

Existían múltiples fugas en la parte de los brazos y en la distribución del líquido hidráulico para los pistones así como se muestra en la figura 46.



Figura 46. Fugas hidráulicas en los brazos

Para solucionar estas fugas se desarmó todo el circuito hidráulico y se colocó teflón y sellante en cada una de las juntas roscadas para evitar todas las posibles fugas de líquido hidráulico como se muestra en la figura 47.



Figura 47. Aplicación de teflón y sellante para evitar fugas

3.1.4. PINTURA DE LA ESTRUCTURA Y LOS BRAZOS

Debido a que el elevador estuvo almacenado en un lugar semicubierto durante aproximadamente dos años, su pintura se deterioró y se encontró muchas partes con óxido a causa de la humedad y el aire, para corregir todo esto se procedió a desmenuar la pintura y el óxido con la amoladora como se muestra en la figura 48 y posteriormente a pintarlos con pintura anticorrosiva como se observa en las figuras 49 para que no exista futura corrosión.



Figura 48. Remoción de óxido y de la pintura anterior



Figura 49. Estructura y brazos pintados

3.1.5. REDISEÑO DE LA PLATAFORMA

Al comenzar a hacer pruebas con el elevador se detectó el problema de que la plataforma no se plegaba debido a que era demasiado ancha y chocaba con la cabeza de los pernos de los brazos, para solucionar este problema se cortó la plataforma a lo ancho hasta dejarla en 670 mm como se muestra en la figura 50 para que pueda plegarse.



Figura 50. Corte y soldada de la plataforma

Para brindar una mayor seguridad a la persona con movilidad limitada, se colocaron rieles de tol corrugado de 1 mm de espesor y de 100 mm de ancho en la plataforma, los cuales fueron sujetos con remaches como se muestra en la figura 51.



Figura 51. Plataforma con rieles de tol corrugado

Mediante la ayuda del software SOLIDWORKS se va a calcular de una forma experimental el peso máximo que lograría soportar la plataforma que fue rediseñada.

Para lo cual iremos simulando con diferentes pesos y observando en el simulador la deformación que existe en la plataforma.

Se debe tomar en cuenta para que la simulación sea lo más real posible las características mecánicas y el diseño de la plataforma. Por lo cual se utilizarán los valores obtenidos mediante un ensayo de tracción realizado en la primera etapa del proyecto, figura 52.

Model Type:	Linear Elastic Isotropic	
Units:	SI - N/m ² (Pa)	
Category:	Acero	
Name:	Acero Elevador	
Default failure criterion:	Max von Mises Stress	
Description:	Acero Elevador	
Source:	Acero Elevador	

Property	Value	Units
Elastic Modulus in X	1.99e+011	N/m ²
Poisson's Ration in XY	0.26	N/A
Shear Modulus in XY	7.92e+010	N/m ²
Mass Density	7850	kg/m ³
Tensile Strength in X	479999305.3	N/m ²
Compressive Strength in X		N/m ²
Yield Strength	324750025.5	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient in X		/K
Thermal Conductivity in X	0	W/(m·K)
Specific Heat	0	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Figura 52. Resultados del ensayo de tracción

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

Con los datos adquiridos, el diseño realizado en SOLIDWORKS y la colocación de las sujeciones fijas procedemos a realizar la simulación con diferentes valores así como se muestra en la figura 53.

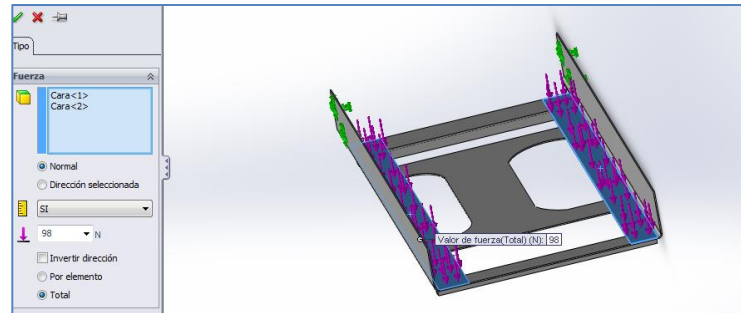


Figura 53. Simulación de la plataforma con una carga de 10 Kg

Una vez colocado el peso de 10kg procedemos a simular y observar cual es la deformación que existe y en qué lugar como se muestra en la figura 54.

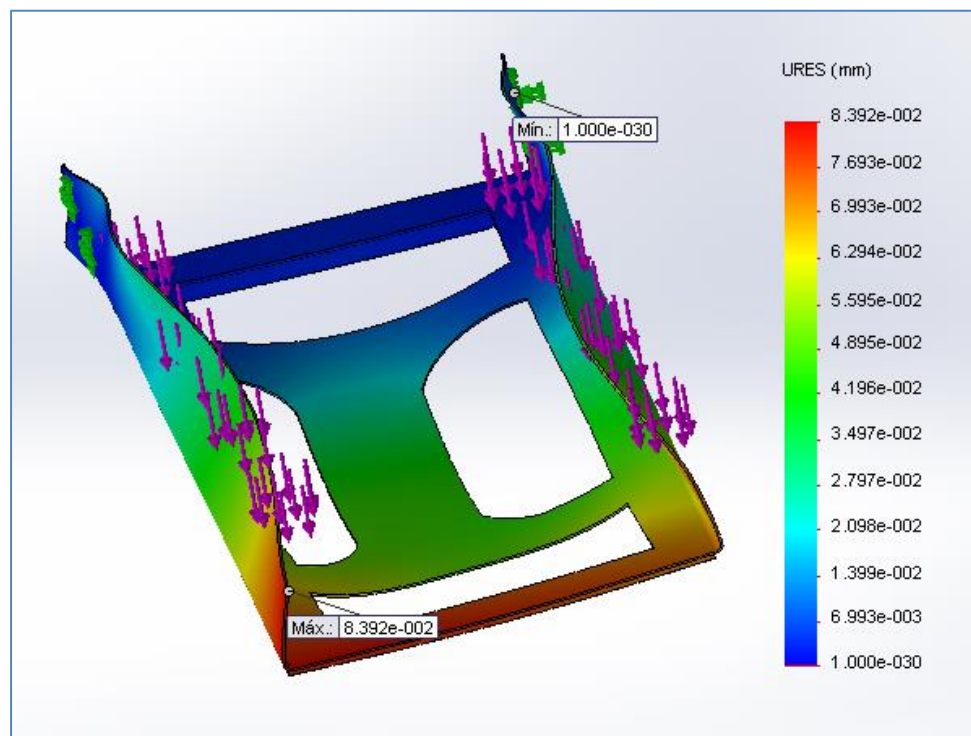


Figura 54. Deformación máxima de la plataforma con 10 Kg

Como podemos observar en la figura 54 la plataforma se deforma 0.084 mm lo cual es despreciable.

Se escogerá una carga de 66 kg debido a que es el peso promedio de una persona.

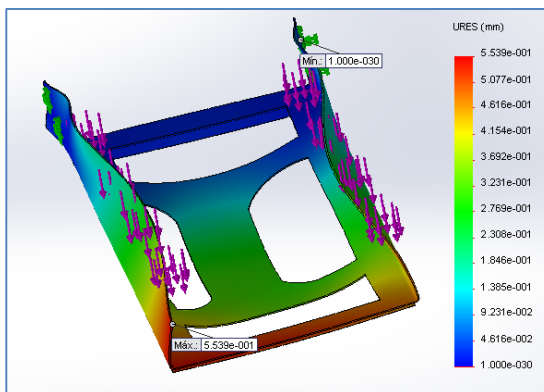


Figura 55. Deformación máxima de la plataforma con 66 kg

Como se puede observar en la figura 55 al colocar una carga de una persona promedio la plataforma tiene una deformación máxima de 0.55 mm lo que se puede decir que es casi despreciable ya que no causara ningún inconveniente a la persona que se encuentra sobre la plataforma.

Se realizarán más simulaciones para diferentes cargas para poder analizar y concluir si el rediseño de la plataforma está correcto.

Tabla 4. Deformación de la plataforma para diferentes cargas

CARGA (Kg)	DEFORMACION (mm)
10	0.084
66	0.55
80	0.67
100	0.84
150	1.26
200	1.68
300	2.52
500	4.2

Como se puede observar en la tabla 4 la disminución en el ancho de la plataforma no ocasionó grandes conflictos de diseño ya que la deformación máxima que tiene al someterla a una carga similar a la de una persona no es apreciable por lo cual no se presentarán problemas ni accidentes para la persona que se encuentre sobre la misma.

Se puede observar también que comienza a existir una deformación máxima considerable a partir de los 150 Kg, aunque no representa un gran peligro para la persona que este sobre la plataforma, así que se puede considerar como una carga máxima para la plataforma 200 Kg.

3.1.6. DISEÑO DEL MECANISMO INVERSO DE LEVA Y SEGUIDOR

Se eligió un mecanismo inverso de leva y seguidor ya que se necesita seguir una trayectoria de acuerdo con la geometría del seguidor, el mismo que varía conforme la plataforma asciende o desciende. Se desea provechar esta trayectoria con la implementación de una leva para que controle la bajada y subida de la plataforma pequeña que comunica la plataforma del elevador con la estructura.

3.1.6.1. Mecanismo inverso leva seguidor

Para proceder a determinar las ecuaciones con las cuales se puede generar el perfil de la leva se utilizará las técnicas de inversión cinemática. La forma de este sistema se puede observar en la figura 56.

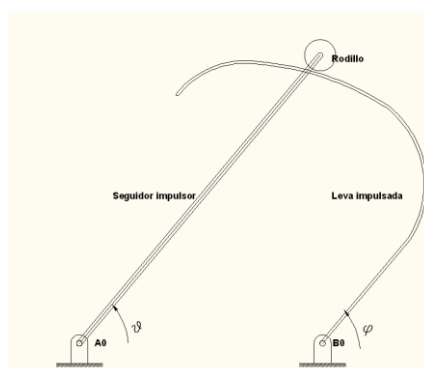


Figura 56. Modelado del mecanismo leva seguidor invertido

Fuente: (Olmedo J. F., 2011)

La inversión cinemática reside en elegir un eslabón fijo o de referencia como se muestra en la figura 56. “Se observa inicialmente una cadena de cuatro eslabones el seguidor impulsor, la leva impulsada, el rodillo y la tierra. Para determinar el perfil la tierra se constituye en un eslabón cuya entrada es la función arbitraria, el seguidor con entrada angular constante y la leva impulsada pasa a ser el eslabón fijo”. (Olmedo J. F., 2011)

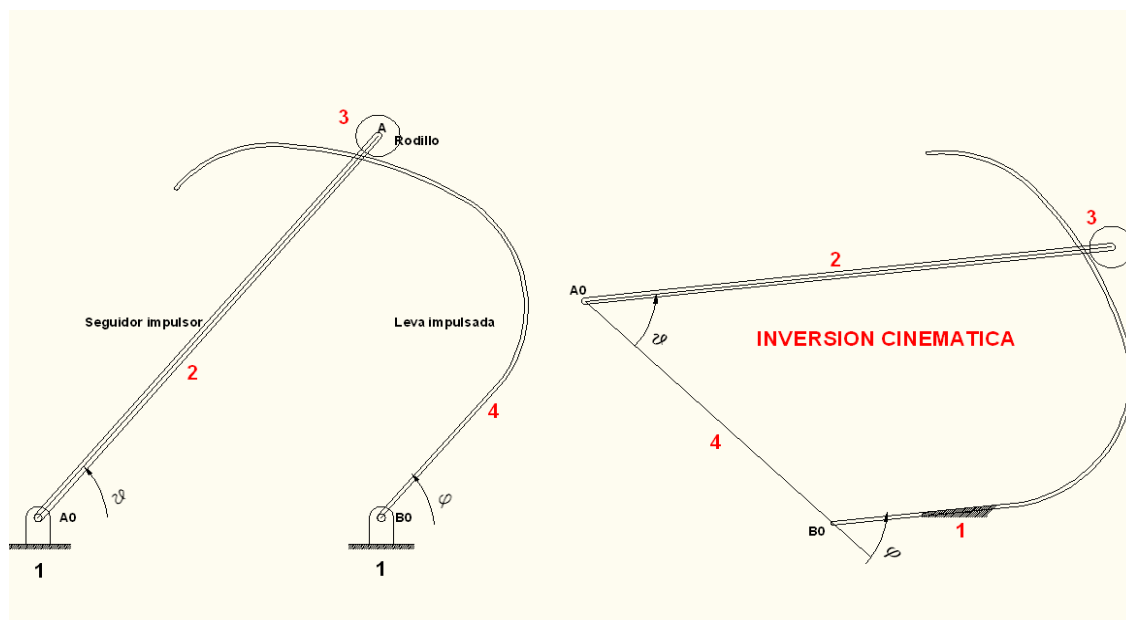


Figura 57. Inversión cinemática para el cálculo del perfil

Fuente: (Olmedo J. F., 2011)

“Utilizando la técnica de generar circuitos vectoriales sobre los eslabones de un mecanismo, se plantea el siguiente lazo definido en la figura 57”. (Olmedo J. F., 2011)

$$r_A = r_4 + r_2 \quad (1)$$

La notación compleja da:

$$r_A = r_4 \cdot e^{(180-\phi) \cdot i} + r_2 \cdot e^{\alpha \cdot i} \quad (2)$$

Como $\alpha = \varphi - \phi$ según la figura 54, se obtiene:

$$\mathbf{r}_A = r_4 \cdot e^{(180-\phi) \cdot i} + r_2 \cdot e^{(\theta-\phi) \cdot i} \quad (3)$$

Donde $r_4 = A_0B_0$ y $r_2 = A_0A$.

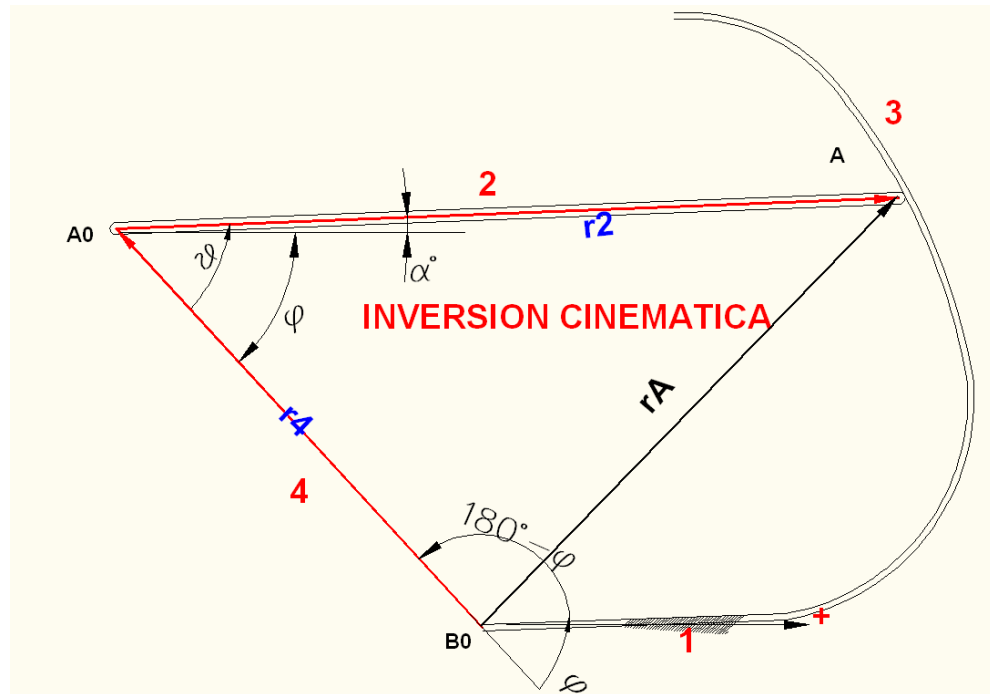


Figura 58. Circuito Vectorial para el cálculo del perfil

Fuente: (Olmedo J. F., 2011)

3.1.6.2. Aplicación del mecanismo inverso leva seguidor en la plataforma de elevación

Para empezar a realizar los cálculos de la leva, es necesario primero encontrar el valor del ángulo en el que se pretende que caiga la plataforma pequeña para que se encuentre para que pueda acceder la silla de ruedas, el ángulo de la leva va a ser en función del ángulo del vector 4 como se muestra en la figura 59.

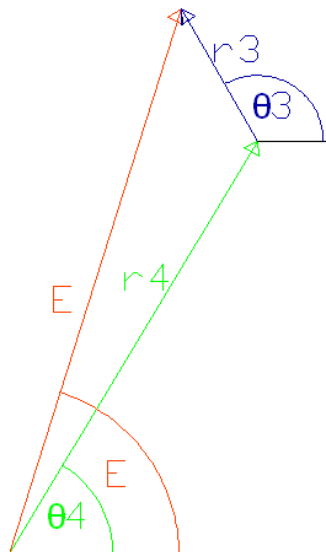


Figura 59. Circuito vectorial de la leva

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

En AutoCAD se toma la medida del ángulo que existe entre los dos eslabones que salen del pivote de sujeción de la leva a construir, este ángulo es de 51.51 grados como se muestra en la figura 60 pero se lo aproximara a 51°.

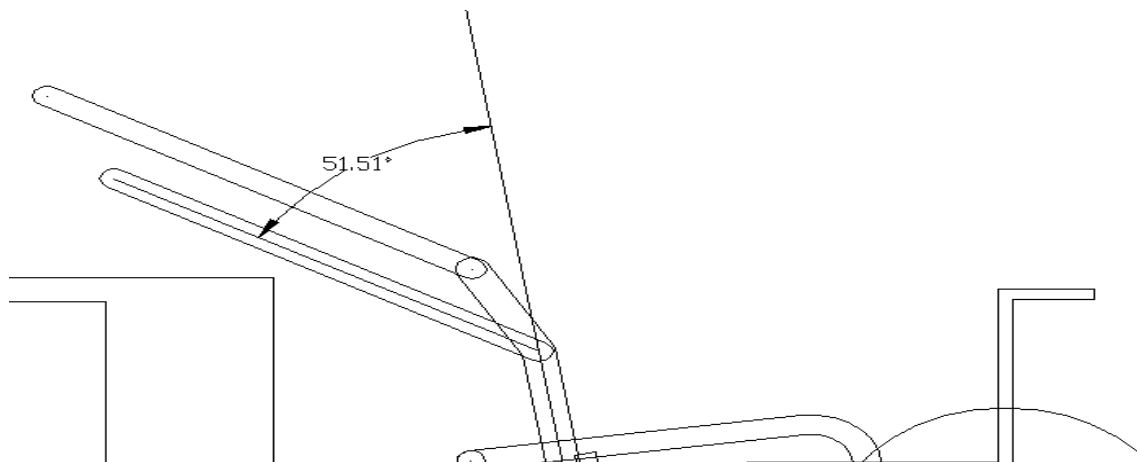


Figura 60. Ángulo referencial

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

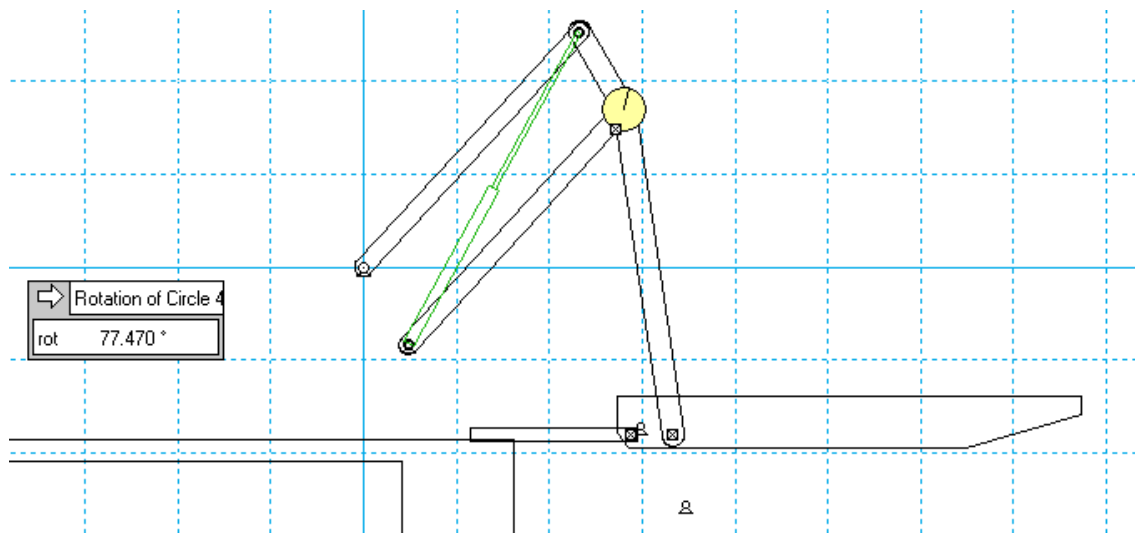


Figura 61. Ángulo de la leva cuando la plataforma debe estar horizontal

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

Como se observa en la figura 61 se tiene un ángulo de 77.47° en el que se necesita que no exista transmisión de movimiento de la leva hacia el seguidor, este ángulo se lo denominará β_1 y será el que se ocupará de que la plataforma pequeña baje para que la persona pueda pasar de la plataforma grande al piso del bus.

Para proceder a resolver las ecuaciones de síntesis en Mathcad se necesita los ángulos β_1 , β_2 , β_3 y β_4 . Para calcular el valor de β_1 primero se resta de 180° los 51° del ángulo referencial menos los 77.47° del ángulo obtenido de Working Model, lo que nos da un ángulo de 51.53° .

A este ángulo de 51.53° se le resta 10° que comprende los grados de ascenso y descenso de la plataforma, entonces β_1 queda:

$$\beta_1 = 41.53^\circ$$

Una vez obtenidos los ángulos, se calcula el perfil de la leva en Mathcad utilizando las fórmulas de síntesis para una leva polinomial. Los ángulos β_1 , β_2 , β_3 y β_4 quedaron de la siguiente manera como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Ángulos calculados para generar la leva

 $\beta_1 = 41.53^\circ$ (ángulo calculado anteriormente)

 $\beta_2 = 5^\circ$ (ángulo de descenso de la plataforma pequeña)

 $\beta_3 = 5^\circ$ (ángulo de ascenso de la plataforma pequeña)

 $\beta_4 = 15^\circ$ (ángulo de reposo)

Con estos ángulos se generó la leva y se simuló en Working Model pero daba un mínimo error al momento de caer la plataforma pequeña, por lo que utilizando un ensayo de prueba y error se obtuvieron los parámetros óptimos para que la leva funcione, estos ángulos se los observa en la tabla 6.

Tabla 6. Ángulos óptimos para generar la leva

 $\beta_1 = 41.53^\circ$ (ángulo calculado anteriormente)

 $\beta_2 = 6^\circ$ (ángulo de descenso de la plataforma pequeña)

 $\beta_3 = 6^\circ$ (ángulo de ascenso de la plataforma pequeña)

 $\beta_4 = 12^\circ$ (ángulo de reposo)

Una vez obtenidos los ángulos óptimos para generar la leva y su movimiento se procede a calcular su perfil utilizando Mathcad y las ecuaciones de síntesis. Se ha seleccionado un recogimiento de cable de $50\sqrt{2}$ mm y un desplazamiento máximo de 90° . Todo el proceso de cálculo del perfil de la leva se detalla a continuación.

$$\begin{aligned}
 h_1 &:= 50 \cdot \sqrt{2} & \text{Desmax} &:= 90 & \theta &:= 0, 1.. 180 \\
 \beta_1 &:= 41.53 & \beta_2 &:= 6 & \beta_3 &:= 6 & \beta_4 &:= 12 & \beta_5 &:= 180 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3 - \beta_4 & \beta_5 &= 114.47 \\
 s_1(\theta) &:= \text{Desmax}
 \end{aligned}$$

$$s2(\theta) := \text{Desmax} - h1 \cdot \left[10 \left(\frac{\theta - \beta1}{\beta2} \right)^3 - 15 \left(\frac{\theta - \beta1}{\beta2} \right)^4 + 6 \left(\frac{\theta - \beta1}{\beta2} \right)^5 \right]$$

$$s3(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1, s2(\theta), s1(\theta))$$

$$s4(\theta) := \text{Desmax} - h1$$

$$s5(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1 + \beta2, s4(\theta), s3(\theta))$$

$$s6(\theta) := \text{Desmax} - h1 \cdot \left[1 - \left[10 \left(\frac{\theta - \beta1 - \beta2 - \beta3}{\beta4} \right)^3 - 15 \left(\frac{\theta - \beta1 - \beta2 - \beta3}{\beta4} \right)^4 + 6 \left(\frac{\theta - \beta1 - \beta2 - \beta3}{\beta4} \right)^5 \right] \right]$$

$$s7(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1 + \beta2 + \beta3, s6(\theta), s5(\theta))$$

$$s8(\theta) := \text{Desmax}$$

$$s(\theta) := \text{if}(\theta \geq \beta1 + \beta2 + \beta3 + \beta4, s8(\theta), s7(\theta))$$

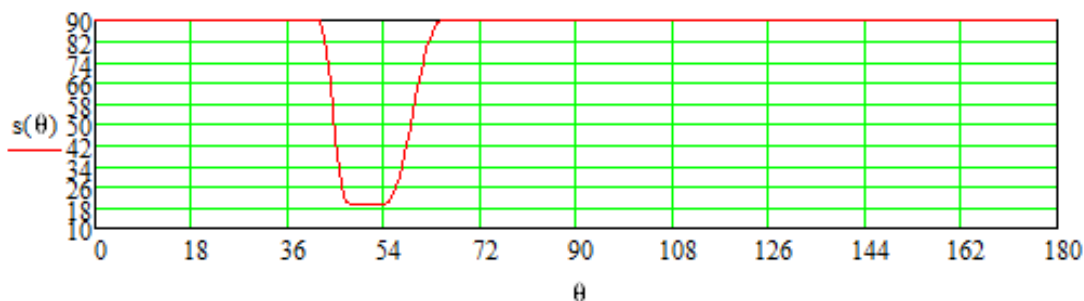


Figura 62. Ley de desplazamiento del cable que controla la plataforma

“La ley de oscilación de la plataforma se transforma en ley de oscilación de la leva mediante la solución del circuito vectorial siguiente Figura 63”. (Olmedo J. F., 2011).

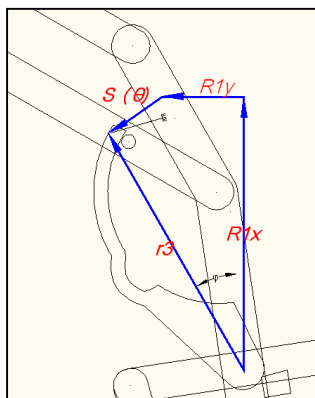


Figura 63. Circuito vectorial, mando del movimiento de la plataforma

Fuente: (Olmedo J. F., 2011)

Después de resolver las ecuaciones del circuito vectorial anterior, se adquiere la relación del desplazamiento del cable según la rotación de la leva con el movimiento de la plataforma del elevador como se observa en la figura 64.

Tabla 7. Tabla de constantes del circuito vectorial

Fuente: (Olmedo J. F., 2011)

Constantes	
R1x	368 mm
R1y	43.59 mm
r3	390 mm

$$K2(\theta) := (R1x^2 + R1y^2) - s(\theta)^2 + r3^2$$

$$A(\theta) := K2(\theta) + 2 \cdot R1x \cdot r3$$

$$B(\theta) := -4 \cdot R1y \cdot r3$$

$$C(\theta) := K2(\theta) - 2 \cdot R1x \cdot r3$$

$$\phi_3(\theta) := \frac{-B(\theta) + \sqrt{B(\theta)^2 - 4 \cdot A(\theta) \cdot C(\theta)}}{2 \cdot A(\theta)}$$

$$\phi(\theta) := (-\phi_3(\theta) + \phi_3(\beta_1 + \beta_2)) \cdot \frac{18C}{\pi}$$

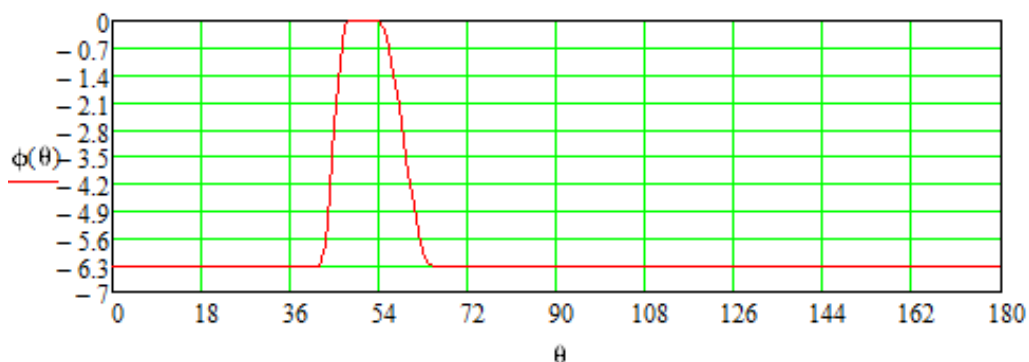


Figura 64. Ley de desplazamiento de la leva impulsada por el seguidor

$$d = AOB0 = r4 \quad d := 25\epsilon \quad a := 15\epsilon$$

$$a = AOA = r2$$

$$px(\theta) := d \cdot \cos\left(\pi - \phi(\theta) \cdot \frac{\pi}{180}\right) + a \cdot \cos\left[(\theta - \phi(\theta)) \cdot \frac{\pi}{180}\right]$$

$$py(\theta) := d \cdot \sin\left(\pi - \phi(\theta) \cdot \frac{\pi}{180}\right) + a \cdot \sin\left[(\theta - \phi(\theta)) \cdot \frac{\pi}{180}\right]$$

Resolviendo las ecuaciones $px(\theta)$ y $py(\theta)$ se obtiene el perfil de la leva como se muestra en la figura 65.

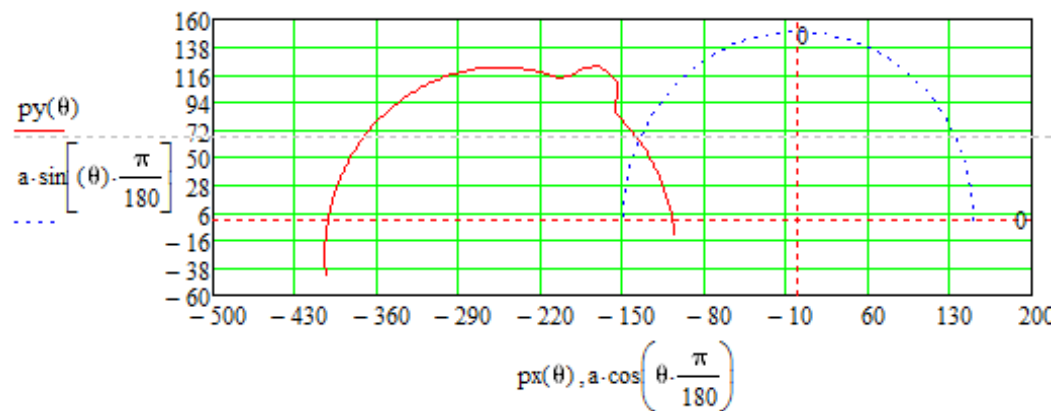


Figura 65. Perfil de la leva

Una vez obtenidas las funciones se puede generar las coordenadas del perfil de la leva importando los datos de Mathcad a Excel, mediante el comando =A1&"&B1 se puede generar la unión de las dos columnas X e Y en una tercera columna separándose ambas coordenadas por una coma, figura 66.

	A	B	C	D
1	-105,347487	-11,7433806	-105.347486975436,-11.7433806018662	
2	-105,660216	-9,14416562	-105.66021600903,-9.14416562154203	
3	-106,01826	-6,55080439	-106.018259968732,-6.55080438844798	
4	-106,42151	-3,96408687	-106.421509790884,-3.96408686553809	
5	-106,869843	-1,38480099	-106.869842641683,-1.38480099202793	
6	-107,363122	1,18626756	-107.363121954599,1.18626755661931	
7	-107,901197	3,74833561	-107.901197471976,3.74833560801723	
8	-108,483905	6,30062273	-108.483905290798,6.30062273141804	
9	-109,111068	8,84235148	-109.111067912619,8.84235147543943	
10	-109,782494	11,3727476	-109.782494297629,11.3727476048836	
11	-110,49798	13,8910403	-110.497979922847,13.8910403365772	
12	-111,257307	16,3964626	-111.257306844421,16.3964625741587	
13	-112,060244	18,8882511	-112.060243764014,18.8882511417441	
14	-112,906546	21,365647	-112.906546099261,21.3656470163972	
15	-113,795956	23,8278956	-113.795956058275,23.8278955593355	
16	-114,728203	26,2742467	-114.728202718165,26.2742467458004	
17	-115,703002	28,7039554	-115.703002107568,28.7039553935223	
18	-116,720057	31,1162814	-116.720057293146,31.1162813897099	
19	-117,779058	33,5104899	-117.779058470038,33.5104899164961	
20	-118,879683	35,8858517	-118.879683056226,35.8858516747703	
21	-120,021596	38,2416431	-120.0215957908,38.2416431063304	
22	-121,204449	40,5771466	-121.204448836079,40.5771466142852	
23	-122,427882	42,8916508	-122.427881883566,42.8916507816418	
24	-123,691522	45,1844506	-123.691522263704,45.1844505880095	
25	-124,994985	47,4548476	-124.994985059391,47.4548476243566	

Figura 66. Valores importados de Mathcad a Excel

Ahora se va a generar el perfil en un programa CAD, para lo cual se utilizará AUTOCAD, ya que permite importar datos del Excel, copiando las coordenadas de la tercera columna, mediante el comando “polilínea”, se genera el perfil de la leva como se muestra en la figura 67.

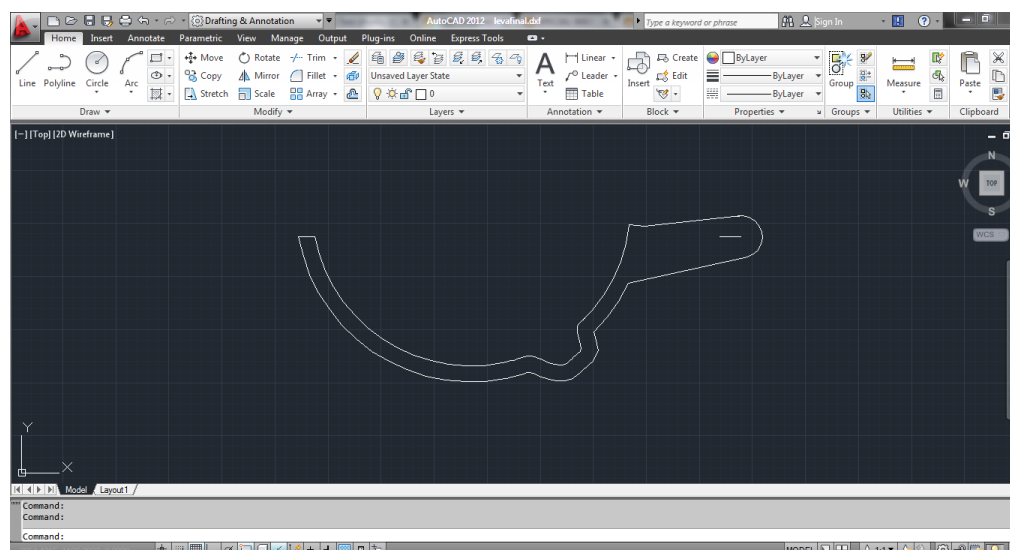


Figura 67. Perfil de la leva importado a AutoCAD

Una vez obtenido el perfil de la leva se procede a simular en el programa de simulación de mecanismos Working Model, en el cual se simulara todo el movimiento como se muestra en la figura 68, para ver si la leva cumple con los

tiempos exactos para la caída de la plataforma pequeña para que se pueda dar la conexión entre la plataforma del elevador con la estructura.

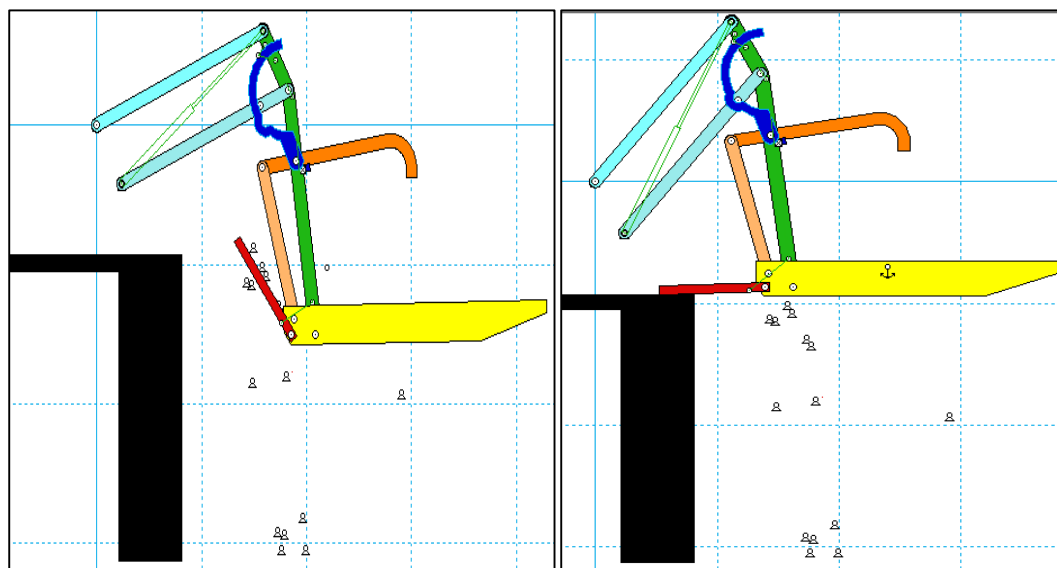


Figura 68. Simulación del mecanismo de leva inversa

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de la leva en la simulación se generó un modelo en tres dimensiones para su posterior construcción tal como se muestra en la figura 69, este proceso se lo realizó importando el perfil de la leva de AutoCAD a SolidWorks 2012 y luego extrayéndola 25 milímetros que es el espesor del material que se adquirió.

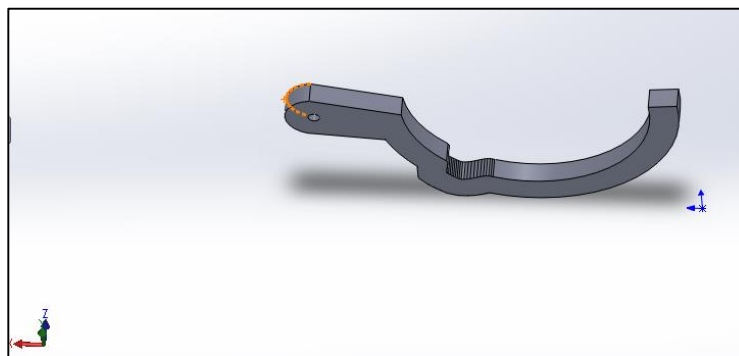


Figura 69. Leva importada a SolidWorks

Después de tener el perfil de la leva en SolidWorks, se crea el blank que es el material del cual se dispone, este material es de duralon de 614x360x25 milímetros; también se lo dibuja en SolidWorks. Después se procede a medir y

dibujar los check, que son los soportes que van a sujetar el blank durante el fresado en la CNC. Se ensamblan todos los elementos tal como se observa en la figura 70. El material del blank, duralon, se eligió debido a que es muy resistente y tiene un acabado superficial muy lizo el cual brinda facilidad de desplazamiento lo que le hace idóneo para que el seguidor se desplace por la leva con un rozamiento mínimo.

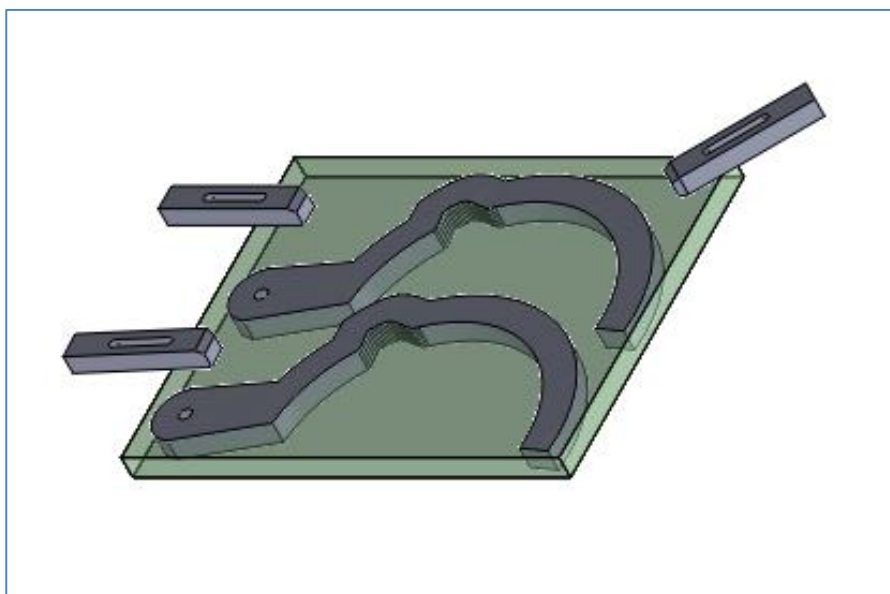


Figura 70. Ensamble de levas, blank y checks en SolidWorks

Una vez realizado el ensamblaje en SolidWorks se guarda el archivo con la extensión “.x_t” para que pueda ser abierto en el NX8. Se configuran parámetros de corte, avance, se elige el tipo de proceso, se eligen las herramientas a usarse, con todo eso listo se continúa con la generación de la trayectoria de cada proceso para comprobar si está de acuerdo con lo que se requiere. Después de todo esto se procede con la simulación como se muestra en la figura 71, donde se puede observar que salió satisfactoriamente y que no hay ningún error ni colisión de la fresa con los check.

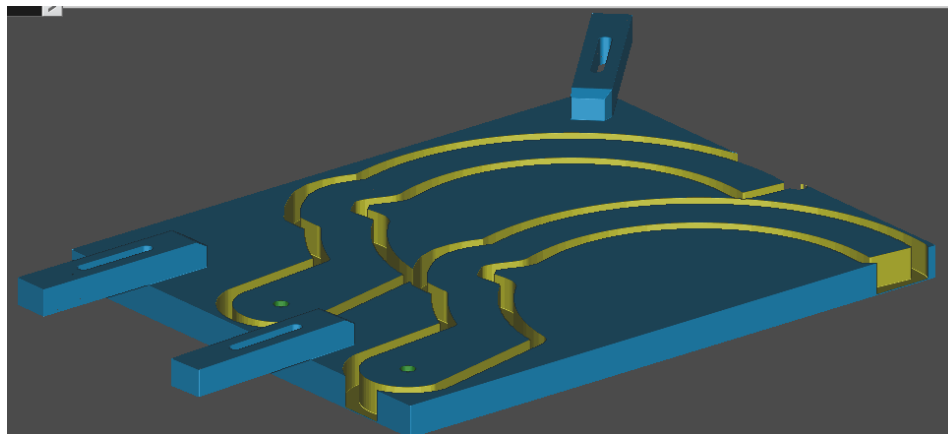


Figura 71. Simulación del fresado en NX8

NX nos va a dar el código G, figura 72, el mismo que va a ser cargado a la CNC para que maquine las levas en forma automática. Para el fresado de las levas en la CNC se debe elegir el mismo cero de pieza que se colocó en el NX8 para que el programa funcione correctamente, también es importante ubicar a los check en las mismas posiciones que en el NX8 para que la fresa no colisione con estos; para esto se imprimió un plano del ensamble en escala 1:1 para mayor seguridad tal como se muestra en la figura 73.

```

leva2.txt - Notepad
File Edit Format View Help
%
N1 G40 G17 G80 G90
N2 G91 G28 Z0.0
N3 G49
N4 M06 T01
N5 G54
N6 G0 G90 X320.424 Y75.38 M03 S500
N7 G43 Z20. H01
N8 G99 G81 Z-4. R20. F50.
N9 X159.571 Y387.042
N10 G80
N11 M05 M09
N12 G91 G28 Z0.0
N13 G49
N14 G0 G90 X319.562 Y75.874 M03 S500
N15 G43 Z10.
N16 Z3.
N17 G1 X319.431 Y75.654 Z2.931 F250. M08
N18 Y75.107 Z2.785
N19 X319.71 Y74.638 Z2.638
N20 X320.177 Y74.38 Z2.495
N21 X320.671 Z2.363
N22 X321.152 Y74.652 Z2.215
N23 X321.424 Y75.134 Z2.067
N24 Y75.627 Z1.934
N25 X321.157 Y76.104 Z1.788
N26 X320.684 Y76.377 Z1.642
N27 X320.138 Y76.37 Z1.495
N28 X319.71 Y76.123 Z1.363
N29 X319.431 Y75.654 Z1.217
N30 Y75.107 Z1.07
N31 X319.71 Y74.638 Z.924

```

Figura 72. Código G de las levas para la CNC

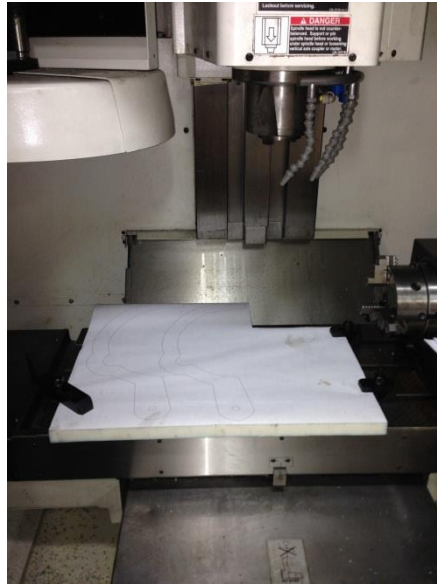


Figura 73. Maquinado de las levas en la CNC

3.1.6.1. Diseño del espesor de la leva

Para el cálculo del espesor del material de la leva se utilizaron las fórmulas de contacto entre dos cilindros que se muestran en la figura 74.

$$w = 4 \sqrt{\frac{F}{\pi b} \frac{(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}{(1/r_1 \pm 1/r_2)}},$$

$$p_{cmax} = \frac{4F}{\pi w b} = \sqrt{\frac{F}{b\pi} \frac{(1/r_1 \pm 1/r_2)}{(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}},$$

Figura 74. Ecuaciones para calcular el ancho de huella, w, y la presión máxima, p_{cmax}

Fuente: (Vanegas, 2011)

Dónde:

b= largo de los cilindros de contacto.

w= ancho de huella

F= fuerza de contacto sobre los cilindros

r1 y r2= radios de los cilindros

E_1 y E_2 = Modulo de elasticidad de los cilindros menor y mayor respectivamente

V_1 y v_2 = relaciones de Poisson de los cilindros mayor y menor respectivamente

En las ecuaciones de la figura 74 el signo positivo se utiliza cuando los cilindros son convexos, caso contrario se utiliza el signo negativo como se lo utilizará en esta aplicación ya que se tiene un cilindro cóncavo y un convexo, así como se muestra en la figura 75.

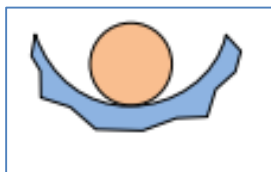


Figura 75. Contacto cilindro cóncavo con uno convexo

Fuente: (Vanegas, 2011)

A las ecuaciones mencionadas con anterioridad se las transcribió a Mathcad y se les igualó para obtener el valor de b .

La fuerza se obtuvo del peso total de la plataforma de conexión, el valor se obtuvo mediante el software solidworks como se observa en la figura 76.

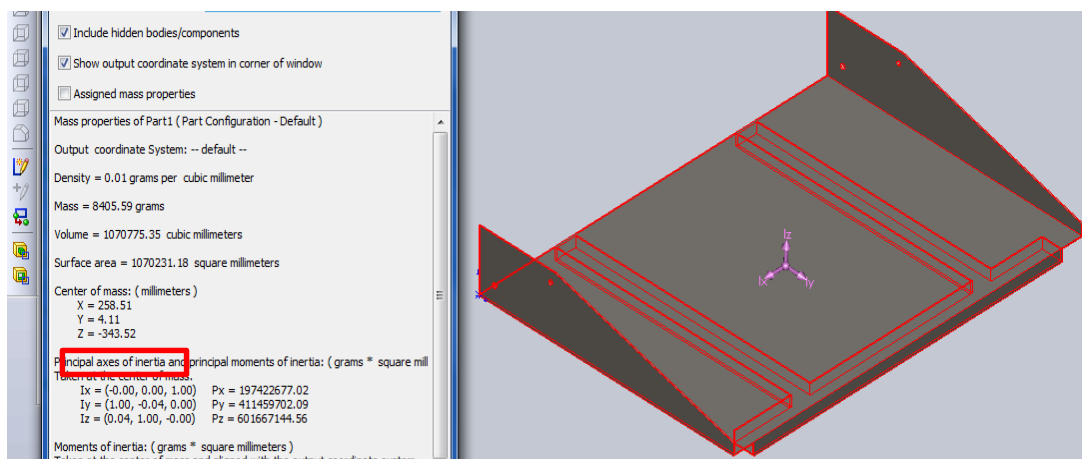


Figura 76. Obtención del peso de la plataforma de conexión

Así, se obtiene una masa de 8.405 kilogramos, a esta masa hay que multiplicarle por 9.81 para obtener el peso total de la plataforma.

$$P=(8.405)*(9.81)=82.45 \text{ N}$$

La fuerza máxima vendría a ser el peso total de la plataforma pero como existen dos levas se le dividirá para dos, así:

$$F=41.225 \text{ N}$$

Los radios r_1 y r_2 vienen a ser los radios del seguidor y de la leva que son de 11.35mm y 150mm respectivamente.

Para la obtención del módulo de elasticidad del duralon se buscó por su nombre comercial el cual es NYLON POLIAMIDA y así se obtuvo el módulo de elasticidad y los coeficientes de Poisson tal como se muestra en la figura 77.

Material	Módulo de Young E [GPa]	Tensión de Fluencia σ_F [Mpa]	Módulo de Corte G [Gpa]	Módulo de Volumen K [Gpa]	$\alpha \times 10^6$ Coef. Exp. [1°C]	μ Coef. Poiss.
Hierro	150-170	180	60	120	11.7	
Acero Inox.	195	550			17.3	0.24 0.28
Acero	200	250	80	140		0.25 0.30
Aluminio	70-72	88-96	25	70	21.0	0.32 0.36
Cobre 99.9%	70	220	38	120	16.5	0.33
Bronce	90.2				19	
Vidrio	48-78	65	50		9	0.2
						0.3
Nylon	45	75				0.35

Figura 77. Módulos de elasticidad y coeficientes de Poisson para diferentes materiales

Fuente: (Gil, 2011)

De esta manera se obtiene $E_1=E_2$ debido a que son del mismo material igual a 45 Gpa y el coeficiente de Poisson $\nu_1=\nu_2=0.35$.

$$F1 := 41.22;$$

$$r1 := 11.3;$$

$$r2 := 15;$$

$$E1 := 4500000000$$

$$E2 := 4500000000$$

$$v1 := 0.3;$$

$$v2 := 0.3;$$

Dado

$$4 \frac{F1}{\pi \cdot b \cdot 4 \sqrt{\frac{F1 \cdot \left(\frac{1-v1^2}{E1} + \frac{1-v2^2}{E2} \right)}{\pi \cdot b \cdot \left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{r2} \right)}}} = \sqrt{\frac{F1 \cdot \left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{r2} \right)}{b \cdot \pi \cdot \left(\frac{1-v1^2}{E1} + \frac{1-v2^2}{E2} \right)}}$$

$$\text{Find}(b) \rightarrow 13.122325057926770$$

De los cálculos de Mathcad se obtiene que el valor de b es de 13.12 milímetros, a este valor se le aplica un factor de seguridad de 2 y se obtiene el espesor final de los cilindros de 26.24 milímetros. Se escogió una lámina de 25 milímetros para la fabricación del perfil de la leva debido a que fue la que se encontró en el mercado.

3.1.7. DISEÑO DEL MECANISMO DE SEGURIDAD

Se va a diseñar un mecanismo para dar mayor seguridad a la persona que utilice el elevador, se va a utilizar una plataforma que se plegará una vez que el elevador se levante del piso para que la persona no se caiga o resbale de la plataforma grande del elevador. En cambio cuando la plataforma grande tope el suelo esta plataforma servirá de rampa para que la silla de ruedas pueda evacuar sin ningún problema debido a que existe una diferencia de altura entre la plataforma y el suelo de 30 milímetros ya que la plataforma grande yace sobre tubos estructurales de esa medida.

Para el diseño y cálculos del mecanismo de seguridad se omitirá la altura del tubo de 30 milímetros, altura que luego será compensada con la elección de un rodillo de diámetro mayor.

3.1.7.1. Coordinación de tres ángulos de salida con tres ángulos de entrada, método analítico

Este método se basa en el análisis de un eslabonamiento de cuatro barras.

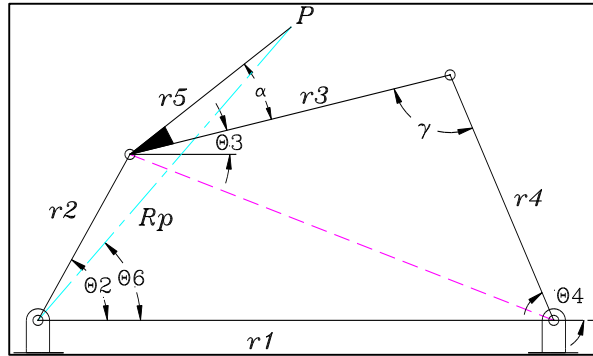


Figura 78. Eslabonamiento de cuatro barras.

Fuente: (Olmedo F. , 2005)

“La relación entre las manivelas de un cuadrilátero articulado es la ecuación del cierre de circuito”. (Olmedo F. , 2005)

$$\begin{cases} r_2 + r_3 = r_1 + r_4 \\ r_2 e^{i\theta_2} + r_3 e^{i\theta_3} = r_1 + r_4 e^{i\theta_4} \end{cases}$$

$$\begin{cases} r_2 \cos\theta_2 + r_3 \cos\theta_3 = r_1 + r_4 \cos\theta_4 \\ r_2 \sin\theta_2 + r_3 \sin\theta_3 = r_4 \sin\theta_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} r_3 \cos\theta_3 = r_1 + r_4 \cos\theta_4 - r_2 \cos\theta_2 \\ r_3 \sin\theta_3 = r_4 \sin\theta_4 - r_2 \sin\theta_2 \end{cases}$$

Elevando al cuadrado y sumando el sistema de ecuaciones anterior obtenemos:

$$r_3^2 = r_1^2 + r_4^2 + r_2^2 + 2 r_1 r_4 \cos\theta_4 - 2 r_2 r_4 \cos(\theta_4 - \theta_2) - 2 r_1 r_2 \cos\theta_2$$

Reordenando se tiene:

$$\mathbf{k_1 \cos\theta_4 - k_2 \cos\theta_2 + k_3 = \cos(\theta_4 - \theta_2)}$$

Dónde:

$$\mathbf{k}_1 = r_1 / r_2,$$

$$\mathbf{k}_2 = r_1 / r_4$$

$$\mathbf{k}_3 = (r_1^2 + r_4^2 + r_2^2 - r_3^2) / 2 r_2 r_4$$

El problema de síntesis se presenta del siguiente modo. Para obtener las longitudes del cuadrilátero articulado r_1 , r_2 , r_3 y r_4 para las tres posiciones dadas:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_{2I}, \theta_{4I} \\ \theta_{2II}, \theta_{4II} \\ \theta_{2III}, \theta_{4III} \end{array} \right.$$

Se debe resolver el siguiente sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas.

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{k}_1 \cos\theta_{4I} - \mathbf{k}_2 \cos\theta_{2I} + \mathbf{k}_3 = \cos(\theta_{4I} - \theta_{2I}) \quad (1) \\ \mathbf{k}_1 \cos\theta_{4II} - \mathbf{k}_2 \cos\theta_{2II} + \mathbf{k}_3 = \cos(\theta_{4II} - \theta_{2II}) \quad (2) \\ \mathbf{k}_1 \cos\theta_{4III} - \mathbf{k}_2 \cos\theta_{2III} + \mathbf{k}_3 = \cos(\theta_{4III} - \theta_{2III}) \quad (3) \end{array} \right.$$

3.1.7.2. Aplicación del método analítico de tres ángulos de salida con tres ángulos de entrada

Para realizar este método se requiere de los tres ángulos de entrada para los tres ángulos de salida que se desea que actúe el mecanismo. Se adquiere la medida del primer ángulo de entrada y salida del mecanismo, θ_{2I} y θ_{4I} respectivamente como se observa en la figura 79.

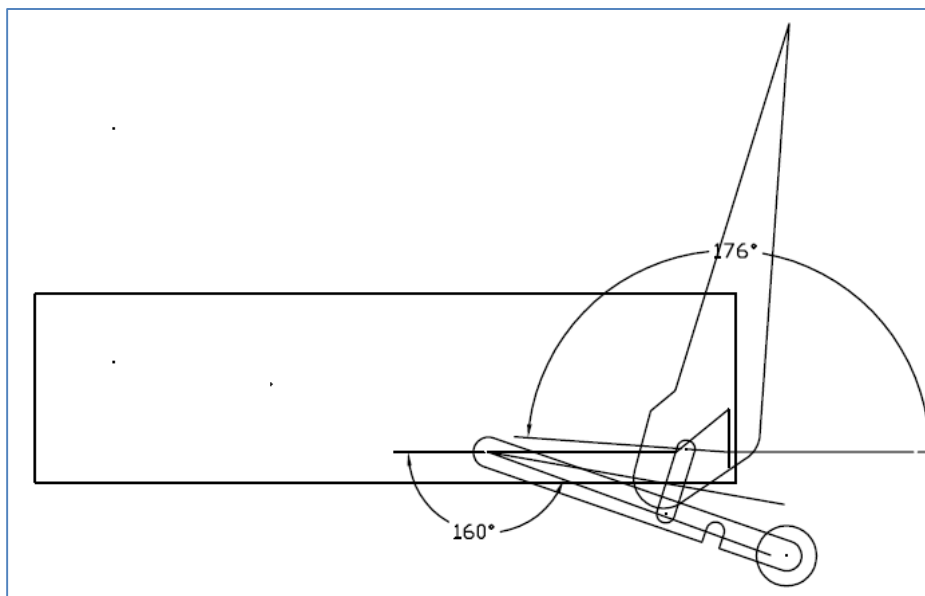


Figura 79. Ángulos θ_{2I} y θ_{4I}

De la figura 71 se observa que $\theta_{2I}=340^\circ$ y $\theta_{4I}=176^\circ$, el ángulo θ_{2I} es de 340° debido a que para los cálculos se toma la medida del ángulo desde el primer cuadrante, esto sería $180^\circ+160^\circ=340^\circ=\theta_{2I}$. La medida del segundo ángulo de entrada y salida del mecanismo, θ_{2II} y θ_{4II} respectivamente se observa la figura 80.

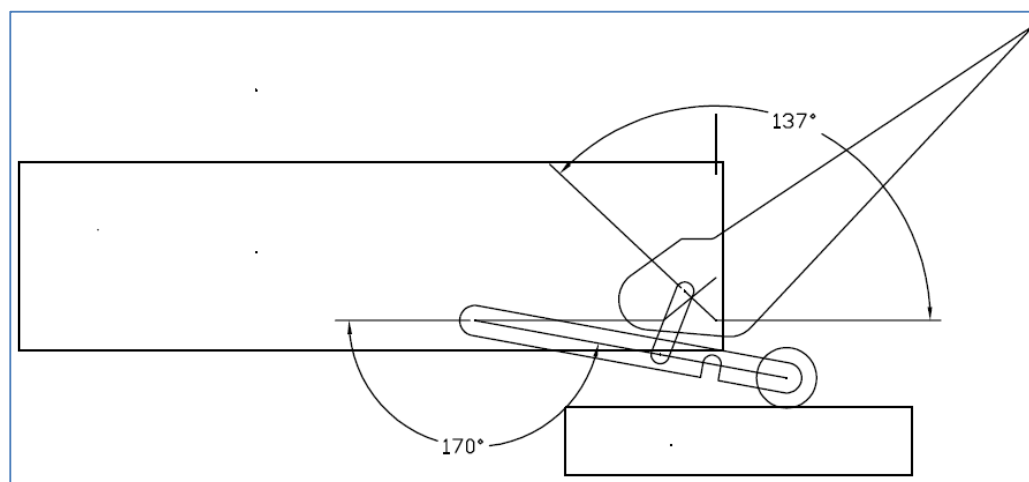


Figura 80. Ángulos θ_{2II} y θ_{4II}

De la figura 80 se observa que $\theta_{2II}=350^\circ$ y $\theta_{4II}=137^\circ$, el ángulo θ_{2II} es de 350° debido a que para los cálculos se toma la medida del ángulo desde el primer

cuadrante, esto sería $180^\circ + 170^\circ = 350^\circ = \theta_{211}$. La medida del tercer ángulo de entrada y salida, θ_{211} y θ_{411} respectivamente se observa la figura 81.

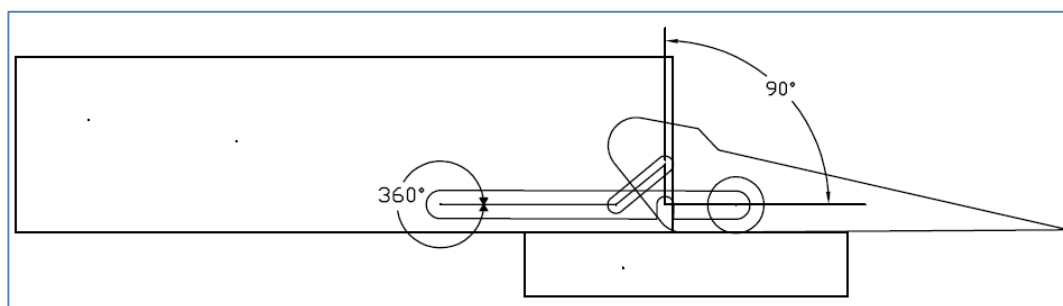


Figura 81. Ángulos θ_{211} y θ_{411}

De la figura 81 se tiene que $\theta_{211} = 360^\circ$ y $\theta_{411} = 90^\circ$. Con estos ángulos obtenidos se calculará en Mathcad las longitudes de los eslabones mediante las ecuaciones de del método analítico de tres ángulos de salida con tres ángulos de entrada.

$$\theta_{21} := 340 \frac{\pi}{180} \quad \theta_{41} := 176 \frac{\pi}{180}$$

$$\theta_{22} := 350 \frac{\pi}{180} \quad \theta_{42} := 137 \frac{\pi}{180}$$

$$\theta_{23} := 0 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \theta_{43} := 90 \frac{\pi}{180}$$

$$k := M^{-1} \cdot C1 \quad k = \begin{pmatrix} 1.243 \\ 4.615 \\ 4.615 \end{pmatrix}$$

$$M := \begin{pmatrix} \cos(\theta_{41}) & -\cos(\theta_{21}) & 1 \\ \cos(\theta_{42}) & -\cos(\theta_{22}) & 1 \\ \cos(\theta_{43}) & -\cos(\theta_{23}) & 1 \end{pmatrix} \quad C1 := \begin{pmatrix} \cos(\theta_{41} - \theta_{21}) \\ \cos(\theta_{42} - \theta_{22}) \\ \cos(\theta_{43} - \theta_{23}) \end{pmatrix}$$

Es importante que los valores de k sean positivos caso contrario debemos cambiar los ángulos iniciales θ_{41} y θ_{21} .

$$k_1 := k_0 \quad k_2 := k_1 \quad k_3 := k_2$$

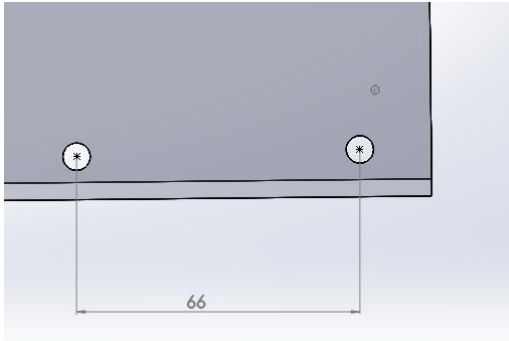


Figura 82. Eslabón r1 mecanismo de seguridad

Se da el valor de $r1 = 66$ mm que es la distancia del eslabón fijo del mecanismo de seguridad tal como se observa en la figura 82, después de dar este valor se pueden determinar las magnitudes restantes.

$$r1 := 66$$

$$r2 := \frac{r1}{k1} \quad r2 = 53.114$$

$$r4 := \frac{r1}{k2} \quad r4 = 14.301$$

$$r3 := \sqrt{r1^2 + r4^2 + r2^2 - 2 \cdot k3 \cdot r2 \cdot r4} \quad r3 = 19.25$$

Obtenidas las medidas de los eslabones se procede a dibujar en AutoCAD el mecanismo culminado tal como se observa en la figura 83.

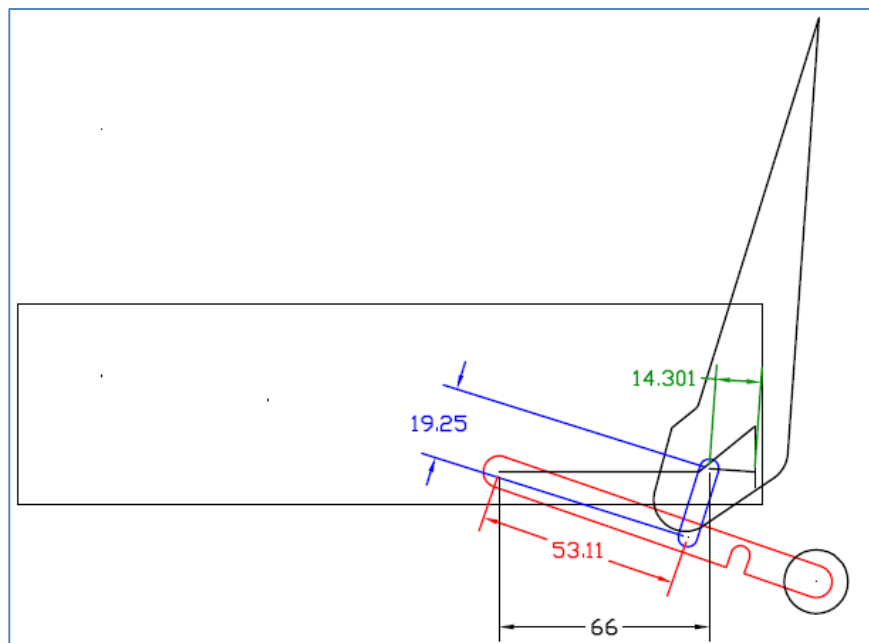


Figura 83. Medidas de los eslabones del mecanismo de seguridad

Ya calculadas las longitudes de los eslabones se simuló el mecanismo en Working Model como se observa en la figura 84 para verificar que el mecanismo funciona de acuerdo a los parámetros esperados. La simulación cumplió con las expectativas.

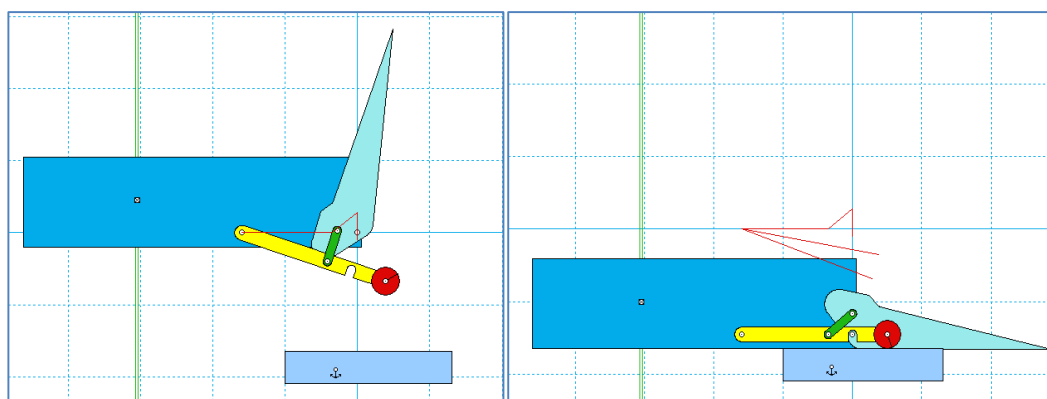


Figura 84. Simulación del mecanismo de seguridad en Working Model

Como se mencionó anteriormente la plataforma no está al ras del piso a causa de los tubos estructurales de 30 milímetros de la base de la plataforma, esta diferencia hace que el ángulo θ_{4III} de la rampa del mecanismo de seguridad sea a 78° como se muestra en la figura 85.

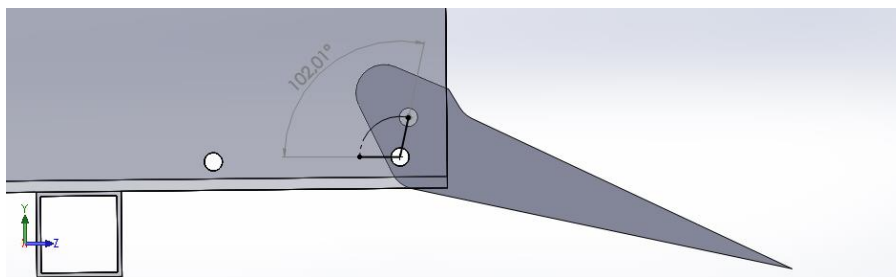


Figura 85. Ángulo final de la rampa a consecuencia del tubo estructural

Para compensar este ángulo se fue aumentando gradualmente el diámetro del rodillo en SolidWorks hasta encontrar el diámetro idóneo para que funcione óptimamente todo el mecanismo como se muestra en la figura 86, este diámetro fue de 60 milímetros.

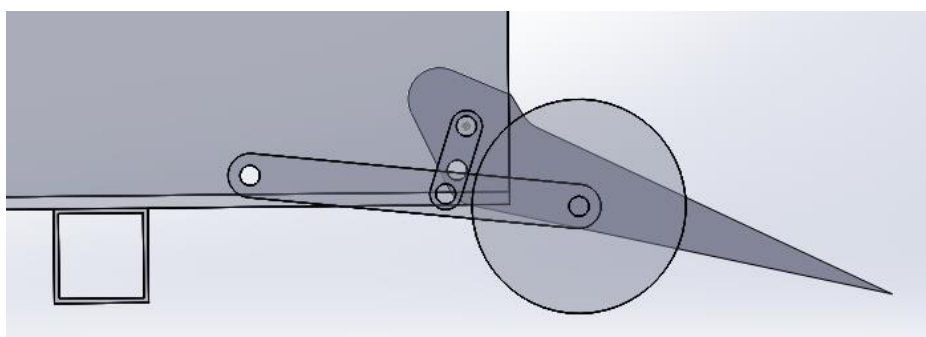


Figura 86. Diámetro de rodillo óptimo para el mecanismo de seguridad

3.1.8. DISEÑO PLATAFORMA DE CONEXIÓN PLATAFORMA ELEVADOR – ESTRUCTURA

La necesidad de una plataforma de conexión entre la plataforma del elevador con la estructura es eminente ya que cuando la plataforma se encuentra a la misma altura que la estructura existe una distancia entre ambas de 48 centímetros; esa es la razón por la que es necesaria esta plataforma de conexión, la misma que es accionada por el mecanismo leva seguidor. Las dimensiones de la plataforma de conexión son de 68.5 mm de ancho por 50 cm de largo, el material es de aluminio corrugado de 1 mm de espesor como se muestra en la figura 87. Además la base de esta plataforma cuenta con tubos rectangulares estructurales de 2mm de espesor para brindar rigidez a la plataforma para que esta no se deforme con el peso de la persona en silla de ruedas.



Figura 87. Plataforma de conexión plataforma del elevador – estructura

3.1.9. DISEÑO DEL SEGUIDOR DE LA LEVA

Ya conocida la posición del seguidor, se lo va a fabricar en duralon de una pulgada de diámetro y 83 mm de largo, se le va a realizar un hoyo pasante de 12.5 mm para poder insertar un perno que va a ser sujetado a los brazos del elevador como se muestra en la figura 88.



Figura 88. Seguidor

3.2. SELECCIÓN Y DISEÑO DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y/O ELECTRÓNICOS

3.2.1. PULSADORES Y LUCES INDICADORAS

Se seleccionaron tres pulsadores y tres luces indicadoras que se les utilizará para tres funciones diferentes. Cada par de pulsador con su respectiva luz indicadora tienen una función, así el pulsador normalmente abierto de color verde se encarga de dar el inicio al ciclo de subida del elevador, durante este

ciclo se enciende la luz verde indicando al usuario que el sistema elevador se encuentra en el ciclo de subida. El pulsador normalmente abierto de color rojo se encarga de dar el inicio al ciclo de bajada del elevador; este botón permite el inicio del ciclo siempre y cuando la plataforma se encuentre plegada, durante este ciclo se enciende la luz roja indicando al usuario que el sistema elevador se encuentra en el ciclo de bajada. En cualquier momento o ciclo se puede presionar el botón de paro de emergencia para que el sistema se detenga inmediatamente, cuando el sistema se encuentra en paro de emergencia la luz de color naranja comienza a parpadear intermitentemente indicando al usuario que el paro de emergencia se encuentra activo. Los pulsadores y luces indicadoras son de 24 voltios DC al igual que los sensores; debido a esto se configuraron todas las entradas del PLC a 24 voltios DC. Se pueden visualizar tanto los pulsadores como las luces indicadoras en la figura 89.

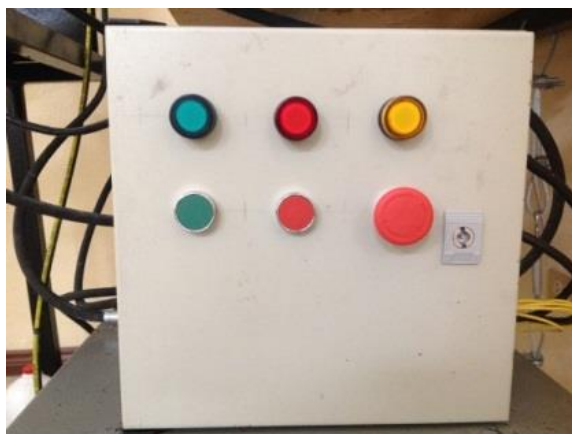


Figura 89. Tablero de control con pulsadores y luces indicadoras

3.2.2. BALIZA

Para indicar que el elevador está en movimiento, además de dar mayor seguridad al sistema se utilizó una baliza roja como se observa en la figura 90, ya que así se tendrá una señal visual que ayudará a evitar accidentes al alertar a las personas alrededor mientras el elevador está en funcionamiento.

Se seleccionó una baliza con alimentación de 110 voltios AC de acuerdo a la disponibilidad de este tipo de balizas en el mercado y a que nuestro PLC tiene salidas de 110 voltios AC y 24 voltios DC.



Figura 90. Baliza

3.2.3. FINES DE CARRERA

En vista que el movimiento del elevador es automático se ve la necesidad de monitorizar las diferentes posiciones de la plataforma, para lo cual se utilizará dos fines de carrera para detectar la posición de inicio; cuando la plataforma se encuentra en el piso y la posición de pliegue; cuando la plataforma se haya plegado.

El primer fin de carrera se lo colocó empernándolo al tubo que se encuentra en la parte interior de la plataforma como se muestra en la figura 91.



Figura 91. Fin de carrera ubicado en la plataforma

El segundo fin de carrera se lo colocó en el brazo, cerca del seguidor de la leva como se indica en la figura 92, para que detecte cuando la plataforma se ha plegado mediante el conocimiento del ángulo que adquiere el brazo una vez que ocurre esto.

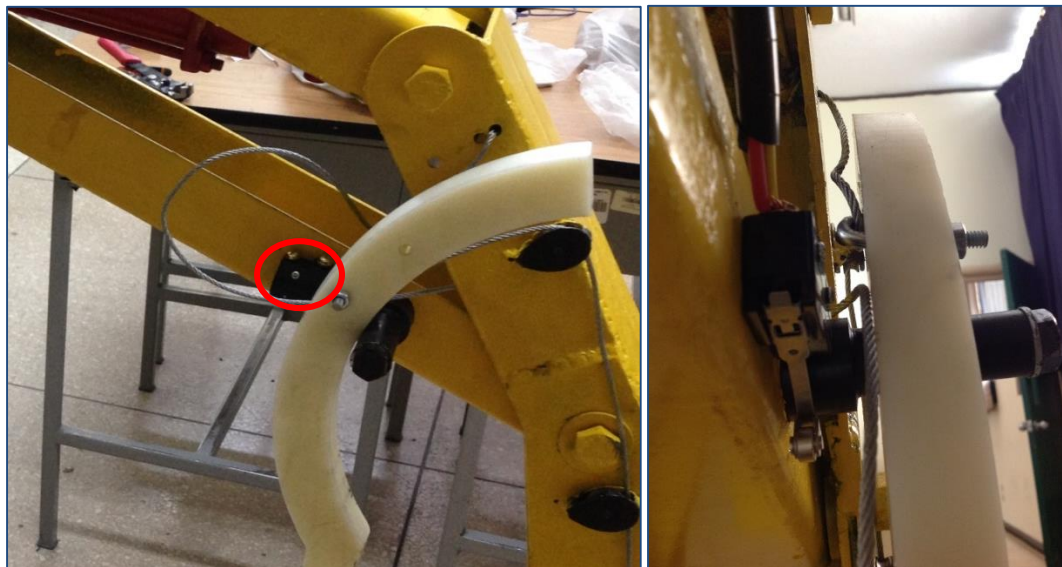


Figura 92. Fin de carrera para controlar el pliegue de la plataforma

3.2.4. SENSORES FOTOELECTRICOS

Se utilizó tres sensores, un sensor fotoeléctrico HANYOUNG PN1-M1 entregado por la universidad, y dos sensores fotoeléctricos IBEST PESI-R18POC3MD adquiridos por cuenta propia. Los tres sensores utilizan una alimentación de 24 voltios DC lo que hace posible que la conexión al PLC sea fácil ya que no es necesario el uso de un acondicionador de señal.

El sensor HANYOUNG PN1-M1 se utilizó para monitorizar la presencia de una persona en la plataforma como se observa en la figura 93, cuando este sensor da la señal de presencia, se puede iniciar el ciclo de subida al presionar el pulsador verde. Cabe mencionar que la plataforma debe estar sobre el piso.

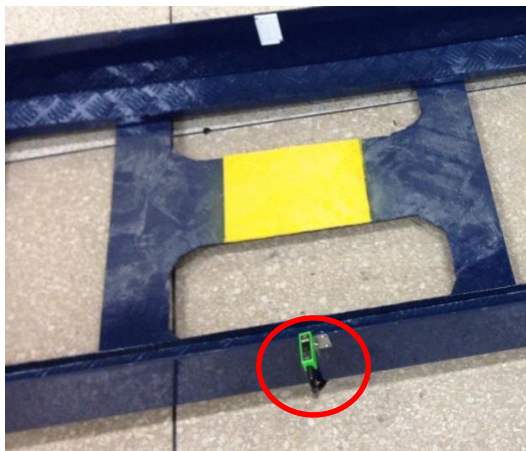


Figura 93. Sensor fotoeléctrico HANYOUNG PN-M1 en plataforma

El primer sensor fotoeléctrico IBEST se utilizó para detenerle a la plataforma cuando se encuentre a la misma altura de la estructura; porque en esta posición la plataforma pequeña cae automáticamente debido al mecanismo leva seguidor para dar acceso a la persona en silla de ruedas a evacuar la plataforma para dirigirse hacia la estructura que vendría a ser el piso del bus. La ubicación de este sensor se la puede observar en la figura 94.



Figura 94. Sensor fotoeléctrico para detectar a la plataforma cuando se encuentre a la misma altura de la estructura

El segundo sensor fotoeléctrico IBEST se utilizó para poder monitorizar la presencia de la persona en silla de ruedas en la estructura como se muestra en la figura 95. La función de este sensor es detectar a la persona en silla en ruedas una vez que salió de la plataforma y accedió al piso del bus.



Figura 95. Sensor fotoeléctrico para detectar salida de silla de ruedas

Hay que mencionar que no se utilizaron los sensores que otorgó la universidad ya que estos daban un voltaje en un rango de milivoltios, además estos sensores eran inestables, razón por la cual se decidió adquirir unos sensores nuevos que vayan de acuerdo con esta aplicación.

3.2.5. CARGADOR DE BATERIA

La bomba hidráulica que es la encargada de generar el movimiento del elevador a través de los pistones funciona con una batería de 12 voltios, la batería se tiene que descargar en algún momento dependiendo del número de horas de uso; es por eso que para poder tener un ciclo continuo de operación del elevador se realizó la adquisición de un cargador de batería. Así durante las noches se puede dejar cargando la batería para que en el día no existan inconvenientes con respecto a la descarga de la misma para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas satisfactoriamente.

El cargador de batería que se adquirió es un Black&Decker como se muestra en la figura 96 con tres rangos de carga, estos son 2,4 y 6 amperios. Este cargador de batería es automático, esto quiere decir que se lo conecta, se escoge el número de amperios con los que se desea cargar la batería y una vez cargada la batería en su totalidad éste se apaga.



Figura 96. Cargador de batería Black&Decker

Para una mayor vida útil de la batería y para que sus placas no se deformen se recomienda cargarla con 2 amperios.

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

3.3.1. CONTROL MEDIANTE UN PLC

Se utilizó un PLC Siemens S7-200 CPU-224 para realizar el control del sistema elevador de silla de ruedas gracias a la colaboración de este dispositivo por parte de la universidad.

Se necesita de un disyuntor, figura 97, para proteger al PLC cuando ocurra una descarga eléctrica a tierra. Este dispositivo no solo protege al PLC sino también al manipulador ante alguna situación de descarga eléctrica. El funcionamiento de este dispositivo es a través de la medición de diferencia de potencial entre la fase y el neutro, así si ocurre alguna descarga la diferencia de potencial variaría y el disyuntor se abriría para que no pueda ocasionar daños.



Figura 97. Disyuntor Siemens

Una vez protegido al PLC a través de un disyuntor, se lo puede conectar para empezar el protocolo de conexión. Se configuró las entradas del PLC a 24 voltios DC y se le conectó las señales de los sensores y pulsadores ya que trabajan con el mismo voltaje de configuración. Después se configuraron las salidas del PLC, 5 a 110 voltios AC para conectar lo que es la electroválvula y la baliza y 5 a 24 voltios DC para la conexión de las luces indicadoras y el relé de 24V DC.

Todas las conexiones se las realizó a través de borneras para que se pueda tener una fácil identificación, instalación y mantenimiento de cada dispositivo o cable. Se pueden observar todas las conexiones y elementos antes mencionados en la figura 98.

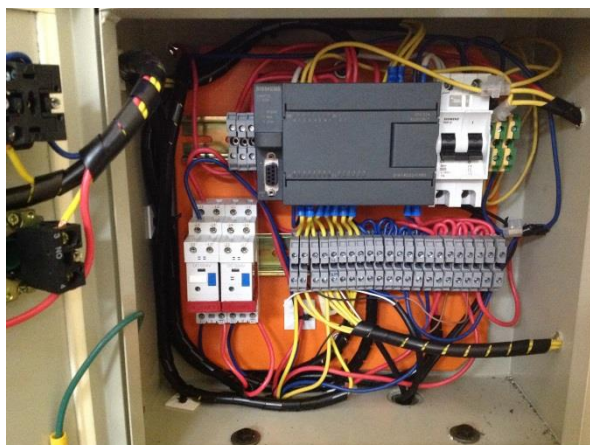


Figura 98. Dispositivos y conexiones internas del tablero de control

3.3.2. CONTROL MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR

Para realizar el control del sistema elevador de silla de ruedas mediante un microcontrolador se tiene que diseñar una placa PCB. El diseño de esta placa se lo realiza en el ISIS de Proteus, software que permite la simulación de circuitos electrónicos con microcontroladores. En esta placa PCB se va a usar un arduino UNO como microcontrolador, ya que es mucho más avanzado que un PIC de la serie 16Fxxxx que se usa comúnmente, la programación es sencilla y fácil de aprender por lo que está orientado para ser programado tanto para estudiantes de ingeniería en mecánica como para estudiantes de ingeniería en mecatrónica.

3.3.2.1. Diseño de la fuente de 5 y 24 voltios DC

Se necesita de una fuente de 5 voltios para energizar el arduino y los circuitos que accionan a los relés, es por eso que se diseñó una fuente de 5 voltios que satisfaga lo requerimientos necesarios para esta aplicación así como se observa en la figura 99. Esta fuente dispone de un puente de diodos para rectificar la señal de AC a DC, de 3 capacitores para filtrar la señal para que no exista ruido y de un regulador de voltaje 7805 para que se obtenga a la salida 5 voltios. La fuente también cuenta con un interruptor para el encendido y apagado de la misma y un led indicador que indica su estado.

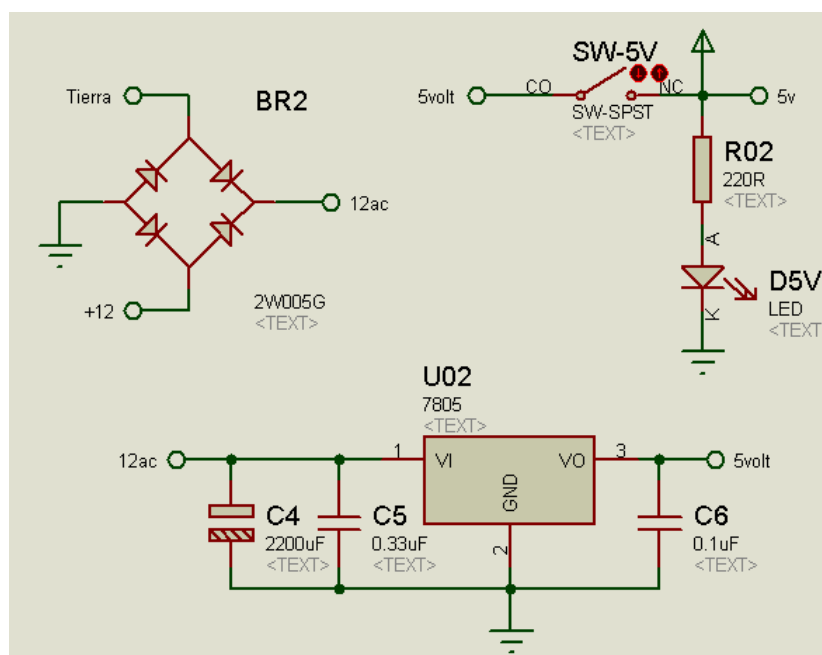


Figura 99. Fuente de 5 voltios DC

En cambio para energizar a los sensores y al relé que acciona la bomba se necesita una fuente de 24 voltios DC. El diseño de esta fuente se lo observa en la figura 100. Esta fuente dispone de un puente de diodos para rectificar la señal de AC a DC, de 3 capacitores para filtrar la señal para que no exista ruido y de un regulador de voltaje 7824 para que se obtenga a la salida 24 voltios. La fuente también cuenta con un interruptor para el encendido y apagado de la misma y un led indicador que indica su estado.

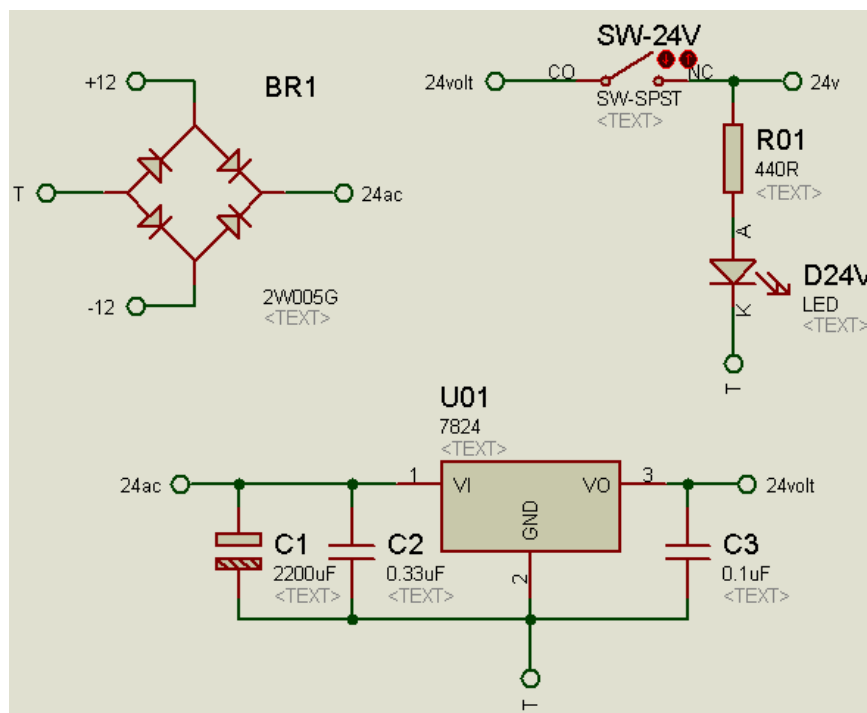


Figura 100. Fuente de 24 voltios DC

3.3.2.2. Pulsadores

Al igual que en el control del sistema mediante un PLC, esta placa PCB cuenta con 3 pulsadores, se diseñó 3 pulsadores normalmente abiertos que cuentan con un circuito que elimina el ruido para que al pulsar cada uno de estos de un voltaje de 5 voltios que ingresa directamente al arduino y cuando no se los presione de un voltaje de 0 voltios. Cada pulsador cuenta con un led indicador como se observa en la figura 101.

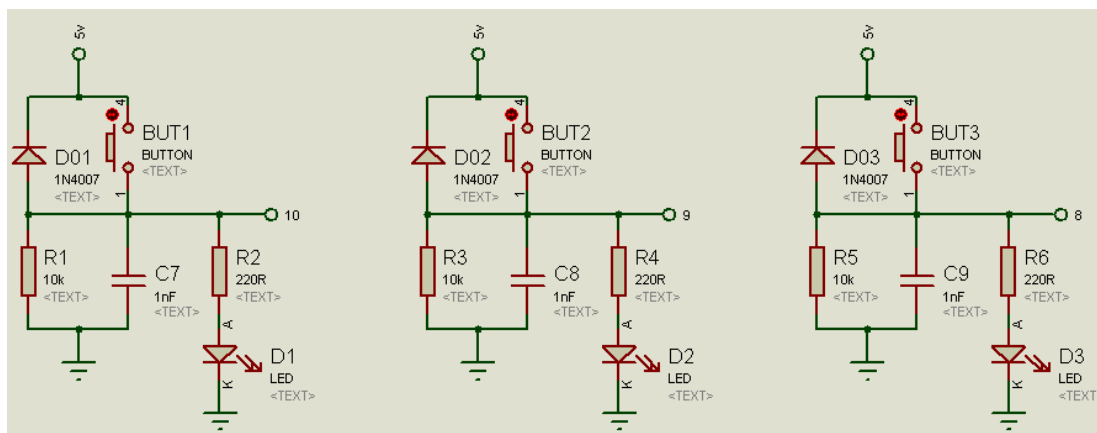


Figura 101. Diseño de pulsadores en ISIS

3.3.2.3. Circuito acoplador de 24 a 5 voltios DC

Los sensores trabajan con un voltaje de 24 voltios DC y el arduino con 5 voltios DC, entonces se necesita un circuito acoplador de 24 a 5 voltios como se muestra en la figura 102.

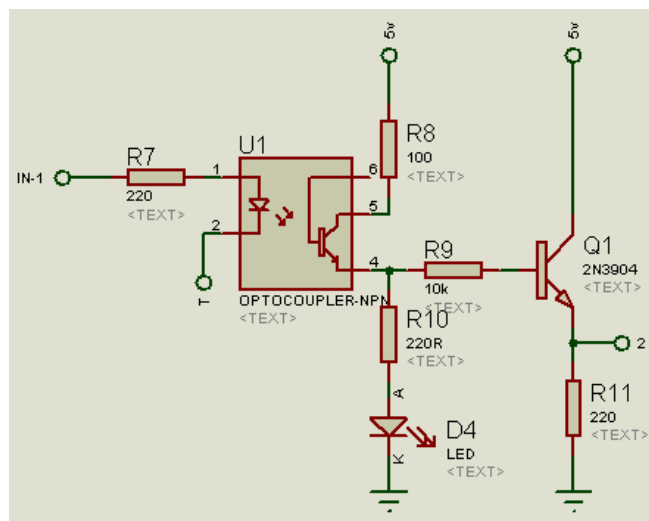


Figura 102. Circuito acoplador de 24 a 5 voltios DC

3.3.2.4. Circuito para la activación del relé

Para las cuatro salidas que va a tener la placa se utilizaron circuitos que con 5 voltios DC activan a los diferentes relés. Estos relés sirven para activar las dos posiciones de la electroválvula, la baliza y la bobina de encendido de la bomba hidráulica. El circuito se muestra en la figura 103.

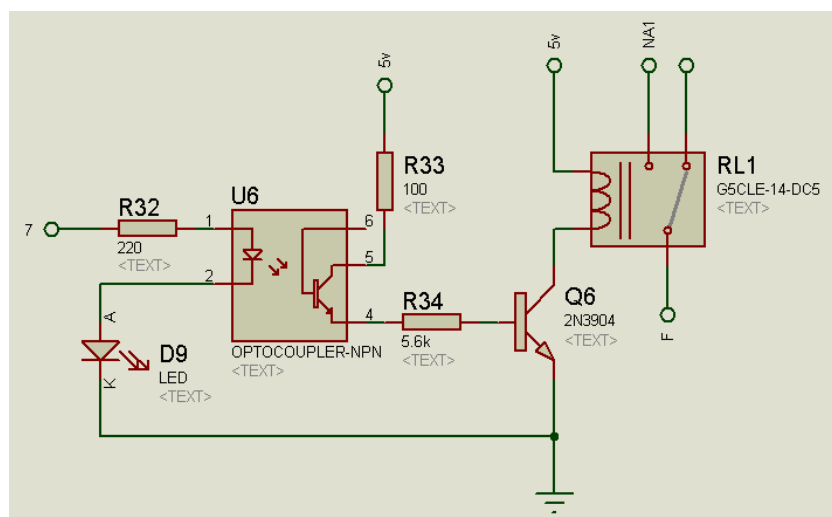


Figura 103. Circuito para la activación del relé

3.3.2.5. Diodos leds indicadores

Se adicionó en el diseño de la placa tres diodos led, un verde para notificar al usuario que el sistema se encuentra en el ciclo de subida, un led rojo para indicar que el sistema se encuentra en el ciclo de bajada y un led de color naranja que indicará cuando se haya presionado el botón de paro de emergencia. El diseño de estos leds se puede observar en la figura 104.

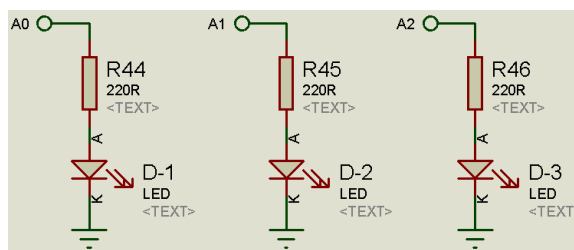


Figura 104. Diodos LED

3.3.2.6. Diseño de la placa PCB

Después de finalizar con el diseño de todos los circuitos electrónicos en ISIS, se procede a exportar el archivo a ARES para el ruteo, ubicación y edición de componentes y pistas de la placa PCB. Ya ubicados los componentes en la placa PCB y ruteadas las pistas se tienen las pistas definitivas para la fabricación de la placa de circuito impreso como se observa en la figura 105.

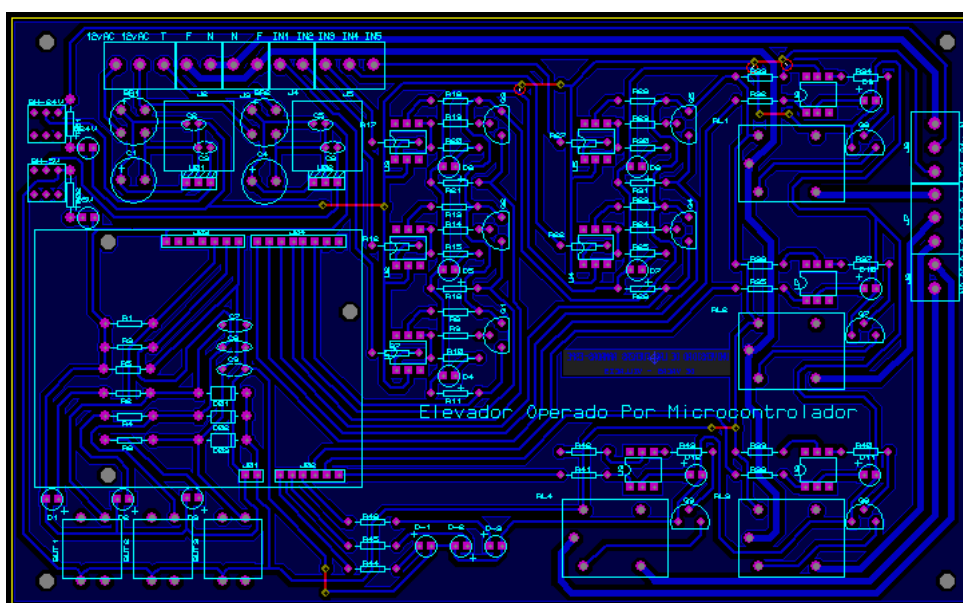


Figura 105. Circuito impreso placa PCB

Una herramienta útil del ARES es que este programa brinda una opción de visualización 3D, así se podrá visualizar como quedará la placa finalizada, figura 106.

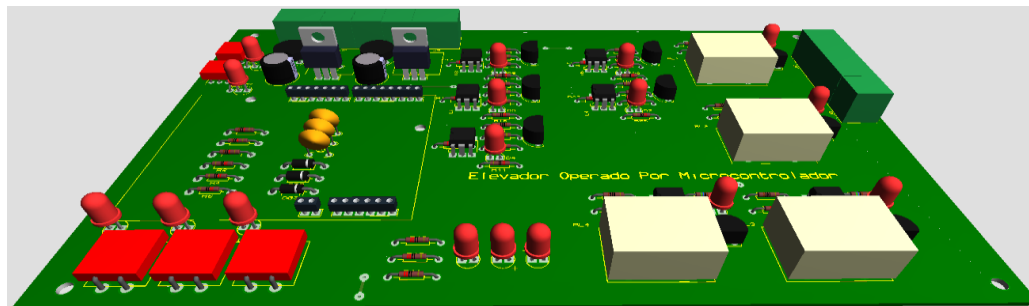


Figura 106. Visualización 3D de la placa PCB

3.4. SELECCIÓN DEL SOFTWARE NECESARIO

3.4.1. SOFTWARE PARA DISEÑO MECANICO

3.4.1.1. Solidworks 2012

Para el modelado mecánico de los distintos componentes mecánicos que conforman el elevador de silla de ruedas y para realizar simulaciones de movimiento y planos de conjunto como individuales se debe utilizar un programa CAD que sea muy completo, la mejor opción que se encontró fue el programa SOLIDWORKS 2012 mostrado en la figura 107.

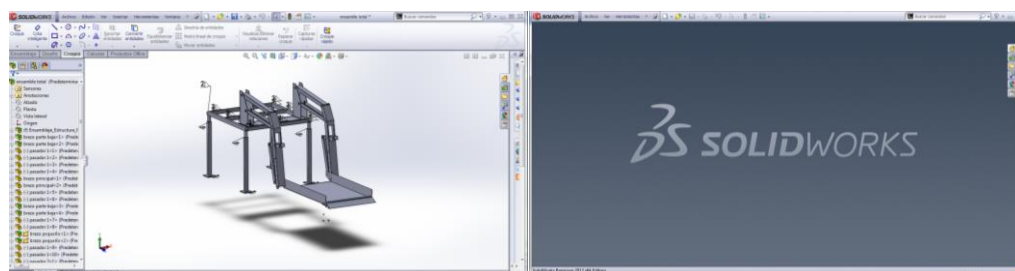


Figura 107. Programa SolidWorks

3.4.1.2. Working model

El sistema elevador de silla de ruedas cuenta con varios mecanismos mecánicos, es necesario simular cada uno de estos para verificar si cumplen los parámetros propuestos inicialmente antes de su construcción; un programa que ofrece todos los recursos necesarios para la simulación de estos mecanismos es Working Model, figura 108.

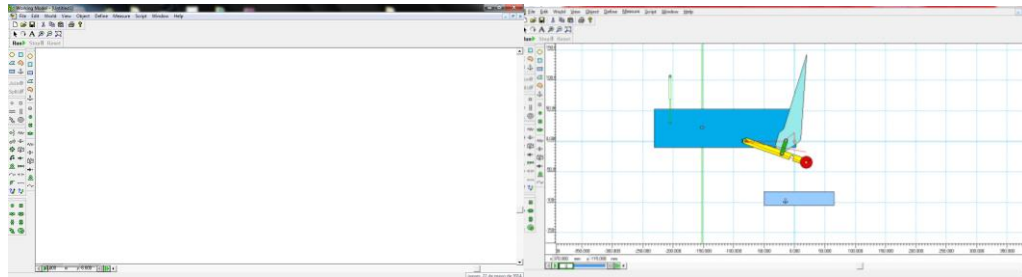


Figura 108. Programa Working Model

3.4.1.3. NX 8.0

Para simular el proceso de mecanizado de las levas se utilizó el programa NX 8 de Siemens, al tener un conocimiento previo del mismo. Este programa al permitir simular el mecanizado de las levas ayuda a prevenir posibles colisiones con los check que se utilizan para sujetar el blank como se muestra en la figura 109, también tiene la utilidad de generar el código G, el mismo que se lo carga directamente a la fresadora CNC.

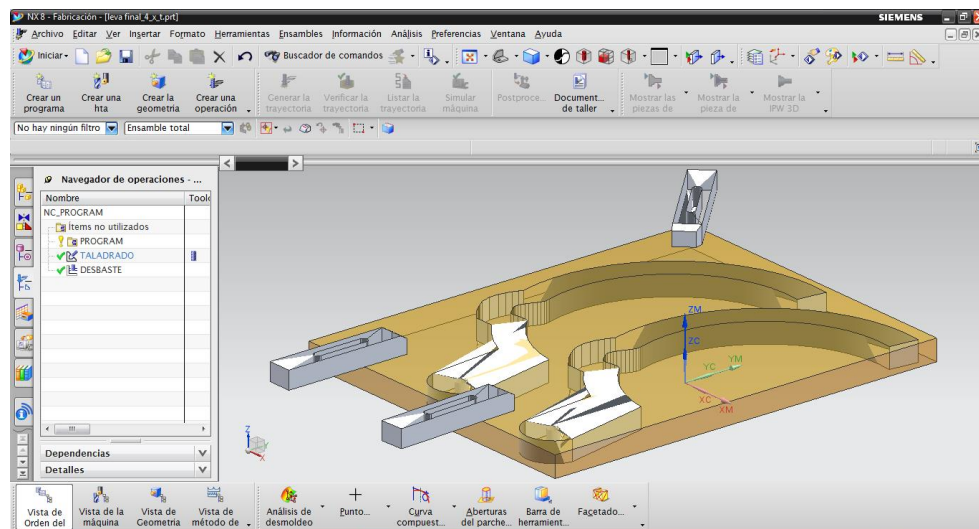


Figura 109. Programa NX 8

3.4.1.4. AutoCAD 2011

Esta herramienta de dibujo se la utilizó en la medición de los ángulos del mecanismo de seguridad y en la generación del perfil de la leva ya que acepta archivos de extensión .dxf, es de fácil manejo y se pueden exportar los dibujos al SolidWorks como sketch. En la figura 110 se muestra la pantalla principal.

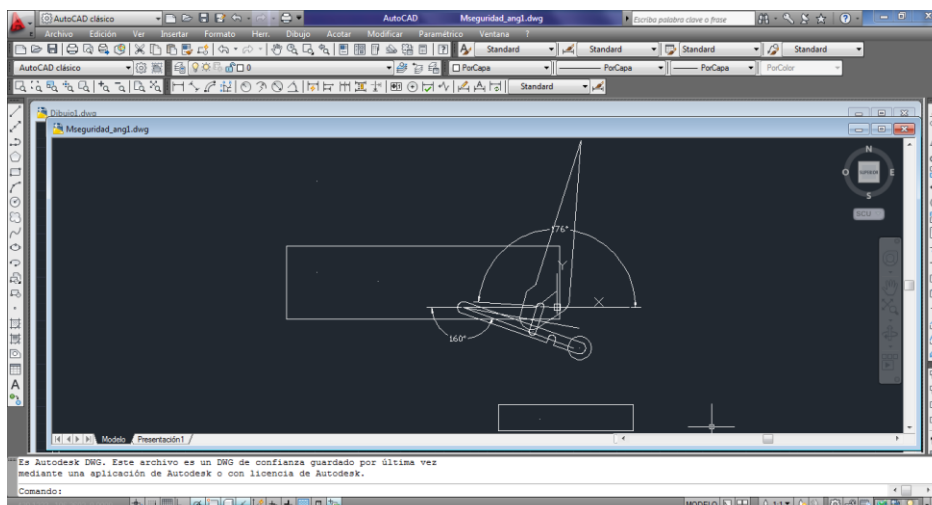


Figura 110. Pantalla del programa AutoCAD

3.4.2. SOFTWARE PARA DISEÑO ELECTRONICO/ELECTRICO

3.4.2.1. Proteus 7 professional

Como se mencionó anteriormente se empleó el programa Proteus 7 professional para la simulación de circuitos electrónicos y para el diseño y ruteo de las pistas de la placa PCB. En la figura 111 en la parte izquierda se puede observar la pantalla del ARES que es el programa de diseño de la placa PCB y en el lado derecho se puede visualizar la pantalla del ISIS que es el programa de simulación de circuitos electrónicos.

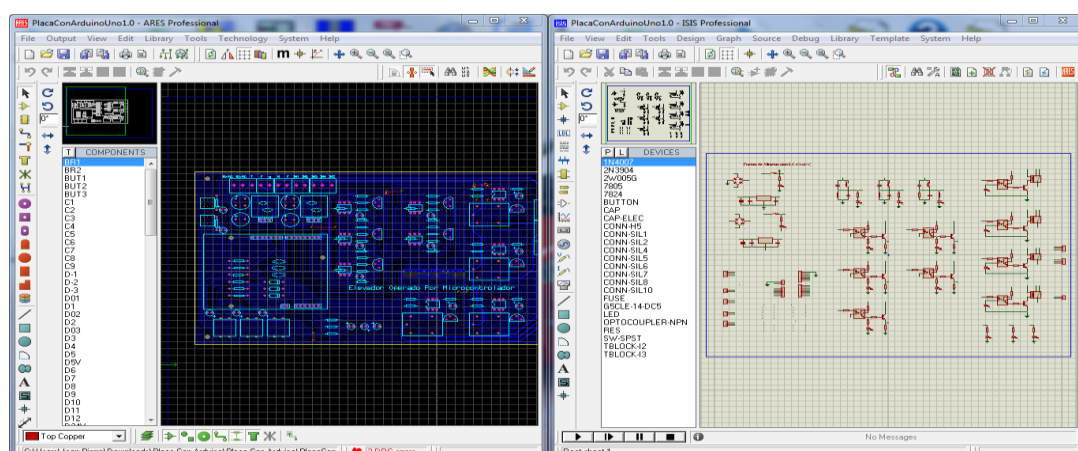


Figura 111. Programa Proteus 7 professional

3.4.2.2. Step 7 micro/win

El software de programación Step 7 micro/win se lo utilizó para la creación del programa del elevador de silla de ruedas ya que es el software que provee

Siemens para la programación de todos los PLC de la gama S7-200 es este. Se puede visualizar la pantalla principal de programación en lenguaje ladder en la figura 112.

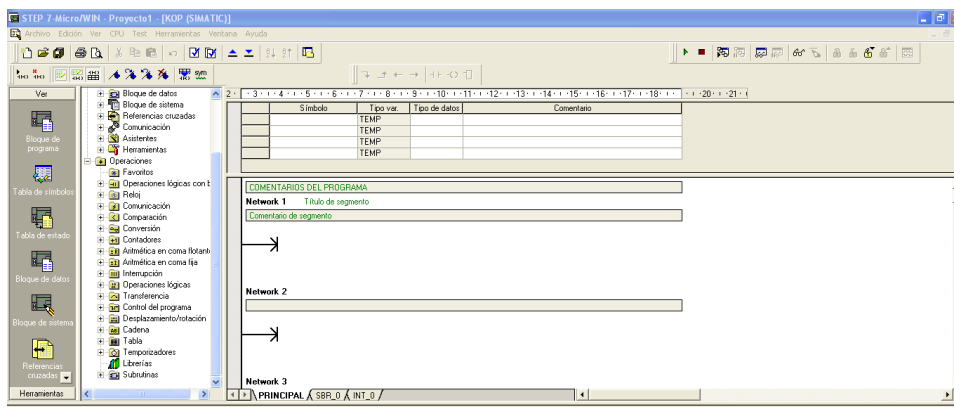


Figura 112. Programa Step 7 micro/win

3.4.2.3. Simulador PLC S7-200

Antes de cargar el programa en el PLC hay que simularlo para probar que no existan errores, un simulador que permite hacer esto es el S7-200 de Siemens donde inclusive se puede elegir el CPU que se utilizó en la presente aplicación que es el 224. La interfaz del programa se muestra en la figura 113.

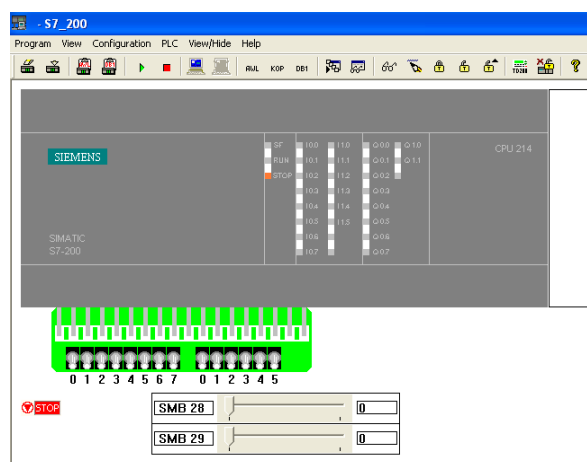


Figura 113. Programa S7-200

CAPITULO IV

IMPLEMENTACION

4.1. IMPLEMENTACIÓN MECANICA

Con los cálculos y modificaciones que se detallaron en el anterior capítulo se procedió a ensamblar cada una de las partes que conforman el sistema elevador de silla de ruedas como se muestra a continuación.

4.1.1. IMPLEMENTACION DE LOS BRAZOS

Los brazos fueron ensamblados en la primera etapa del proyecto así como se muestra en la figura 114. Lo que se hizo en la segunda etapa fue pintarlos, poner un rodillo para que no choquen y aumentar la apertura para la manguera hidráulica como se explicó en el capítulo anterior.



Figura 114. Brazos, primera etapa del proyecto

Ya realizadas las correcciones que se describió anteriormente, los brazos quedaron tal como se muestra en la figura 115.



Figura 115. Ensamblaje de los brazos, segunda etapa del proyecto

4.1.2. ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA

Finalizada la pintada de la estructura y sus soportes; se trasladaron estas piezas al laboratorio de automatización para su implementación y sujeción, lugar predestinado para el sistema elevador de silla de ruedas.

Una vez en el laboratorio de automatización se procedió a ensamblar la estructura en el lugar concedido por el jefe del laboratorio de automatización, el Ing. Luis Echeverría. Para la sujeción de las patas al piso, se realizó ocho agujeros con una broca de concreto de media pulgada para que las patas puedan empernarse al suelo mediante tacos metálicos de expansión de media pulgada y pernos de 3/8 de pulgada de diámetro y de 1.25 pulgadas de longitud, mismos que se observan en la figura 116.



Figura 116. Taco de expansión de 1/2 pulgada y pernos de 3/8" x 1 1/4"

Debido al peso de los brazos en conjunto con la plataforma y al movimiento de los mismos que hacen cambiar el centro de gravedad de todo el sistema, puede que la estructura tambalee o exista una mínima distancia de separación de los soportes traseros con la estructura, para evitar todo esto se procedió a instalar un cáncamo cerrado y sujetarlo al suelo con un taco metálico de expansión. A este cáncamo se lo colocó un cable de acero que va sujeto un tensor, y del tensor a la estructura, el cable de acero es fijado mediante grilletes. Se puede observar la implementación final de la estructura ya empernados los soportes al suelo y colocado el tensor en la parte posterior con el cable de acero en la figura 117.



Figura 117. Implementación de la estructura y sus soportes.

4.1.3. ENSAMBLE DE LA PLATAFORMA

Se tuvo que encontrar una solución para ensamblar la plataforma debido a su reducción en el ancho, esta fue la implementación de bocines metálicos de 25 milímetros de largo y 27 milímetros de diámetro mayor, figura 118. Se escogieron bocines metálicos como la mejor opción debido a que cuentan con un bajo coeficiente de fricción, tienen una larga vida útil, son fáciles de maquinar y son de fácil instalación.



Figura 118. Bocín para la unión entre la plataforma y los brazos

La implementación de los bocines metálicos mediante pernos de 3/8 de pulgada para la sujeción de la plataforma con el brazo se puede observar en la figura 119 y la plataforma ya implementada y ubicada en el laboratorio se puede visualizar en la figura 120.



Figura 119. Implementación de bocines metálicos en la plataforma



Figura 120. Implementación final de la plataforma

4.1.4. ENSAMBLE DE LA PLATAFORAMA DE CONEXIÓN PLATAFORMA – ESTRUCTURA

A la plataforma de conexión diseñada en el capítulo anterior se la ensambló a la plataforma grande mediante bocines metálicos de 20 milímetros de largo por 23 milímetros de diámetro. La sujeción de las plataformas se la realizó mediante pernos de 3/16 pulgadas de diámetro. La implementación final de la plataforma de conexión de puede visualizar en la figura 121.



Figura 121. Implementación de la plataforma de conexión

4.1.5. ENSAMBLE DE LA LEVA INVERSA

Después de haber realizado el diseño de la leva, se debe proceder a su implementación, la maquinación de la leva en una fresadora CNC se explicó en el capítulo tres, se puede observar el trabajo final de las levas en la figura 122.



Figura 122. Levas después del maquinado en fresa CNC

Con las levas listas, se procedió a implementarlas en los brazos del sistema elevador de silla de ruedas mediante pernos, después se soldaron en cada brazo 3 poleas de hierro fundido. Para la soldada de las poleas se utilizaron electrodos 7018 de 1/32 de pulgada de diámetro. El siguiente paso fue instalar un cable de acero de 1/8 de pulgada de diámetro desde las levas hasta la plataforma de conexión pasando por las poleas soldadas.

Se pueden ver las levas implementadas en los brazos en la figura 123, también se puede visualizar la implementación de los seguidores del mecanismo leva-seguidor que fueron ubicados según los cálculos del diseño del mecanismo.



Figura 123. Levas implementadas en los brazos

Después de implementar todas las partes que conforman el mecanismo de leva-seguidor se realizaron las respectivas pruebas para templar el cable de acero y para la verificación del funcionamiento del mecanismo, que baje la plataforma de conexión cuando la plataforma se encuentre a la misma altura que la estructura y que no existan colisiones cuando la plataforma grande se pliegue. Se puede visualizar el mecanismo leva-seguidor implementado y funcionando en la figura 124.



Figura 124. Implementación final del mecanismo leva-seguidor

4.1.6. IMPLEMENTACION DEL MECANISMO DE SEGURIDAD

Una vez finalizado el diseño del mecanismo de seguridad se fabricaron los eslabones en una placa de un una pulgada de ancho y 6.1 mm de espesor con las medidas antes calculadas. A los eslabones y a la plataforma se les realizó perforaciones de 7 milímetros de diámetro para que se puedan poner pernos de $\frac{1}{4}$ de pulgada.

Se colocó un rodillo de dos pulgadas y media de diámetro y 31 mm de ancho al mecanismo. Para que la rampa del mecanismo siempre regrese a su posición original de 90° se implementó un resorte de torsión de 4 espirales con un diámetro de los rollos de $\frac{1}{2}$ pulgada y un diámetro de alambre redondo de 3.1 milímetros; con la implementación de este resorte a cada lado de la plataforma se logró conseguir que una vez que se levante la plataforma del piso, la rampa se coloque en su posición original de 90° . Se puede observar en la figura 125 la implementación del mecanismo de seguridad.



Figura 125. Implementación del mecanismo de seguridad

En la figura 126 se puede visualizar el funcionamiento del mecanismo de seguridad cuando la plataforma no se encuentra sobre el piso y cuando está sobre el piso.



Figura 126. Funcionamiento del mecanismo de seguridad

4.1.7. IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO HIDRAULICO

Para la implementación del circuito hidráulico se utilizó una electroválvula 4/2 con su respectiva base, a cada entrada y salida se les conectaron reguladores de caudal para controlar la velocidad de subida o bajada de la plataforma. La conexión entre los diferentes elementos hidráulicos como son la bomba, la electroválvula y los pistones se efectuó con mangueras hidráulicas de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Se puede visualizar la implementación del circuito hidráulico en la figura 127.



Figura 127. Implementación del circuito hidráulico

4.2. IMPLMANTACION DE LOS COMPONENTES ELECTRICOS Y/O ELECTRONICOS

Para poder implementar el sistema eléctrico y/o electrónico se utilizó un tablero de control, en el cual se colocaron dos rieles para poder sujetar el PLC, las borneras, un relé de 24 voltios DC accionado por el PLC para activar la bomba hidráulica, un disyuntor, pulsadores de subida, bajada y emergencia. Para todas las conexiones se utilizó cable flexible calibre 16. Se puede observar todo lo mencionado anteriormente en la figura 128.

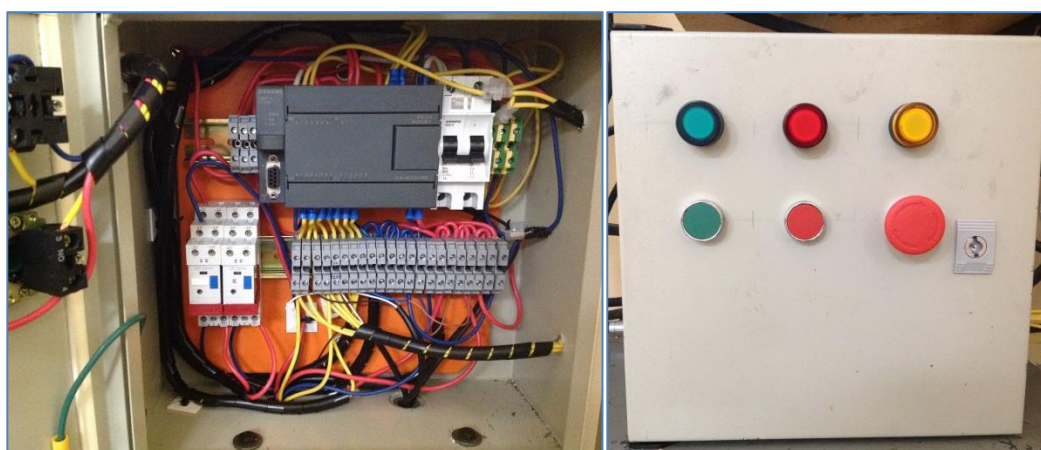


Figura 128. Conexiones e implementación del tablero de control

4.2.1. IMPLEMENTACION DE SENSORES

La implementación eléctrica y/o electrónica del elevador conlleva la conexión de los sensores, para lo que se debe de tener un conocimiento previo del funcionamiento de cada uno para su respectiva conexión. Para poder implementar tanto los sensores como los fines de carrera, se debe proporcionar un voltaje de 24 voltios DC para su alimentación, voltaje que es proporcionado por el PLC. Los sensores fueron ubicados de una manera que no interfieran con el movimiento del sistema elevador de silla de ruedas como se observa en la figura 129.



Figura 129. Implementación de los sensores

La señal de control de los sensores y fines de carrera es de 0 voltios o 24 voltios DC que ingresa directamente al PLC sin necesidad de un acondicionamiento de señal. Para la conexión de los sensores y fines de carrera se utilizó alambre flexible calibre 16. Para la implementación los sensores fotoeléctricos IBEST se utilizaron placas de 1/20 de pulgada con un agujero pasante de 22 mm para la sujeción de los mismos así como se muestra en la figura 130.



Figura 130. Implementación sensores fotoeléctricos IBEST

4.2.2. IMPLEMENTACION DE LA BOMBA HIDRAULICA

La implementación de la bomba hidráulica implica la utilización un relé para la activación de la misma y de una electroválvula para que permita el paso de fluido hidráulico tanto para la subida como para la bajada del elevador. Tanto el accionamiento de la electroválvula así como el encendido de la bomba son realizados mediante el PLC o la placa PCB controlada por arduino. Sus conexiones fueron realizadas con cable flexible calibre 16. Para la conexión de la batería a la bomba se utilizó un cable flexible reforzado calibre 00. Las diferentes conexiones de la bomba se puede observar en la figura 131.



Figura 131. Implementación bomba hidráulica

4.3. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control se lo va a realizar básicamente mediante dos dispositivos, mediante un PLC y mediante una placa PCB controlada por un arduino.

4.3.1. IMPLEMENTACION DEL PLC

El PLC Siemens S7-200 que fue otorgado por la universidad es apropiado para la aplicación del elevador, ya que tiene entradas y salidas de 110 voltios AC y 24 voltios DC, al igual que una fuente de alimentación de 24 voltios que sirve para alimentar a los sensores y fines de carrera del elevador. El PLC va a

ser colocado en un tablero de control 30x30 centímetros, sobre unos rieles especialmente diseñados para soportar la mayoría de dispositivos de control industrial, la alimentación del PLC es de 110 voltios AC a través de un disyuntor para brindar protección contra. Las entradas del PLC van a estar conectadas a borneras y las salidas directamente conectadas a los dispositivos de salida como son electroválvula, bomba y baliza tal como se observa en la figura 132.



Figura 132. Implementación del PLC

4.3.2. IMPLEMENTACION DE UNA PLACA PCB A UTILIZARSE COMO CONTROLADOR

Se debe plasmar el diseño de la placa PCB realizado en ARES en una placa real, para ello se imprime las pistas en una impresora láser con una hoja de papel termotransferible. Después se procede a transferir las pistas a la placa mediante el uso de una plancha como se observa en la figura 133.



Figura 133. Proceso de transferencia del diseño a la placa

Una vez transferido el diseño del papel a la placa, se sumerge la placa en ácido para que el ácido carcoma el cobre de alrededor de las pistas como se observa en la figura 134.

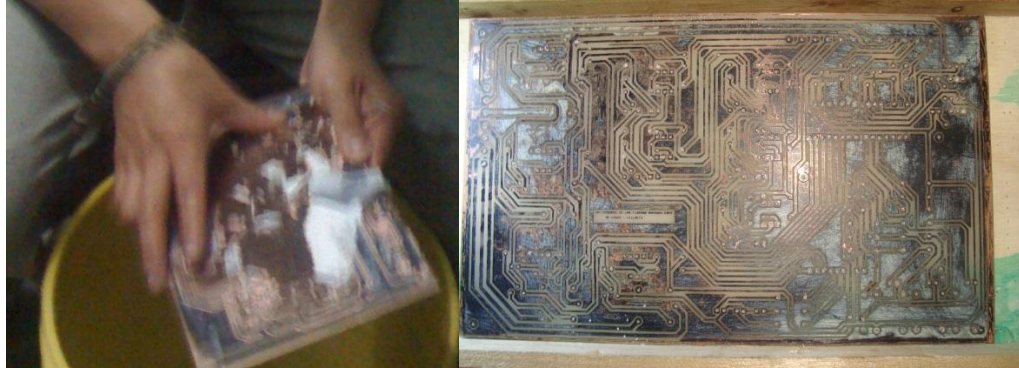


Figura 134. Quemado en ácido de la placa, obtención final de las pistas

Ya listas las pistas se limpia todo con un estropajo y se comienza a realizar con el taladro los huecos para que puedan entrar cada uno de los elementos de la placa para luego ser soldados, figura 135.

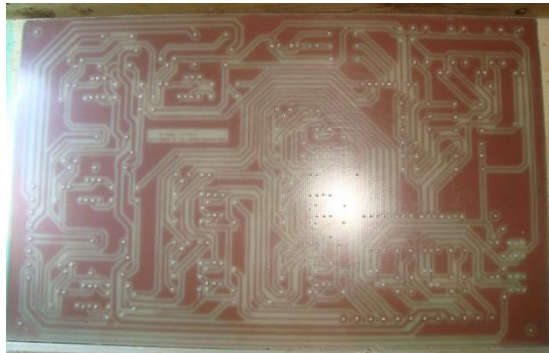


Figura 135. Taladrado de la placa para poder insertar los elementos

A la placa de la figura 135 se le sueldan todos los elementos electrónicos y se la coloca en una caja de acrílico de 34x15x10 centímetros, figura 136. Esta caja de acrílico hace que la placa esté segura y que se le pueda implementar fácilmente a la estructura como se muestra en la figura 137.

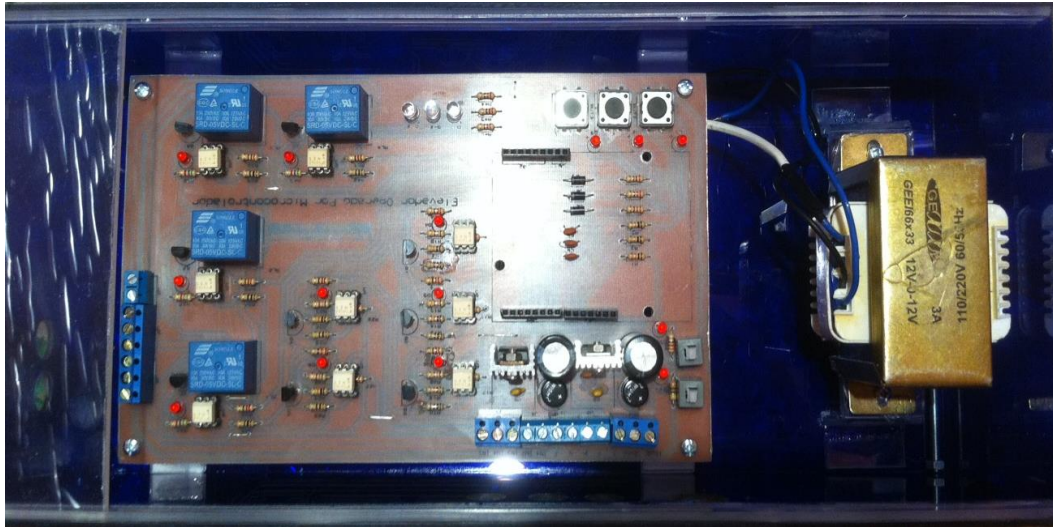


Figura 136. Placa PCB finalizada colocada en una caja de acrílico



Figura 137. Implementación de la caja de acrílico en la estructura

4.4. PROGRAMACION DEL SISTEMA DE CONTROL

La programación del sistema de control conlleva el tener claro el proceso y las variables que involucran el movimiento del sistema elevador de silla de ruedas, con ello se puede realizar la lógica del programa.

4.4.1. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO AUTOMATICO DEL ELEVADOR

4.4.1.1. Subida

Al presionar el botón subida el elevador comenzará a subir únicamente si la persona se encuentra sobre la plataforma del elevador, en el momento que ya esté en la plataforma el elevador comenzara a subir y en forma inmediata el mecanismo de seguridad se activará, cuando llegue a la altura de la plataforma el elevador se detendrá y la plataforma de conexión caerá para que la persona pase de la plataforma del elevador a la estructura una vez que la persona este sobre la estructura el elevador seguirá su movimiento hasta que la plataforma se pliegue.

4.4.1.2. Bajada

Al presionar el botón de bajada, la plataforma comenzara a bajar de la posición de pliegue hasta la misma altura de la estructura donde se detendrá automáticamente y caerá la plataforma de conexión hacia la estructura permitiendo que la persona suba a la plataforma del elevador. Una vez con la persona en la plataforma, el elevador comenzará a bajar automáticamente hasta que llegue al suelo donde se detendrá y el mecanismo de seguridad se desactivará permitiendo bajar a la persona.

4.4.1.3. Paro de emergencia

En el momento que se pulse el paro de emergencia la plataforma del elevador se detiene en la posición que esté y se podrá pulsar subida o bajada para llegar a las posiciones de pliegue, a la altura de la estructura o al suelo. También se podrá accionar el elevador con el control manual.

4.4.2. VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA

Una vez entendido el proceso que hace el elevador se va a obtener las variables que gobiernan el mismo.

4.4.2.1. Entradas

Las entradas del proceso van a ser las señales que generan los sensores para ver en qué posición se encuentra la persona como la plataforma. Se va a detallar la ubicación del sensor, la función que cumple en el proceso, la forma en que se va a etiquetar en el programa del PLC y la etiqueta en el programa del arduino en la tabla 8.

Tabla 8. Variables de entrada

SENSOR	FUNCION	ETIQUETA EN EL PLC	ETIQUETA EN EL ARDUINO
HanYoung PN-M1	La función de este sensor es dar la señal de que la persona se encuentra sobre la plataforma	I 0.3	PIN 3
IBEST PESI- R18POC3MD	La función que cumple este sensor es de generar la señal cuando la plataforma está a la misma altura de la estructura con el fin de detenerla y la caída de la plataforma de conexión.	I 0.4	PIN 4
IBEST PESI- R18POC3MD	El fin de este sensor es el de generar la señal que indique que la persona ya está fuera de la plataforma y sobre la estructura.	I 0.1	PIN 5
Fin de carrera plataforma	El fin de este sensor es generar la señal que indique que la plataforma del elevador se encuentra en el suelo.	I 0.0	PIN 2

**Tabla 8. Variables de entrada
(Continuación)**

Fin de carrera del brazo	El fin de este sensor es generar la señal que indique que la plataforma ya se ha plegado.	I 0.2	PIN 6
Pulsador verde	La función de este pulsador es activar el elevador para que comience a subir la plataforma en forma automática.	I 0.5	PIN 10
Pulsador rojo	La función de este pulsador es activar el elevador para que baje la plataforma en forma automática.	I 0.6	PIN 9
Pulsador de paro de emergencia	La función de este pulsador es desactivar el movimiento de la plataforma en cualquier momento para dar una mayor seguridad.	I 0.7	PIN 8

4.4.2.2. Salidas

Las salidas del PLC y de la placa PCB controlada por un arduino van a ser conectadas directamente a los actuadores, el tipo de salida, la función que realiza y el número de entrada tanto en el PLC como en el arduino se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9. Variables de salida

SALIDA	FUNCION	ETIQUETA EN EL PLC	ETIQUETA EN EL ARDUINO
Luz verde	Esta luz es un indicador visual que permite observar que el elevador se encuentra subiendo.	Q 0.7	A0
Luz roja	Esta luz es un indicador visual que permite observar que el elevador se encuentra bajando.	Q 1.0	A1
Luz naranja	Esta luz es un indicador visual que permite observar que el elevador se encuentra parado por haber presionado el pulsador de emergencia.	Q 1.1	A2
Baliza	Esta luz es un indicador visual que permite observar que el elevador se encuentra en movimiento.	Q 0.2	A3
Electroválvula de subida	La función de esta salida es activar la electroválvula a la posición en la cual permite el paso del líquido hidráulico al pistón para que realice el movimiento de subida de la plataforma.	Q 0.0	PIN 7

Tabla 9. Variables de salida(Continuación)

Electroválvula de bajada	La función de esta salida es activar la electroválvula moviéndola a la posición en la cual permite el paso del líquido hidráulico al pistón para que realice el movimiento de bajada de la plataforma.	Q 0.1	A4
Bomba	Se activa el solenoide para encender la bomba hidráulica.	Q 0.4	A5

Una vez tenido claro el proceso y las variables implicadas en el mismo se puede proceder a realizar el programa.

4.4.3. LOGICA DEL PROGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL

4.4.3.1. PLC

Se procederá a explicar la lógica de programación del PLC para el proceso de subida y pliegue de la plataforma en la figura 138.

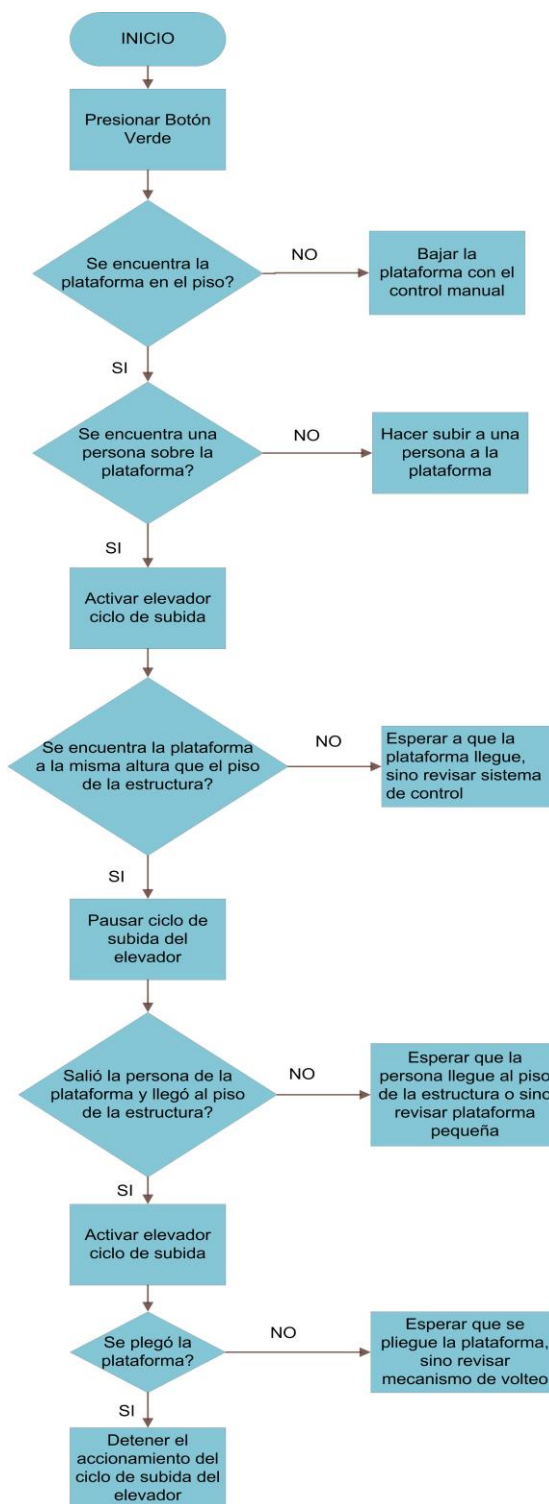


Figura 138. Diagrama de flujo sistema de control para la subida

A continuación se explicará en la figura 139 la lógica de programación del PLC para el proceso de despliegue y bajada de la plataforma.

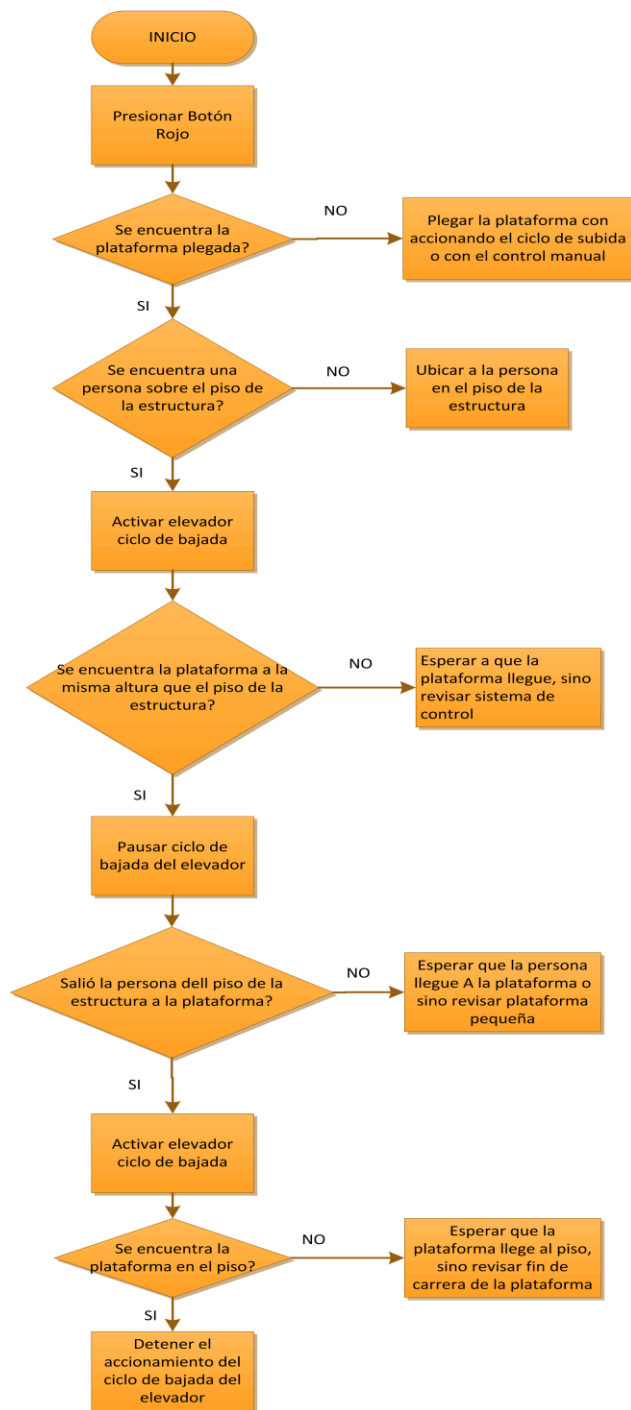


Figura 139. Diagrama de flujo sistema de control para la bajada

4.4.3.2. Arduino

Se presentará en las figuras 140, 141, 142, 143 y 144 la lógica de programación que tiene el programa del arduino tanto para la subida como para la bajada de la plataforma del sistema elevador de silla de ruedas.

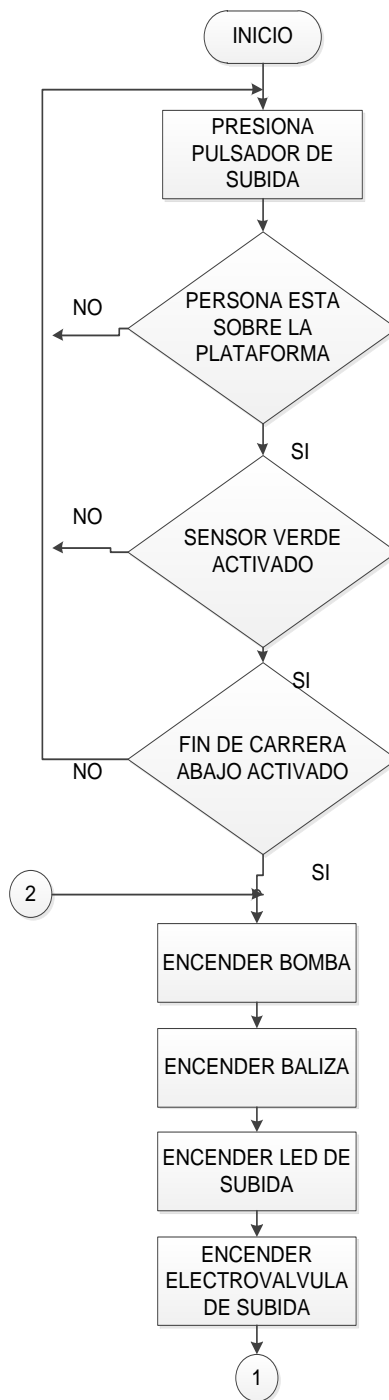


Figura 140. Diagrama de flujo programa arduino parte 1

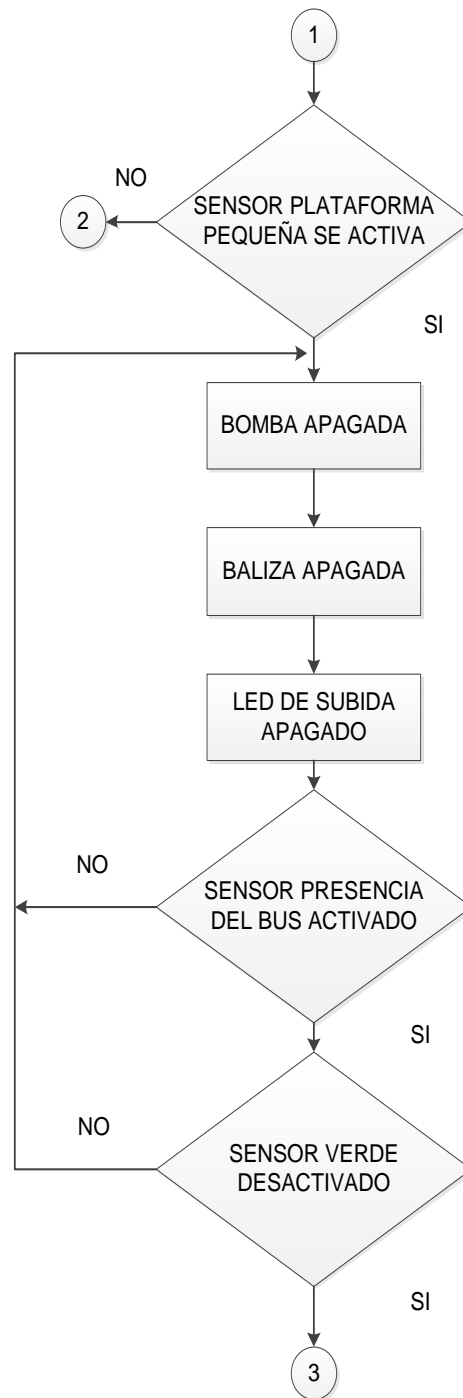


Figura 141. Diagrama de flujo programa arduino parte 2

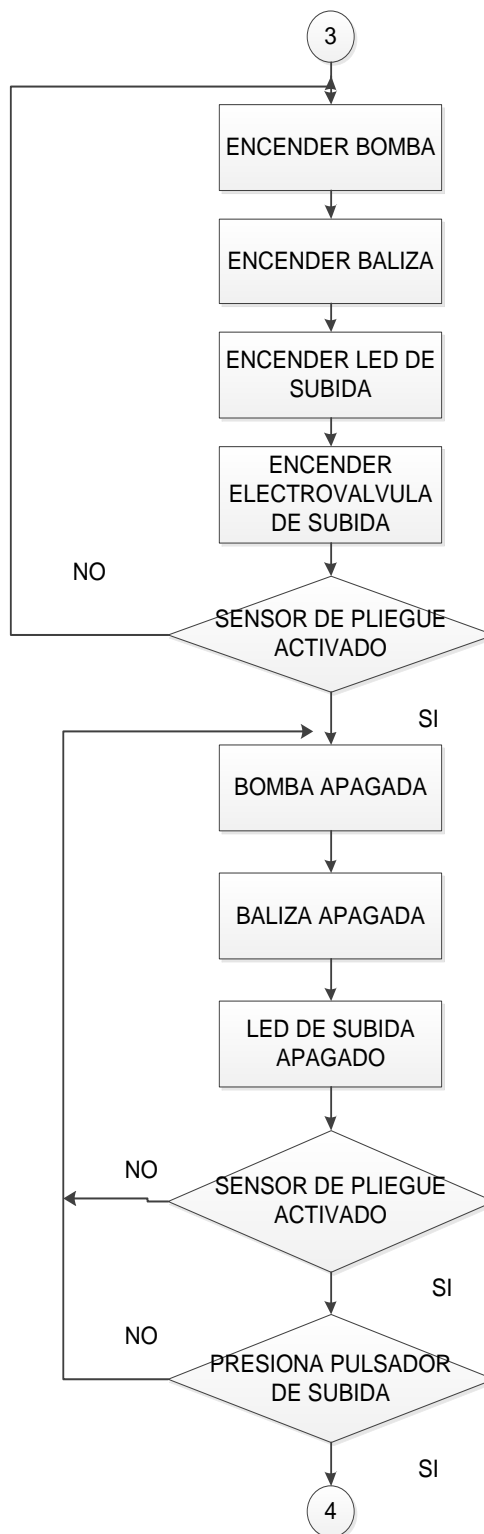


Figura 142. Diagrama de flujo programa arduino parte 3

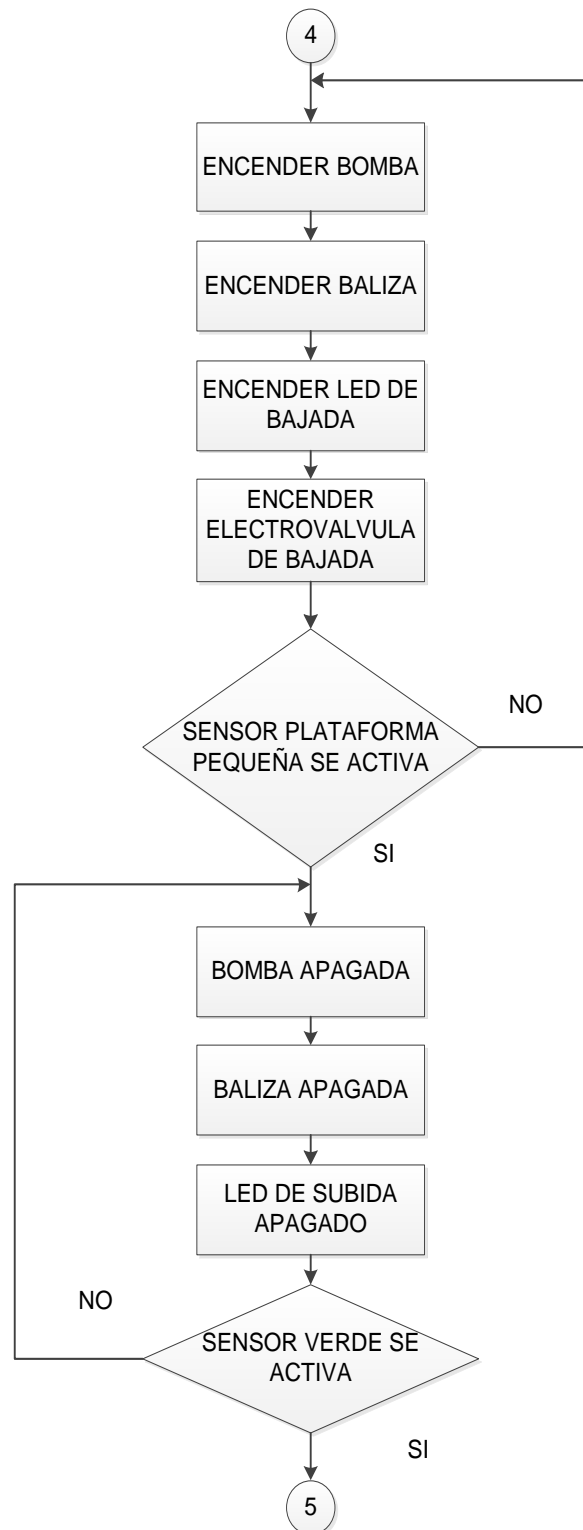


Figura 143. Diagrama de flujo programa arduino parte 4

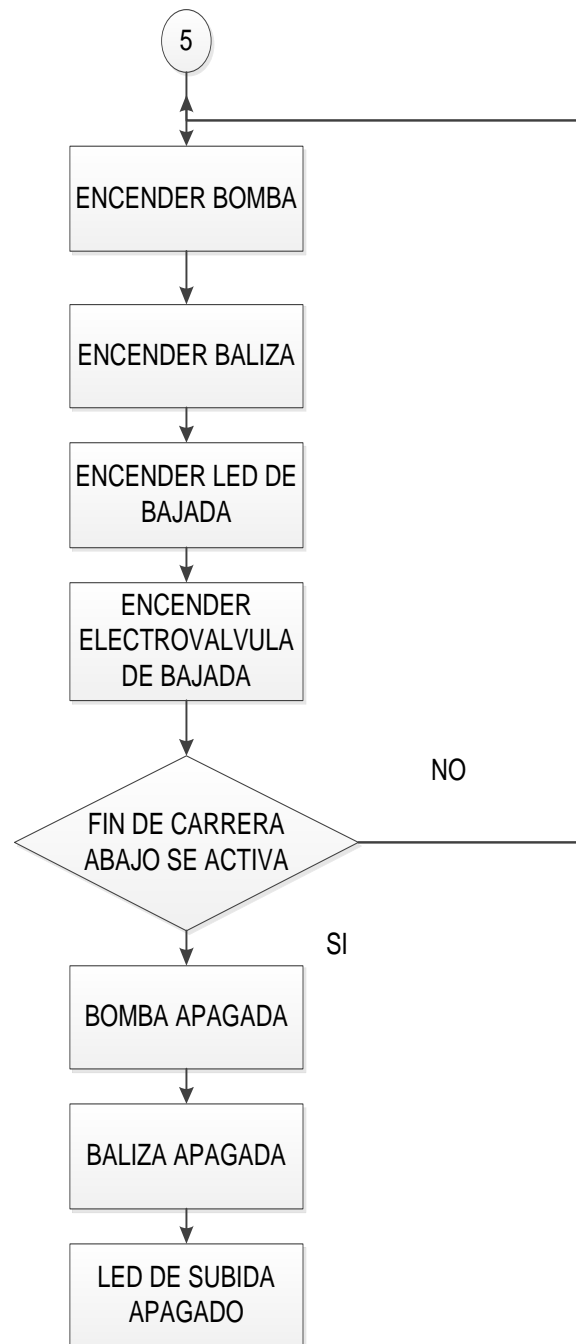


Figura 144. Diagrama de flujo programa arduino parte 5

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. DESARROLLO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS

El desarrollo de un protocolo de pruebas se ve en la necesidad de probar el sistema y sus partes para tener un correcto funcionamiento. Para lo cual debemos probar el funcionamiento de las partes principales tanto mecánicas, electrónicas y de control en el sistema. Las cuales deben tener ciertas características específicas al igual que cumplir algunos rangos de funcionamiento.

5.2. PRUEBAS Y RESULTADOS SISTEMA MECANICO

Se va a realizar pruebas para verificar el comportamiento de los elementos mecánicos del elevador.

5.2.1. MECANISMO LEVA INVERSA

Tabla 10. Prueba mecanismo leva inversa

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Soporta el peso de la plataforma de conexión	1	X	
	2	X	
	3	X	
Caída de la plataforma cae en el momento en que la plataforma y la estructura están a la misma altura	1		X
	2		X
	3		X
Las levas hacen un movimiento sincronizado	1		X
	2		X
	3		X

5.2.2. MECANISMO DE SEGURIDAD

Tabla 11. Pruebas de mecanismo de seguridad

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Funcionamiento del sistema cuando no está en el suelo	1	X	
	2	X	
	3	X	
Tiempo en el mecanismo se coloca en forma vertical para seguridad de la persona	1	X	
	2	X	
	3	X	
La plataforma del mecanismo de seguridad soporta el peso sin doblarse	1	X	
	2	X	
	3	X	

5.3. PRUEBAS Y RESULTADOS SISTEMA ELECTRICO/ ELECTRONICO

Se comprobará el funcionamiento de las partes más importantes del sistema electrónico para observar que tengan un funcionamiento correcto y evitar que causen errores.

5.3.1. PRUEBAS DE SENSORES

Tabla 12. Funcionamiento de los sensores

SEÑALES LOS SENSORES		
SENSOR	VOLTAJE DE ENTRADA	VOLTAJE SALIDA
HANYOUNG	24V DC	24V DC

Tabla 12. Funcionamiento de los sensores(Continuación)

FIN DE CARRERA BRAZO	24V DC	24V DC
FIN DE CARRERA PLATAFORMA	24V DC	24V DC
IBEST NIVEL	24V DC	24V DC
IBEST PRESENCIA	24V DC	24V DC
FUNCIONAMIENTO COMO INTERRUPTOR DE PRESENCIA		
SENSOR	VOLTAJE PRESENCIA	
HANYOUNG	0 V DC	
FIN DE CARRERA BRAZO	24 V DC	
FIN DE CARRERA PLATAFORMA	24 V DC	
IBEST NIVEL	24 V DC	
IBEST PRESENCIA	24V DC	

5.3.2. PRUEBAS BOMBA HIDRAULICA

Tabla 13. Funcionamiento de la bomba hidráulica

VOLTAJE DE ALIMENTACION
12 V DC
FUNCIONAMIENTO AL SER ALIMETADA
OK

5.3.3. PRUEBAS ELECTROVALVULA

Tabla 14. Funcionamiento de la electroválvula

VOLTAJE DE ALIMENTACION
110 V AC
FUNCIONAMIENTO DEL SELENOIDE INTERNO
OK

5.4. PRUEBAS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

5.4.1. PRUEBAS DEL PLC

Se va a realizar pruebas de funcionamiento al PLC una vez conectadas todas sus entradas y salida al igual que colocado en la caja de control.

5.4.1.1. Señales de entrada

Tabla 15. Prueba señales de entrada del PLC

ENTRADA	ETIQUETA	ACTIVADA	DESACTIVADA
I 0.0	FIN DE CARRERA PLATAFORMA	24 V DC	0 V
I 0.1	SENSOR ESTRUCTURA	24 V DC	0 V
I 0.2	FIN DE CARRERA BRAZO	24 V DC	0 V
I 0.3	SENSOR HANYOUNG	24 V DC	0 V
I 0.4	SENSOR PLATAFORMA CONEXIÓN	24 V DC	0 V
I 0.5	PULSADOR VERDE	24 V DC	0 V
I 0.6	PULSADOR ROJO	24 V DC	0 V
I 0.7	PULSADOR NARANJA	24 V DC	0 V

5.4.1.2. Señales de salida

Tabla 16. Prueba señales de salida del PLC

SALIDA	ETIQUETA	ACTIVADA	DESACTIVADA
Q 0.0	ELECTROVALVULA SUBIDA	110 V AC	0 V
Q 0.1	ELECTROVALVULA BAJADA	110 V AC	0 V
Q 0.2	BALIZA	110 V AC	0 V
Q 0.4	BOMBA	24 V DC	0 V
Q 0.7	LUZ VERDE	24 V DC	0 V
Q 1.0	LUZ ROJA	24 V DC	0 V
Q 1.1	LUZ NARANJA	24 V DC	0 V

5.4.2. PRUEBAS DE LA PLACA PCB

Se va a realizar pruebas de funcionamiento placa fabricada PCB, una vez conectadas todas sus entradas y salidas.

Tabla 17. Pruebas de funcionamiento y fabricación de la PCB

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Inspección visual sin componentes para detectar fallas	1	X	
	2	X	
	3	X	
Evaluación visual de la PCB orientación y posición de los componentes	1	X	
	2	X	
	3	X	
Prueba de continuidad entre pistas y componentes	1	X	
	2	X	
	3	X	
Prueba de funcionamiento de los componentes electrónicos de la PCB	1	X	
	2	X	
	3	X	

5.4.2.1. Señales de entrada

Se va a verificar que se encuentre una señal de entrada adecuada de voltaje al Arduino el cual es el que controla todo el funcionamiento de la PCB.

Tabla 18. Pruebas de la señal de entrada al Arduino de la PCB

ENTRADA	ETIQUETA	ACTIVADA	DESACTIVADA
PIN 2	FIN DE CARRERA ABAJO	5 V DC	0 V
PIN 5	SENSOR PRESENCIA EN EL BUS	5 V DC	0 V
PIN 6	SENSOR PLIEGUE	5 V DC	0 V
PIN 3	SENSOR VERDE	5V DC	0 V
PIN 4	SENSOR PLATAFORMA PEQUEÑA	5 V DC	0 V
PIN 10	BOTON DE SUBIDA	5V DC	0 V
PIN 9	BOTON DE BAJADA	5 V DC	0 V
PIN 8	BOTON DE EMERGENCIA	5V DC	0 V

5.4.2.2. Señales de salida

Se va verificar que las salidas tengan el voltaje adecuado para activar los actuadores y que el proceso se realice en forma automática.

Tabla 19. Prueba señales de salida de la PCB

SEÑALES DE SALIDA	ETIQUETA	ACTIVADA	DESACTIVADA
PIN 7	ELECTROVALVULA SUBIDA	110 V AC	0 V
PIN A4	ELECTROVALVULA BAJADA	110 V AC	0 V
PIN A3	BALIZA	110 V AC	0 V
PIN A5	BOMBA	24 V DC	0 V
PIN A0	LUZ VERDE	24 V DC	0 V
PIN A1	LUZ ROJA	24 V DC	0 V
PIN A2	LUZ NARANJA	24 V DC	0 V

5.5. PRUEBAS DEL PROCESO, EQUIPO O MÁQUINA

Para verificar el correcto funcionamiento del equipo se debe someterlo a pruebas en el proceso una vez automatizado.

5.5.1. PROCESO AUTOMATICO CON PLC

Al verificar el correcto funcionamiento del equipo, una vez automatizado con el PLC se debe realizar pruebas en sus dos procesos: subida y bajada.

5.5.1.1. Proceso de subida

Tabla 20. Pruebas proceso de subida PLC

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Se pulsa subida sin que este la persona en la plataforma y no realiza el movimiento	1	X	
	2	X	
	3	X	
Se pulsa subida y la persona está en la plataforma, el elevador comienza a subir	1	X	
	2	X	
	3	X	
El foco de subida se enciende el momento del movimiento	1	X	
	2	X	
	3	X	
El movimiento de subida del elevador va a una velocidad adecuada	1		X
	2		X
	3		X
No existe vibraciones en el movimiento que pueda causar accidente a la persona que está sobre la plataforma	1	X	
	2	X	
	3	X	
En el movimiento de subida los dos brazos se mueven sincronizados	1		X
	2		X
	3		X

Tabla 20. Pruebas proceso de subida PLC(Continuación)

Al momento en que se detiene el elevador a la altura de la estructura la plataforma de conexión cae en forma adecuada	1		X
	2		X
	3		X
El momento en que la persona ya está sobre la estructura el elevador comienza a plegarse en forma automática	1	X	
	2	X	
	3	X	
El momento en que el elevador llega a su posición de pliegue se detiene automáticamente	1	X	
	2	X	
	3	X	
Se enciende la baliza el momento en el que el elevador está en movimiento de subida	1	X	
	2	X	
	3	X	

5.5.1.2. Proceso de bajada

Tabla 21. Pruebas proceso de bajada PLC

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Se pulsa bajada y comienza a bajar de la posición de pliegue	1	X	
	2	X	
	3	X	
Al momento en que se detiene el elevador a la altura de la estructura la plataforma de conexión cae en forma adecuada	1		X
	2		X
	3		X

Tabla 21. Pruebas proceso de bajada PLC(Continuación)

El foco de bajada se enciende el momento del movimiento	1	X	
	2	X	
	3	X	
El movimiento de bajada del elevador es a una velocidad adecuada para que la persona no sufra ningún accidente	1		X
	2		X
	3		X
No existe vibraciones en el movimiento que pueda causar accidente a la persona que está sobre la plataforma	1	X	
	2	X	
	3	X	
En el movimiento de subida los dos brazos se mueven sincronizados	1		X
	2		X
	3		X
Al momento en que la plataforma del elevador toca el suelo el movimiento del elevador se detiene automáticamente	1	X	
	2	X	
	3	X	
Se enciende la baliza el momento en el que el elevador está en movimiento de bajada	1	X	
	2	X	
	3	X	

5.5.1.3. Proceso de paro de emergencia

Tabla 22. Pruebas proceso de paro de emergencia PLC

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Al momento de pulsar el botón de emergencia el elevador se detiene automáticamente	1	X	
	2	X	
	3	X	
al momento de pulsar el botón de emergencia el elevador permite utilizar el modo manual sin ningún inconveniente	1	X	
	2	X	
	3	X	

5.5.2. PROCESO AUTOMATICO CON PLACA PCB

Al verificar el correcto funcionamiento del equipo, una vez automatizado con la PCB se debe realizar pruebas en sus dos procesos: subida, bajada y emergencia.

5.5.2.1. Proceso de subida

Tabla 23. Pruebas proceso de subida placa PCB

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Se pulsa subida sin que este la persona en la plataforma y no realiza el movimiento	1	X	
	2	X	
	3	X	
Se pulsa subida y la persona está en la plataforma, el elevador comienza a subir	1	X	
	2	X	
	3	X	
El foco de subida se enciende el momento del movimiento	1	X	
	2	X	
	3	X	

Tabla 23. Pruebas proceso de subida placa PCB(Continuación)

El movimiento de subida del elevador es a una velocidad adecuada para que la persona no sufra ningún accidente	1	X
	2	X
	3	X
No existe vibraciones en el movimiento que pueda causar accidente a la persona que está sobre la plataforma	1	X
	2	X
	3	X
En el movimiento de subida los dos brazos se mueven sincronizados	1	X
	2	X
	3	X
Al momento en que se detiene el elevador a la altura de la estructura la plataforma de conexión cae en forma adecuada	1	X
	2	X
	3	X
El momento en que la persona ya está sobre la estructura el elevador comienza a plegarse en forma automática	1	X
	2	X
	3	X
El momento en que el elevador llega a su posición de pliegue se detiene automáticamente	1	X
	2	X
	3	X
Se enciende la baliza el momento en el que el elevador está en movimiento de subida	1	X
	2	X
	3	X

5.5.2.2. Proceso de bajada

Tabla 24. Pruebas proceso de bajada placa PCB

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Se pulsa bajada y comienza a bajar de la posición de pliegue	1	X	
	2	X	
	3	X	
Al momento en que se detiene el elevador a la altura de la estructura la plataforma de conexión cae en forma adecuada	1	X	
	2	X	
	3	X	
El foco de bajada se enciende el momento del movimiento	1	X	
	2	X	
	3	X	
El movimiento de bajada del elevador es a una velocidad adecuada para que la persona no sufra ningún accidente	1	X	
	2	X	
	3	X	
No existe vibraciones en el movimiento que pueda causar accidente a la persona que está sobre la plataforma	1	X	
	2	X	
	3	X	
En el movimiento de subida los dos brazos se mueven sincronizados	1	X	
	2	X	
	3	X	
Al momento en que la plataforma del elevador toca el suelo el movimiento del elevador se detiene automáticamente	1	X	
	2	X	
	3	X	

Se enciende la baliza el momento	1	X
en el que el elevador está en	2	X
movimiento de bajada	3	X

5.5.2.3. Proceso de emergencia

Tabla 25. Pruebas proceso de paro de emergencia placa PCB

FUNCION	PRUEBA	FUNCIONAMIENTO	
		CORRECTO	INCORRECTO
Al momento de pulsar el botón de emergencia el elevador se detiene automáticamente	1	X	
	2	X	
	3	X	
Al momento de pulsar el botón de emergencia el elevador permite utilizar el modo manual	1	X	
	2	X	
	3	X	

5.6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS

Se va a analizar los resultados obtenidos de todos los sistemas y el proceso en sí que fueron sometidos a diferentes pruebas para su correcto funcionamiento.

5.6.1. MECANISMO LEVA INVERSA

Como se pudo observar al momento de realizar las pruebas descritas con anterioridad, se puede concluir que el material utilizado para la leva es el correcto ya que soporta sin ningún problema el peso de la plataforma de conexión.

Se encontró que existen dos problemas:

Las levas no permiten caer la plataforma de conexión en el momento en el cual la plataforma está a la misma altura de la estructura, por lo cual la plataforma de conexión no cae sobre la estructura y no permite el paso de la persona a la estructura.

Las dos levas no están sincronizadas, lo que significa el seguidor de la leva 1 va más adelantado al seguidor de la leva 2, por lo cual hace que la plataforma de conexión no se coloque en forma horizontal sobre la estructura.

5.6.2. MECANISMO DE SEGURIDAD

Se pudo observar en las pruebas que el diseño del mecanismo de seguridad estuvo correcto, ya que el material elegido para la plataforma soporta el peso de una persona sin doblarse y la plataforma del mecanismo de seguridad se coloca en posición vertical inmediatamente que el elevador comienza el ciclo de subida, por lo cual cumple el funcionamiento para el cual fue diseñado.

5.6.3. PRUEBAS SENSORES

Al realizar las pruebas de funcionamiento de los sensores se pudo observar que tienen un funcionamiento correcto debido a que nos entregan la señal y voltaje correcto que se necesita para la programación del movimiento automático del elevador.

5.6.4. PRUEBAS BOMBA HIDRAULICA

Al alimentar con la batería de 12 voltios DC a la bomba hidráulica y realizar pruebas de funcionamiento se pudo observar que tienen un funcionamiento correcto, lo cual es óptimo para la programación del movimiento automático del elevador.

5.6.5. PRUEBAS ELECTROVALVULA

Hay que tener en cuenta que la electroválvula funciona con un voltaje de 110 voltios AC, al realizar pruebas de funcionamiento se observó que tienen un funcionamiento correcto, lo cual es óptimo para la programación del movimiento automático del elevador.

5.6.6. PRUEBAS DEL PLC

Al PLC se le realizó diferentes pruebas en las cuales se comprobó el funcionamiento, el voltaje que entregan sus salidas y la lectura de los voltajes de entrada.

5.6.6.1. Señales de entrada

Al realizar las pruebas se pudo observar que el PLC lee todas las señales de los sensores y los botones de entrada, lo cual permite realizar el programa de movimiento automático del elevador sin ningún inconveniente.

5.6.6.2. Señales de salida

Al realizar las pruebas se pudo observar que el PLC entrega el voltaje correcto y necesario para todas las salidas. Al conectar con los actuadores se pudo comprobar su correcto funcionamiento.

5.6.7. PRUEBAS DE LA PLACA PCB

Se realizó diferentes pruebas a la PCB, la prueba de inspección visual de la placa sin componentes se la efectuó para verificar que no existan fallas en las pistas ya que pueda que estén cortocircuitadas o abiertas.

La segunda prueba que se realizó fue una inspección visual de la orientación y posición de los componentes, principalmente se la realiza para verificar la polaridad de los componentes para que no existan cortocircuitos.

La tercera prueba se realizó fue una prueba de continuidad la cual se la realiza para evitar que los componentes no estén conectados entre sí y evitar fallas como circuitos abiertos.

La cuarta prueba fue una prueba de funcionamiento global para verificar el correcto funcionamiento electrónico de los componentes en la PCB, pero se presentó el problema que había que sacar el arduino de la placa para poder cargar el programa, al colocar el arduino con el programa cargado las pruebas salieron exitosas y no hubo ningún problema en la fabricación y funcionamiento de la PCB.

Se pudo observar que la PCB se calentaba después de ser probada debido a que los chips rectificadores de voltaje 7805 y 7824 disipaban demasiado calor.

5.6.7.1. Señales de entrada

Se realizó pruebas a la señal de entrada que ingresa al Arduino de la PCB el cual es el encargado de controlar el funcionamiento correcto de la misma. Al realizar las pruebas se encontró con que el voltaje era el adecuado en todas las entradas.

5.6.7.2. Señales de salida

Se realizó pruebas para verificar que el voltaje de las salidas de la PCB era el correcto con el cual trabajaran los actuadores en una forma adecuada sin ningún problema, la prueba salió exitosa y todos los voltajes de salida fueron los esperados según el diseño la PCB.

5.6.8. PROCESO AUTOMATICO CON PLC

En estas pruebas se va a analizar el funcionamiento en conjunto de todos los sistemas en los procesos que tiene el movimiento automático del elevador mediante el control del PLC.

5.6.8.1. Proceso de subida

Para el proceso de subida se puso a prueba el funcionamiento colectivo de todos los sistemas, al pulsar el botón de subida el proceso comienza en forma correcta lo que quiere decir que si la persona no está sobre la plataforma del elevador, no comienza a subir. Los indicadores luminosos tienen un funcionamiento preciso en todo el proceso de subida. En el movimiento en sí se pudo observar que no existen vibraciones y que éste no es muy rápido, lo cual evita que exista algún riesgo de malestar o de que ocurra algún accidente a la persona que se encuentra sobre la plataforma.

Al momento que están a la misma altura la plataforma y la estructura existe un pequeño desfase ya que la plataforma de conexión no cae completamente apoyada sobre la estructura, también se pudo observar que los brazos no suben en una forma sincronizada.

Al momento en que la persona se encuentra sobre la estructura el proceso continuó automáticamente y los brazos junto a la plataforma comienzan a

plegarse en forma automática hasta su posición de pliegue en la forma esperada.

Se puede concluir que el proceso en sí, funciona de manera automática, con una buena calibración y sin fallas.

5.6.8.2. Proceso de bajada

Para el proceso de bajada se puso a prueba el funcionamiento colectivo de todos los sistemas, al pulsar el botón de bajada en la posición de pliegue el proceso comienza de forma satisfactoria. Los indicadores luminosos tienen un funcionamiento correcto en todo el proceso de bajada ya sea el foco rojo como la baliza. Cuando se produce el movimiento se observó que no existen vibraciones y la velocidad de bajada es adecuada, lo cual evita que exista algún riesgo de malestar o de que ocurra algún accidente a la persona que se encuentra sobre la plataforma.

Al momento que están a la misma altura la plataforma y la estructura existe un desfase ya que la plataforma de conexión no cae apoyada sobre la estructura, queda en el aire, también se pudo observar que los brazos no suben de manera sincronizada.

Al momento en que la persona se encuentra sobre la plataforma el proceso de bajada continúa automáticamente y la plataforma baja hasta que topa el suelo y se detiene de forma automática.

Se puede concluir que el proceso en sí, es automático y que el movimiento esperado en el diseño cumple las expectativas en el momento de la implementación y prueba.

5.6.8.3. Proceso de emergencia

Al pulsar el botón de paro de emergencia se puede observar que el funcionamiento es apropiado ya que se para en forma inmediata y permite que se pueda mover el elevador con el control manual.

5.6.9. PROCESO AUTOMATICO CON LA PCB

5.6.9.1. Proceso de subida

Para verificar el adecuado funcionamiento del elevador en el proceso de subida se le sometió a diferentes pruebas en cada etapa de movimiento, debido a que estas pruebas fueron sometidas luego de haber corregido todos los errores que se presentaron al momento de hacer las pruebas con el PLC no hubo novedades. Por lo cual no se presentó ninguna falla al momento de las pruebas sometidas a la PCB en el proceso automático de subida.

5.6.9.2. Proceso de bajada

La PCB se sometió a las mismas pruebas del proceso automático de bajada que el PLC, razón por la cual se encontraron errores en esta prueba.

5.6.9.3. Proceso de emergencia

Se sometió a la PCB a las pruebas del proceso de emergencia, todo funciono satisfactoriamente, deteniendo el elevador automáticamente cuando se pulsa el botón de emergencia y activando la opción de utilizar el mando manual.

5.7. MEJORAS IMPLEMENTADAS

5.7.1. MECANISMO LEVA INVERSA

Los problemas que se encontraron con las levas fueron dos básicamente: en el momento en que la leva llega a la posición de reposo la plataforma de conexión no se apoya sobre la estructura. La solución propuesta fue fresar las levas en la posición de reposo y hacerle más profunda a la ranura para que baje más la plataforma, así al momento que debe caer la plataforma no hay inconvenientes y todo sale de acuerdo a lo esperado.

El segundo problema que apareció fue el que las levas no se movían en forma sincronizada lo cual hace que la plataforma de conexión no baje de forma uniforme, un lado más alto que otro. Para solucionar este problema se movió la posición del seguidor de una leva de tal manera de que las levas se muevan en forma sincronizada y la plataforma caiga igual tanto en el lado derecho como en el izquierdo y en el momento adecuado sobre la estructura.

5.7.2. PROCESO DE SUBIDA AUTOMATICO CON PLC

En el momento en el que la plataforma está a la misma altura de la estructura el sensor de la estructura manda la señal al PLC, el cual lo detiene de forma automática, aquí se encontró el problema de que la plataforma de conexión no se apoya sobre la estructura y queda en el aire.

La solución que se planteó a este problema fue el añadir un pequeño retardo en el programa del PLC de 1300 milisegundos, así cuando llega la señal del sensor que se encuentra en la plataforma, el movimiento no se detiene automáticamente sino hasta después del tiempo implementado, con lo cual se logra que la plataforma se detenga en el momento exacto cuando la plataforma de conexión se apoya en la estructura.

5.7.3. PROCESO DE BAJADA AUTOMATICO CON PLC

Al bajar la plataforma de la posición de pliegue llega el momento en el cual la plataforma está a la misma altura de la estructura el sensor de la estructura manda la señal al PLC, el cual lo detiene en forma automática, se localizó el problema que en el momento en que se detiene la plataforma de conexión, existe una mínima distancia entre la plataforma de conexión y la estructura que impide que exista el contacto correcto entre estos dos elementos.

La solución encontrada a este problema fue el añadir un retardo en el programa de PLC cuando llega la señal del sensor que se encuentra en la plataforma, ésta no se detiene inmediatamente sino que espera 300 milisegundos para detenerse, tiempo suficiente para que la conexión entre la plataforma de conexión y la estructura se haya efectuado exitosamente.

5.7.4. MOVIMIENTO DE LOS BRAZOS

Después de realizar ciertas pruebas al equipo se pudo dar cuenta de que los brazos no suben ni bajan en una forma sincronizada, lo cual hace que la plataforma no suba ni baje de manera paralela al piso.

La solución a este problema fue nivelar la plataforma mediante la calibración de los reguladores de caudal, así la plataforma sube de manera uniforme ya que el movimiento de los dos brazos es sincronizado.

5.7.5. FUNCIONAMIENTO DE LA PCB

Se presentó el problema que se debía sacar el arduino de la PCB para poder cargar el programa, aunque después de cargar el programa al arduino fuera de la PCB y colocándole de nuevo el elevador funcionó exitosamente.

La solución para este problema fue de colocar un diodo 1N4007, el cual permitió cargar el programa a la PCB sin ningún problema y sin necesidad de retirar el arduino de la PCB. Se debe tomar a consideración que para cargar el programa al arduino deben estar previamente apagadas las fuentes de 24 y 5 voltios de la PCB.

Se presentó el problema de que los reguladores de voltaje 7805 y 7824 generaban demasiado calor, lo que hacía que la PCB se recaliente. La solución encontrada fue la colocación de disipadores de calor en cada regulador, figura 145 para evitar que se caliente la PCB.

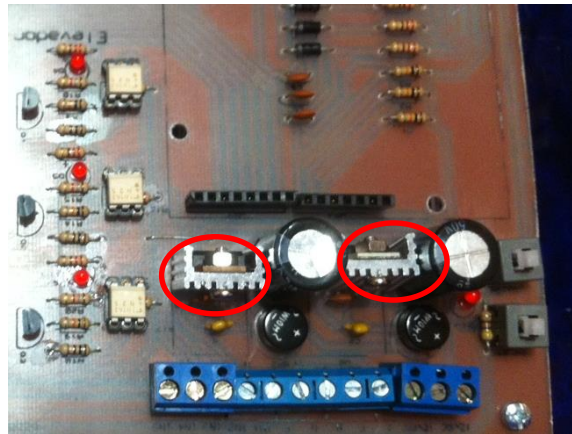


Figura 145. Colocación de disipadores de calor

5.8. VIDA ÚTIL Y PROYECCIÓN DEL SISTEMA

Toda la estructura fue diseñada y reforzada, por ejemplo con refuerzos que se pueden observar en la figura 146 para tener una vida útil de 1×10^6 ciclos lo que nos dice que el sistema no va a fallar en lo referente a la parte mecánica.



Figura 146. Refuerzos para no tener falla por fatiga.

Del diseño efectuado en la primera etapa del proyecto se puede concluir que la estructura metálica no tendrá falla catastrófica y cabe recalcar que este sistema es solo un prototipo que si se requiere que salga al mercado debe ser sometido a varias pruebas para saber cuándo va a fallar, por lo tanto se recomienda un mantenimiento preventivo de cada uno de los componentes y en caso de fallo el respectivo reemplazo.

En el sistema hidráulico hay que tomar en cuenta que en el catálogo (Concentric, 2011) de la bomba no nos indica su tiempo de vida útil, nos indica que la bomba hidráulica es modular lo que quiere decir que en caso de daño de alguna parte ya sea el motor, la solenoide, el reservorio, etc. Se lo cambia y la bomba funcionara normalmente.



Figura 147. Bomba Hidráulica PowerPack

El catálogo (Concentric, 2011) no nos indica que se debe realizar algún tipo de mantenimiento específico en la bomba, por lo cual se recomienda que se realice una inspección visual de la bomba, que no exista alguna anomalía, fuga o se sobrecaliente la misma.

Para el correcto funcionamiento de la bomba hidráulica se necesita que el líquido hidráulico este en buen estado. En el catálogo no se indica en que tiempo se debe cambiar el mismo, por lo cual es aconsejable que se lo cambie previo a una inspección visual, al ver que el líquido hidráulico cambie su color normal que es un color amarillo a un color más oscuro o negro, se debe cambiar el todo el líquido hidráulico de la bomba.

En la parte eléctrica y electrónica se recomienda cambiar el elemento en el caso de haber un fallo ya que no se puede dar un tiempo de vida útil a cada elemento ya que depende mucho de la manipulación y el mal uso que se pueda dar a cada componente.

CAPITULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

En el desarrollo del análisis económico se va a determinar el costo del proyecto en la segunda etapa, a esto se le sumará el costo de la primera etapa para saber el costo total del proyecto.

6.1. COSTES DE INVERSIÓN

Se va a detallar los costes de inversión en diferentes sistemas para al final tener conocimiento del coste final de producción del presente proyecto.

6.1.1. SISTEMA MECÁNICO

Tabla 26. Costes sistema mecánico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ESTRUCTURA			
Eje de transmisión 2"	1	60,00	60,00
Cuchilla torno	1	30,00	30,00
Electrodos 6011	2 lb	10,00	10,00
Placas de soporte	4	40,00	40,00
Pintura	1 lt	6,00	6,00

Tabla 26. Costes sistema mecánico (Continuación)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
BRAZOS			
Rodillos duralon	1	20,0	20,0
Pernos	8	1,50	12,00
Boquilla plasma	1	10,00	10,00
Electrodo plasma	1	15,00	15,00
Pintura	1 lt	6,00	6,00
PLATAFORMA, PLATAFORMA DE CONEXION			
Tool de Aluminio corrugado	1	45,00	45,00
Tubos estructurales	3	10,00	10,00
Remaches	20	0,06	1,20
Brocas	4	1,80	7,20
Electrodos 6011	1 lb	5,00	5,00
Pernos	6	0,80	4,80
Bujes	6	3,80	22,80
Pintura	1 lt	6,00	6,00

Tabla 26. Costes sistema mecánico (Continuación)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
MECANISMO DE SEGURIDAD			
Tool corrugado	1	35,0	35,0
Resortes	2	7,80	15,60
Eslabones	4	2,00	8,00
Rodillo duralon 2"	2	5,00	10,00
Pernos	8	0,80	6,40
MECANISMO LEVA SEGUIDOR			
Material leva duralon	1	80,00	80,00
Material seguidor duralon	2	4,00	8,00
Cable de acero	5 mts	2,20	11,00
Grilletes	4	0,90	3,60
Poleas	6	2,50	15,00
Pernos	4	1,80	7,20

Tabla 26. Costes sistema mecánico (Continuación)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
CIRCUITO HIDRAULICO			
Mangueras	2	35,0	70,0
Teflón, permatex	1	4,00	4,00
Líquido hidráulico	1 Gl	18,00	18,00
SUJETACION ESTRUCTURA			
Tacos de expansión	8	1,20	9,60
Pernos	8	1,00	8,00
Templador	1	10,00	10,00
Cable de acero	2 mts	3,00	6,00
Grilletes	4	1,40	5,60
Gastos varios	1	100	100
TOTAL			742,00

6.1.2. SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRONICO

Tabla 27. Costes sistema eléctrico y electrónico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
SENSORES			
IBEST PESI-R18POC3MD	2	50,0	100,0
Fin de Carrera	2	12,00	24,00
PLACA PCB			
Placa Fibra de Vidrio	1	9,00	9,00
Resistencias	48	0,03	1,44
Transformador	1	16,00	16,00
Opto acopladores	9	0,90	8,10
Arduino	1	40,00	40,00
Capacitores	9	0,60	5,40
Otros	1	70,00	70,00
Caja acrílico	1	40,00	40,00

Tabla 27. Costes sistema eléctrico y electrónico (Continuación)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
VARIOS			
Batería	1	300,0	300,0
Cables batería con acoples	2	35,00	70,00
Cargador de batería	1	60,00	60,00
Pulsadores	3	12,00	36,00
Riele para tablero de control	1	11,00	11,00
Borneras para tablero de control	28	1,45	40,60
Metro cable AWG 16	50	0,68	34,00
Canaletas para cable	1	15,00	15,00
Amarras plásticas	1	2,40	2,40
Baliza	1	35,00	35,00
Otros	1	50,00	100,00
TOTAL			1117,94

6.1.3. COSTE MANO DE OBRA DIRECTA

Tabla 28. Coste mano de obra directa

Descripción	Horas	Costo/hora	Costo total
Torneado	30	15,00	450,00
Soldador/Plasma	4	15,00	60,00
Fresado	10	15,00	150,00
Fresado CNC	10	32,00	320,00
TOTAL			980,00

6.1.4. COSTE TOTAL DEL PROYECTO PRIMERA ETAPA

Tabla 29. Coste total del proyecto primera etapa

Fuente: (Puma & Santos, 2011)

Descripción	Costo total
Técnico industrial	900,00
Soldador	135,00
Sistema hidráulico	2500,00
Sistema mecánico	1500,00
Sistema automatización	750,00
Lubricantes y grasa	25,00
Insumos varios	60,00
Total	5870,00

6.1.5. GASTOS DE GESTIÓN

Los gastos de gestión se refieren a los servicios utilizados a lo largo del desarrollo del presente proyecto, estos están tabulados en la tabla 29.

Tabla 30. Gastos de gestión

DESCRIPCIÓN	MONTO (\$)
Luz	30
Agua	6
Teléfono	50
Internet	20
Transporte	100
TOTAL	206

6.1.6. COSTE TOTAL DEL PROYECTO SEGUNDA ETAPA

Tabla 31. Coste total proyecto segunda etapa

Descripción	Costo total
Sistema mecánico	742,00
Sistema eléctrico y electrónico	1117,94
Coste mano de obra directa	980,00
Gastos de gestión	206,00
Total	3045,94

6.1.7. COSTE TOTAL DEL PROYECTO

Tabla 32. Coste total del proyecto, etapa 1 y 2

Descripción	Costo total
Primera etapa	5870,00
Segunda etapa	3045,94
Total	8915,94

6.2. COSTES DE EXPLOTACION

En los costes de explotación consta todo lo referente al mantenimiento de sistema elevador de silla de ruedas, el uso de servicios básico debido al uso del mismo y otros gastos que puedan surgir mientras se pone en marcha el sistema.

Generalmente el valor asignado a los costes de explotación es el 10 % del costo total del proyecto, así el valor asignado será de \$891,59 dólares americanos.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Mediante adaptaciones de la estructura se logró la portabilidad de la misma.
- Se diseñó e implementó un mecanismo de leva seguidor, siendo este sometido a un ensayo de prueba y error, para asegurar su correcto funcionamiento, obteniendo una variación de 1° respecto al ángulo calculado.
- Se diseñó e implementó satisfactoriamente un mecanismo de seguridad netamente mecánico, a diferencia de los eléctricos que se encuentran en el mercado, el mismo que evita la caída de la silla de ruedas cuando la plataforma está en movimiento.
- El sistema de control tanto del PLC como de la placa electrónica accionada por un arduino funcionan correctamente, cabe mencionar si el proyecto llega a ser implementado se debe utilizar un PLC para el sistema de control, ya que su uso es industrial.

7.2. RECOMENDACIONES

- Considerando que el mecanismo de seguridad de este proyecto es netamente mecánico y su diseño fue exitoso, se recomienda implementar en aplicaciones similares para el ahorro de energía.
- Para lograr en su totalidad el pliegue vertical de la plataforma se debería aumentar la distancia existente entre los brazos hidráulicos y colocar bujes más largos para que al momento de plegarse la plataforma, esta no colisione con el mecanismo de leva seguidor.

7.3. BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS

Ablabutyán. (2014). *United States Patent*.

carga facil. (2014). Retrieved marzo 2, 2014, from www.cargafacil.com

Concentric. (2011). Retrieved abril 3, 2014, from HE POWERPACKS:
http://www.concentricab.com/_downloads/Catalogs/HEPOWERPACKS.PDF

Gestion empresarial. (2013). Retrieved octubre 20, 2013, from
<http://gestionempresarial4.wordpress.com/174-2/>

Gil, S. (2011). *Experimentos de Física*. Retrieved junio 23, 2014, from
http://www.fisicarecreativa.com/taller/guias/cap_25_flexion_barras.pdf

mobility car solutions. (2014). Retrieved febrero 12, 2014, from
www.mobilitycarsolutions.com

Olmedo, F. (2005). *MECANISMOS* (Primera ed.). Sangolquí.

Olmedo, J. F. (2011, Abril 28). Diseño del mecanismo de accionamiento de la plataforma de acceso del sistema de elevación para personas con movilidad limitada. Sangolquí, Pichincha, Ecuador.

Puma, A., & Santos, S. (2011). Sangolquí, Ruminahui, Ecuador: Tesis.

Ricon Corporation. (2014). Retrieved abril 3, 2014, from www.riiconcorp.com

transporte especializado. (2014). Retrieved enero 23, 2014, from
www.transporteespecializado.com

Vanegas, L. (2011). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Retrieved junio 15, 2014, from <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap6.pdf>

Wheel chair lift top. (2013). Retrieved octubre 8, 2013, from
<http://wheelchairlifttop.com/disabled-home-lifts/index.html>

Yanguas. (2014). Retrieved febrero 27, 2014, from www.yanguas.cl

