



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

PROYECTO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO MECATRONICO

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA
SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON
DISCAPACIDAD MOTRIZ EN MIEMBROS INFERIORES
PARA EL EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
FUERZAS ARMADAS ESPE – EXTENSION LATACUNGA
CAMPUS “GRAL. GUILLERMO RODRIGUEZ LARA”.**

**AUTORES: CASA CASA EDWIN MARCELO
NETO CORDONEZ HÉCTOR DANILO**

**DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR: ING. FREDDY SALAZAR**

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ EN MIEMBROS INFERIORES PARA EL EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE – EXTENSION LATACUNGA CAMPUS GRAL. GUILLERMO RODRIGUEZ LARA”***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ***EDWIN MARCELO CASA CASA*** y ***HÉCTOR DANILO NETO CORDONEZ*** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 20 de agosto del 2015

ING. GUIDO TORRES

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **EDWIN MARCELO CASA CASA**, con cédula de identidad N° 0503405946 y **HÉCTOR DANILO NETO CORDONEZ**, con cédula de identidad N° 0503620643, declaramos que este trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ EN MIEMBROS INFERIORES PARA EL EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE – EXTENSION LATACUNGA CAMPUS GRAL. GUILLERMO RODRIGUEZ LARA”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 20 de agosto del 2015

EDWIN MARCELO CASA CASA

C.C.: 0503405946

HÉCTOR DANILO NETO CORDONEZ

C.C.: 0503620643



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **EDWIN MARCELO CASA CASA** y **HÉCTOR DANILO NETO CORDONEZ**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ EN MIEMBROS INFERIORES PARA EL EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE – EXTENSION LATACUNGA CAMPUS GRAL. GUILLERMO RODRIGUEZ LARA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 20 de agosto del 2015

EDWIN MARCELO CASA CASA

C.C.: 0503405946

HÉCTOR DANILO NETO CORDONEZ

C.C.: 0503620643

DEDICATORIA

“El fracaso no te vencerá si la razón que tienes es lo suficientemente determinante”

La culminación de este proyecto de tesis es fruto de la constancia y el esfuerzo realizado a lo largo de mi vida universitaria, pero todo no hubiese sido posible sin el apoyo de las personas que estuvieron conmigo este tiempo, a quienes les dedico este trabajo.

A mi madre Mercedes que siempre me apoyo incondicionalmente y estuvo a mi lado para darme sus consejos y toda la sabiduría que guarda en su interior. Gracias madrecita porque sin ti nada de esto fuera posible.

A mi padre Edgar que siempre se esfuerza por darnos un mejor mañana y que con su sabiduría me ha guiado durante este largo trajinar universitario, gracias papito por ser un ejemplo de padre, hermano y amigo.

A mis hermanos Henry y Maybrith, por ser los mejores amigos, por sus palabras de aliento y por todos los momentos hermosos que hemos compartido. A mi esposa Gaby, por todo el amor y la confianza que he recibido durante estos años y sobre todo por darme lo mejor que tengo en esta vida, mi hija.

Y en especial este trabajo está dedicado para la luz de mis ojos, mi hija Bryana Monserrath, por ser el motivo que mueve mi corazón, la inspiración que le hacía falta a mi vida y sobre todo por darme una razón para luchar todos los días. Y en general a toda mi familia, quienes siempre siguieron mis pasos de cerca y tuvieron un consejo para darme.

Marcelo.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios por la vida y salud brindada todos los días, Especialmente a mi madre Narcisa y mi padre Hector, por su apoyo, consejos, confianza y amor durante el recorrido de mi vida y la gran aventura denominada ingeniería.

A mis hermanos Nadia y Carlos que me apoyaron en toda circunstancia durante cada etapa de mi vida.

Por ser el apoyo y el soporte de las mejores decisiones que he tomado en mi vida. Por brindarme de tu tiempo, paciencia y bondad me inspiraste a ser mejor para ti, gracias por estar a mi lado, Doris.

A mi familia en general por la confianza brindada y el apoyo para que cada uno de nosotros logremos momentos inolvidables e invaluable que nos permitan ser cada día mejores seres humanos para la sociedad.

A mis amigos de la universidad por la dedicación y constancia que dejamos en las aulas y fuera de ellas, por la compañía y el trabajo realizado durante toda la carrera.

Danilo Neto C.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento más grande es hacia mi Dios, por darme la sabiduría y la constancia para superar todos los obstáculos que se han presentado y se seguirán presentando durante mi vida.

A mis padres y hermanos por apoyarme y ser un pilar fundamental para la finalización de mi carrera universitaria.

A mi familia, Gaby y Monserrath, por estar siempre a mi lado y brindarme todo su amor.

A mi amigo y hermano Danilo, por todos los años de amistad compartidos, por su paciencia y perseverancia durante el desarrollo de nuestro proyecto de tesis.

A mi ñaña Jessy, por todo su apoyo y confianza.

A mi director y codirector de tesis, por el apoyo incondicional y la ayuda necesaria para culminar el proyecto.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, por acogerme como uno más de sus estudiantes y darme las bases para formarme como un profesional con credibilidad y liderazgo.

A mis amigos y familiares que siempre estuvieron a mi lado.

A MYPROM, que fue la empresa que nos ayudó con la construcción y la implementación del sistema mecánico.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Héctor y Narcisa que con gran paciencia y esfuerzo que me han dado la educación y la sabiduría para saber enfrentarme a las situaciones de la vida.

A mis hermano y hermana, por los ánimos para culminar con ese proceso. Gracias a mis amigos, que durante mi vida universitaria me supieron ayudar y brindar experiencias vitales para mi formación.

A mi gran hermano amigo Marcelo, por todos los años de amistad. También por su paciencia y apoyo a lo largo de este proyecto.

A todos mis profesores por brindarme su conocimiento y cada día formarme como profesional. Agradecimientos muy especiales a todos los ingenieros que nos ayudaron y confianza brindada en el proyecto.

Al Ing. Guido Torres y Freddy Salazar por el apoyo, opiniones, consejos que me supieron brindar en cada tutoría durante el desarrollo de este minucioso proceso.

De manera muy especial agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL por confiar en nosotros como estudiantes, y facilitarnos las herramientas educativas para poder culminar el proyecto.

A todos mis amigos que estuvieron durante la etapa universitaria. A toda la familia quien puso un granito de arena en colaboración con este proyecto. A MYPROM, que fue la empresa que nos ayudó con la construcción y la implementación del sistema mecánico.

Danilo Neto C.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT.....	XX
PRESENTACIÓN.....	XXI

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Justificación.....	2
1.4. Personas discapacitadas.....	3
1.4.1. Tipos de discapacidad.....	3
1.4.2. Beneficios de la inclusión ciudadana.....	4
1.5. Plataforma salvaescaleras.....	5
1.6. Modelos de salvaescaleras.....	6
1.6.1. Sillas salvaescaleras de tramo recto.....	6
1.6.2. Sillas salvaescaleras de tramo curvo.....	7
1.6.3. Plataforma salvaescaleras tramo recto.....	8
1.6.4. Plataforma salvaescaleras tramo curvo.....	9
1.6.5. Plataforma salvaescaleras tramo vertical.....	9
1.6.6. Partes de un salvaescaleras.....	10
1.7. Elementos de transformación de movimiento.....	11
1.7.1. Piñón-cremallera.....	11
1.8. Elementos de transmisión mecánica.....	12
1.8.1. Ruedas dentadas.....	12
1.8.2. Tornillo sinfín corona.....	13
1.9. Cajas de reducción.....	13
1.9.1. Reductores de velocidad de sin fin-corona.....	14
1.9.2. Reductores de velocidad de engranajes.....	15
1.9.3. Reductores cicloidales.....	15
1.9.4. Reductores de velocidad planetarios.....	16
1.10. Motores dc.....	17

1.11.	Sensores	17
1.11.1.	Interruptores de posición	17
1.12.	Cadena portacables	18
1.13.	Elementos eléctricos y electrónicos.....	19
1.13.1.	Puente H	19
1.13.2.	Rele	20
1.13.3.	Temporizador	20
1.13.4.	Microcontrolador	21
1.14.	Elementos de protección eléctrica.....	22
1.15.	Sistemas de control.....	23
1.15.1.	Sistema de control de lazo abierto	23
1.15.2.	Sistema de control de lazo cerrado	23

CAPÍTULO II

2.	DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA SALVAESCALERAS.....	25
2.1.	Diseño mecánico del salvaescaleras.....	25
2.1.1.	Parámetros del diseño mecánico	26
2.1.2.	Esquema preliminar de la máquina del salvaescaleras	26
2.1.3.	Diseño del sistema de giro de las rampas de acceso.....	27
2.1.4.	Diseño del sistema de plegado de la base plataforma	37
2.1.5.	Diseño del sistema de giro de los brazos de seguridad.....	47
2.1.6.	Diseño del sistema de movimiento del salvaescaleras	69
2.1.7.	Diseño del bastidor del salvaescaleras	71
2.1.8.	Diseño del soporte superior	79
2.1.9.	Diseño de los rodillos guías	84
2.1.10.	Diseño del mecanismo de piñón y cremallera	90
2.1.11.	Selección de moto-reductor de avance	106
2.1.12.	Diseño de los rieles.....	108
2.1.13.	Diseño de los postes autoportantes	110
2.1.14.	Selección de los pernos de anclaje	117
2.1.15.	Ensamblaje completo del salvaescaleras.....	118
2.2.	Diseño y selección del sistema de control del sistema.	119
2.2.1.	Parámetros de diseño del sistema de control.....	119
2.2.2.	Diseño del sistema de control del salvaescaleras	119
2.2.3.	Diseño de los paneles de control	120
2.2.4.	Funcionamiento del sistema salvaescaleras	121
2.2.5.	Elementos del sistema (sensores y actuadores)	122
2.2.6.	Selección de la tarjeta principal.....	123
2.2.7.	Diseño del algoritmo de la tarjeta principal.	125

2.2.8.	Circuito de potencia	127
2.2.9.	Inversion giro motores dc	127
2.2.10.	Selección de las fuentes de alimentación.....	128
2.2.11.	Cables de control y alimentación.....	129
2.2.12.	Selección de la cadena portacables.	130

CAPITULO III

3.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO	133
3.1.	Parámetros de mecanizado	133
3.2.	Diagramas de procesos de la construcción del salvaescaleras	134
3.3.	Construcción del bastidor.....	135
3.4.	Construcción de las bases para los motores y rodillos	136
3.5.	Ensamble del bastidor y las bases	137
3.6.	Construcción de la plataforma batiente	138
3.7.	Construcción de las rampas de acceso y la cubierta	140
3.8.	Proceso de construcción de los brazos de seguridad.....	141
3.9.	Proceso del eje de giro de la plataforma batiente.....	142
3.10.	Proceso de construcción de rodillos guía	144
3.11.	Construcción del sistema sinfín-corona para brazos de seguridad	145
3.12.	Construcción del piñón para el movimiento ascenso/descenso.....	147
3.13.	Proceso de construcción de los postes autoportantes.....	148
3.14.	Proceso de construcción de los tubos guías	149

CAPITULO IV..... 151

4.	PRUEBAS E IMPLEMENTACIÓN.....	151
4.1.	Implementación del sistema mecánico del salvaescaleras	151
4.2.	Descripción de los sistemas que conforman la plataforma salvaescaleras.	155
4.2.1.	Sistema de ascenso y descenso	155
4.2.2.	Sistemas de seguridad.....	156
4.3.	Implementación del sistema eléctrico, electrónico y de potencia... ..	160
4.3.1.	Circuito de control	160
4.3.2.	Circuito potencia	162
4.3.3.	Alimentación de los circuitos eléctricos y electrónicos.....	164
4.4.	Comprobación del funcionamiento.	166
4.4.1.	Ingreso a la plataforma.....	166
4.4.2.	Traslado de una persona	166
4.4.3.	Salida de la plataforma.....	167
4.5.	Pruebas carga vs tiempo.....	168
4.6.	Análisis económico de la plataforma salvaescaleras	171

4.7.	Validación de la hipótesis	173
CAPÍTULO V		175
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
5.1.	Conclusiones	175
5.2.	Recomendaciones	177
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		178
ANEXOS		183
ANEXO A HOJAS DE DATOS		
ANEXO B PLANOS DE LA ESCTRUCTURA		
ANEXO C PROGRMACION TARJETA ARDUINO		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de discapacidades.	3
Tabla 2. Propiedades de material ASTM A36	29
Tabla 3. Información de modelo rampa.....	30
Tabla 4. Cargas y sujeciones rampa.....	31
Tabla 5. Información de modelo estructura base.	40
Tabla 6. Sujeciones estructura base de la plataforma.....	40
Tabla 7. Cargas estructura base.....	41
Tabla 8. Propiedades del material ASTM A500.	49
Tabla 9. Información de modelo de los brazos.....	50
Tabla 10. Sujeciones de los brazos.	51
Tabla 11. Cargas del brazo de seguridad.	52
Tabla 12. Propiedades de material AISI 1020.....	60
Tabla 13. Información de modelo tornillo brazos.....	60
Tabla 14. Sujeciones tornillo brazos.	61
Tabla 15. Cargas en el tornillo brazos.....	61
Tabla 16. Información de modelo corona brazos.	64
Tabla 17. Sujeciones corona brazo.....	65
Tabla 18. Cargas en la corona brazos.	65
Tabla 19. Información del bastidor.	72
Tabla 20. Sujeciones de la estructura bastidor.	73
Tabla 21. Cargas de la estructura bastidor.	74
Tabla 22. Propiedades de material ASTM A36.	80
Tabla 23. Información de modelo soporte rodillos superior	81
Tabla 24. Sujeciones del soporte rodillos superior.....	82
Tabla 25. Cargas del soporte rodillos superior.....	82
Tabla 26. Información del material rodillo superior.....	85
Tabla 27. Información del rodillo superior.	85
Tabla 28. Sujeciones del rodillo superior	86
Tabla 29. Cargas del rodillo superior	87
Tabla 30. Propiedades de la cremallera y del piñón.....	93
Tabla 31. Información cremallera y piñón.	93
Tabla 32. Sujeciones de la cremallera.	95
Tabla 33. Sujeciones del piñón	95
Tabla 34. Cargas de la cremallera.	97
Tabla 35. Cargas del piñón.....	98
Tabla 36. Propiedades del material poste auto portante.	112
Tabla 37. Información del poste auto portante.....	113
Tabla 38. Sujeciones del poste auto portante.	114

Tabla 39. Cargas del poste auto portante.	115
Tabla 40. Detalle de los actuadores y sensores de los mecanismos.	122
Tabla 41. Motores consumo de corriente	128
Tabla 42. Resumen cables de instalación portacables.	131
Tabla 43. Simbología diagrama de procesos	134
Tabla 44. Diagrama de proceso de construcción del bastidor.	135
Tabla 45. Diagrama de proceso de construcción de las bases para motores y rodillos.	136
Tabla 46. Diagrama de proceso del ensamble del bastidor y las bases	137
Tabla 47. Diagrama de proceso de construcción plataforma batiente.	139
Tabla 48. Diagrama de proceso de construcción de las rampas de acceso y la cubierta de la plataforma batiente.	140
Tabla 49. Diagrama de proceso de construcción brazos de seguridad	141
Tabla 50. Diagrama de proceso del eje de giro de la plataforma batiente. .	143
Tabla 51. Diagrama de proceso de los rodillos guía	144
Tabla 52. Diagrama de proceso de construcción del sistema sinfín-corona para los brazos de seguridad.....	145
Tabla 53. Diagrama de proceso de construcción del piñón para el movimiento ascenso/descenso	147
Tabla 54. Diagrama de proceso de construcción postes autoportantes.	149
Tabla 55. Diagrama de proceso de construcción de los tubos guías	150
Tabla 56. Prueba con la silla de ruedas.	169
Tabla 57. Prueba con una persona de masa de 85kg.	169
Tabla 58. Prueba con dos personas de masa 85kg y 65kg.....	170
Tabla 59. Características técnicas de la plataforma salvaescaleras	170
Tabla 60. Moto-reductores	171
Tabla 61. Componentes electrónicos y de control sistema salvaescaleras	171
Tabla 62. Componentes eléctricos.....	172
Tabla 63. Acabados	172
Tabla 64. Costo total.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plataforma salvaescaleras.....	2
Figura 2. Modelo de sillas salvaescaleras de tramo recto.....	6
Figura 3. Silla salvaescaleras tramo curvo.....	7
Figura 4. Plataforma salvaescaleras tramo recto.....	8
Figura 5. Plataforma salvaescaleras tramo curvo.....	9
Figura 6. Plataforma salvaescaleras tramo vertical.....	10
Figura 7. Partes plataforma salva escaleras.....	11
Figura 8. Piñón cremallera.....	12
Figura 9. Tornillo sinfín y rueda dentada.....	13
Figura 10. Cajas reductoras.....	14
Figura 11. Reductor sin fin-corona.....	14
Figura 12. Reductor de velocidad de engranajes.....	15
Figura 13. Reductores de velocidad planetarios.....	16
Figura 14. Motor de corriente continua.....	17
Figura 15. Interruptor de posición.....	18
Figura 16. Cadena portacables.....	19
Figura 17. Puente H.....	19
Figura 18. Relé o revelador.....	20
Figura 19. Temporizador.....	21
Figura 20. Estructura básica de un relé térmico.....	22
Figura 21. Fusible de propósito general.....	23
Figura 22. Esquema preliminar del salvaescaleras de plataforma.....	27
Figura 23. Sistema de giro de las rampas de acceso.....	28
Figura 24. Fuerza sobre la rampa.....	29
Figura 25. Tensión de Von Mises rampa.....	32
Figura 26. Desplazamientos resultantes rampa.....	33
Figura 27. Factor de seguridad rampa.....	33
Figura 28. Rampas de acceso.....	34
Figura 29. Sistema de plegado de la plataforma.....	38
Figura 30. Fuerzas que actúan sobre la plataforma.....	39
Figura 31. Tensión de Von Mises estructura base.....	42
Figura 32. Desplazamientos estructura base.....	43
Figura 33. Factor de seguridad estructura base.....	43
Figura 34. Cargas en la plataforma.....	44
Figura 35. Eje de giro de la plataforma.....	46
Figura 36. Sistema de giro de los brazos de seguridad.....	48
Figura 37. Cargas sobre los brazos de seguridad.....	49
Figura 38. Tensión Von Mises tubería de los brazos.....	52

Figura 39. Desplazamiento en la tubería de los brazos.	53
Figura 40. Factor de seguridad tubería del brazo.	53
Figura 41. Torque requerido para girar los brazos de seguridad.....	54
Figura 42. Análisis de fuerzas en el reductor de tornillo sin fin y corona.	58
Figura 43. Tensión de Von Mises tornillo brazos	62
Figura 44. Desplazamientos tornillo brazos.	63
Figura 45. Factor de seguridad tornillo brazos.	63
Figura 46. Tensión de Von Mises corona brazos	66
Figura 47. Desplazamientos resultantes corona brazos.....	67
Figura 48. Factor de seguridad corona brazos.....	67
Figura 49. Sistema de movimiento del salvaescalera	69
Figura 50. Diagrama del cuerpo libre del salvaescaleras	70
Figura 51. Tensión de Von Mises de la estructura bastidor.....	77
Figura 52. Desplazamientos de la estructura bastidor	78
Figura 53. Factor de seguridad de la estructura bastidor.	79
Figura 54. Análisis de tensión de Von Mises del soporte rodillos superior. ..	83
Figura 55. Desplazamientos del soporte rodillos superior	83
Figura 56. Factor de seguridad del soporte rodillos superior.....	84
Figura 57. Análisis tensión Von Mises rodillo superior.	87
Figura 58. Desplazamiento rodillo superior	88
Figura 59. Factor de seguridad rodillo superior.....	89
Figura 60. Eje de los rodillos guías	89
Figura 61. Cargas que actúan en la transmisión de piñón-cremallera.....	92
Figura 62. Análisis de tensiones Von Mises de la cremallera.....	98
Figura 63. Análisis de tensiones Von Mises piñón.	99
Figura 64. Desplazamientos de la cremallera.	100
Figura 65. Desplazamientos del piñón.	100
Figura 66. Factor seguridad de la cremallera.....	101
Figura 67. Factor seguridad del piñón.....	101
Figura 68. Porcentaje de daño del piñón	102
Figura 69. Vida útil del piñón.	103
Figura 70. Factor de seguridad sometido a fatiga del piñón.....	103
Figura 71. Porcentaje de daño de la cremallera.....	104
Figura 72. Vida útil de la cremallera.....	105
Figura 73. Factor de seguridad sometido a fatiga de la cremallera.	105
Figura 74. Cargas sobre los rieles	108
Figura 75. Cargas sobre los postes autoportantes.....	110
Figura 76. Reacciones en los apoyos	112
Figura 77. Tensión de Von Mises del poste autoportante	115
Figura 78. Desplazamientos del poste autoportante.	116

Figura 79. Factor de seguridad del poste auto portante.....	116
Figura 80. Perno de anclaje tipo camisa	117
Figura 81. Ensamblaje completo del salvaescaleras de plataforma	118
Figura 82. Diagrama de bloques del sistema de control	120
Figura 83. ArduinoMega2560_R3.	124
Figura 84. Distribución de pines Arduino mega 2560.....	125
Figura 85. Diagrama de flujo del control de la plataforma.	126
Figura 86. Puente H por medio de relés.	127
Figura 87. Simulación relés de potencia.	128
Figura 88. Alambre y cables tipo THW-LS	130
Figura 89. Cadena portacables.....	131
Figura 90. Catálogo de las cadenas portacables Icus.....	132
Figura 91. Bastidor	136
Figura 92. Bastidor del salvaescaleras.	138
Figura 93. Plataforma batiente.....	139
Figura 94. Cubierta y rampas de acceso.	141
Figura 95. Brazo de seguridad.....	142
Figura 96. Eje de la plataforma plegable.....	143
Figura 97. Rodillos guía	145
Figura 98. Mecanismo sinfín-corona	147
Figura 99. Piñón para el movimiento principal	148
Figura 100. Calibración postes autoportantes.....	151
Figura 101. Fijación de los postes a concreto	152
Figura 102. Calibración del punto de partida.....	152
Figura 103. Fijación de los rieles	153
Figura 104. Simulación de movimiento	153
Figura 105. Instalación del motor principal.....	154
Figura 106. Implementación mecánica concluida	154
Figura 107. Sistema ascenso-descenso	155
Figura 108. Brazos de seguridad	156
Figura 109. Rampas de acceso	156
Figura 110. Salvaescaleras totalmente plegado.	157
Figura 111. Motor principal	158
Figura 112. Mecanismo brazo de seguridad	158
Figura 113. Rampas de acceso	159
Figura 114. Motor plataforma abatible.	160
Figura 115. Módulo de pulsadores.....	160
Figura 116. Paneles de control	161
Figura 117. Panel de control principal.....	161
Figura 118. Panel auxiliar	162

Figura 119. Configuración puente H (30amp)	163
Figura 120. Comunicación entre Arduino y tarjeta H70.	164
Figura 121. Fuente 12 V 30amp	164
Figura 122. Comprobación voltaje	165
Figura 123. Data center edificio A.....	165
Figura 124. Ingreso al salvaescaleras.....	166
Figura 125. Descenso del salvaescaleras.....	167
Figura 126. Apertura mecanismos de seguridad.....	167
Figura 127. Peso silla de ruedas.....	168

RESUMEN

Una plataforma salvaescaleras es un equipo diseñado para el desplazamiento sobre escaleras de una persona con discapacidad motriz, en lugares donde no hay elevadores o rampas de acceso, esta proporciona total autonomía y seguridad al individuo durante su traslado. El principal objetivo consiste en evitar el esfuerzo del discapacitado o de la persona que le acompaña. La presente tesis consiste en el **“Diseño y construcción de un salvaescaleras para personas con discapacidad motriz en miembros inferiores para el edificio de las fuerzas armadas ESPE - Extensión Latacunga campus “Gral. Guillermo Rodríguez Lara.”**”. El proyecto ayuda a movilizarse desde la planta baja hasta el primer piso del edificio de la universidad. El diseño y construcción del sistema salvaescaleras está acorde con el peso de una persona con discapacidad motriz, el cual permite ascender y descender sobre escalones por medio de un sistema de tracción piñón-cremallera guiado por rieles ancladas al pasamanos. La máquina está compuesta por una estructura mecánica de acero donde se encuentran los sistemas de control y potencia. Posee una tarjeta electrónica que controla los motores de los mecanismos de accionamiento durante los procesos de movimiento. Debido a que en el Ecuador no existen proyectos de este tipo, esta investigación es de gran interés aportando a personas con este tipo de discapacidad en el país.

PALABRAS CLAVE:

- **INGENIERÍA MECATRÓNICA**
- **PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES**
- **MOVILIDAD**
- **DOMOTICA**

ABSTRACT

A platform lift is a device designed for moving on stairs of a person with motor disabilities in places where there are no elevators or ramps, this provides full autonomy and individual safety during transport. The main objective is to avoid straining the disabled or the person accompanying him. This thesis consists of "Design and construction of a stair lift for people with mobility disabilities in the lower limbs to the building of the armed forces ESPE - Extension Latacunga campus" Gral. Guillermo Rodriguez Lara. ". The project helps move from the ground floor to the first floor of the university building. The design and construction of the stair system is consistent with the weight of a person with motor disabilities, which allows up and down on steps by a drive system driven rack and pinion rails anchored to the rails. The machine consists of a steel mechanical structure where the control and power systems. It has an electronic card that controls the motors of the drive mechanisms during the process of movement. It's because there are no such projects in Ecuador, this research is of great interest, providing people with this type of disability in the country.

KEYWORDS:

- **MECHATRONICS ENGINEERINGS**
- **PEOPLE WITH SPECIAL ABILITIES**
- **MOBILITY**
- **HOME AUTOMATION**

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se desarrolla una plataforma salvaescaleras automática para el traslado de personas con discapacidad motriz en miembros inferiores utilizando un sistema de tracción piñón-cremallera guiado por rieles en el pasamanos, en el nuevo campus de la universidad.

En el Capítulo I contiene información pertinente acerca de conceptos básicos sobre plataformas salvaescaleras, y términos generales acerca de control y potencia.

El Capítulo II describe el análisis y selección de los componentes mecánicos, electrónicos, y eléctricos de la plataforma salvaescaleras, así como los algoritmos de control y de potencia.

En el Capítulo III presenta la construcción del sistema mecánico de la plataforma salvaescaleras.

En el capítulo IV se realiza la implementación de la plataforma salvaescaleras para tramo recto en el edificio A del nuevo campus de la universidad, así como las pruebas concernientes para los sistemas mecánicos, electrónicos y eléctricos.

El capítulo V presenta las conclusiones obtenidas a través del desarrollo del proyecto, y las recomendaciones que se deben considerar para la manipulación correcta del equipo.

Finalmente, se adjuntan las referencias bibliográficas utilizadas en la realización del proyecto y los anexos pertinentes para quienes deseen profundizar en el tema.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Antecedentes

Históricamente el traslado de personas con discapacidad ha sido uno de las mayores dificultades para el ingreso en distintos lugares. Las primeras soluciones propuestas fueron sillas salvaescaleras con mecanismos rústicos de movimiento. Las plataformas salvaescaleras se presentaron como una mejor solución para personas que se movilizan en sillas de ruedas, incrementando la seguridad y el confort.

La salvaescaleras aparece en Europa en 1962 como un prototipo rígido y uniforme. Es a partir de la década de los 90 que aparece un diseño de mayor adaptabilidad. Se caracteriza por ser de mayor costo, un lujo para aquella época. Este garantizaba la seguridad y la movilidad de los discapacitados.

En la actualidad se ha incrementado las opciones laborales para personas con discapacidad tanto en el sector público como privado. Sin embargo, las edificaciones no facilitan el acceso a este tipo de usuarios. La salvaescaleras son una opción de movilidad, especialmente en sitios que no tienen elevadores.

1.2. Planteamiento del problema

Frecuentemente se observan dificultades que tienen para moverse personas que poseen algún tipo de discapacidad en instituciones públicas y privadas. Cuando no existen elevadores la superación de escalones para una persona con discapacidad es difícil porque requiere la ayuda de otras personas para lograrlo.

Con el cambio de mentalidad que actualmente está sufriendo nuestro país, en especial enfocado a las personas con capacidades especiales. Por parte de la Ex-vicepresidencia de la República es aún más notoria la falta de mecanismos que permitan facilitar el traslado de personas con movilidad reducida. Se han puesto en marcha proyectos como las plataformas salvaescaleras que mejoraran notablemente la calidad de vida en el Ecuador.

El salvaescaleras en el nuevo campus de la institución minimizar el riesgo de accidentes para una persona con discapacidad y aumentar su confort y seguridad, (Figura 1. Plataforma salvaescaleras.Figura 1).

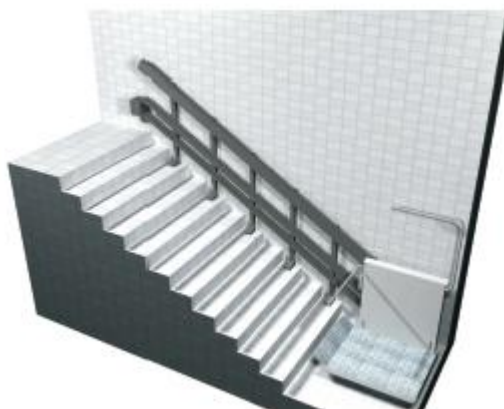


Figura 1. Plataforma salvaescaleras.

Fuente: (Nival, 2014)

1.3. Justificación

En el REGLAMENTO TÉCNICO DE ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDADES DEL INEN, CAPÍTULO V- ACCESO A LA COMUNIDAD, Art. 9 literal 1.a se menciona que: “Todas las instituciones deberán implementar las facilidades del caso, para que las personas con discapacidad puedan estar informadas, puedan ejercer sus derechos y acceder a los servicios.” (INEN, 2009).

En base a lo citado anteriormente, el presente proyecto ampliará las condiciones de accesibilidad para mejorar la calidad de vida de los seres humanos. En especial aquellos que tienen problemas de capacidad motriz, puesto que están en una clara situación de desventaja respecto a los demás para realizar sus actividades cotidianas. Tomando en cuenta dicha desventaja surge la necesidad de construir mecanismos que permitan superar tales limitaciones.

Finalmente, el proyecto es muy importante ya que permitirá la aplicación de los conocimientos adquiridos para el diseño y la implementación del sistema, elevando la seguridad y el confort de las personas con capacidades especiales que tengan la necesidad de moverse de la planta baja al primer piso en el edificio del nuevo campus de la universidad.

1.4. Personas discapacitadas

La discapacidad “es una condición que afecta el nivel de vida de un individuo o de un grupo. El término se usa para definir una deficiencia física o mental, como la discapacidad sensorial, cognitiva o intelectual, la enfermedad mental o varios tipos de enfermedades crónicas” (UN, 2014).

1.4.1. Tipos de discapacidad

Según la (UN, 2014) los tipos de discapacidad se clasifican en 4 principales detalladas en la Tabla 1:

Tabla 1.

Clasificación de discapacidades.

DISCAPACIDAD FÍSICA	Se puede definir como una desventaja resultante de una imposibilidad que limita o impide el desempeño motor de la persona esto significa que las partes afectadas son los brazos y las piernas
----------------------------	--

CONTINÚA →

DISCAPACIDAD COGNITIVA	Presenta dificultades en el nivel de desempeño en una o varias de las funciones cognitivas, en procesos de entrada elaboración y repuesta que intervienen en el procesamiento de la información y por ende en el aprendizaje.
DISCAPACIDAD SENSORIAL	Corresponde a las personas con deficiencias visuales, a los sordos y a quienes presentan problemas en la comunicación y el lenguaje
DISCAPACIDAD INTELECTUAL	Se caracteriza por un funcionamiento intelectual inferior, que coexiste junto a limitaciones en dos o más de las siguientes áreas de habilidades: comunicación, cuidado propio, vida en el hogar, habilidades sociales, uso de la comunidad, autodirección, salud y seguridad, contenidos escolares funcionales, ocio y trabajo.

Fuente: (UN, 2014)

1.4.2. Beneficios de la inclusión ciudadana

Según los estudios realizados por la (OMS, 2014):

En Sudamérica alrededor de 100 millones de personas padecen algún tipo de discapacidad. Ellos forman parte del 15% de la población Latinoamericana, según estudios realizados por la organización mundial de la salud.

La tasa de desempleo de este sector de la población rodea el 90% y solo el 30% de niños con discapacidad pueden acceder a la educación. Las ciudades se benefician cuando las personas con discapacidad se integran a la PEA (población económicamente activa), con esta propuesta la inversión en el equipo de elevación que se desarrolla en el presente proyecto se recupera en mediano plazo.

Hoy en día el talento humano representa uno de los recursos más importante para un país. Según esta condición se induce que además de tener

un beneficio social invaluable, se adquiere además beneficios y mejores oportunidades de trabajo.

Ecuador es uno de los países latinoamericanos que impulsa políticas de inclusión social, para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas con capacidades especiales, todo con el objetivo de alcanzar el “Alli Kawsay” (Buen vivir).

En el país según (Nuñez, 2014) “el programa Manuela Espejo trabajó por la integración social, el mejoramiento de la movilidad y la autonomía de las personas con discapacidad. Estos logros han trascendido fronteras”. Convirtiéndose así uno de los proyectos elites de inclusión social en el país. Estos antecedentes permitieron que Lenin Moreno, ex vicepresidente de la Republica de Ecuador, sea designado como presidente del Comité para la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra las Personas con Discapacidad, de la Organización de Estados Americanos (OEA).

1.5. Plataforma salvaescaleras

Según (Barreras, 2013) menciona lo siguiente:

La plataforma salvaescaleras es el mecanismo de transporte más adecuado para personas con capacidades especiales y adultos mayores con dificultad de movimiento en miembros inferiores, que tienen que desplazarse mediante sillas de ruedas. Permitiendo autonomía para poder subir y bajar las escaleras de manera silenciosa, segura y cómoda. Este tipo de equipo es la opción ideal para hacer accesibles los espacios públicos como son las tiendas, locales públicos, portales, restaurantes. Las plataformas salvaescaleras pueden instalarse en interiores o exteriores, son plegables, ocupan poco espacio y, sobretodo, son seguras. Además, vienen equipadas con avanzados sistemas de seguridad.

1.6. Modelos de salvaescaleras

Según los diseños de tramos en las diferentes estructuras de los edificios y el uso, se puede clasificar de la siguiente manera:

- Sillas salvaescaleras de tramo recto.
- Sillas salvaescaleras de tramo curvo.
- Plataforma salvaescaleras tramo recto
- Plataforma salvaescaleras tramo curvo
- Plataforma salvaescaleras tramo vertical

1.6.1. Sillas salvaescaleras de tramo recto

En la Figura 2 se observa un salvaescaleras con forma de silla para recorrido de escaleras rectas. La silla es acolchonada, giratoria y la mayoría de sus elementos son plegables. Se opera por medio de una palanca integrada en uno de los brazos. Cuenta con dos controles inalámbricos para trasladar la silla al piso deseado.



Figura 2. Modelo de sillas salvaescaleras de tramo recto.

Fuente: (OTIS, 2013)

Según (Otis, 2013) sus característica “de seguridad cuenta con un cinturón y detectores de obstáculos. Tiene una capacidad de hasta 120 kg. y se desplaza a una velocidad de 0,09 m/s. Está accionado por un motor de 200W alimentado por dos baterías de carga continua en cualquier punto del recorrido. La estructura va fijada a los peldaños de la escalera”.

1.6.2. Sillas salvaescaleras de tramo curvo

Este tipo de sillas cuenta con un asiento almohadado, giratorio y todos sus mecanismos son plegables. Está diseñada para tramos de peldaños curvos, en la Figura 3, adecuadas especialmente para hogares. Se manipula con unos controles que sitúan en ambos brazos. Los rangos de seguridad son un cinturón y dispositivos anti golpe y anti atrapamiento.



Figura 3. Silla salvaescaleras tramo curvo

Fuente: (Otis, 2013)

Esta clase de silla salvaescaleras posee “una capacidad de hasta 125 kg. y una velocidad de 0,15 m/s. Está accionada por dos motores de 360W de potencia alimentados por una batería, con carga situados en los extremos del recorrido. La estructura va fijada a los peldaños de la escalera” (Otis, 2013).

1.6.3. Plataforma salvaescaleras tramo recto

Este instrumento salvaescaleras es diseñada para gradas de trayectoria recta. Es controlada mediante un mando de intervención instalado en plataforma y además posee dos mandos exteriores inalámbricos. El ingreso puede ser frontal como lateralmente mediante flejes automáticas (Figura 4.).



Figura 4. Plataforma salvaescaleras tramo recto.

Fuente: (Otis, 2013)

Las medidas de seguridad implementadas es un botón de paro de emergencia y unos brazos de protección independientes. Su característica principal es un diseño compacto permite ocupar un espacio mínimo en el lugar de instalación y está disponible en diferentes tamaños según el requerimiento del usuario.

El dispositivo posee las siguientes características “capacidad de hasta 250kg, con una velocidad de 0,1 m/s. Su recorrido máximo es de 15m y un motor de 500W de corriente eléctrica o baterías. La estructura va fijada a la pared o a los peldaños de la escalera” (Otis, 2013).

1.6.4. Plataforma salvaescaleras tramo curvo

Esta plataforma está acoplada para peldaños de tramos curvos, revisar la Figura 5, disponible en diferentes capacidades. La seguridad está dada por barrederas, audio alarma y sensores de obstáculos que hacen que detengan automáticamente que permite maniobrar mediante un mando de pulsación constante en la plataforma y mediante mandos inalámbricos en las distintas paradas. Posee rampas y brazos de seguridad totalmente automáticos.



Figura 5. Plataforma salvaescaleras tramo curvo

Fuente: (OTIS, 2013)

Según (Otis, 2013) esta plataforma es de “una capacidad de 250kg y de tres velocidades. Su recorrido máximo es de 80 metros. Está accionada por un motor de 1.100W alimentado por la corriente eléctrica. La estructura va fiada a la pared o a los peldaños de la escalera”.

1.6.5. Plataforma salvaescaleras tramo vertical

La plataforma se desplaza en sentido vertical como un ascensor. Se maniobra con la botonera que está en la plataforma y en las paradas. La estructura cuenta con una seguridad en las cerraduras eléctricas, puertas de acceso y botoneras mediante una llave desconexión. Además, posee una

cabina y puertas panorámicas con suelo antideslizante. El tamaño compacto no invade el espacio en las escaleras, ver la Figura 6.



Figura 6. Plataforma salvaescaleras tramo vertical

Fuente: (OTIS, 2013)

(Otis, 2013) señala las características principales que son: “Una capacidad de carga 250kg y se desplaza a una velocidad de 0,15 m/s. Su recorrido máximo es de 2m. Accionada por un sistema hidráulico de 1.100W alimentado por la corriente eléctrica”.

1.6.6. Partes de un salvaescaleras.

Según el diseño observado en la Figura 7, los componentes básicos y frecuentes de un salvaescaleras son:

- Panel de control.
- Manija.
- Cuerpo máquina.
- Barra o brazo de seguridad.
- Plataforma.
- Fleje o rampa móvil.
- Retenida fija/ Banda lateral.

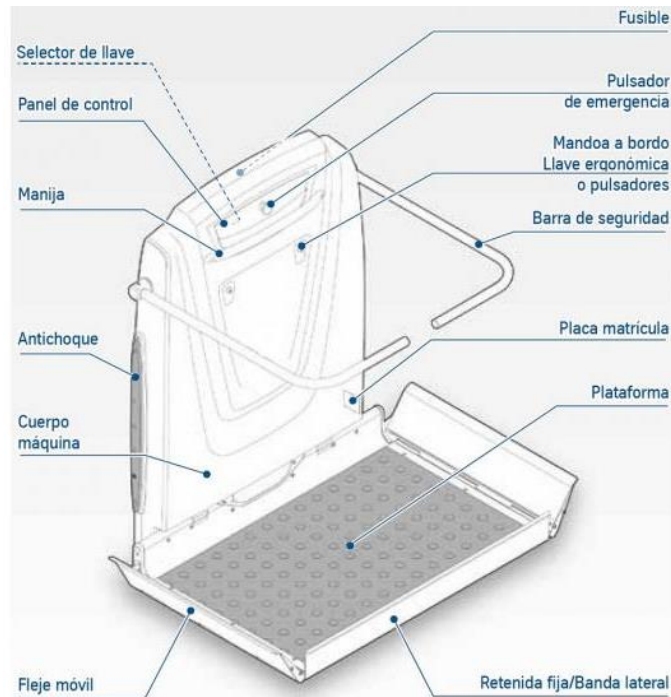


Figura 7. Partes plataforma salva escaleras

Fuente: (Domestiko, 2015)

1.7. Elementos de transformación de movimiento

Los elementos de transformación son mecanismos que transmutan movimientos rectilíneos en movimientos de rotación, o movimientos de rotación en otros movimientos lineales. Los mecanismos a describir en los siguientes apartados el movimiento de entrada es diferente al movimiento de salida.

1.7.1. Piñón-cremallera.

El sistema “transforma el movimiento circular en rectilíneo por medio de dos elementos dentados (Figura 8.): Un piñón que gira sobre su propio eje y una barra dentada denominada cremallera. Los dientes pueden ser rectos o helicoidales” (Industrial, 2013).

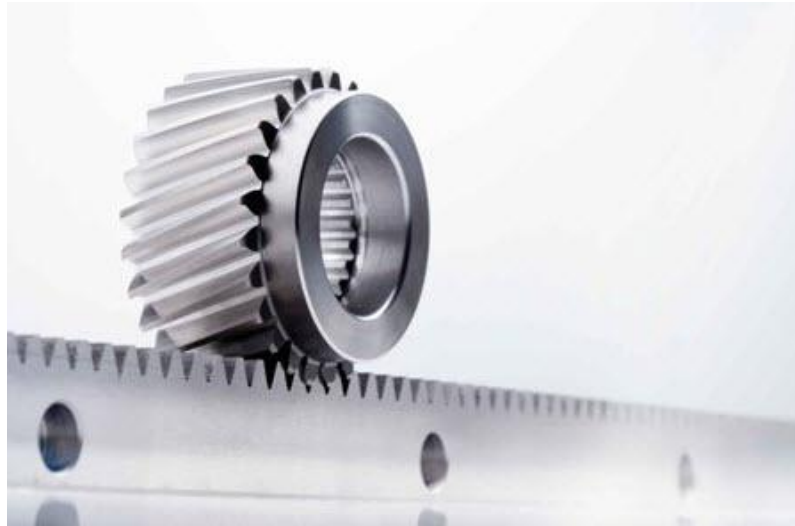


Figura 8. Piñón Cremallera
Fuente: (Logismarket, 2014)

1.8. Elementos de transmisión mecánica

Se denomina así a todos los mecanismos encargados de transmitir y regular el movimiento y potencia entre varios elementos en una máquina para cumplir una o varias funciones. Se clasifican en dos grupos elementos de transmisión y sujeción. Estas transmisiones se realizan en por elementos rotantes debido a que la transmisión por energía por rotación ocupa menos espacio que la transmisión por translación.

1.8.1. Ruedas dentadas

El tipo transmisión generada por ruedas dentadas es utilizada cuando los árboles están lo suficientemente cerca entre sí, generalmente en máquinas compactas. “Se denomina engranaje a dos o más ruedas dentadas, solidarias a sus respectivos árboles y montadas de forma tal que los dientes de una encajen en los huecos de la otra y viceversa” (UNS, 2010).

La clasificación de ruedas dentadas está dada de la siguiente manera:

- Ruedas dentadas planas.
- Ruedas dentadas helicoidales.
- Ruedas dentadas cónicas.
- Tornillo sin fin.

1.8.2. Tornillo sinfín corona

Según (Pulido, 2009) el elemento de tornillo sinfín “es un mecanismo de transmisión circular compuesto por dos elementos: el tornillo sinfín, que actúa como elemento de entrada o motriz y la rueda dentada, que actúa como elemento de salida o conducido y que algunos autores llaman corona.” La espira del tornillo es acoplada con los dientes de piñón exactamente y sus ejes de transmisión son perpendiculares, Figura 9.

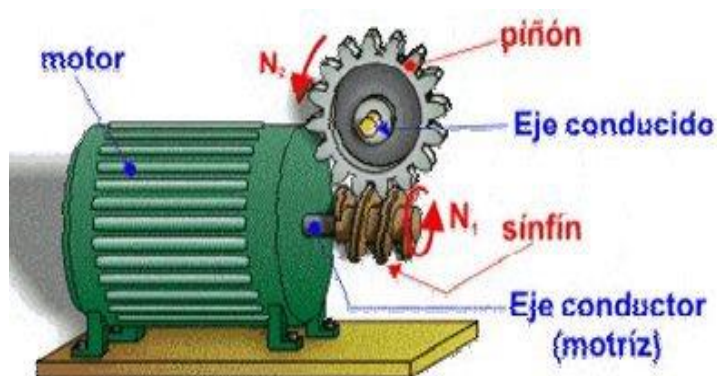


Figura 9. Tornillo Sinfín y rueda dentada.

Fuente: (Tecnología A. , 2012)

1.9. Cajas de reducción

Las cajas reductoras mostrada en la Figura 10, son mecanismo diseñados para aumentar el torque y disminuir la velocidad al acoplar un motor a su sistema, estos tienen diferentes tipos de reducción, pero el más seguro es tornillo sinfín con rueda dentada en aplicaciones donde se requiere bloqueo de los componentes.



Figura 10. Cajas reductoras.

Fuente: (ERSHA, 2013)

Las cajas reductoras se pueden describir por la tipología de los engranes, entre la clasificación más común tenemos lo siguiente: Sin fin-Corona, engranes y planetarios.

1.9.1. Reductores de velocidad de sin fin-corona

Los reductores sin fin-corona son los más comunes y sencillos. Está compuesto de una corona dentada de bronce, acoplada a un eje de acero que es lento en la mayor parte de casos dependiendo de su uso, el cual está en contacto con el husillo de acero que da la forma de un sin-fin, como se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Reductor sin fin-corona.

Fuente: (zugastek, 2014)

Este tipo de reductor de velocidad es el más comercial y se considera en muchas aplicaciones de ingeniería su ventaja principal es auto bloqueable, es considerado obsoleto por sus grandes defectos que son, el bajo rendimiento energético y la pérdida de tiempo entre ciclos.

1.9.2. Reductores de velocidad de engranajes

EL reductor de engranaje son los que se realizan por pares de engranes de transmisión, utilizadas en un sin número de aplicaciones para diferentes máquinas para reducir la velocidad como se observa en la Figura 12. las ventajas presentadas por estos tipos de elementos son: el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño.



Figura 12. Reductor de velocidad de engranajes.

Fuente: (SUPERTRONIC, 2012)

1.9.3. Reductores cicloidales

El sistema de reducción de velocidad de un reductor cicloidal sólo tiene tres partes móviles:

- El eje de entrada de alta velocidad con una leva excéntrica integral y un conjunto de cojinete de rodillo.
- El disco cicloidal y el conjunto del eje de salida de baja velocidad.

- La acción de rodamiento progresiva y pareja de los discos cicloidales eliminan la fricción y los puntos de presión de los engranajes convencionales.

1.9.4. Reductores de velocidad planetarios

Son reductores de engranaje de dos tipos planetarios y de hélice con respecto al cigüeñal, con la particularidad de que no están compuestos de pares. Su disposición es distinta como se observa los diferentes engranes en la Figura 13; y sirven para diferentes tipos de variaciones de velocidad.

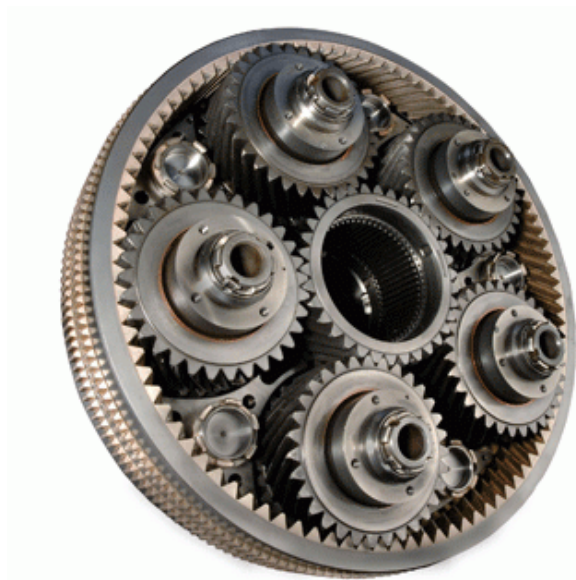


Figura 13. Reductores de velocidad planetarios.

Fuentes: (Takeoffbriefing, 2012)

En este tipo existen tres configuraciones de tipo planetario: el primero en donde la corona es fija y el planetario sol es el que gira junto a sus engranes satélites. Mientras que la segunda configuración es donde el sol es fijo, y su planetario corona y satélites se desplazan alrededor del sol. La última clasificación donde el planetario y sol son giratorios mientras sus satélites están fijos.

1.10. Motores dc

Un motor de corriente continua es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica mediante electromagnetismo, por la rotación de un campo magnético en uno o varios bobinados produciendo el giro del rotor, Figura 14.

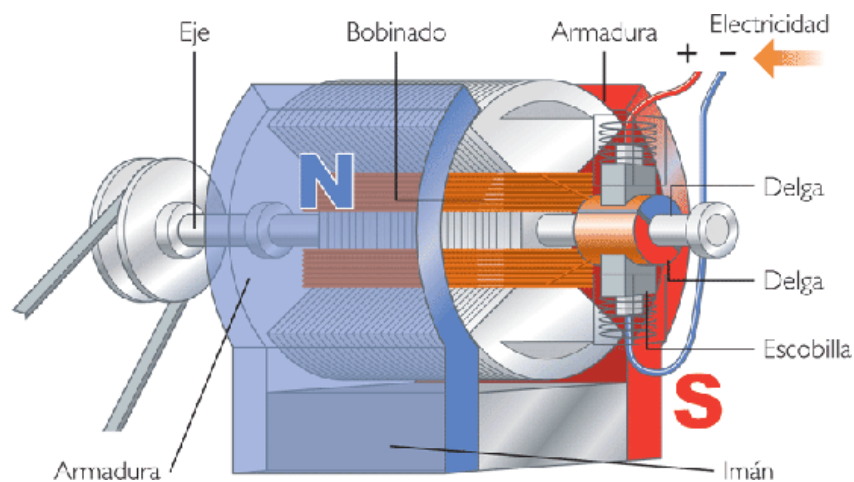


Figura 14. Motor de corriente continua.

Fuente: (Ajedi, 2011)

1.11. Sensores

Un sensor es dispositivo de medición capaz de detectar cantidades físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas para ser usadas electrónicamente en aplicaciones de industrialización o control. Estas variables de medición o magnitudes como temperatura, intensidad, caudal, etc.

1.11.1. Interruptores de posición

Son dispositivos mecánicos que regularmente se utilizan para el posicionamiento y la desconexión final por ejemplo en centros de fabricación flexible, robots, instalaciones de montaje y transporte, así como en la

construcción de máquinas y aparatos, ver la Figura 15. Estos mecanismos están acreditados desde muchos años para este tipo de trabajo.

Ventajas:

- Fiabilidad y robustez: también en entornos adversos
- Funcionamiento correcto en caso de vibraciones, cargas de choque, cambios rápidos de temperatura, lubricantes refrigerantes agresivos, fuerte acumulación de viruta.



Figura 15. Interruptor de posición.

Fuente: (Wikispaces, 2014)

1.12. Cadena portacables

Las cadenas portacables (Figura 16.) son sistemas mecánicos desarrolladas para la protección de cables y mangueras de máquinas en movimiento y/o rotación. Existen diferentes modelos, todas ellas en poliamida y reforzadas en fibra de vidrio, teniendo en cuenta el recorrido y velocidad del elemento móvil, y radios de curvatura de los cables o mangueras a transportar. Cubrimos diferentes sectores de mercado como: maquinaria, mantenimiento, automoción, robótica, embalaje, etc.



Figura 16. Cadena portacables.

Fuente: (Mg.directindustry, 2014)

Las principales aplicaciones de las cadenas portacables son: Máquina herramienta, Centros de mecanizado y Brazos telescópicos

1.13. Elementos eléctricos y electrónicos

1.13.1. Puente H

El puente H es un circuito que permite controlar la rotación de un motor de corriente continua en sus direcciones, hoy en día existen circuitos capaces de controlar el giro de un motor DC para diferentes amperios, pero su funcionamiento es básicamente el mismo, como se muestra en la Figura 17.

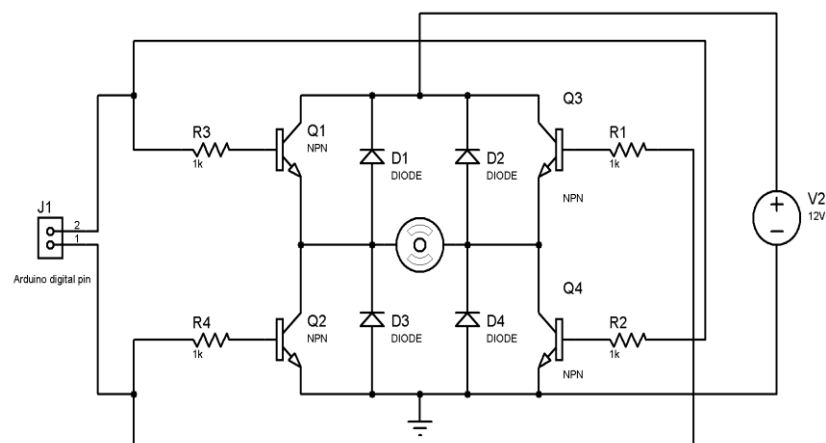


Figura 17. Puente H.

Fuente: (García & Navarro, 2015)

1.13.2. Relé

También conocido como relevador (Figura 18), es un dispositivo electromecánico que funciona mediante un circuito electrónico accionando una bobina y un electroimán. Actúa como un interruptor, ejecutando un contacto normalmente abierto o normalmente cerrado; para activar circuitos independientes. Este tipo de elemento es capaz de controlar un circuito de potencia mayor usado normalmente para activar circuitos de potencia.



Figura 18. Relé o relevador.

Fuente: (Bricogeeek, 2014)

1.13.3. Temporizador

El temporizador (Figura 19), es un dispositivo relé cuyo contacto de salida se cierra su contacto al acabo de un tiempo de conexión de su bobina. El elemento fundamental del temporizador “es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocida” (BRICOS, 2012). El tiempo es determinado por una aplicación que se necesite controlar.



Figura 19. Temporizador

Fuente: (BRICOS, 2012)

Es diferente al relé porque los contactos del temporizador no cambian de posición inmediatamente como los de un temporizador. Podemos clasificar los temporizadores en:

- De conexión: el temporizador recibe tensión y mide un tiempo hasta que libera los contactos.
- De desconexión: cuando el temporizador deja de recibir tensión al cabo de un tiempo, libera los contactos

1.13.4. Microcontrolador

Un microcontrolador (uC) es un circuito integrado capaz de ser programado para que ejecute un conjunto de código grabadas en su memoria interna, el cual cumple una tarea específica.

La arquitectura de un micro controlador está compuesta por las siguientes partes:

- Procesador.
- Memoria no volátil.
- Memorias de lectura y escritura.
- Líneas de entrada y salida E/S

- Comunicación serie, paralelo, USB
- Recursos auxiliares como: circuito reloj, conversores A/D, D/A, etc.

En la actualidad encontramos microcontroladores que administran la gran mayoría de aparatos tecnológicos: TV, teléfonos, memorias de autos, electrodomésticos, etc.

1.14. Elementos de protección eléctrica

Según Folch, Guasp, & Porta (2000) “todos los elementos eléctricos/electrónicos deben protegerse contra sobrecargas y cortocircuitos. Un dispositivo de protección contra sobrecargas debe permitir el paso de intensidades ligeramente mayores a la nominal durante un cierto tiempo y actuar con rapidez con intensidades muy elevadas”. El principal dispositivo contra sobre corrientes es el interruptor automático con relé térmico (Figura 20).

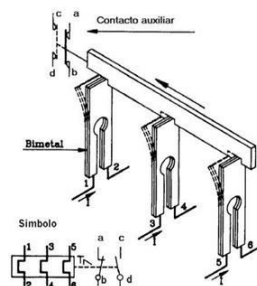


Figura 20. Estructura básica de un relé térmico.

Fuente: (Folch, 2010)

Mientras que los dispositivos de cortocircuito actúan al instante frente a intensidades altas. El de mayor aplicación es el fusible, Figura 21.



Figura 21. Fusible de propósito general.

Fuente: (La_Guia, 2011)

1.15. Sistemas de control

Los sistemas de control son un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta para lograr un funcionamiento predeterminado reduciendo las posibilidades de errores y fallas.

1.15.1. Sistema de control de lazo abierto

En un sistema de control a lazo abierto la señal de salida depende únicamente de la señal de entrada, es decir, no hay retroalimentación hacia el controlador por lo que no se asegura exactitud en el control. Estos sistemas se caracterizan por:

- Implementación fácil y sencilla.
- Las señales de salida y entrada no se comparan.
- Susceptible a perturbaciones. Pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión del sistema depende de la previa calibración.

1.15.2. Sistema de control de lazo cerrado

Los sistemas de lazo cerrado ajustan la acción de control en función de la señal de entrada y a la retroalimentación desde un resultado final previo.

El control en lazo cerrado es imprescindible en procesos muy complejos para ser regulados por el hombre, producción a gran escala con grandes instalaciones y en procesos con perturbaciones constantes.

Las principales características de estos sistemas son:

- Complejidad alta, pero amplia cantidad de parámetros.
- Las señales de entrada y salida se comparan alterando el control.
- Posee retroalimentación.
- Estable ante perturbaciones y variaciones internas.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA SALVAESCALERAS.

2.1. Diseño mecánico del salvaescaleras

La plataforma salvaescaleras, es un sistema de elevación, pensado y diseñado para solucionar las necesidades de movilidad de personas discapacitadas o de movilidad reducida, que requieren desplazarse, con o sin silla de ruedas, en edificios públicos o privados, dotándoles de total autonomía para subir o bajar de un nivel a otro.

Con el fin de cumplir con las requerimientos eficaces para la seguridad y funcionamiento demandados para este tipo de equipos, se realizó un diseño preliminar de la plataforma salvaescaleras (Figura 22), en base a modelos existentes en el mercado internacional, y el mismo se fue modificando y optimizando en geometría y dimensiones durante el proceso de diseño, en función de los esfuerzos máximos generados en cada componente bajo condiciones críticas de funcionamiento, hasta alcanzar un factor de seguridad adecuado y obtener el diseño definitivo de la plataforma salvaescaleras.

Se emplearon programas de Diseño Asistido por Computador (CAD) y de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), con el fin de optimizar el desarrollo minucioso del proceso del diseño mecánico para realizar de forma rápida y precisa análisis de movimiento y de esfuerzos de diferentes alternativas de diseño hasta encontrar la óptima, de manera que se garantiza el funcionamiento seguro del salvaescaleras aún en condiciones críticas de operación.

2.1.1. Parámetros del diseño mecánico

Partiendo de los requerimientos funcionales exigidos para la plataforma salvaescaleras, y también de varias de las especificaciones técnicas que tienen máquinas similares según la norma CE-TUV, se especificaron los parámetros principales de diseño que influyen directamente en el diseño mecánico del salvaescaleras, los mismos que se describen a continuación:

Capacidad de carga máxima (W_C):	2250 N (230 kg)
Pendiente máxima admitida (θ_G):	30°
Velocidad nominal de avance de la plataforma (V_A):	0,15 m/s
Longitud total de recorrido del salvaescaleras (L_T):	4,0 m
Dimensiones requeridas para la plataforma ($L * A$):	(1000 x 750) mm
Ángulo máximo de volteo de la plataforma abatible (θ_p):	90°
Velocidad de plegado de la plataforma abatible (ω_p):	2 rpm (0,209 rad/s)
Ángulo de giro de los brazos de seguridad (θ_B):	+ 90° y – 90°
Velocidad de giro de los brazos de seguridad (ω_B):	7,5 °/s
Rango de giro de las rampas (θ_R):	de – 30° a + 45°
Velocidad de giro de las rampas (ω_R):	7,5 °/s
Factor de seguridad mínimo requerido (FS):	2.5 (Anexo A01)

2.1.2. Esquema preliminar de la máquina del salvaescaleras

En la Figura 22, se muestra un esquema preliminar del salvaescaleras con sus principales sistemas y componentes, concebido en base a sus parámetros de diseño y requerimientos funcionales:

1. Sistema de plegado de la plataforma abatible.
2. Sistema de movimiento de la plataforma salvaescaleras.
3. Sistema de giro de las rampas de acceso.
4. Sistema de giro de los brazos de seguridad.

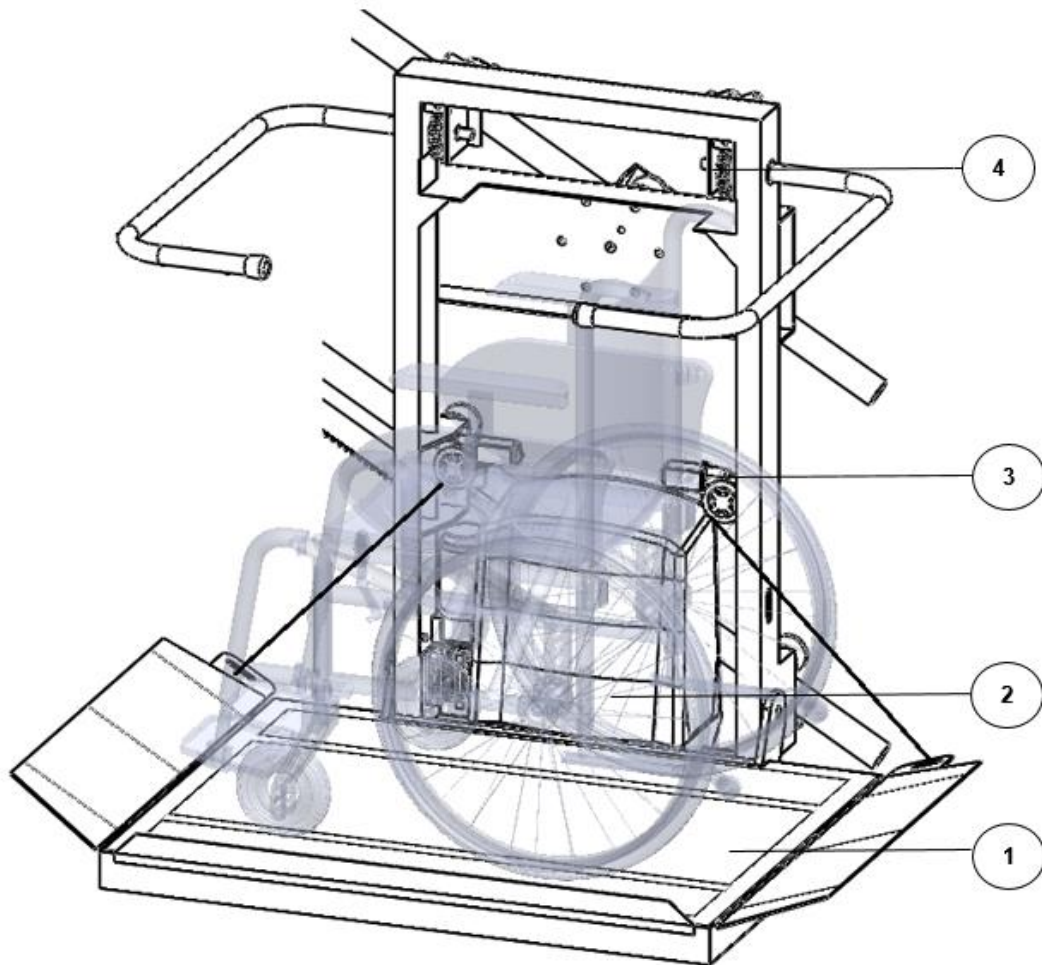


Figura 22. Esquema preliminar del salvaescaleras de plataforma.

2.1.3. Diseño del sistema de giro de las rampas de acceso

Las rampas de acceso además de permitir la fácil entrada y salida de la persona o de la silla de ruedas de la plataforma, funcionan también como barreras de seguridad que evitan que la silla de ruedas se desplace por accidente hacia afuera de la plataforma cuando el salvaescaleras se encuentra en movimiento, razón por la cual, las rampas deben mantenerse con un ángulo de 45° de acuerdo a los parámetros establecidos anteriormente cuando la plataforma se está desplazando.

El sistema de giro de las rampas de acceso se encuentra compuesto por los elementos que se muestran en la Figura 23.

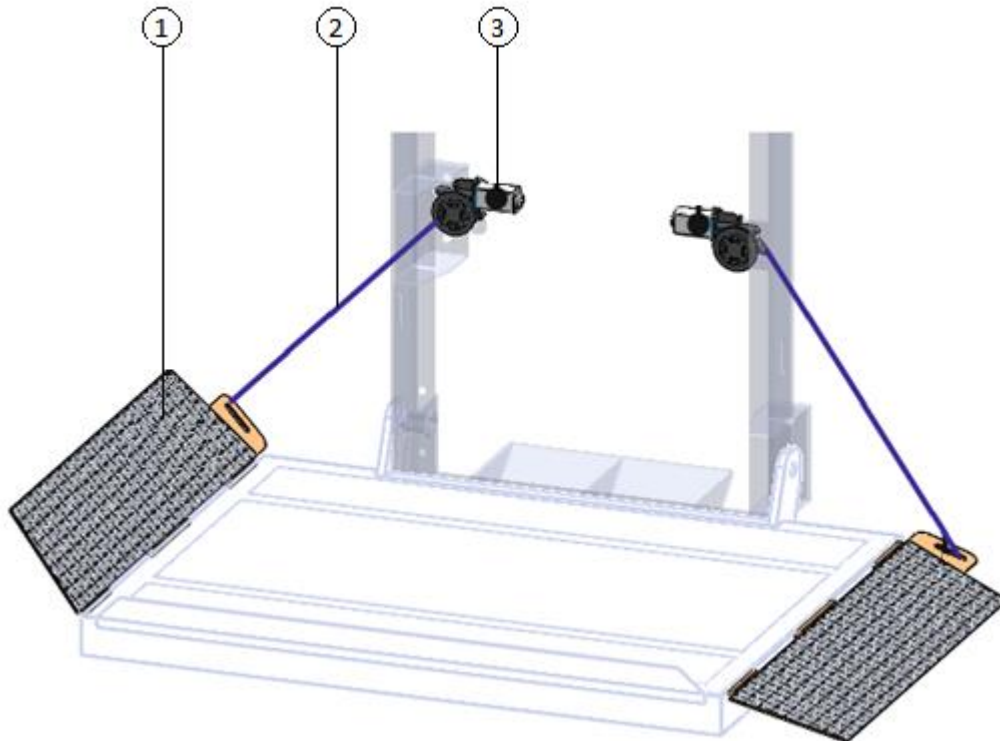


Figura 23. Sistema de giro de las rampas de acceso

1. Rampas de acceso
2. Cable de tensión
3. Moto-reductor de giro de las rampas de acceso

2.1.3.1. Diseño de las rampas de acceso

Las rampas de acceso deben soportar una parte de la carga máxima, durante la etapa de entrada o salida de la silla de ruedas.

Considerando que las ruedas posteriores de la silla, soportan el 70% de la capacidad de carga, la fuerza máxima que actúa sobre cada rampa (F_r), (Figura 24):

$$F_r = 0,70 \cdot W_c$$

E.c 2.1

$$F_r = 0,70 \cdot 2250 \text{ N}$$

$$F_r = 1575,0 \text{ N}$$

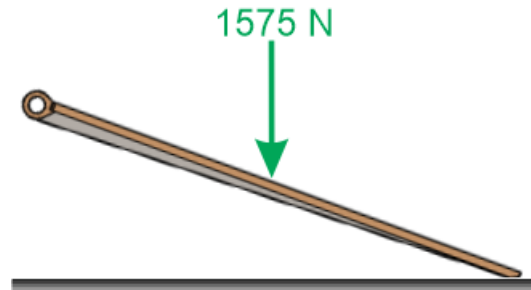


Figura 24. Fuerza sobre la rampa

Con el objetivo de garantizar un uso seguro del salvaescaleras evitando que las personas o la silla de ruedas se resbale por accidente, las rampas de acceso se fabricarán utilizando planchas de acero corrugado de 3 mm de espesor, reforzado en la parte inferior con 3 nervios de platina de acero estructural de 6 mm de espesor.

El análisis y estudio de los diferentes esfuerzos se ejecuta con ayuda de un sistema de software de ingeniería asistida por computador. La pieza estará construida con el material ASTM A36 cuyas propiedades mecánicas se muestran en la siguiente Tabla 2.

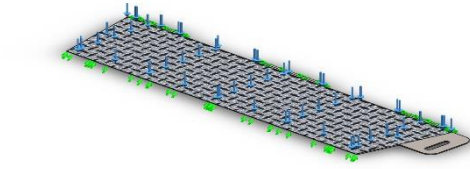
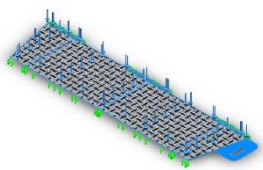
Tabla 2.

Propiedades de material ASTM A36.

Propiedades	
Nombre:	ASTM A36 Acero
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Límite elástico:	250 MPa
Límite de tracción:	400 MPa
Módulo elástico:	2e+011 Pa
Coefficiente de Poisson:	0.26
Densidad:	7850 kg/m ³
Módulo cortante:	7.93e+010 Pa

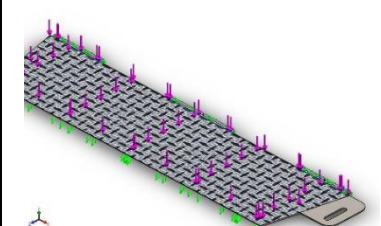
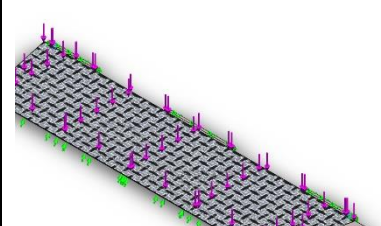
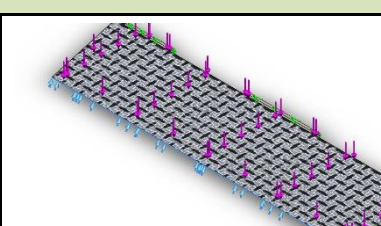
En la Tabla 3 se muestra las propiedades volumétricas del material con el que se contiene la Rampa de acceso.

Tabla 3.
Información de modelo rampa.

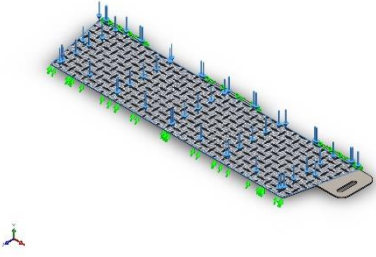
		
<p>Nombre del modelo: Rampa Configuración actual: Predeterminado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Cortar-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:3.2742 kg Volumen:0.000417095 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:32.0871 N</p>

En la Tabla 4 se muestra el resumen de las cargas y sujeciones a la que está sujeta la pieza, y en que caras esta aplicada, también se aplica la fuerza F_r (fuerza máxima que actúa en la rampa) que es la máxima fuerza que tendrá que soportar la rampa

Tabla 4.
Cargas y sujeciones rampa.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción															
Bisagra fija-1		Entidades: 3 cara(s) Tipo: Bisagra fija															
Fuerzas resultantes <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fuerza de reacción(N)</td> <td>5.18134</td> <td>584.412</td> <td>573.105</td> <td>818.543</td> </tr> <tr> <td>Momento de reacción(N.m)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Componentes	X	Y	Z	Resultante	Fuerza de reacción(N)	5.18134	584.412	573.105	818.543	Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Componentes	X	Y	Z	Resultante													
Fuerza de reacción(N)	5.18134	584.412	573.105	818.543													
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0													
Rodillo/Control deslizante-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Rodillo/Control deslizante															
Fuerzas resultantes <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fuerza de reacción(N)</td> <td>-2.21632</td> <td>11.734</td> <td>36.1875</td> <td>38.1069</td> </tr> <tr> <td>Momento de reacción(N.m)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Componentes	X	Y	Z	Resultante	Fuerza de reacción(N)	-2.21632	11.734	36.1875	38.1069	Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Componentes	X	Y	Z	Resultante													
Fuerza de reacción(N)	-2.21632	11.734	36.1875	38.1069													
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0													
Rodillo/Control deslizante-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Rodillo/Control deslizante															
Fuerzas resultantes <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fuerza de reacción(N)</td> <td>-0.213733</td> <td>989.981</td> <td>-571.779</td> <td>1143.24</td> </tr> <tr> <td>Momento de reacción(N.m)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Componentes	X	Y	Z	Resultante	Fuerza de reacción(N)	-0.213733	989.981	-571.779	1143.24	Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Componentes	X	Y	Z	Resultante													
Fuerza de reacción(N)	-0.213733	989.981	-571.779	1143.24													
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0													

CONTINÚA →

Nombre de carga	Cargas imagen	Detalles de carga
Fr		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 1575 N</p>

Nombre del modelo: Rampa D
 Nombre de estudio: Análisis estático 2 (Predeterminado)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 100

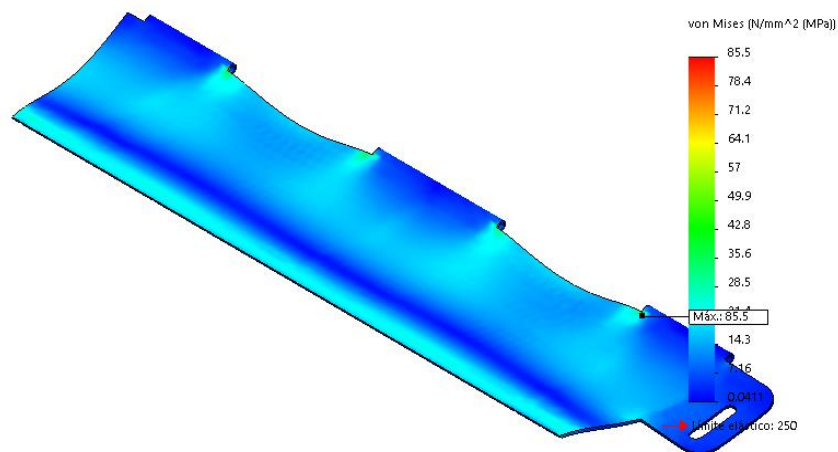


Figura 25. Tensión de Von Mises rampa.

En la Figura 25 se observa que la tensión máxima de Von Mises es de 85,5 MPa y se produce en la Rampa por la cual sube la silla de ruedas, pero esta tensión es menor que el límite de fluencia del material, por lo tanto, ésta estructura puede resistir sin fallar.

Nombre del modelo: Rampa D
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 100

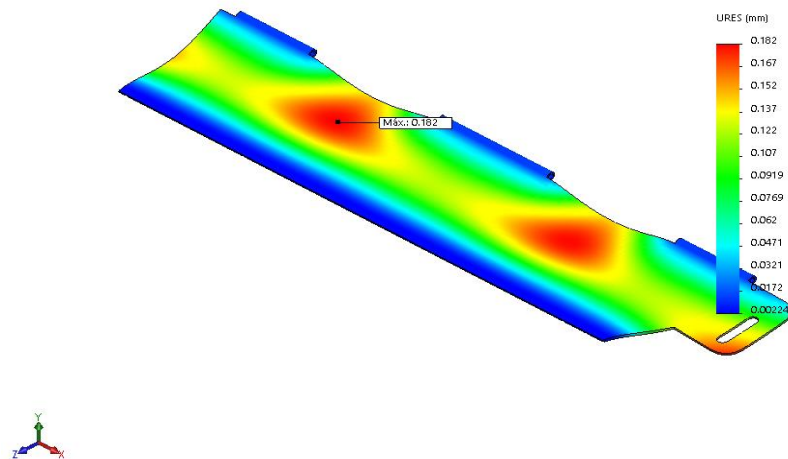


Figura 26. Desplazamientos resultantes rampa.

Al analizar la Figura 26 se observa que el desplazamiento máximo ocurre en el medio de la rampa y su valor es de 0.82 mm, es una deformación mínima por lo que se considera que no afecta en el funcionamiento del mecanismo de las rampas.

Nombre del modelo: Rampa D
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.9

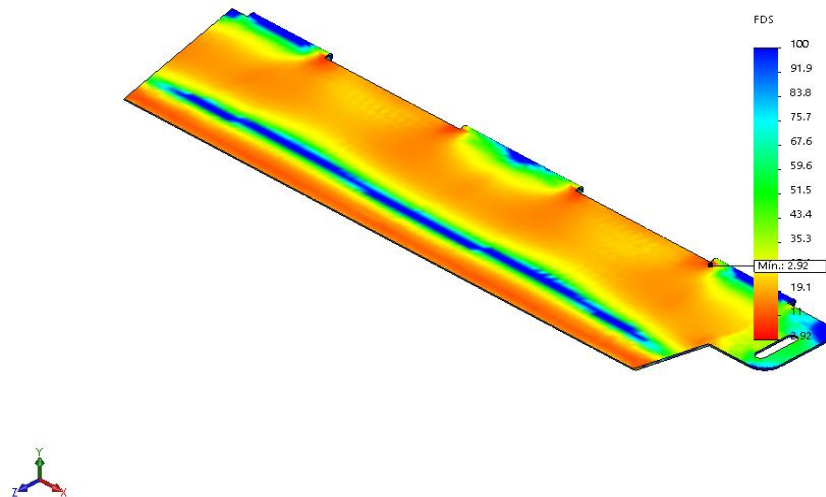


Figura 27. Factor de seguridad rampa.

Según el análisis de la Figura 27 el factor de seguridad es de 2,93 mayor al factor de seguridad permitido 2,5, que tenemos en los parámetros iniciales de construcción de la plataforma. Por lo tanto, es seguro el diseño realizado para las rampas.

2.1.3.2. SELECCIÓN DEL CABLE DE TENSIÓN

Como se muestra en la Figura 28, cuando la silla de ruedas se encuentra sobre la plataforma, el cable de tensión es accionado mediante un motor eléctrico y permite girar las rampas un ángulo de 45° para evitar que se desplace por accidente hacia afuera de la plataforma, según la norma CE-TUV.

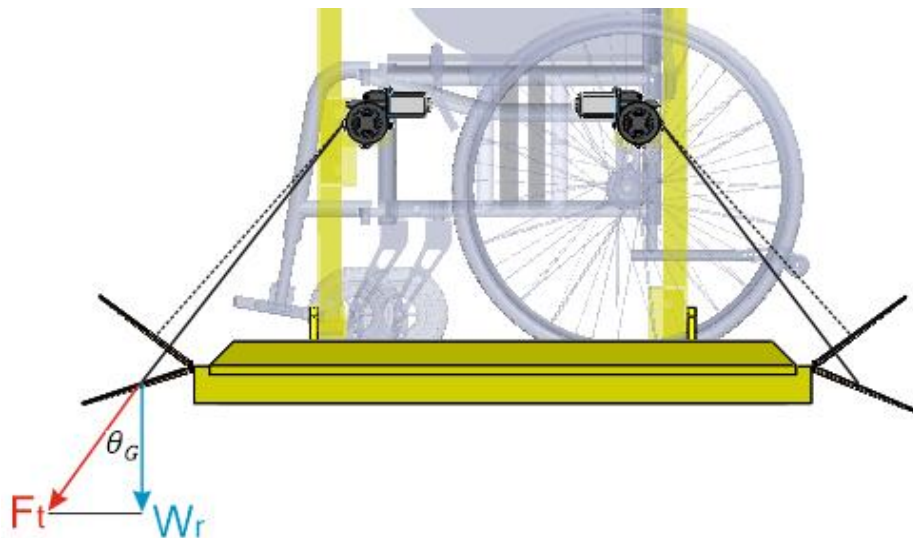


Figura 28. Rampas de acceso

Para girar las rampas, el cable debe ejercer la tensión suficiente F_t para vencer el peso de las rampas.

$$F_t = \frac{W_r}{\cos \theta_G} \quad \text{E.c 2.2}$$

$$F_t = \frac{32 \text{ N}}{\cos 30^\circ}$$

$$F_t = 36,95 \text{ N} = 3,76 \text{ kgf}$$

Donde:

$$W_r = \text{peso de la rampa} = 32 \text{ N}$$

Considerando un factor de seguridad F_{sc} de 4,0 (Anexo A02) se determina que la fuerza de tensión F_T que debe resistir el cable es:

$$F_T = F_{sc} \cdot F_t \quad \text{E.c 2.3}$$

$$F_T = 4,0 \cdot 36,95 \text{ N}$$

$$F_T = 147,8 \text{ N} = 15,0 \text{ kgf}$$

Del catálogo de cables (Anexo A03) se selecciona un cable de acero de la serie 8 x 19 con código 1008191SND08D, que tiene un diámetro de 8 mm y una carga de rotura mínima de 28,1 kgf, con un factor de seguridad de 7,5.

2.1.3.3. SELECCIÓN DEL MOTOR DE GIRO DE LAS RAMPAS DE ACCESO.

El torque requerido en el motor eléctrico para girar las rampas viene dado por:

$$T_{mr} = F_T \cdot r_{pm} \quad \text{E.c 2.4}$$

$$T_{mr} = 147,8 \text{ N} \cdot 0,020 \text{ m}$$

$$T_{mr} = 2,95 \text{ Nm}$$

Donde:

$$T_{mr} = \text{torque requerido en el motor eléctrico}$$

r_{pm} = radio de la polea del moto-reductor = 20 mm

Para obtener el torque demandado se utiliza un moto-reductor eléctrico que gira a 100 rpm, adicionalmente se articula a la polea que tira del cable, por lo tanto, la potencia requerida en el motor se obtiene a partir de:

$$Pot_{m1} = T_{mr} \cdot \omega_{mot1} \quad \text{E.c 2.5}$$

$$Pot_{m1} = 2,95 \text{ Nm} \cdot 10,47 \text{ rad/s}$$

$$Pot_{m1} = 30,95 \text{ W}$$

Donde:

ω_{mot1} = velocidad de giro del moto-reductor = 100 rpm = 10,47 rad/s

Para la eficiencia total del sistema se considera el 72% del sistema total con el objeto de contemplar situaciones particulares adversas, se calcula el 75% entregada por el motor y 97% entregada por los engranes. También estimar diferentes tipos de pérdidas en el sistema, la potencia efectiva requerida en el motor es:

$$\eta_T = \eta_m \cdot \eta_{CR} \quad \text{E.c 2.6}$$

$$\eta_T = 0,75 \cdot 0,97$$

$$\eta_T = 0,70$$

Entonces, la potencia requerida es:

$$P_{Mot1} = \frac{Pot_{m1}}{\eta_T} \quad \text{E.c 2.7}$$

$$P_{Mot1} = \frac{30,95 \text{ W}}{0,72} = 42,98 \text{ W}$$

Se selecciona un moto-reductor de corriente continua de 50 Watts, torque de 5Nm y velocidad 60rpm.

2.1.4. Diseño del sistema de plegado de la base plataforma

Gracias al sistema de plegado, la plataforma gira 90° para plegarse, por lo que, el salvaescaleras adopta una forma compacta, permitiendo el máximo espacio libre en las escaleras y en las zonas de embarque y desembarque.

Cuando la plataforma se encuentre plegada, el salvaescaleras debe mantener los brazos de seguridad y sus controles de la máquina ocultos y protegidos, otorgándole mayor resistencia al vandalismo y a la manipulación por personas no autorizadas.

Como se muestra en la Figura 29, el sistema de plegado de la plataforma del salvaescaleras se encuentra compuesto por los elementos que se indican a continuación:

1. Base de la plataforma del salvaescaleras.
2. Moto reductora para plegado de la plataforma.
3. Eje de giro de la plataforma.

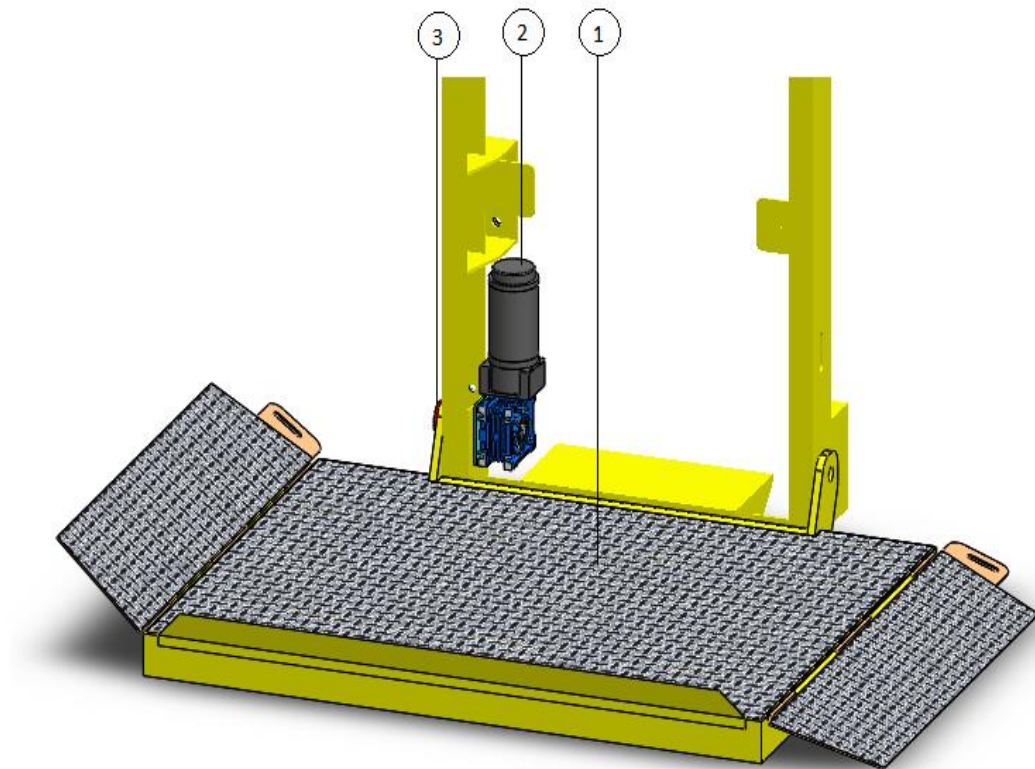


Figura 29. Sistema de plegado de la plataforma.

2.1.4.1. Diseño de la base de la plataforma del salvaescaleras

La plataforma debe resistir la carga máxima que actúa sobre el salvaescaleras (peso de la silla de ruedas con la persona discapacitada) más el peso de las rampas (Figura 30).

Igual que las rampas, para evitar que las personas o la silla de ruedas se resbale por accidente cuando el salvaescaleras se encuentra en movimiento, la cubierta de la plataforma se fabricará con planchas de acero corrugado de 3 mm de espesor y la estructura con tubo rectangular de 60 x 40 X 2 mm, y ángulo de 60 x 3mm.

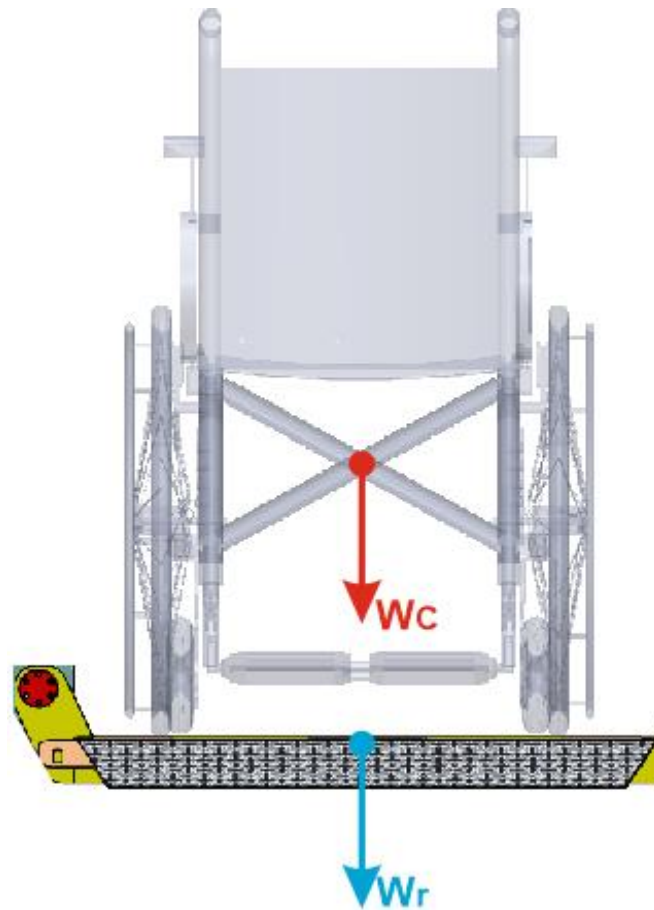


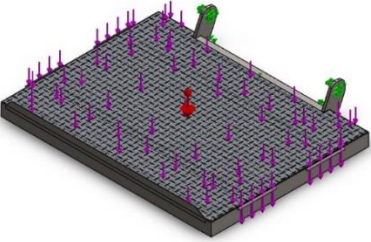
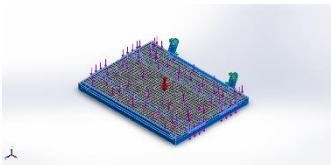
Figura 30. Fuerzas que actúan sobre la plataforma

El análisis de esfuerzos de la plataforma se ejecuta utilizando un software CAE.

En la Tabla 5 se muestra las propiedades volumétricas de la estructura base las que se tiene en cuenta para realizar el diseño.

Tabla 5.

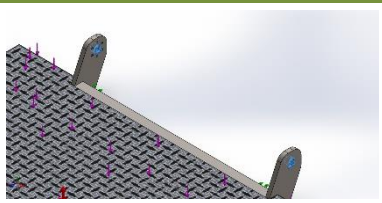
Información de modelo estructura base.

		
Nombre del modelo: Estructura base Configuración actual: Predeterminado		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Cortar-Extruir2 	Sólido	Masa: 24.4193 kg Volumen: 0.00311073 m ³ Densidad: 7850 kg/m ³ Peso: 239.309 N

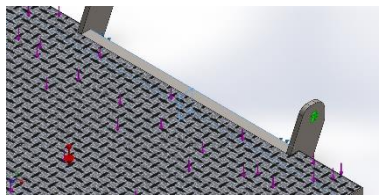
Las sujeciones que se manifiestan en la estructura base se describe en la Tabla 6, obteniendo las fuerzas resultantes en los diferentes ejes.

Tabla 6.

Sujeciones estructura base de la plataforma.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0739256	2617.03	-4321.24	5051.92

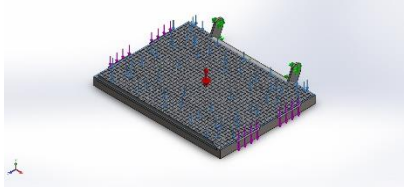
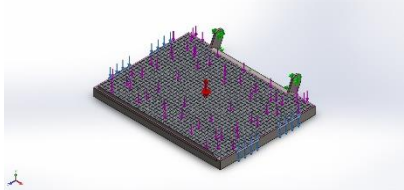
CONTINÚA →

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción		Detalles de sujeción	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Rodillo/Control deslizante-1			Entidades: 1 cara(s) Tipo: Rodillo/Control deslizante	
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.807462	-5.64203	4326.83	4326.84
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

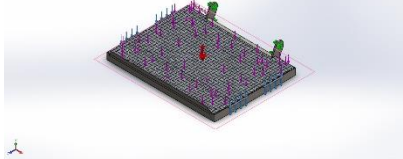
Las cargas que soporta la estructura se resumen en la Tabla 7, tenemos la fuerza w_c (carga total de soportar la estructura), la carga W_r (el peso de la silla de ruedas) y finalmente la gravedad.

Tabla 7.

Cargas estructura base.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
W_c		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 2250 N
W_r		Entidades: 4 cara(s) Referencia: Cara < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -32 N

CONTINÚA →

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI

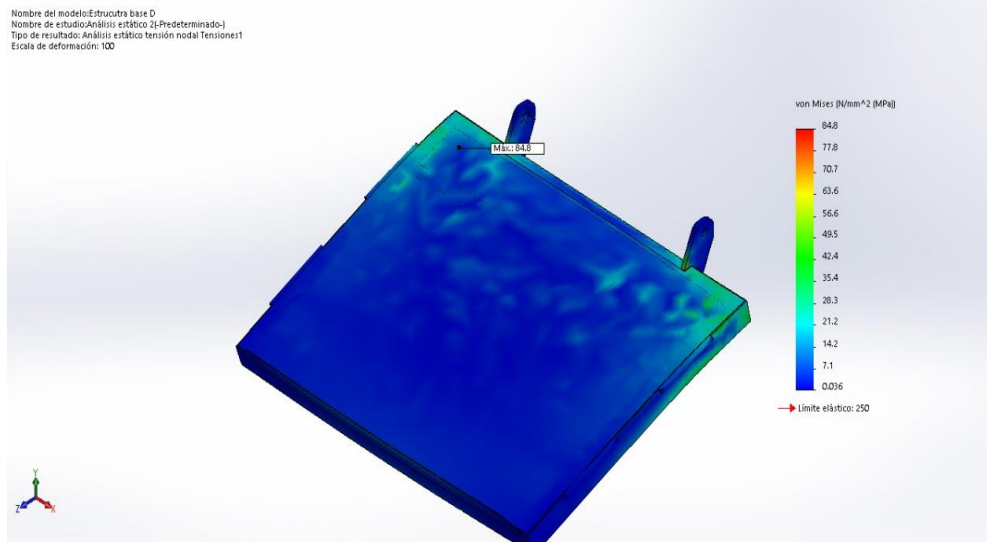


Figura 31. Tensión de Von Mises estructura base.

En la Figura 31 se observa que la tensión máxima de Von Mises es de 84.8 MPa y se produce en el Estructura base alrededor del cual giran las dos partes de la estructura del mecanismo de alzar la base y en el choque en Estructura base. Sin embargo, esta tensión es menor que el límite de fluencia del material ASTM A36 igual a 250 MPa, por lo tanto, ésta estructura puede resistir sin fallar de acuerdo a esta teoría.

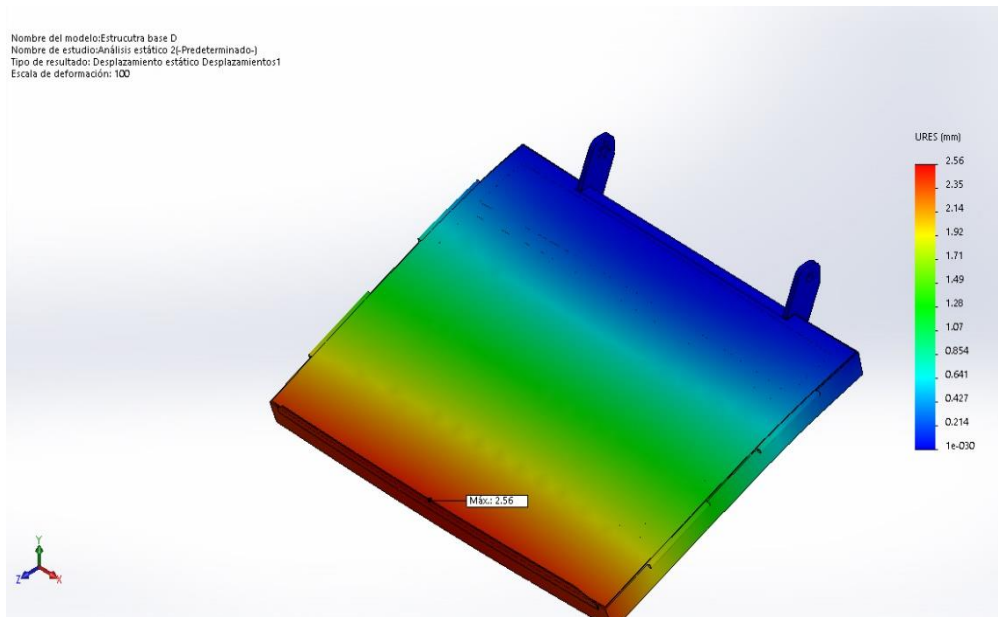


Figura 32. Desplazamientos estructura base.

En la Figura 32, se observa que el desplazamiento máximo ocurre en el extremo de la estructura base y su valor es de 2,56 mm, por lo que se considera que esta deformación no afecta a la estructura base de la plataforma.

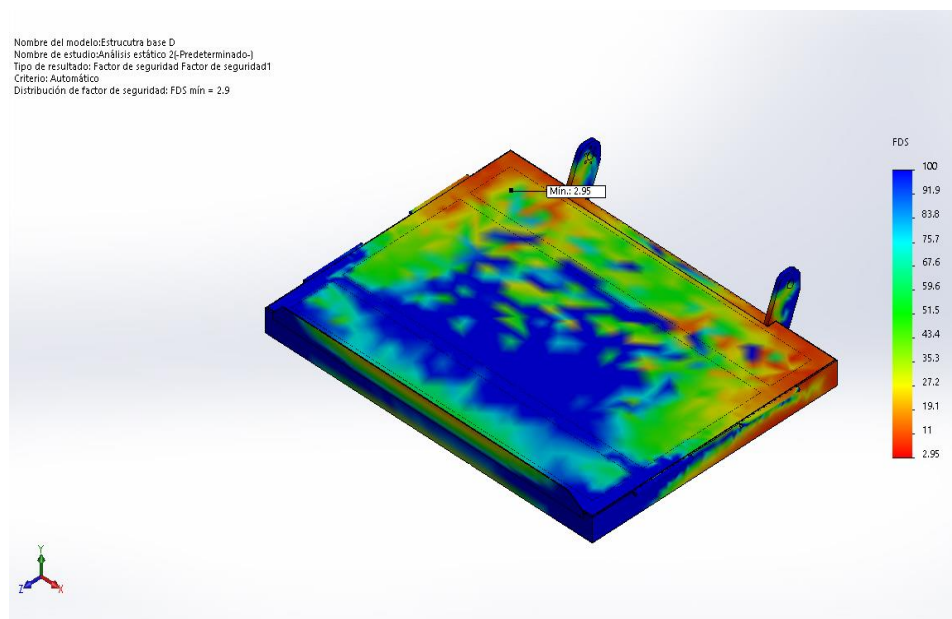


Figura 33. Factor de seguridad estructura base.

El factor de seguridad en la **Figura 33** se observa que las zonas críticas en la parte interior de la Estructura base. El valor mínimo del factor de seguridad es de 2.95 mayor a 2.5 establecido en los parámetros, se concluye que el diseño de la Estructura base es seguro.

2.1.4.2. Diseño del eje de giro de la plataforma

El eje de giro es el encargado de transmitir el torque que entrega el motor eléctrico a la plataforma cuando el salvaescaleras no se encuentra en uso y se requiere realizar el plegado o desplegado de la misma. Por lo tanto, el eje debe resistir el torque generado durante ésta operación.

El torque máximo requerido para plegar la plataforma se calcula a partir de la Figura 34.

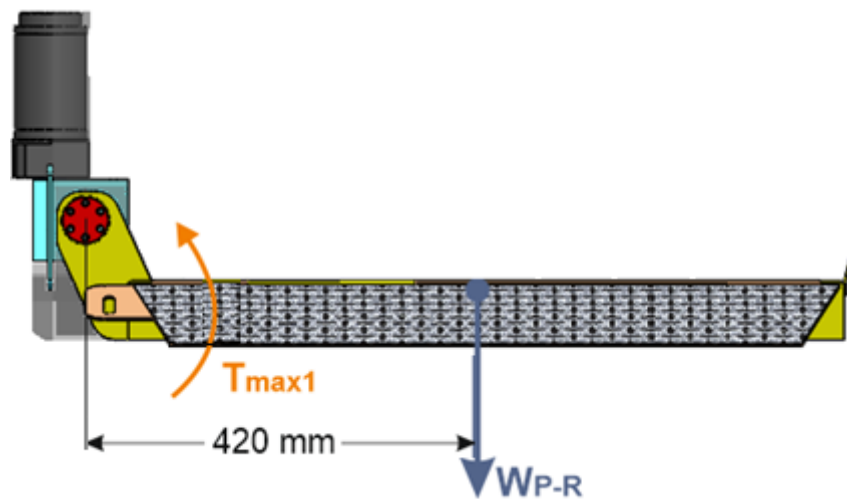


Figura 34. Cargas en la plataforma

$$T_{max1} = W_{P-R} \cdot d_1 \quad \text{E.c 2.8}$$

$$T_{max1} = (240 + 2 \cdot 32)N \cdot (0,42) m$$

$$T_{max1} = 127,68 Nm$$

Donde:

T_{max1} = torque máximo requerido para plegar la plataforma

W_{P-R} = peso de la plataforma más el peso de las dos rampas

d_1 = distancia desde el centro de giro al centro de gravedad de la plataforma.

El momento máximo generado por el peso de la plataforma base es:

$$M_{max1} = W_{P-R} \cdot d_2 \quad \text{E.c 2.9}$$

$$M_{max1} = (240 + 2 \cdot 32)N \cdot (0,006) m$$

$$M_{max1} = 1,824 Nm$$

Donde:

M_{max1} = momento máximo generado por el peso la plataforma

W_{P-R} = peso de la plataforma más el peso de las dos rampas

d_2 = distancia desde en voladizo del eje al centro de gravedad de ceja de la plataforma.

Aplicando la ecuación para el diseño de ejes sometidos a cargas de flexión y torsión, de acuerdo con la teoría de la energía de distorsión (Motht, 2006), se determina el diámetro mínimo requerido para el eje fabricado de acero AISIS 1020 laminado en frio:

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left(M_{max1}^2 + \frac{3}{4} T_{max1}^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad \text{E.c 2.10}$$

$$\phi_{eje1} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 350 \cdot 10^6} \left(1,824^2 + \frac{3}{4} 127,68^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = 0,020 m = 20,0 mm$$

Donde:

Φ_{eje1} = diámetro mínimo requerido en el eje de giro de la plataforma

S_y = resistencia a la fluencia del acero AISIS 1020 = 350 MPa

M_{max1} = momento máximo generado al plegar la plataforma

Se diseña un eje con un diámetro estándar de 20 mm como se muestra en la Figura 35.

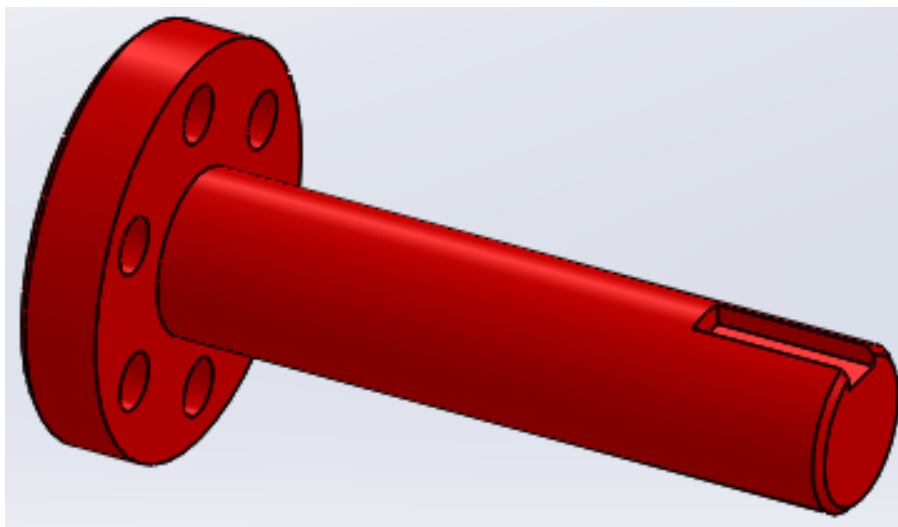


Figura 35. Eje de giro de la plataforma

2.1.4.3. Selección del motor para plegar la plataforma

Para generar el torque requerido para plegar la plataforma se aplica por la selección de un moto-reductor eléctrico de corriente continua con velocidad de salida de 1,0 rpm para acoplar de forma directa al eje de giro de la estructura plataforma.

La potencia requerida en el moto-reductor para el plegado de la plataforma, viene dado por:

$$Pot_{m2} = T_{max1} \cdot \omega_P$$

E.c 2.11

$$Pot_{m2} = 127,68 \text{ Nm} \cdot 0,209 \text{ rad/s}$$

$$Pot_{m2} = 26,74 \text{ W}$$

Donde:

$$\omega_p = \text{Velocidad de plegado de la plataforma abatible} = 0,209 \text{ rad/s}$$

Con el propósito de considerar situaciones particulares adversas; la eficiencia total del sistema de transmisión es de 70% entregado por la caja reductora (Anexo A04), así como los diferentes tipos de pérdidas en el sistema, la potencia efectiva requerida en el moto-reductor es:

$$P_{Mot2} = \frac{Pot_{m2}}{\eta_T} \quad \text{E.c 2.12}$$

$$P_{Mot2} = \frac{26,74 \text{ W}}{0,7}$$

$$P_{Mot2} = 38,2 \text{ W}$$

Por lo tanto, se selecciona un moto-reductor eléctrico que entrega Motor DC 50 Watts con un torque 150Nm y una velocidad de 30 rpm.

2.1.5. Diseño del sistema de giro de los brazos de seguridad

Este sistema ayuda a evitar que la silla de ruedas se desplace hacia afuera de la plataforma cuando esta se encuentra en movimiento, por lo que es necesario que ejecute los siguientes movimientos:

- Mantener un brazo en posición vertical hacia arriba y el otro en posición horizontal durante el tiempo que tarda la entrada o salida de la silla de ruedas.

- Mantener ambos brazos en posición horizontal durante el tiempo que tarda el ascenso o descenso del salvaescaleras.
- Mantener ambos brazos en posición vertical hacia abajo cuando el salvaescaleras no se utiliza y la plataforma se encuentra plegada.

El sistema de giro de los brazos de seguridad se encuentra formado por los elementos que se muestran en la Figura 36.

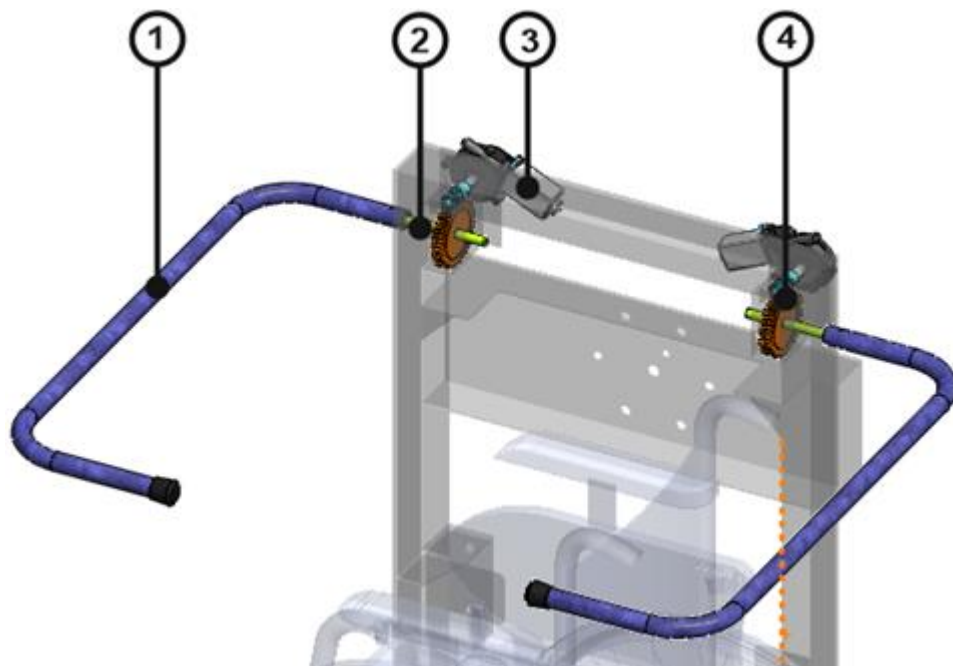


Figura 36. Sistema de giro de los brazos de seguridad

1. Brazo de seguridad.
2. Eje de giro del brazo de seguridad.
3. Mecanismo de tornillo sin fin y corona.
4. Motor de giro del brazo de seguridad.

2.1.5.1. Diseño de los brazos de seguridad

Los brazos de seguridad se diseñan de forma que sean capaces de resistir una fuerza máxima de 100 N, en caso de existir un apoyo en el extremo más

alejado del brazo. Para fabricar los brazos se utilizará tubo poste de acero ASTM A500 grado A.

Del catálogo DIPAC (Anexo A05) se selecciona el tubo poste de 1plg de diámetro y 2 mm de espesor, que tiene un módulo de sección de $0,79 \text{ cm}^3$ y un peso de 1,21 kg por metro de longitud. El factor de diseño para el brazo de seguridad será $FS = 2,5$.

El análisis de fuerzas se realiza a partir de la Figura 37.

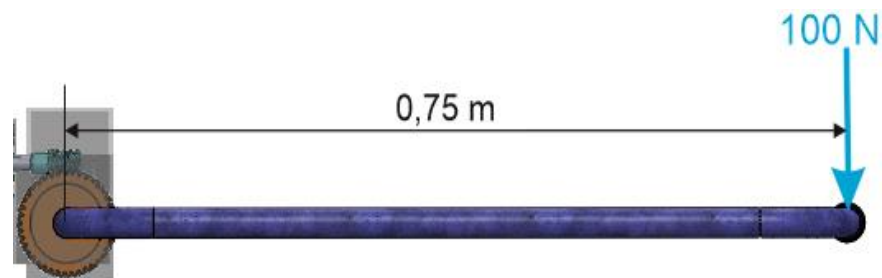


Figura 37. Cargas sobre los brazos de seguridad

En la Tabla 8 se muestra las propiedades del material con el que es construido el brazo de seguridad y las diferentes características a las que está sometido al análisis.

Tabla 8.

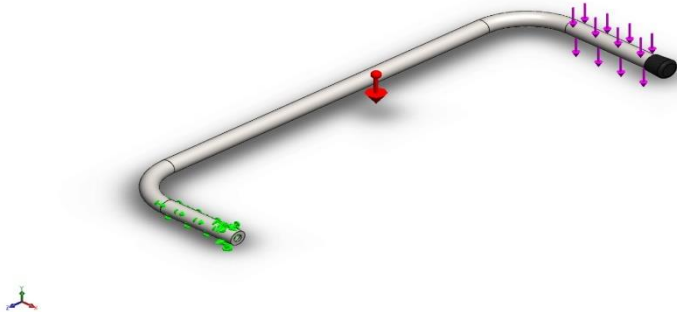
Propiedades del material ASTM A500.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: ASTM A500 Grado A</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: $2.48168e+008 \text{ Pa}$</p> <p>Límite de tracción: $4.82549e+008 \text{ Pa}$</p> <p>Módulo elástico: $2e+011 \text{ Pa}$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.32</p> <p>Densidad: 7800 kg/m^3</p> <p>Módulo cortante: $7.6e+010 \text{ Pa}$</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: $1.2e-005 / \text{Kelvin}$</p>

En la Tabla 9 se especifica las propiedades volumétricas de los brazos de seguridad.

Tabla 9.

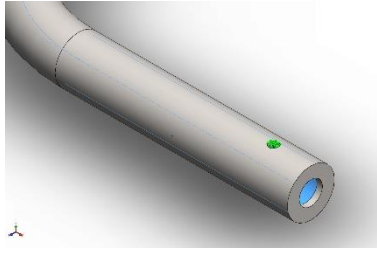
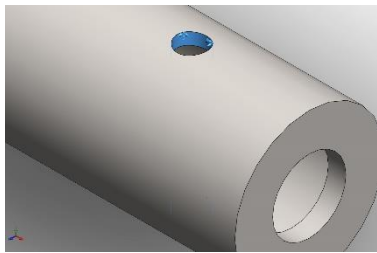
Información de modelo de los brazos.

	
<p>Nombre del modelo: Brazos Configuración actual: Predeterminado</p>	
Sólidos	
Tratado como	Propiedades volumétricas
Sólido	<p>Masa:1.34705 kg Volumen:0.000172698 m³ Densidad:7800 kg/m³ Peso:13.2011 N</p>

Las sujeciones a las que están sometidas los brazos de seguridad se especifican en la Tabla 10, también las caras de fijación y sus fuerzas de reacción en los ejes.

Tabla 10.

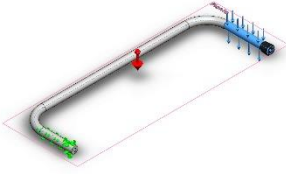
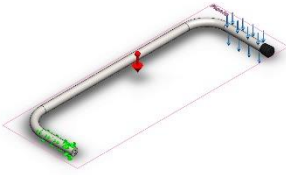
Sujeciones de los brazos.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0.106342	113.664	0.156006	113.664	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	
Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-5.27736e-006	0.0039555	-2.02863e-005	0.00395555	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

En la Tabla 11 se muestra el resumen de las cargas aplicadas y los detalles de cada una de ellas, en los brazos de seguridad.

Tabla 11.

Cargas del brazo de seguridad.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -100 N
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI

Nombre del modelo: Brazo
 Nombre de estudio: Análisis estático 15 (Predeterminado)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal (Tensiones)
 Escala de deformación: 1:11419

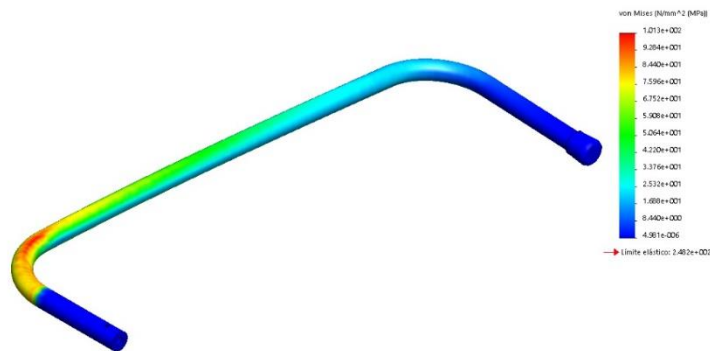


Figura 38. Tensión von Mises tubería de los brazos

La tensión máxima de valor 101.279 MPa analizada en la Figura 38 no supera el valor del límite de fluencia del material ASTM A500 que es de 248.2MPa. consecuentemente no afectara en el diseño de los brazos.

Nombre del modelo: Brazo
 Nombre de estudio: Análisis estático 16 (Predeterminado)
 Tipo de resultado: Desplazamiento orbital (Desplazamiento)
 Escala de deformación: 7.11419

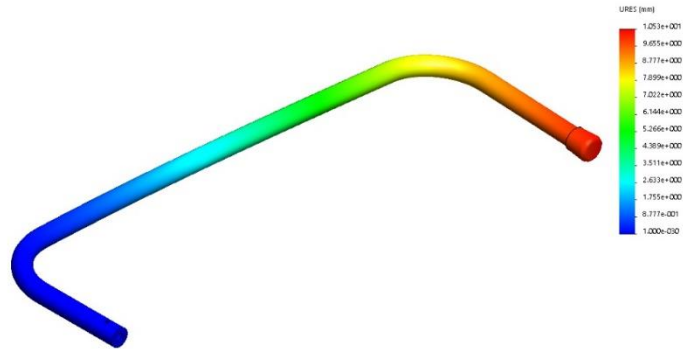


Figura 39. Desplazamiento en la tubería de los brazos.

En la Figura 39 el valor de desplazamiento máximo es de 10.5324 mm y ocurre donde se aplica la fuerza a la que se somete la pieza, hay que resaltar que la fuerza de que se aplica es solo cuando se somete una carga extrema en los brazos por alguna circunstancia. Por lo tanto, este desplazamiento se dará solo si se aplica esta fuerza.

Nombre del modelo: Brazo
 Nombre de estudio: Análisis estático 16 (Predeterminado)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FOS mín = 2.5

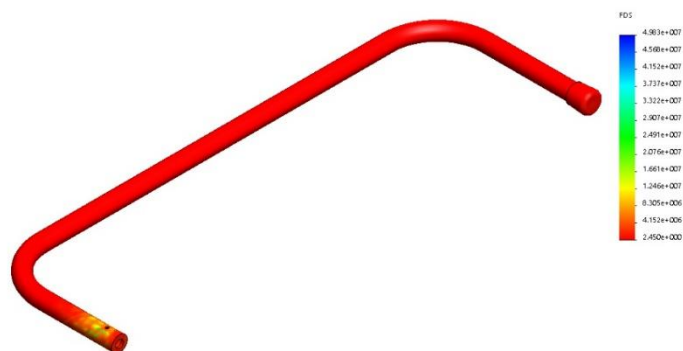


Figura 40. Factor de seguridad tubería del brazo.

El factor de seguridad mínimo de diseño analizado en la Figura 40, es de valor de 2,5 que es igual al propuesto en los parámetros de diseño. Se concluye que los brazos de seguridad no fallaran con este tipo de tubería.

2.1.5.2. Diseño del eje de giro del brazo de seguridad

Este eje transmite el movimiento de giro a los brazos de seguridad para elevarlos a bajarlos según los requerimientos del operador del salvaescaleras. Debido a que el giro de los brazos debe realizarse sin ninguna carga adicional sobre los brazos, el eje debe resistir sólo el torque que genera el peso propio de los brazos de seguridad.

El torque requerido para girar los brazos de seguridad se calcula a partir de la Figura 41.

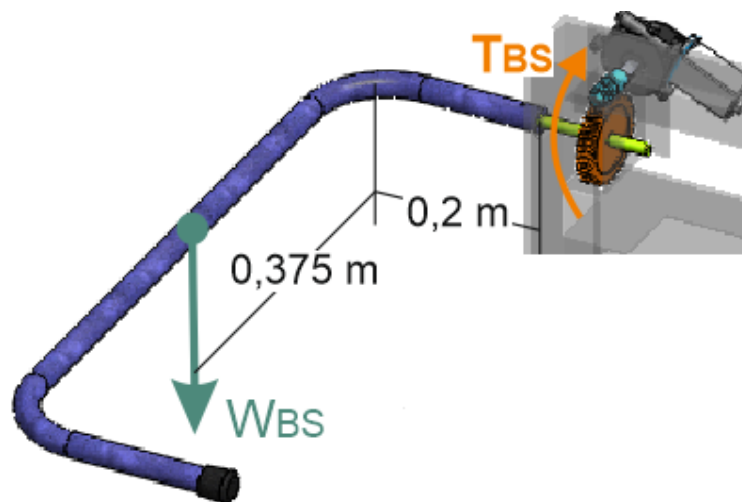


Figura 41. Torque requerido para girar los brazos de seguridad

$$T_{BS} = W_{BS} \cdot d_2 \quad \text{E.c 2.13}$$

$$T_{BS} = 15 \text{ N} \cdot 0,375 \text{ m}$$

$$T_{BS} = 5,625 \text{ Nm}$$

Donde:

T_{BS} = torque requerido para girar los brazos de seguridad

W_{BS} = peso de cada brazo de seguridad = 15 N

d_2 = distancia desde el centro de giro al centro de gravedad del brazo

De forma semejante, se calcula el momento flector generado al girar los brazos de seguridad.

$$M_{BS} = W_{BS} \cdot d_3 \quad \text{E.c 2.14}$$

$$M_{BS} = 15 \text{ N} \cdot 0,20 \text{ m}$$

$$M_{BS} = 3,0 \text{ Nm}$$

Donde:

M_{BS} = momento generado al girar los brazos de seguridad

Aplicando la ecuación de la teoría de la energía de distorsión (Motth, 2006) E.c. 2.8 para ejes, se realiza el cálculo de ejes para determinar el diámetro mínimo requerido. Para el eje fabricado de acero estructural ASTM A36 se obtiene lo siguiente:

$$\phi_{eje2} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left(M_{BS}^2 + \frac{3}{4} T_{BS}^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje2} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6} \left(3,0^2 + \frac{3}{4} 5,625^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje2} = 0,0084 \text{ m} = 8,4 \text{ mm}$$

Donde:

ϕ_{eje2} = diámetro mínimo requerido en el eje de giro de los brazos

S_y = resistencia a la fluencia del acero ASTM A36 = 250 MPa

Se selecciona un eje con un diámetro estándar de ½ plg.

2.1.5.3. Diseño del mecanismo de tornillo sin fin y corona

El mecanismo de giro de los brazos de seguridad será accionado mediante un moto-reductor igual al utilizado para girar las rampas de acceso, pero debido a que para los brazos se requiere una velocidad menor (2 rpm), se utilizará un reductor de velocidad adicional de tornillo sin fin y corona, con lo que se garantiza el auto frenado de los brazos en cualquier posición.

La relación de velocidad requerida en el reductor de tornillo sin fin y corona se obtiene de:

$$i = \frac{\omega_W}{\omega_P} \quad \text{E.c 2.15}$$

$$i = \frac{100 \text{ rpm}}{2 \text{ rpm}} = 50$$

Donde:

ω_W = velocidad de giro del tornillo = velocidad del motor = 100 rpm

ω_P = velocidad de giro de los brazos de seguridad = 2 rpm

El número de hilos (o entradas) requeridos en el tornillo sin fin se determina en base a la tabla del Anexo A06 y debido a que la relación de velocidad es de 50, se utiliza un tornillo sin fin de una sola entrada, por lo tanto:

$$N_G = \frac{i}{N_W} \quad \text{E.c 2.16}$$

$$N_G = \frac{50}{1} = 50 \text{ dientes}$$

Donde:

N_W = número de dientes de la corona

N_G = número de entradas del tornillo sin fin

Para un módulo $m = 2$ del reductor de velocidad, el diámetro de paso de la corona D_G , es:

$$D_G = m \cdot N_W \quad \text{E.c 2.17}$$

$$D_G = 2 \cdot 50$$

$$D_G = 100 \text{ mm}$$

Para una distancia entre centros $C = 60 \text{ mm}$, el diámetro de paso mínimo requerido en el tornillo sin fin D_W , viene dado por la ecuación 2.18:

$$D_W = \frac{C^{0,875}}{2,2} \quad \text{E.c 2.18}$$

$$D_W = \frac{60^{0,875}}{2,2} = 16,4 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona un diámetro $D_W = 20 \text{ mm}$

El torque que actúa en la corona para mantener los brazos en posición horizontal es igual a M_{max} :

$$T_G = M_{max} = 75 \text{ Nm}$$

El torque que actúa sobre el tornillo sin fin se obtiene a partir de la relación de transmisión:

$$T_W = \frac{75 \text{ Nm}}{50}$$

$$T_W = 1,5 \text{ Nm}$$

Si los dientes del tornillo sin fin y la corona se fabrican con un ángulo de presión $\phi = 20^\circ$, las fuerzas que actúan sobre los dientes, se determinan a partir de la Figura 42:

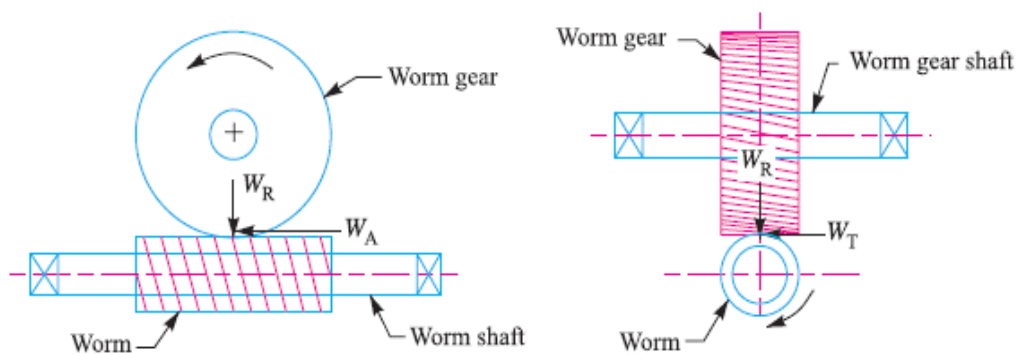


Figura 42. Análisis de fuerzas en el reductor de tornillo sin fin y corona.

La fuerza tangencial W_{TW} que actúa en el tornillo sin fin viene dado por la ecuación 2.19 :

$$W_{TW} = \frac{T_W}{D_W/2}$$

E.c 2.19

$$W_{TW} = \frac{1,5 Nm}{0,02/2}$$

$$W_{TW} = 150,0 N$$

Esta fuerza es igual a la fuerza axial W_{AG} que actúa en la corona. La fuerza axial o de empuje W_{AW} que actúa en el tornillo sin fin viene dado por E.c 2.20:

$$W_{AW} = W_{TG} = \frac{T_G}{D_G/2} \quad \text{E.c 2.20}$$

$$W_{AW} = \frac{75 Nm}{0,1/2}$$

$$W_{AW} = 1500,0 N$$

Esta fuerza es igual a la fuerza tangencial W_{TG} que actúa en la corona. La fuerza radial o de separación W_R aplicada al reductor de velocidad viene dado por:

$$W_{RW} = W_{RG} = W_{AW} \cdot \tan \emptyset \quad \text{E.c 2.21}$$

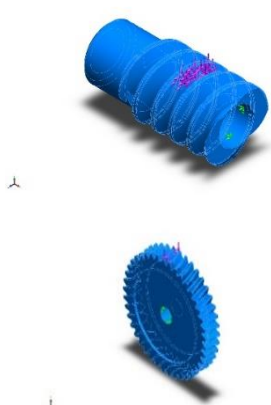
$$W_{RW} = W_{RG} = 1500,0 N \cdot \tan 20^\circ$$

$$W_{RW} = W_{RG} = 545,9 N$$

El análisis de esfuerzos del tornillo sin fin y la corona se ejecuta utilizando un software CAE. En la Tabla 12 muestra las propiedades del material AISI 1020 laminado en frio con el que fue fabricado el tornillo y la corona.

Tabla 12.

Propiedades de material AISI 1020.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: $3.5e+008 \text{ N/m}^2$</p> <p>Límite de tracción: $4.2e+008 \text{ N/m}^2$</p> <p>Módulo elástico: $2.05e+011 \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7870 kg/m^3</p> <p>Módulo cortante: $8e+010 \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: $1.2e-005 / \text{Kelvin}$</p>

La Tabla 13 resume la información de las propiedades volumétricas de tornillo de los brazos.

Tabla 13.

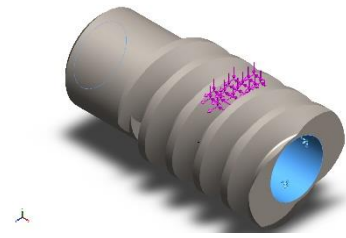
Información de modelo Tornillo brazos

 <p>Nombre del modelo: Tornillo brazos D Configuración actual: Predeterminado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>1</p> 	Sólido	<p>Masa: 0.0509397 kg Volumen: $6.47265e-006 \text{ m}^3$ Densidad: 7870 kg/m^3 Peso: 0.499209 N</p>

Las sujeciones aplicadas en el tornillo de los brazos y las fuerzas de reacción producidas por esta se observan en la Tabla 14.

Tabla 14.

Sujeciones tornillo brazos

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes		X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)		1496.95	544.746	-149.687	1600.01
Momento de reacción(N.m)		0	0	0	0

Las cargas W_{AW} (fuerza axial o de empuje), W_{TW} (fuerza tangencial) y W_{RW} (fuerza radial) están descritas en la Tabla 15, se ilustra también donde están aplicadas en el tornillo.

Tabla 15.

Cargas en el tornillo brazos.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Waw		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -1500 N

CONTINÚA →

Wtw		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Alzado Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 150 N
Wrw		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -545.9 N

Nombre del modelo: Tornillo brazos D
Nombre de estudio: Análisis estático 16-Predeterminado-
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1259.16

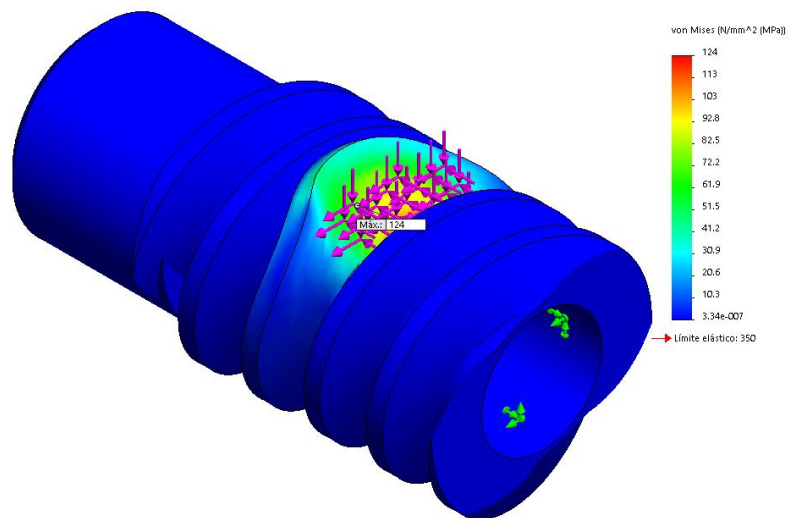


Figura 43. Tensión de von Mises Tornillo brazos

Al analizar la Figura 43 se concluye que la tensión máxima de Von Mises producida en el tornillo de brazos es de 124,00 MPa y se produce en la espira del tornillo sin fin; esta tensión es menor que el límite de elástico del acero

estructural ASTM A36, se concluye que el tornillo resiste a ésta tensión máxima sin fallar.

Nombre del modelo: Tornillo brazos D
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos
 Escala de deformación: 1259,16

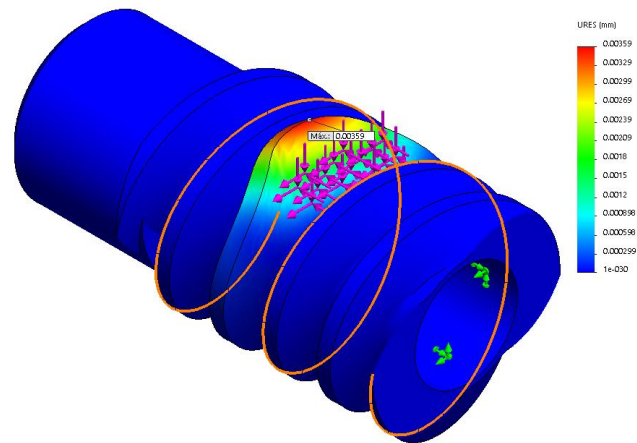


Figura 44. Desplazamientos Tornillo brazos.

En la Figura 44 se presenta que el desplazamiento máximo ocurre en la espira del tornillo sin fin y su valor es de 0.00359 mm, por lo que se considera que el desplazamiento no afecta el funcionamiento del mecanismo de los brazos de seguridad.

Nombre del modelo: Tornillo brazos D
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.8

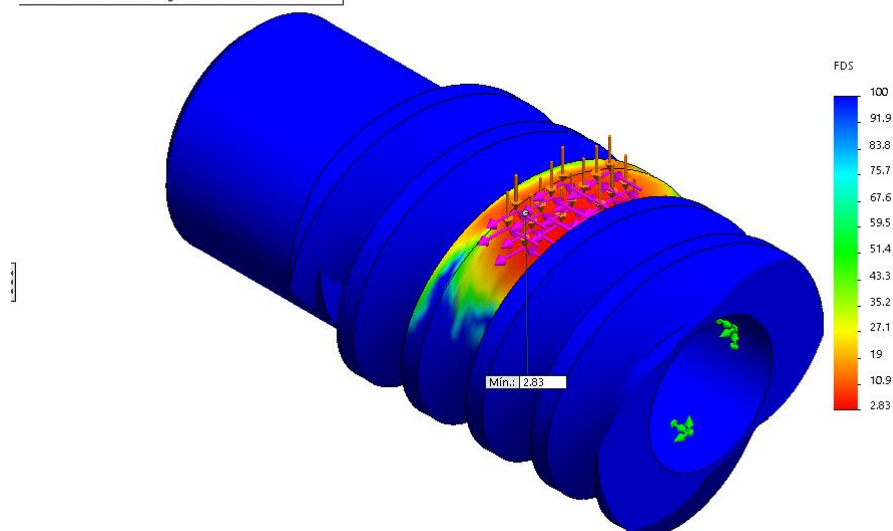


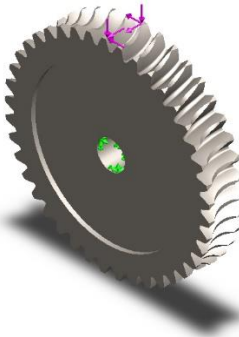

Figura 45. Factor de seguridad Tornillo brazos.

En cuanto al factor de seguridad, en la Figura 45 se muestra el análisis del mismo observando el factor de seguridad, sin embargo; al ser su valor mínimo a 2,83 mayor al establecido en los parámetros de diseño, es confiable la pieza.

En la Tabla 16 se muestra las propiedades volumétricas de la corona de los brazos.

Tabla 16.

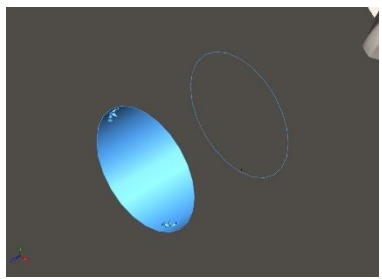
Información de modelo corona brazos.

 <p>Nombre del modelo: Corona brazos D Configuración actual: Predeterminado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
1 	Sólido	Masa:0.56281 kg Volumen:7.15134e-005 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:5.51554 N

En la Tabla 17 se representa la sujeción en donde es sometida la pieza para ser aplicada las fuerzas en el engrane.

Tabla 17.

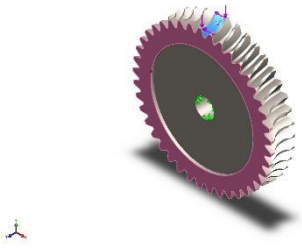
Sujeciones corona brazos

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	1487.36	541.325	-148.396	1589.75
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

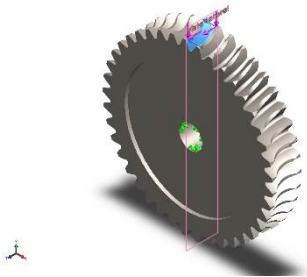
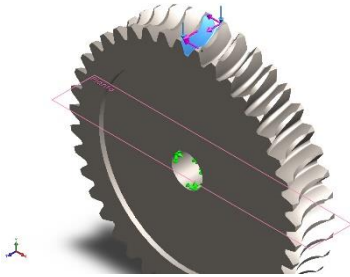
Las cargas W_{AW} (fuerza axial o de empuje), W_{TW} (fuerza tangencial) y W_{RW} (fuerza radial) están descritas en la Tabla 18, están aplicadas en la corona que está en contacto con el tornillo.

Tabla 18.

Cargas en la corona brazos

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
W_{TW}		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 150 N

CONTINÚA →

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
W_{AW}		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -1500 N
W_{RW}		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -545.9 N

Nombre del modelo: Corona brazos D
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 982,507

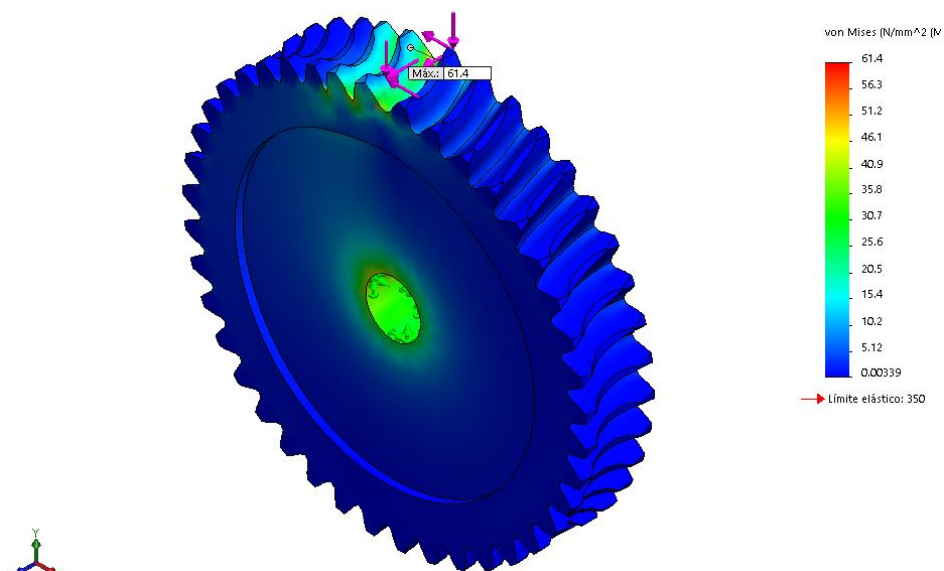


Figura 46. Tensión de Von Mises corona brazos

En la Figura 46 se observa la tensión máxima de Von Mises producida en el área de contacto con la espira del tornillo sin fin y los dientes, el valor es de

61,4MPa; por lo cual, es menor al valor límite de fluencia del material, esta seleccionada correctamente.

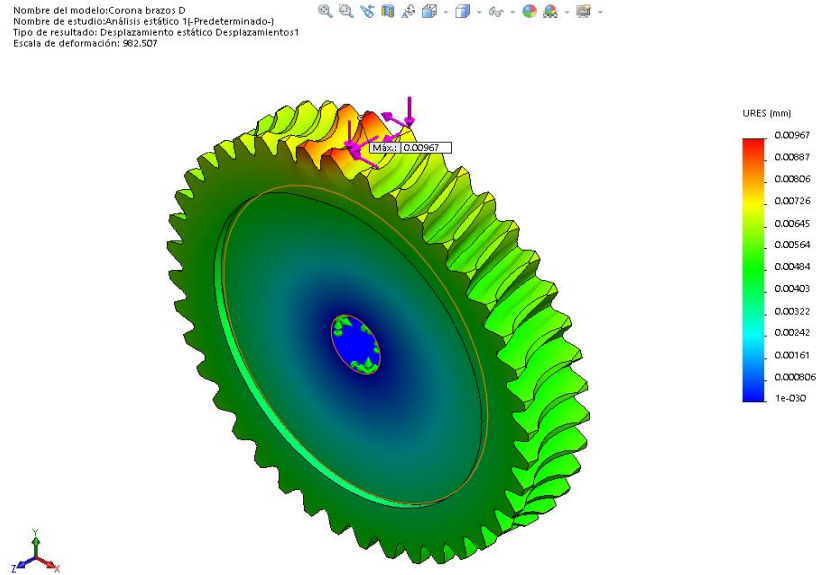


Figura 47. Desplazamientos resultantes corona brazos

En la Figura 47 se muestra el análisis de desplazamientos de la corona en los dientes teniendo una deformación con 0.00967mm máxima, el cual es muy baja como para afectar al mecanismo de revolución de los brazos de seguridad.

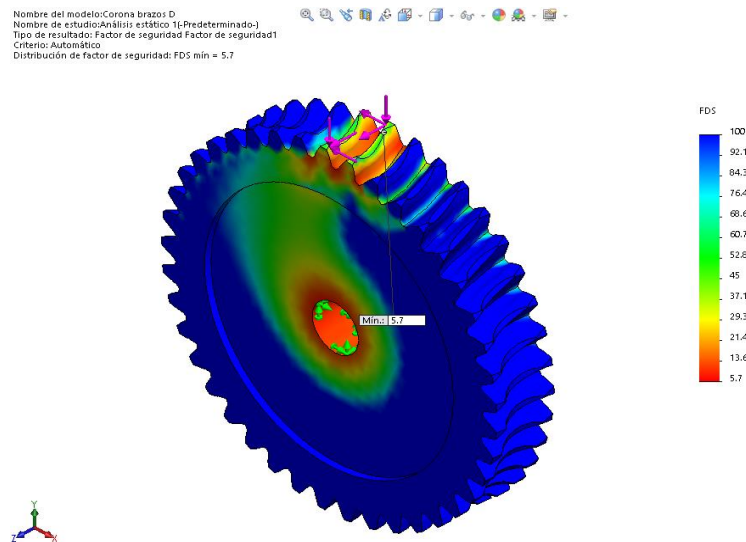


Figura 48. Factor de seguridad corona brazos.

De la Figura 48 obtenemos el análisis del factor de seguridad muy alto de valor igual a 5,7, se concluye mientras más alto el valor, es más resistente por lo tanto es satisfactorio el diseño.

2.1.5.4. Selección del motor de giro del brazo de seguridad

Para generar el torque requerido para girar los brazos de seguridad se emplea un moto-reductor eléctrico que gira a 100 rpm y se ensambla al tornillo sin fin del reductor de velocidad.

Entonces, la potencia demandada en el moto-reductor viene dado por:

$$Pot_{m3} = T_W \cdot \omega_{mot} \quad \text{E.c 2.22}$$

$$Pot_{m3} = 1,5 \text{ Nm} \cdot 10,47 \text{ rad/s}$$

$$Pot_{m3} = 15,75 \text{ W}$$

Donde:

$$\omega_{mot} = \text{velocidad de giro del moto-reductor} = 100 \text{ rpm} = 10,47 \text{ rad/s}$$

Considerando una eficiencia del reductor de tornillo sin fin de 50% y del moto-reductor de 75%, la potencia efectiva requerida en el moto-reductor es:

$$P_{Mot3} = \frac{Pot_{m3}}{\eta_{RV} \cdot \eta_{Mot}} \quad \text{E.c 2.23}$$

$$P_{Mot3} = \frac{15,75 \text{ W}}{0,5 \cdot 0,75}$$

$$P_{Mot3} = 41,88 \text{ W}$$

Se selecciona un moto-reductor del tipo que acciona las plumas de los vehículos, que entrega una potencia nominal de 50 W torque de 5Nm con velocidad 60rpm, igual al seleccionado para las rampas de acceso.

2.1.6. Diseño del sistema de movimiento del salvaescaleras

Este sistema permite que el salvaescaleras se desplace a lo largo de los rieles de las escaleras tanto en el movimiento de ascenso como en el de descenso.

Los principales elementos que forman el sistema de movimiento del salvaescaleras se muestran en la Figura 49.

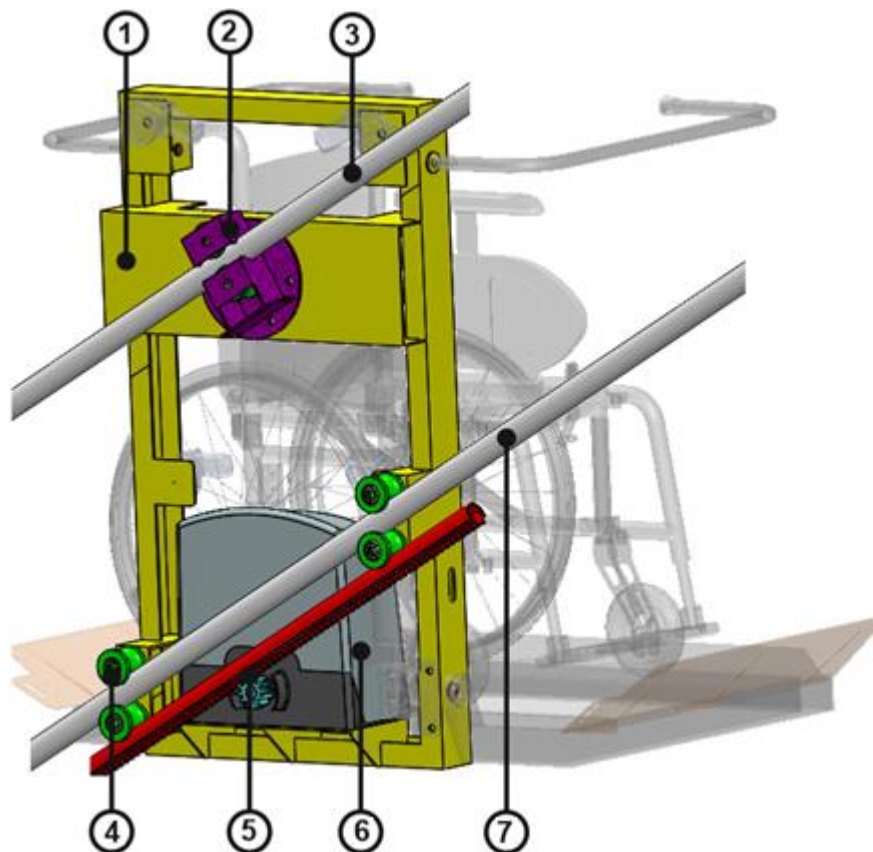


Figura 49. Sistema de movimiento del salvaescaleras

1. Bastidor del salvaescaleras
2. Soporte superior

3. Riel superior
4. Rodillos guías
5. Mecanismo de piñón y cremallera
6. Moto-reductor para el avance del salvaescaleras
7. Riel inferior

2.1.6.1. Fuerza requerida para subir el salvaescaleras

La fuerza requerida para subir la escalera a lo largo de los rieles con una pendiente de 30° , se calcula a partir de la Figura 50.

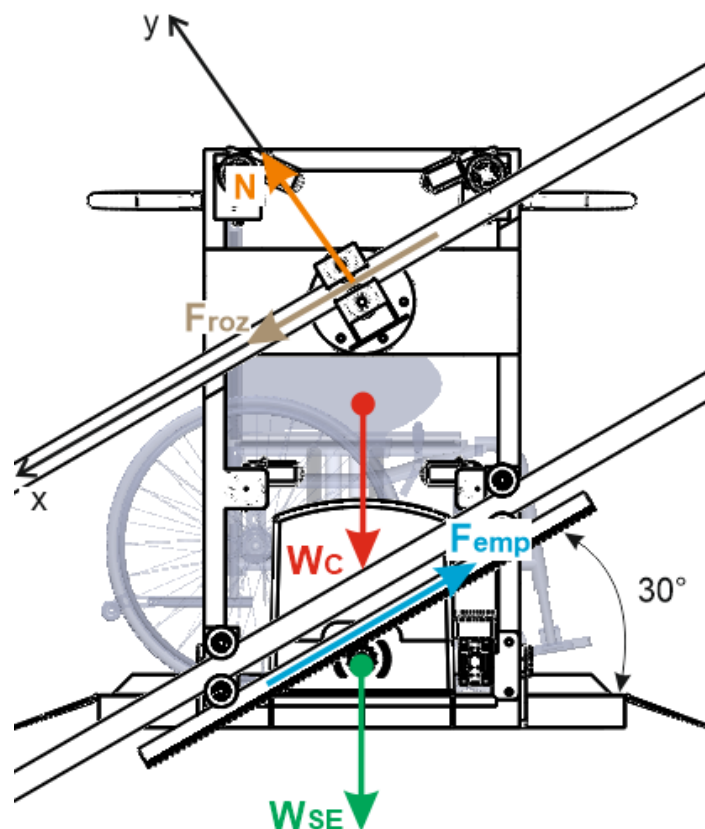


Figura 50. Diagrama del cuerpo libre del salvaescaleras

$$\sum F_y = 0$$

$$N - (W_c + W_{SE}) \cdot \cos \theta = 0$$

E.c 2.24

$$N = (2250 \text{ N} + 1150 \text{ N}) \cdot \cos 30^\circ$$

$$N = 2944,5 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{roz} - F_{emp} + (W_C + W_{SE}) \cdot \text{sen } \theta = 0 \quad \text{E.c 2.25}$$

$$F_{emp} = \mu_{a-a} \cdot N + (W_C + W_{SE}) \cdot \text{sen } \theta$$

$$F_{emp} = 0,57 \cdot 2944,5 \text{ N} + (2250 \text{ N} + 1150 \text{ N}) \cdot \text{sen } 30^\circ$$

$$F_{emp} = 3378,4 \text{ N}$$

Donde:

W_{SE} = peso total del salvaescaleras (sin carga) = 1150 N (120 Kg)

F_{roz} = fuerza de rozamiento entre los rodillos guías y los rieles

F_{emp} = fuerza de empuje requerida para subir el salvaescalera

μ_{a-a} = coeficiente de fricción estático acero-nylon = 0,57

2.1.7. Diseño del bastidor del salvaescaleras

Sobre el bastidor se montan todos los componentes de los diferentes sistemas del salvaescaleras, por lo tanto, debe ser lo suficientemente rígido para soportar las cargas que estos generan.

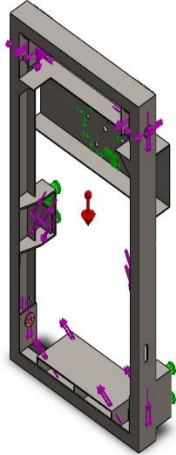
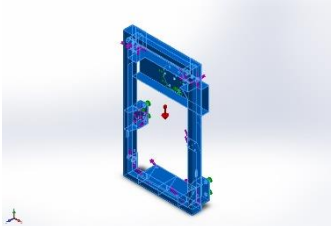
En el bastidor actúan las cargas que se indican a continuación:

- Capacidad de carga máxima $W_C = 2250 \text{ N}$
- Peso de la plataforma con las dos rampas $W_{P-R} = 304 \text{ N}$
- Tensión para subir las rampas $F_t = 36,95 \text{ N}$

- Fuerza de empuje requerida para subir el salvaescaleras $F_{emp} = 3378,4 N$
- Fuerza tangencial en cada tornillo sin fin $W_{TW} = 150,0 N$
- Fuerza axial en cada tornillo sin fin $W_{AW} = 1500,0 N$
- Fuerza radial en cada tornillo sin fin $W_{RW} = 545,9 N$

El análisis de esfuerzos del bastidor se ejecuta con la ayuda de un software CAE. En la Tabla 19, se resume la información de las propiedades volumétricas de del bastidor como su peso y el volumen al que será sometido al análisis.

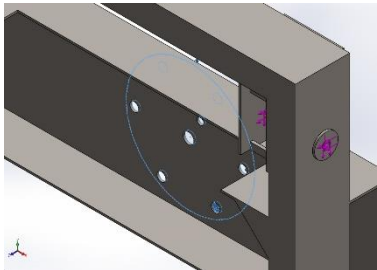
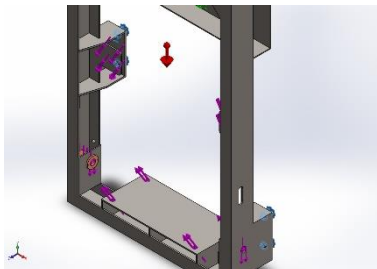
Tabla 19.
Información del bastidor.

 Nombre del modelo: Estructura bastidor Configuración actual: Predeterminado		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Línea de partición4 	Sólido	Masa:28.2339 kg Volumen:0.00359667 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:276.692 N

En la Tabla 20 se hace el análisis de las sujeciones que tendrá el bastidor en la las rieles para mantenerse a flote, tenemos la siguiente descripción:

Tabla 20.

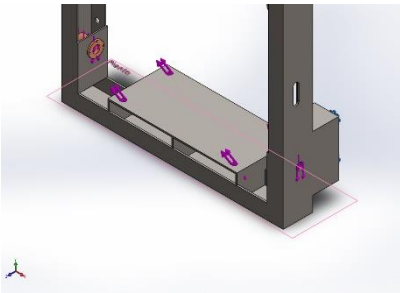
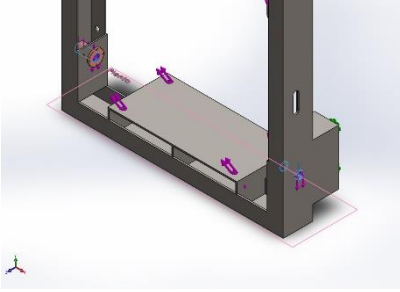
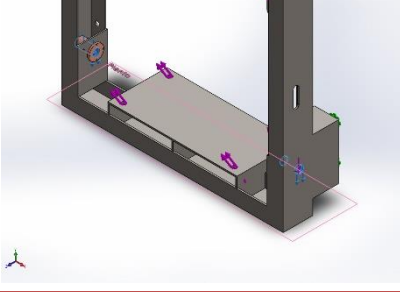
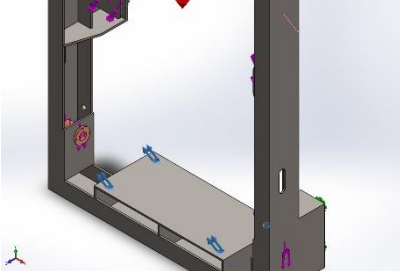
Sujeciones de la estructura bastidor.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción															
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija															
Fuerzas resultantes <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fuerza de reacción(N)</td> <td>-120.43</td> <td>150.352</td> <td>-655.817</td> <td>683.524</td> </tr> <tr> <td>Momento de reacción(N.m)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Componentes	X	Y	Z	Resultante	Fuerza de reacción(N)	-120.43	150.352	-655.817	683.524	Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Componentes	X	Y	Z	Resultante													
Fuerza de reacción(N)	-120.43	150.352	-655.817	683.524													
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0													
Fijo-2		Entidades: 8 cara(s) Tipo: Geometría fija															
Fuerzas resultantes <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fuerza de reacción(N)</td> <td>3056.22</td> <td>2142.07</td> <td>372.438</td> <td>3750.69</td> </tr> <tr> <td>Momento de reacción(N.m)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Componentes	X	Y	Z	Resultante	Fuerza de reacción(N)	3056.22	2142.07	372.438	3750.69	Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Componentes	X	Y	Z	Resultante													
Fuerza de reacción(N)	3056.22	2142.07	372.438	3750.69													
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0													

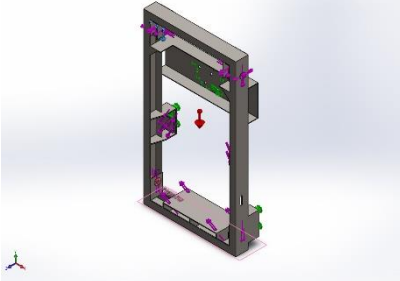
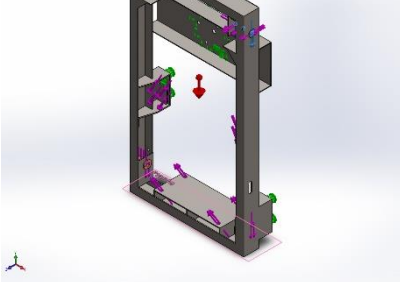
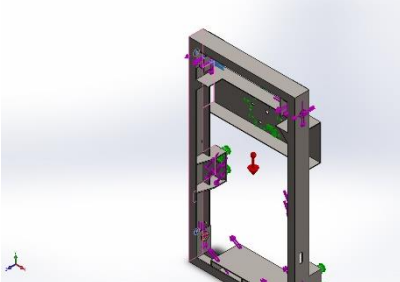
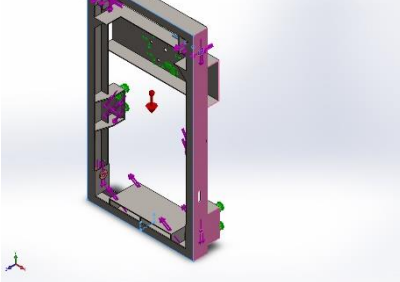
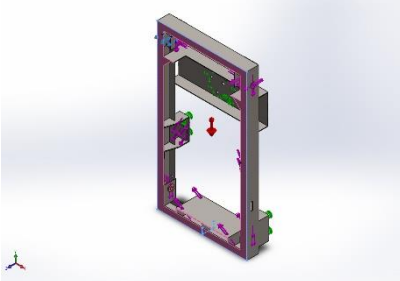
Las cargas aplicadas en el bastidor se representa en la Tabla 21; y son las siguientes: capacidad de carga máxima W_C , peso de la plataforma con las dos rampas W_{P-R} , tensión para subir las rampas F_t , fuerza de empuje requerida para subir el salvaescalera F_{emp} , fuerza tangencial en cada tornillo

sin fin W_{TW} , fuerza axial en cada tornillo sin fin W_{AW} , fuerza radial en cada tornillo sin fin W_{RW} .

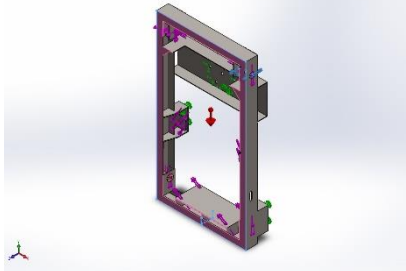
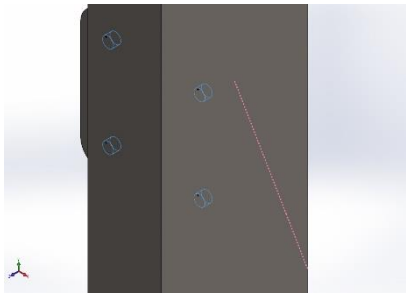
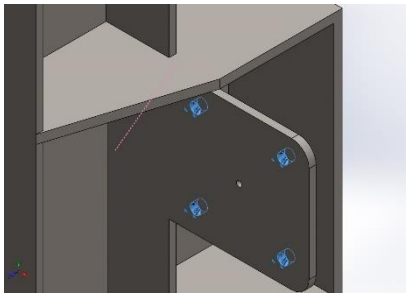
Tabla 21.
Cargas de la estructura bastidor.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad		<p>Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI</p>
Wc		<p>Entidades: 3 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -2250 N</p>
Wr-p		<p>Entidades: 3 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -304 N</p>
Femp		<p>Entidades: 4 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 3378.4 N</p>

CONTINÚA →

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Wrw		<p>Entidades: 3 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -545.9 N</p>
Wrw-		<p>Entidades: 3 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -545.9 N</p>
Waw		<p>Entidades: 3 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -1500 N</p>
Waw-		<p>Entidades: 3 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -1500 N</p>
Wtw		<p>Entidades: 3 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 150 N</p>

CONTINÚA →

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Wtw-		<p> Entidades: 3 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 150 N </p>
Ft		<p> Entidades: 4 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -36.95 N </p>
Ft-		<p> Entidades: 4 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -36.95 N </p>

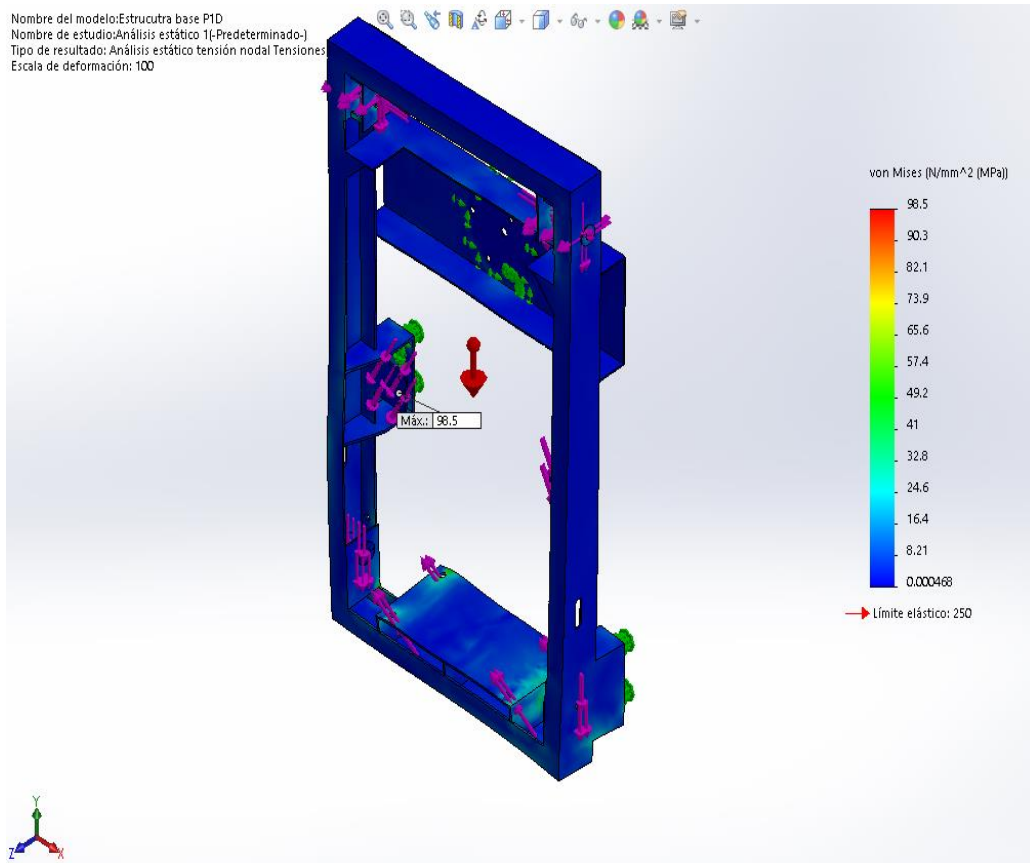


Figura 51. Tensión de Von Mises de la estructura bastidor.

En la Figura 51, se puede observar la tensión máxima de von Mises que afecta directamente en los extremos laterales del bastidor; obteniendo un valor de 98,5MPa sin superar al límite elástico de 250MPa. Consecuentemente es satisfactorio el resultado en el análisis.

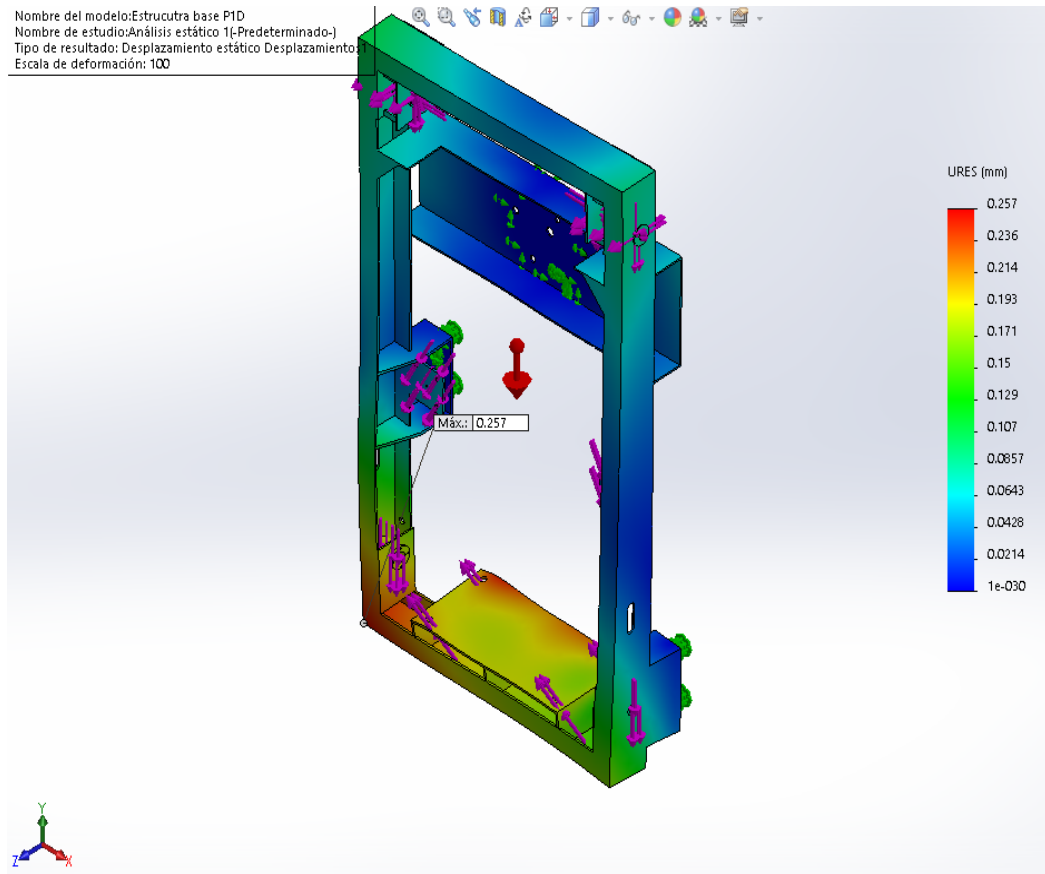


Figura 52. Desplazamientos de la estructura bastidor

En el análisis de los desplazamientos mostrada en la Figura 52 se analiza una deformación de 0,257mm obtenida en el soporte intermedio del rodillo, al ser muy pequeña no afectara en lo mínimo a la estructura.

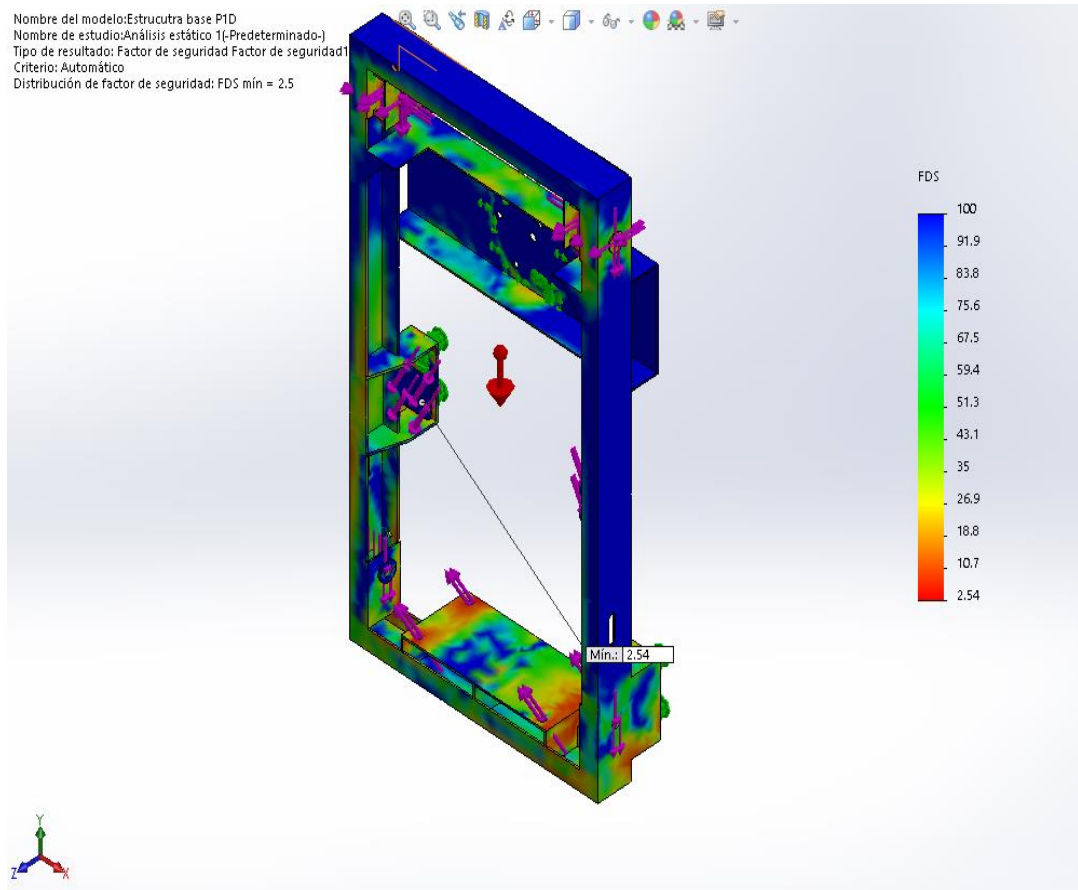


Figura 53. Factor de seguridad de la estructura bastidor.

De la Figura 53 obtenemos el análisis del factor de seguridad de 2,54 mayor al factor seleccionado de 2,5 se concluye que este valor es resistente para el diseño del bastidor.

2.1.8. Diseño del soporte superior

El soporte superior sujeta los rodillos guías superiores y se emperna al bastidor, por lo tanto, en la condición crítica, debe soportar las siguientes cargas:

- Capacidad de carga máxima $W_c = 2250 \text{ N}$
- Peso total del salvaescalera (sin carga) $W_{SE} = 1150 \text{ N}$

Entonces la ecuación E.c 2.26, para la carga total que actúa sobre el disco soporte es:

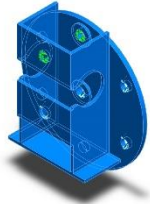
$$W_T = W_C + W_{SE} \quad \text{E.c 2.26}$$

$$W_T = 2250 \text{ N} + 1150 \text{ N} = 3400 \text{ N}$$

El soporte superior se fabricará con plancha de acero estructural ASTM A36, en la Tabla 22 se especifica las propiedades del material, el soporte es de 4mm de espesor y su diseño se realiza con la ayuda de un software CAE.

Tabla 22.

Propiedades de material ASTM A36.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p> Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.5e+008 N/m² Límite de tracción: 4e+008 N/m² Módulo elástico: 2e+011 N/m² Coficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m³ Módulo cortante: 7.93e+010 N/m² </p>

La Tabla 23 muestra información de las propiedades de construcción del soporte de los rodillos superior.

Tabla 23.

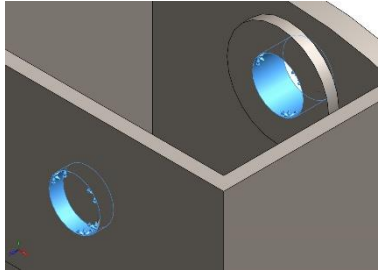
Información de modelo soporte rodillos superiores.

 <p>Nombre del modelo: Soporte rodillos Superior Configuración actual: Predeterminado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Línea de partición1</p> 	Sólido	<p>Masa:2.4729 kg Volumen:0.000315019 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:24.2344 N</p>

En la Tabla 24 se representa las sujeciones a las que esta sometidas el soporte de rodillos superior.

Tabla 24.

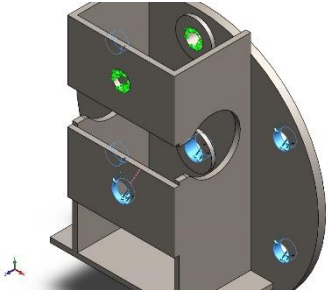
Sujeciones del soporte rodillos superiores.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	1700.11	2943.76	0.643785	3399.43
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Se aplica la fuerza total W_T a la que está sometida totalmente la pieza a fabricar, en la Tabla 25 se resumen la información aplica para el diseño de la pieza.

Tabla 25.

Cargas del soporte rodillos superior.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
W_T		Entidades: 6 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -3400 N

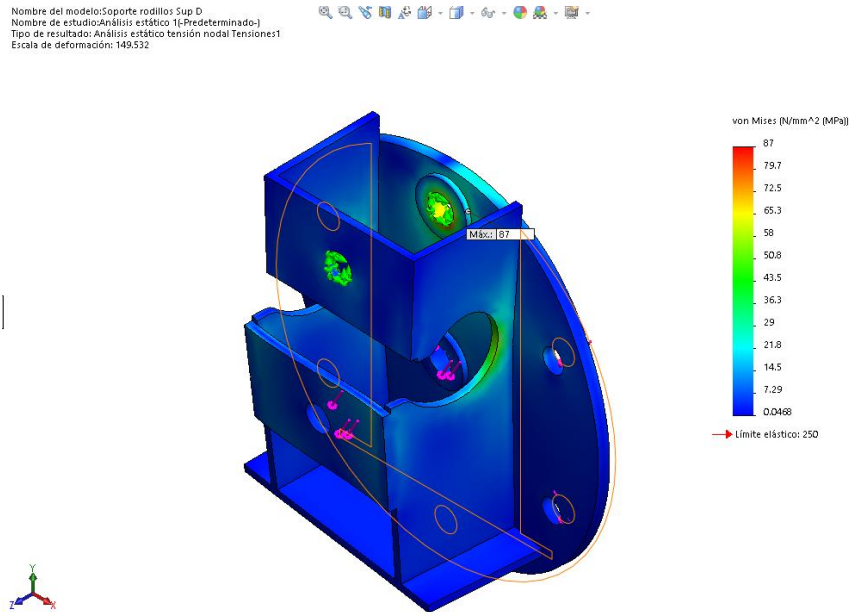


Figura 54. Análisis de tensión de Von Mises del soporte rodillos superiores.

En el análisis de tensión de Von Mises de la Figura 54 se muestra el máximo valor de 87MPa producido en las aberturas entre el eje de la rueda donde va a recibir el mayor esfuerzo, este valor es menor al límite de fluencia de 250MPa.

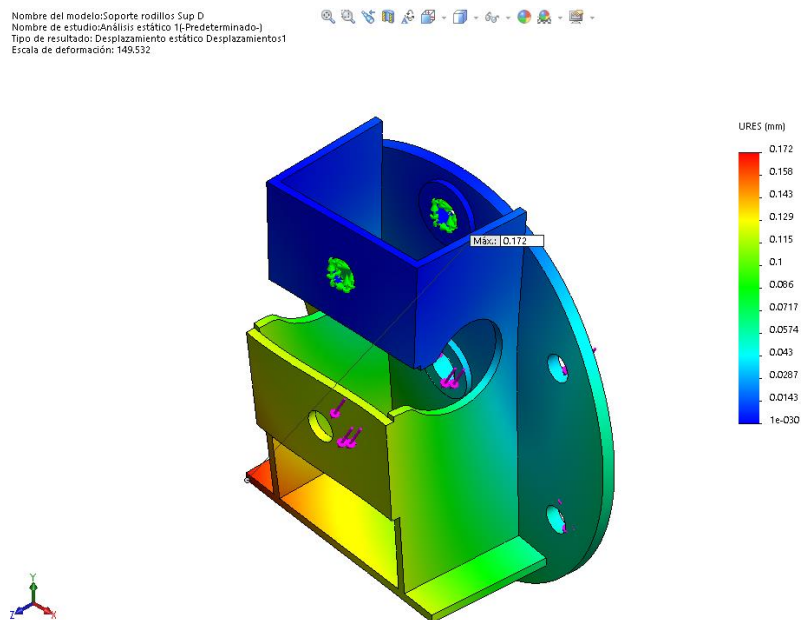


Figura 55. Desplazamientos del soporte rodillos superior

El desplazamiento del soporte para el rodillo superior es de 0.172mm mostrado en la Figura 55 mostrado en las guías para el eje del rodillo, por lo que se considera que esta deformación no afecta en el funcionamiento correcto del Soporte.

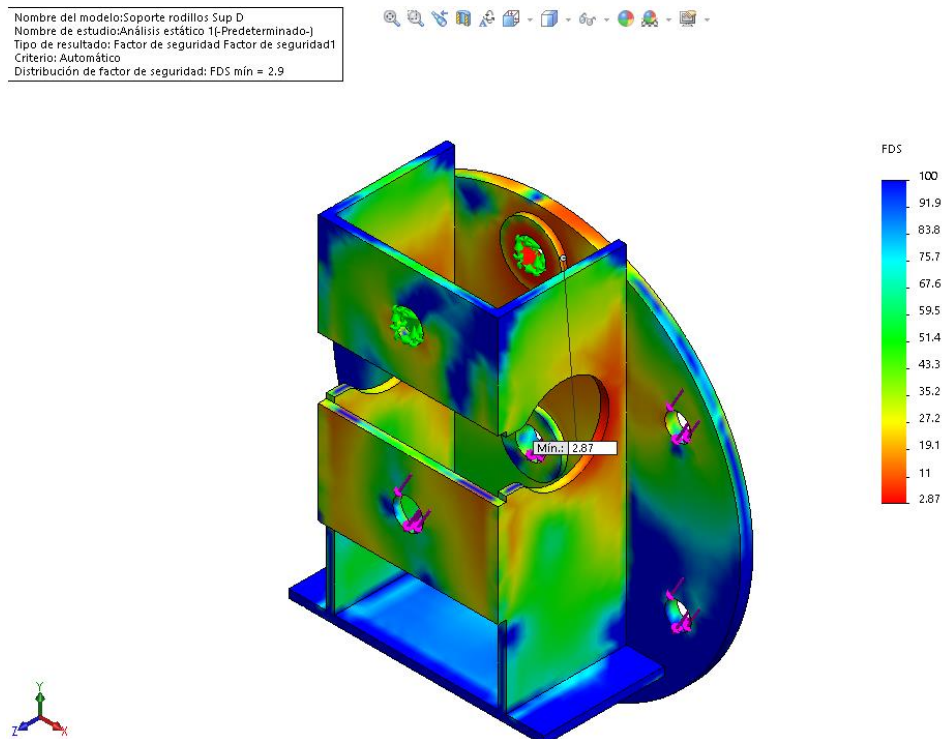


Figura 56. Factor de seguridad del soporte rodillos superior.

El factor de seguridad mostrado en la **Figura 56** es de un valor de 2,87 mayor al valor de 2,5 esto nos asegura que el soporte de Rodillos superior tiene un factor de seguridad suficiente para el diseño.

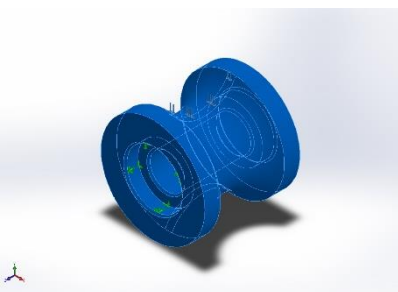
2.1.9. Diseño de los rodillos guías

Los rodillos guían el movimiento de la plataforma a lo largo de los rieles, por lo tanto, deben soportar el peso total del salvaescaleras con la carga máxima.

- Peso total del salvaescaleras con carga $W_T = 3400 N$

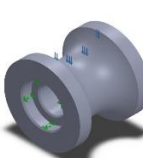
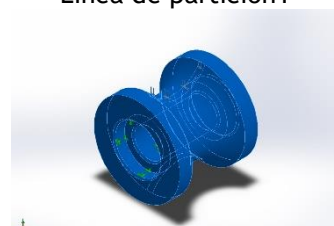
Con el objetivo de disminuir la fricción, los rodillos guías serán fabricados de nylon (Tabla 26) y su análisis de esfuerzos se realiza con la ayuda de un software CAE.

Tabla 26.
Información del material rodillo superior.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: Nylon 101 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: $6e+007$ N/m² Límite de tracción: $7.92897e+007$ N/m² Módulo elástico: $1e+009$ N/m² Coeficiente de Poisson: 0.3 Densidad: 1150 kg/m³ Coeficiente de dilatación térmica: $1e-006$ /Kelvin</p>

Las propiedades volumétricas del rodillo superior se detallan en la Tabla 27.

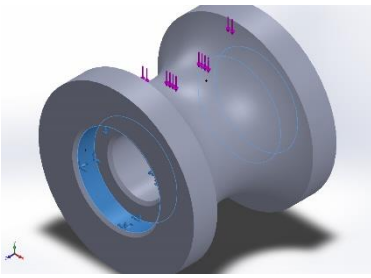
Tabla 27.
Información del rodillo superior

 <p>Nombre del modelo: Rodillo superior Configuración actual: Predeterminado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Línea de partición1 	Sólido	<p>Masa: 0.0970694 kg Volumen: $8.44082e-005$ m³ Densidad: 1150 kg/m³ Peso: 0.95128 N</p>

En la Tabla 28 se aplica las sujeciones al rodillo superior para realizar el análisis estático de la pieza.

Tabla 28.

Sujeciones del rodillo superior.

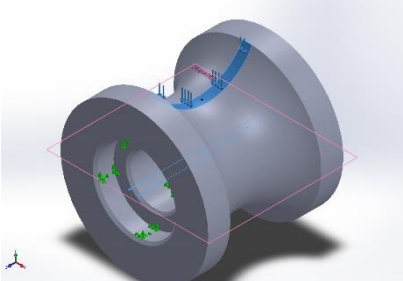
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo Geometría fija :		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.00434923	3400	0.00877857	3400
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

La carga total W_T detallada al principio actuara directamente en la rueda la que se aplica en un punto del rodillo para realizar el análisis(

Tabla 29).

Tabla 29.

Cargas del rodillo superior.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
W_T		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -3400 N

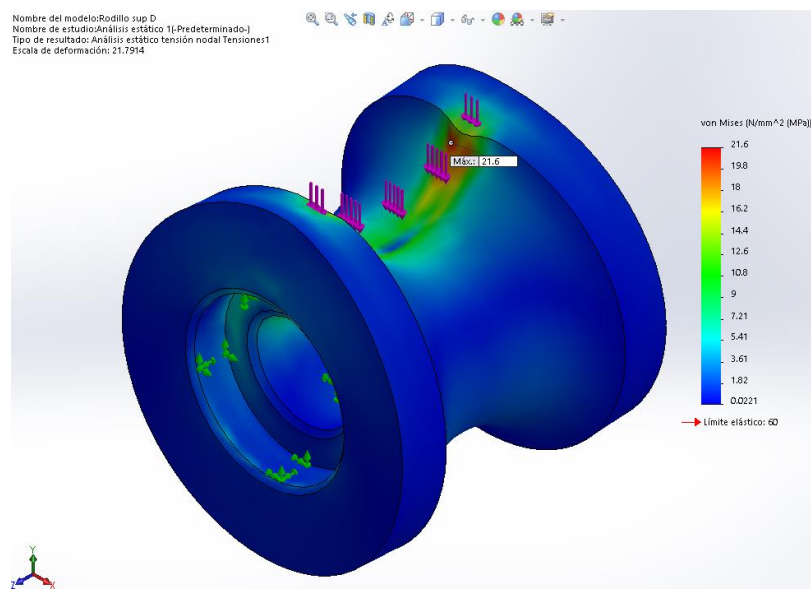


Figura 57. Análisis tensión Von Mises rodillo superior.

Al analizar la Figura 57 se observa que la máxima tensión de Von Mises en la cara interior al hacer contacto con el peso de la plataforma el valor de 21,6MPa, sin embargo, esta tensión es menor que el límite de elástico del que

Nailon que es de 60MPa, por lo tanto, el rodillo resiste ésta tensión máxima sin fallar.

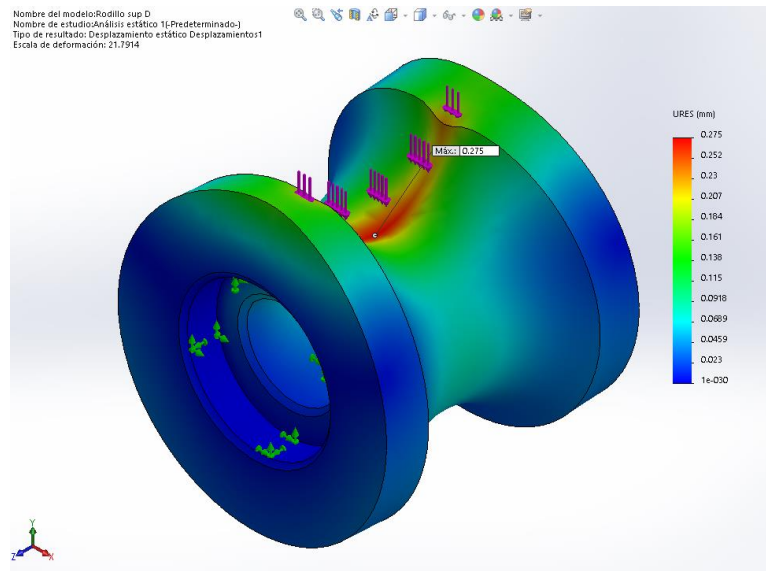


Figura 58. Desplazamiento Rodillo superior

En la Figura 58 se observa que el desplazamiento máximo ocurre en las partes interiores de la rueda y su valor máximo es de 0,275 mm, por lo que se considera que este desplazamiento no afecta el funcionamiento normal del rodillo de transporte de la plataforma.

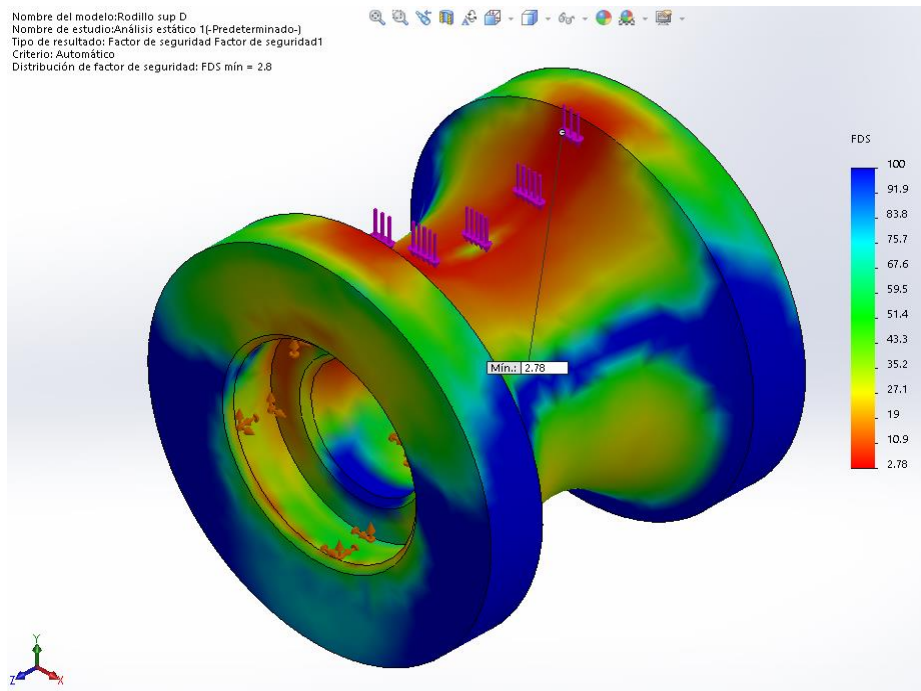


Figura 59. Factor de seguridad Rodillo superior

En la Figura 59 el factor de seguridad resultante es de 2,78 para los Rodillos; el valor está dentro del factor de diseño de elementos de máquinas para cargas dinámicas, concluyendo que es satisfactorio el diseño de la rueda.

El momento flector máximo que actúa sobre el eje de los rodillos guías se obtiene a partir de la Figura 60.

2.1.9.1. Diseño del eje rodillos guías

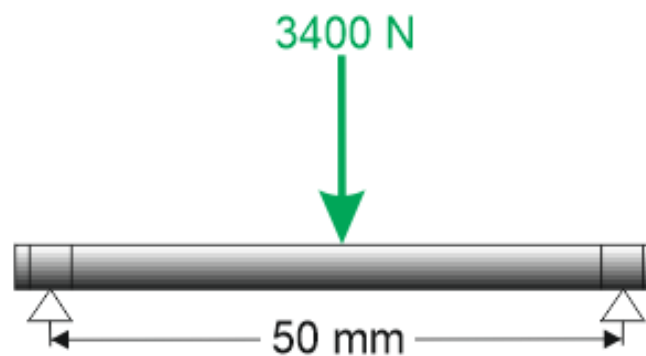


Figura 60. Eje de los rodillos guías

$$M_{max} = \frac{W_T \cdot d}{4} \quad \text{E.c 2.27}$$

$$M_{max} = \frac{3400 \cdot 0,05}{4}$$

$$M_{max} = 42,5 \text{ Nm}$$

Considerando que el eje será fabricado con acero estructural ASTM A36, su diámetro se determina a partir de ecuación E.c 2.8, para el diseño de flechas la teoría de la energía de distorsión:

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left(M_{max}^2 + \frac{3}{4} T_{max}^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6} \left(42,5^2 + \frac{3}{4} 0^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = 0,0146 \text{ m} = 14,6 \text{ mm}$$

Por consiguiente, se designa un eje con un diámetro estándar de 15mm.

2.1.10. Diseño del mecanismo de piñón y cremallera

Como se muestra en la Figura 49, para generar el movimiento de avance del salvaescaleras, se utilizará un mecanismo de transmisión de piñón y cremallera accionado mediante un moto-reductor.

Con el propósito de poder utilizar, para desplazar el salvaescaleras, los motores que giran a 60 rpm y las cremalleras tienen un módulo de 4, del sistema de apertura de puertas de los garajes, se determina el diámetro de paso del piñón, requerido para alcanzar la velocidad de avance de 0,15 m/s.

$$V_A = \omega_{mot4} \cdot \frac{D_p}{2} \quad \text{E.c 2.28}$$

$$D_p = \frac{2 \cdot 0,15 \text{ m/s}}{6,28 \text{ rad/s}}$$

$$D_p = 0,0477 \text{ m} = 47,7 \text{ mm}$$

Entonces, el número de dientes del piñón, viene dado por:

$$N_p = \frac{D_p}{m} \quad \text{E.c 2.29}$$

$$N_p = \frac{47,7}{4}$$

$$N_p = 11,9 \approx 12 \text{ dientes}$$

Donde:

ω_{mot4} = velocidad de giro del moto-reductor = 60 rpm = 6,28 rad/s

D_p = diámetro de paso del piñón

m = módulo = 4,0

N_p = número de dientes del piñón = 12

Con el objetivo de facilitar el tratamiento de temple para el endurecimiento superficial de los dientes del piñón, será fabricado con acero AISI 1020.

Las fuerzas tangenciales que actúan sobre los dientes del piñón y la cremallera, es igual a la fuerza de empuje requerida para generar el movimiento de avance del salvaescaleras, es decir:

$$F_{emp} = F_t = 3378,4 \text{ N}$$

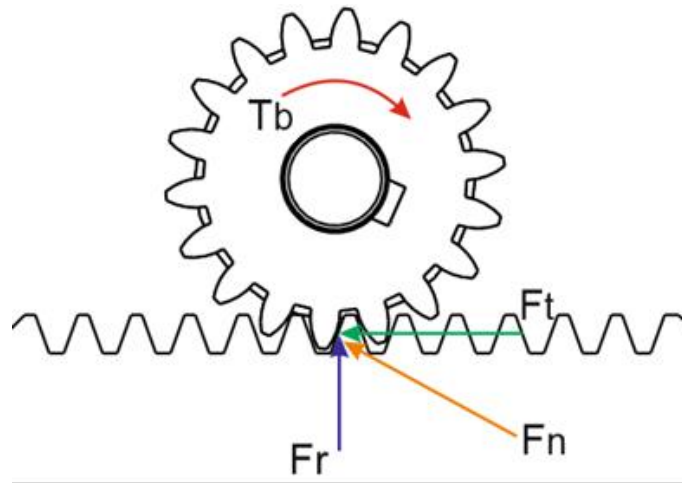


Figura 61. Cargas que actúan en la transmisión de piñón-cremallera

La fuerza radial se obtiene por (Figura 61):

$$F_r = F_{emp} \cdot \tan \varphi = 3378,4 \text{ N} \cdot \tan 20^\circ \quad \text{E.c 2.30}$$

$$F_r = 1229,64 \text{ N}$$

La fuerza normal viene dada por la ecuación E.c 2.31:

$$F_n = \frac{F_{emp}}{\cos \varphi} \quad \text{E.c 2.31}$$

$$F_n = \frac{3378,4 \text{ N}}{\cos 20^\circ}$$

$$F_n = 3595,22 \text{ N}$$

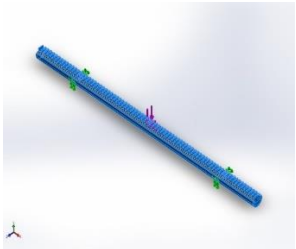
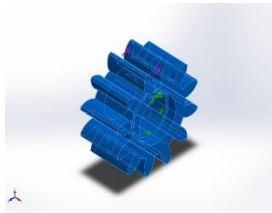
Donde:

φ = ángulo de presión de los dientes del piñón y la cremallera = 20°

A partir del modelo 3D del piñón y la cremallera se realiza su análisis de esfuerzos con la ayuda de un software CAE. Las propiedades de la cremallera y el piñón se definen en la Tabla 30.

Tabla 30.

Propiedades de la cremallera y del piñón.

Referencia de modelo	Propiedades	Referencia de modelo
	<p>Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3.5e+008 Pa</p> <p>Límite de tracción: 4.2e+008 Pa</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+011 Pa</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7870 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+010 Pa</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: /Kelvin</p>	

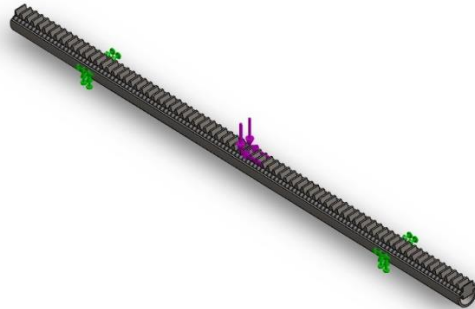
En la Tabla 31 se puntualizan la información de las propiedades volumétricas del piñón y la cremallera.

Tabla 31.

Información cremallera y piñón.

Información de modelo de la cremallera

CONTINÚA →

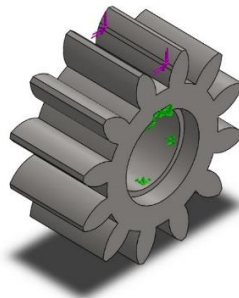


Nombre del modelo: Cremallera D
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<rack spur rectangular_iso>-<TeethCuts>	Sólido	Masa:5.36376 kg Volumen:0.000681545 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:52.5649 N

Información de modelo del piñón.



Nombre del modelo: Pinon 12dte m4 D
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<spur gear_iso>-<Keyway>	Sólido	Masa:0.252799 kg Volumen:3.19998e-005 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:2.47743 N

Las Tabla 32 y Tabla 33 contiene las sujeciones de la cremallera y del piñón detalladas en las caras geométricas aplicadas para realizar el análisis. La aplicación de estas fuerzas da resulta lo siguiente:

Tabla 32.

Sujeciones de la cremallera.

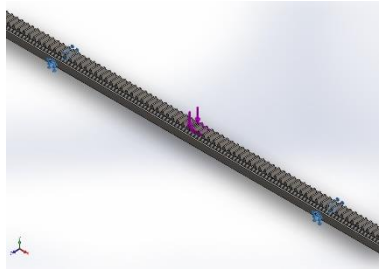
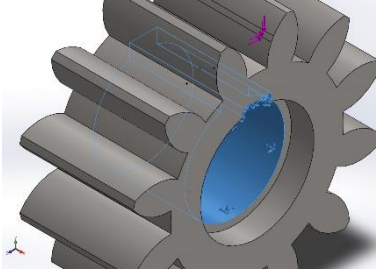
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	3378.46	1229.6	-0.0314794	3595.27
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Tabla 33.

Sujeciones del piñón.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.0806522	1229.52	3378.2	3594.99
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción

En las Tabla 34 y

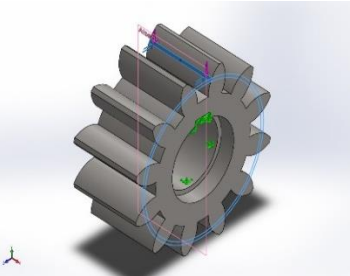
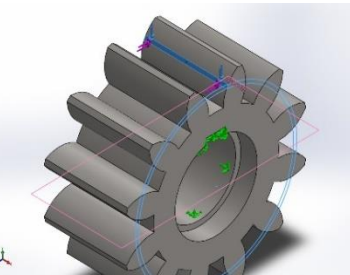
Tabla 35, se puntualiza las fuerzas aplicas en la cremallera, como en el piñón; teniendo la F_{emp} (fuerza de empuje necesaria) y F_r (fuerza radial).

Tabla 34.

Cargas de la cremallera

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Femp		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, - 3378.4 N</p>
Fr		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 Referencia CONTINÚA → Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, - 1229.64 N</p>

Tabla 35.
Cargas del piñón.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Femp		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Alzado Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -3378.4 N</p>
Fr		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -1229.64 N</p>

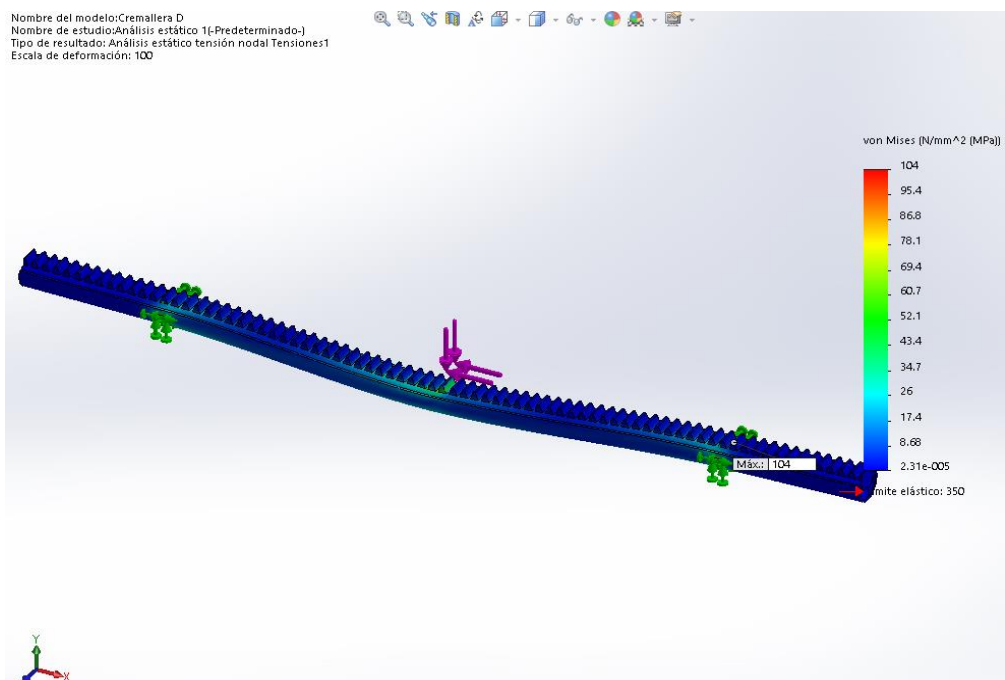


Figura 62. Análisis de tensiones Von Mises de la cremallera.

Al aplicar la cremallera al análisis de tensión de Von Mises Figura 62, se puede ver un valor de 104 MPa, el cual no supera el límite elástico AISI 1020 Acero laminado en frío, por lo tanto, este elemento soporta este esfuerzo sin fallar.

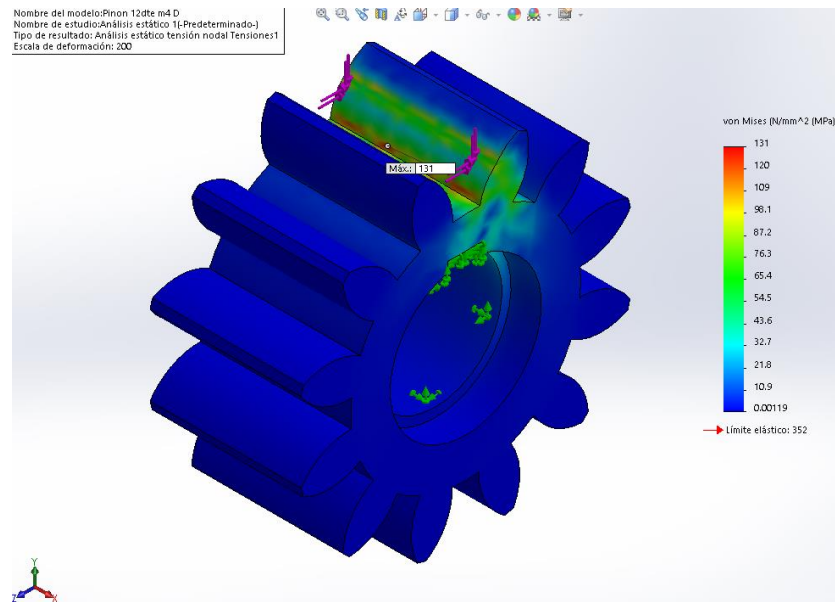


Figura 63. Análisis de tensiones Von Mises piñón.

Al realizar el análisis de tensiones de Von Mises en el piñón se obtiene un valor de 131 MPa (Figura 63), determina en el flanco y valle del piñón sin superar el límite elástico del material AISI 1020 laminado en frío, este elemento soporta este tipo de esfuerzo sin llegar a fallar.

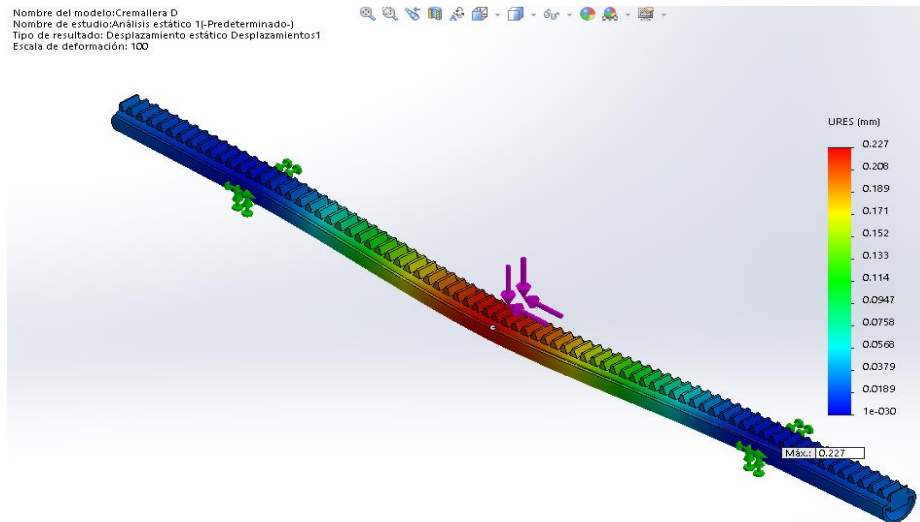


Figura 64. Desplazamientos de la cremallera.

En la Figura 64 se puede verificar que el máximo desplazamiento realizado es de 0,227mm producido por el contacto del piñón y de la cremallera; por el cual se considera que este desplazamiento no sobresale en el funcionamiento del mecanismo.

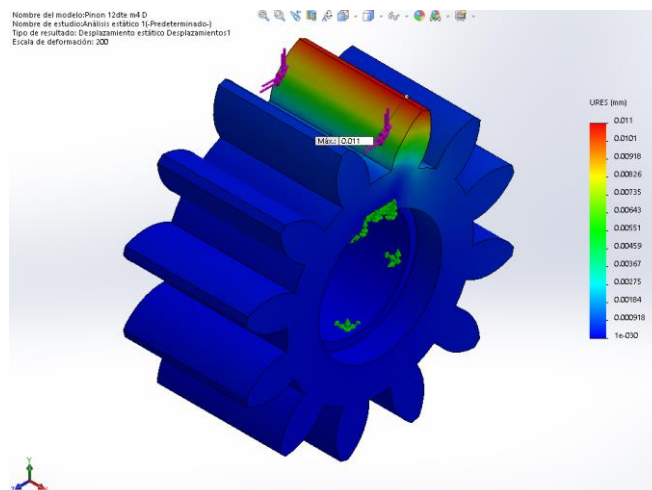


Figura 65. Desplazamientos del piñón.

En la Figura 65 se observa que el desplazamiento máximo ocurre en las cresta y cara del piñón; su valor es de 0.011 mm, por lo que se considera que este desplazamiento no afecta el funcionamiento normal de la rueda dentada en la cremallera.

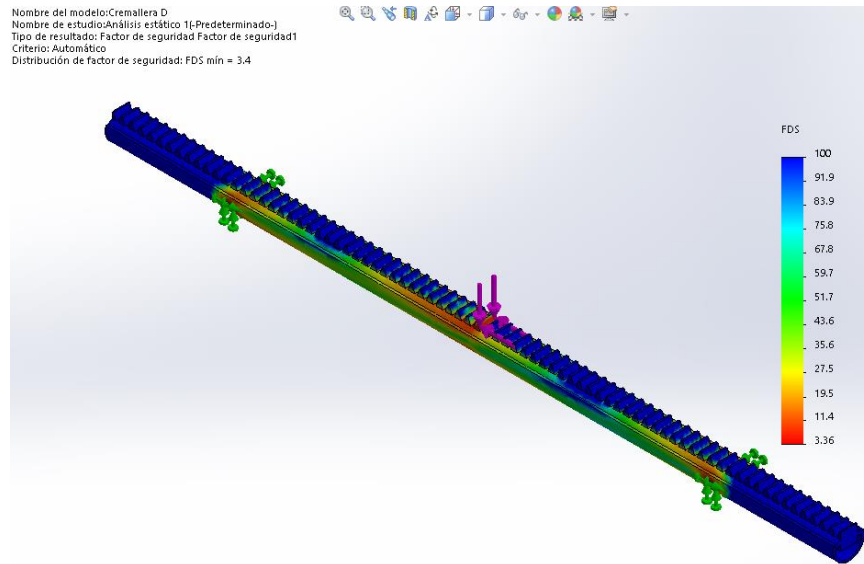


Figura 66. Factor seguridad de la cremallera.

En la Figura 66 se muestra el factor de seguridad de 3,4 como mínimo; suficiente para cumplir la seguridad necesaria para el diseño de la cremallera.

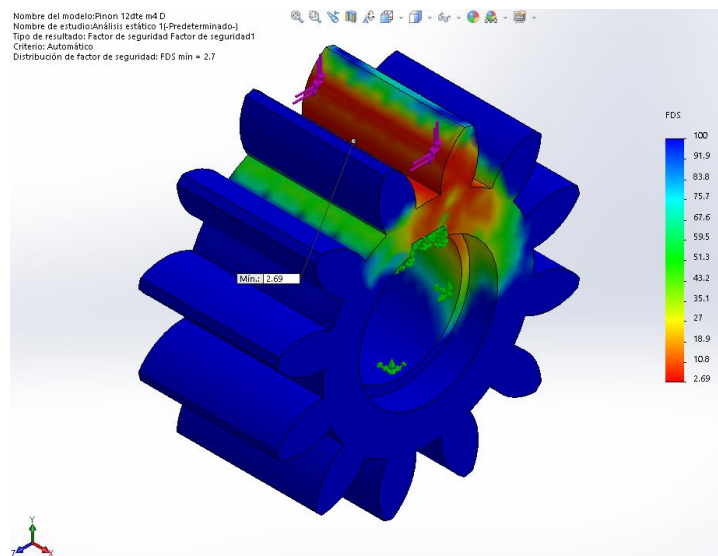


Figura 67. Factor seguridad del piñón.

En la Figura 67 se muestra el resultado del análisis del factor de seguridad del piñón donde se observa las zonas críticas dando un valor de 2,7 que es satisfactorio para el diseño de la rueda dentada.

El piñón y la cremallera están sometidos a fatiga por ser elementos que se encuentran a cargas y tensiones repetidas ocasionando deterioro progresivo por lo tanto se realiza el siguiente análisis a fatiga de las piezas.

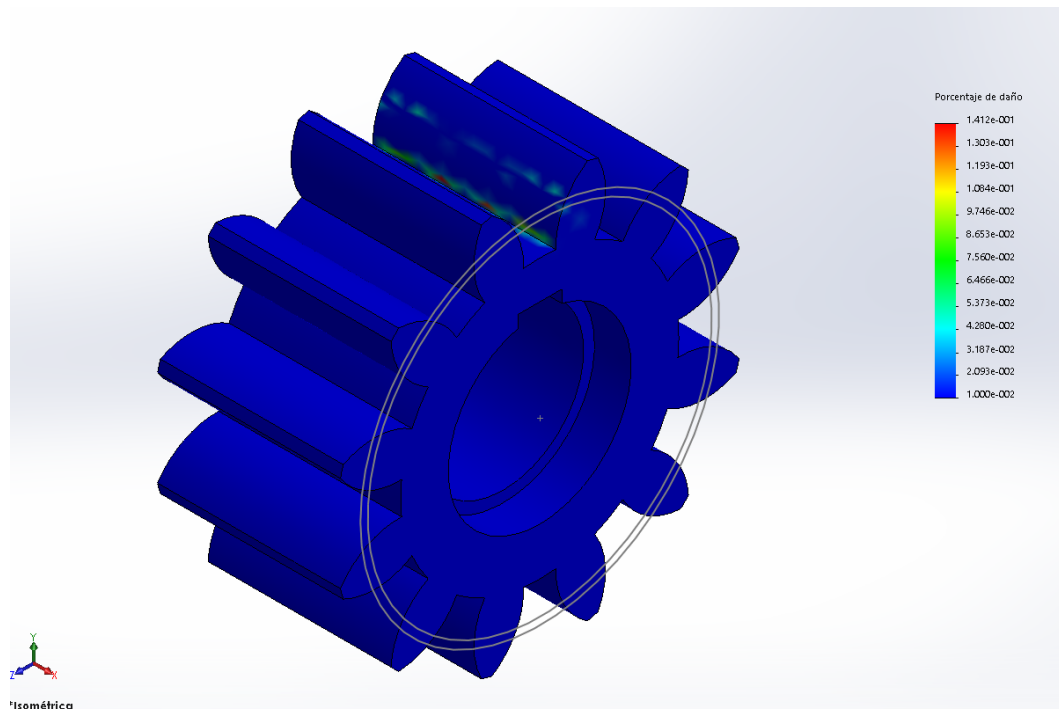


Figura 68. Porcentaje de daño del piñón

En la Figura 68 se observa que el porcentaje es 0.141% obteniendo un valor mínimo, para las cargas a las que esta sometidas al realizar al contacto con la cremallera. Consecuentemente, no habrá fallo en la pieza.

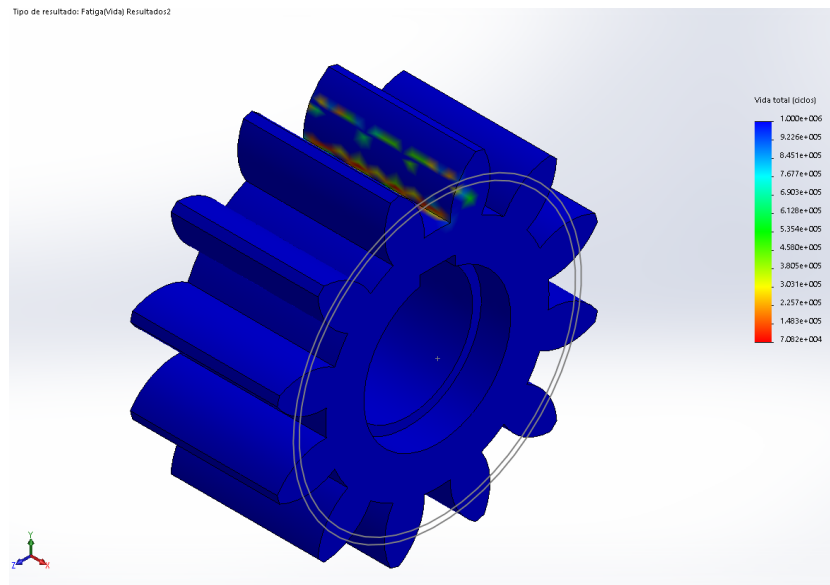


Figura 69. Vida útil del piñón.

En la Figura 69 muestra el número de ciclos que causan fallos de fatiga en cada ubicación, el valor mínimo obtenido en esta pieza es 70 820 de ciclos, que puede ser sometidos por cada diente, el cual es muy alto y no habrá problemas con su diseño.

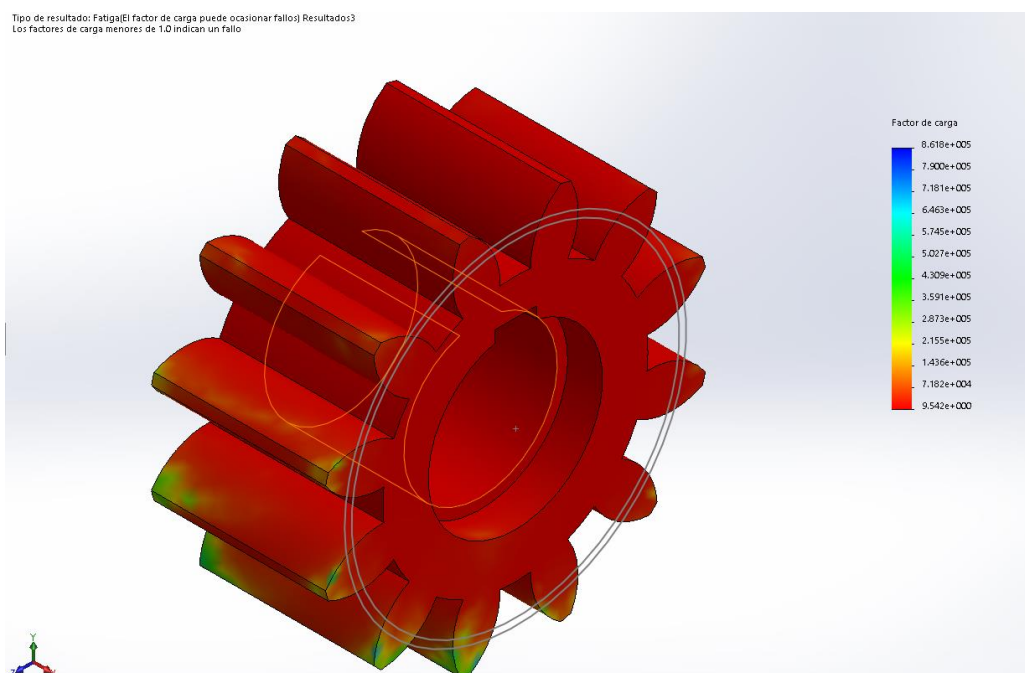


Figura 70. Factor de seguridad sometido a fatiga del piñón.

En la Figura 70 se muestra el factor de seguridad de valor 9,542 que es el mínimo a analizar como todos los factores menores a 1 indican un fallo en la pieza, no se encuentra mal diseñada. Por lo tanto, se concluye que el piñón a fatiga está bien diseñado.

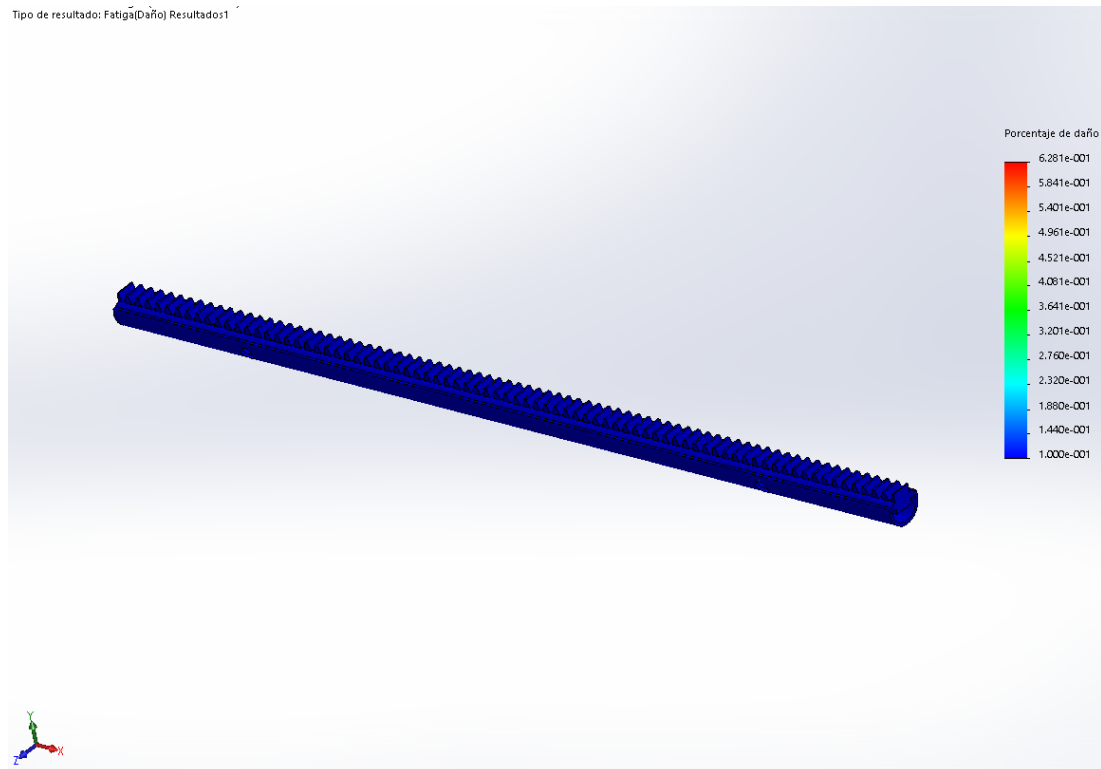


Figura 71. Porcentaje de daño de la cremallera.

En la Figura 71 se analiza el porcentaje de daño obteniendo un valor mínimo de 0.628%, para las cargas a las que esta sometidas al realizar al contacto con el piñón. Consecuentemente, por el porcentaje mínimo no habrá fallo en la pieza.

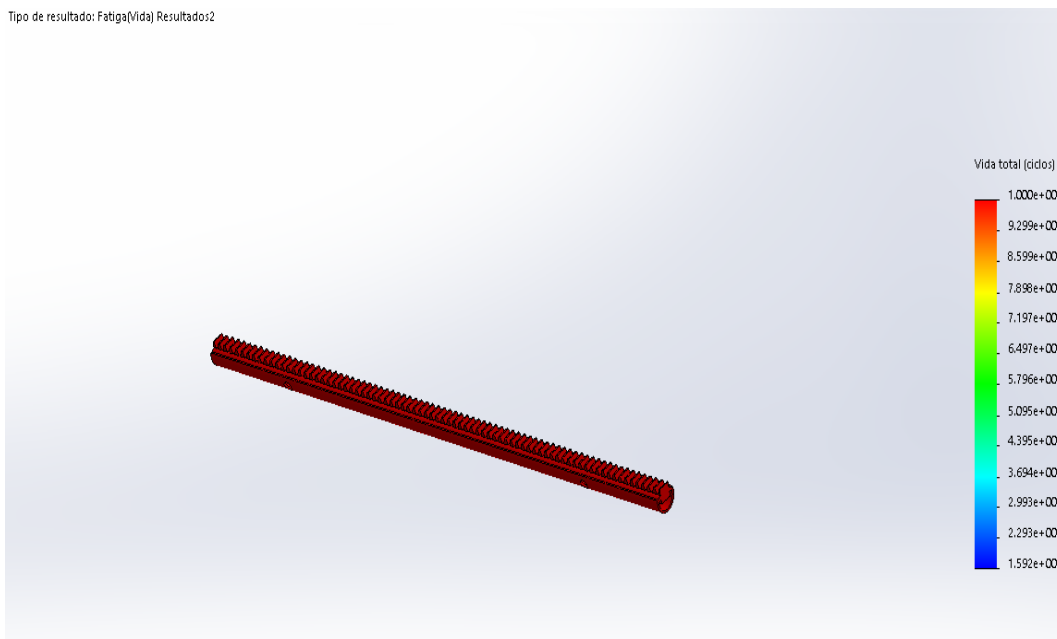


Figura 72. Vida útil de la cremallera.

En la Figura 72 muestra el número de ciclos que causan fallos de fatiga en cada ubicación de la cremallera es de un millón de ciclos, que puede ser sometidos por cada diente, el cual es muy alto y no habrá problemas con su vida al estar en contacto con el piñón.

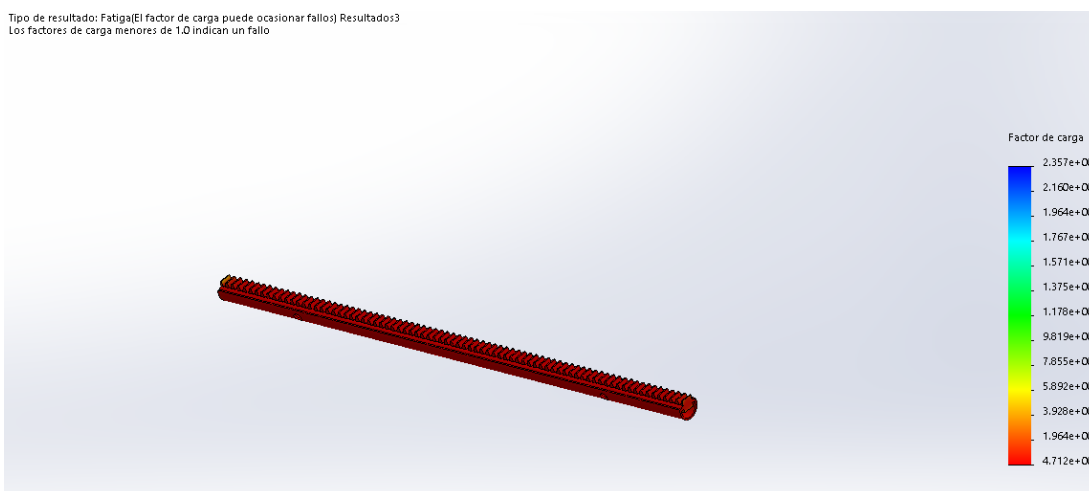


Figura 73. Factor de seguridad sometido a fatiga de la cremallera.

En la Figura 73 se muestra el factor de seguridad de valor mínimo 4,71 que es el mínimo a analizar como todos los factores menores a 1 indican un fallo en la pieza, se concluye que la cremallera no fallara por fatiga.

2.1.11. Selección de moto-reductor de avance

El torque requerido a la salida del moto-reductor para generar la fuerza de empuje necesaria para subir el salvaescaleras por los rieles, se obtiene a partir de:

$$T_{SE} = F_{emp} \cdot \frac{D_p}{2} \quad \text{E.c 2.32}$$

$$T_{SE} = 3378,4 \text{ N} \cdot \frac{0,048 \text{ m}}{2}$$

$$T_{SE} = 81,1 \text{ Nm}$$

Por lo tanto, la potencia requerida en el moto-reductor para el movimiento de avance del salvaescalera, viene dado por:

$$Pot_{m4} = T_{SE} \cdot \omega_{mot4} \quad \text{E.c 2.33}$$

$$Pot_{m4} = 81,1 \text{ Nm} \cdot 4,18 \text{ rad/s}$$

$$Pot_{m4} = 339,6 \text{ W}$$

Considerando una eficiencia del mecanismo de piñón y cremallera del 90% y del moto-reductor de 75%, la potencia efectiva requerida en el moto-reductor es:

$$P_{Mot4} = \frac{Pot_{m4}}{\eta_{ST} \cdot \eta_{Mot}} \quad \text{E.c 2.34}$$

$$P_{Mot4} = \frac{339,6 W}{0,9 \cdot 0,75}$$

$$P_{Mot4} = 503,1 W$$

Se selecciona un moto-reductor (Anexo A07) Roger G2204 con una potencia de 580 watts, torque 1500Nm y velocidad constante de 9.5m/min; a V= 220 volt 60hz.

2.1.12. Diseño de los rieles

Los rieles además de guiar el movimiento del salvaescaleras, soportan el peso completo del salvaescaleras con la carga. Para su fabricación se utilizará tubo estructural de acero ASTM A500 grado A.

Para el análisis de fuerzas de los rieles se utiliza la Figura 74 y se considera que los soportes para los rieles (postes autoportantes), al igual que para la cremallera, se ubicarán saltándose una grada (cuyo ancho de huella es 300 mm).

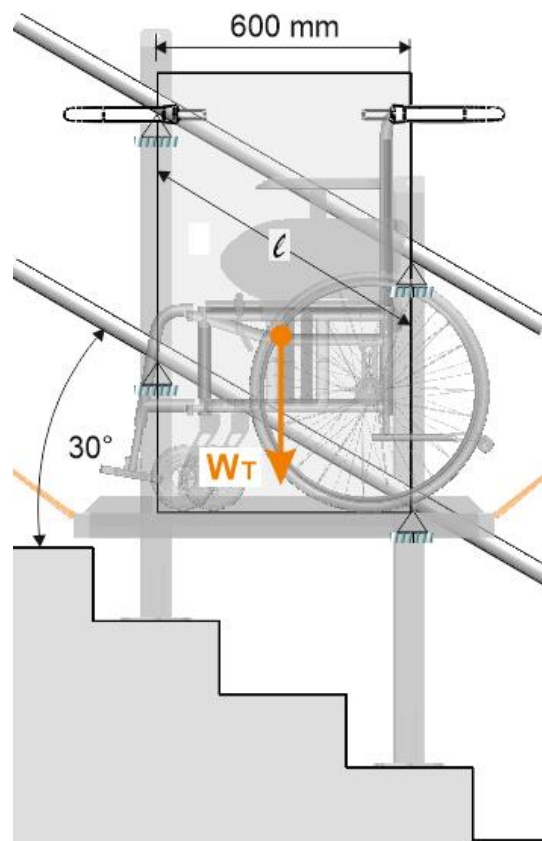


Figura 74. Cargas sobre los rieles

La longitud l entre apoyos de los rieles es:

$$l = \frac{0,60 \text{ m}}{\cos 30^\circ}$$

$$l = 0,693 \text{ m}$$

La componente de la carga en dirección perpendicular a los rieles es:

$$W_{Ty} = W_T \cdot \cos 30^\circ$$

$$W_{Ty} = 3400 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 2944,5 \text{ N}$$

El momento flector máximo M_{maxr} en cada riel, viene dado por:

$$M_{maxr} = \frac{1}{2} \cdot \frac{W_{Ty} \cdot l}{4}$$

$$M_{maxr} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2944,5 \text{ N} \cdot 0,693}{4}$$

$$M_{maxr} = 255,0 \text{ Nm}$$

El esfuerzo normal por flexión en cada riel, se obtiene a partir de:

$$\sigma_{flex} = \frac{M_{maxr} \cdot FS}{W_x} \leq S_y$$

De donde:

$$W_x \geq \frac{255,0 \text{ Nm} \cdot 2,5}{240 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$W_x \geq 2,65 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ (2,65 cm}^3\text{)}$$

Donde:

$$FS = \text{factor de seguridad} = 2,5$$

S_y = límite de fluencia del acero ASTM A500 grado A = 240 MPa

W_x = módulo de la sección del tubo con respecto al eje x

Del catálogo DIPAC (Anexo A05) se selecciona el tubo poste de 1-3/4 plg de diámetro y 2 mm de espesor, que tiene un módulo de sección de $2,70 \text{ cm}^3$ y un peso de 2,2 kg por metro de longitud.

2.1.13. Diseño de los postes autoportantes

Los postes autoportantes sostienen a todo el sistema del salvaescaleras, se ubicarán saltándose una grada y para su fabricación se utilizará tubo estructural cuadrado de acero ASTM A36 de 75mm con un espesor de 4mm, Anexo A08.

Para el análisis de fuerzas de los postes autoportantes se utiliza la Figura 75.

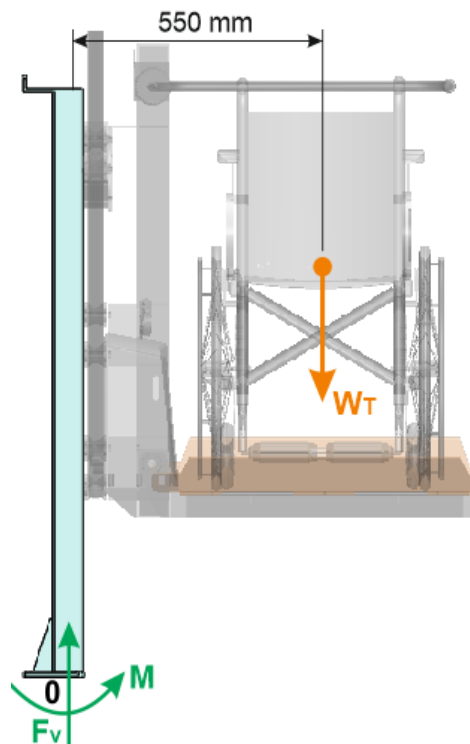


Figura 75. Cargas sobre los postes autoportantes.

Aplicando el diagrama de cuerpo libre, se obtiene lo siguiente:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_V - W_T = 0 \quad \text{E.c 2.35}$$

$$F_V = 3400 \text{ N}$$

$$\sum M_0 = 0$$

$$M - W_T \cdot 0,55 \text{ m} = 0 \quad \text{E.c 2.36}$$

$$M = 3400 \text{ N} \cdot 0,55 \text{ m}$$

$$M = 1870 \text{ Nm}$$

Analizando las fuerzas en los apoyos de los rieles a partir de la Figura 76, se tiene:

$$M = F_h \cdot d \quad \text{E.c 2.37}$$

$$F_h = \frac{M}{d}$$

$$F_h = \frac{1870 \text{ Nm}}{0,585 \text{ m}}$$

$$F_h = 3196,6 \text{ N}$$

Donde:

F_v = fuerza vertical que actúa sobre los soportes para los rieles

F_h = fuerza horizontal que actúa sobre los soportes para los rieles
 d = distancia entre soportes para los rieles

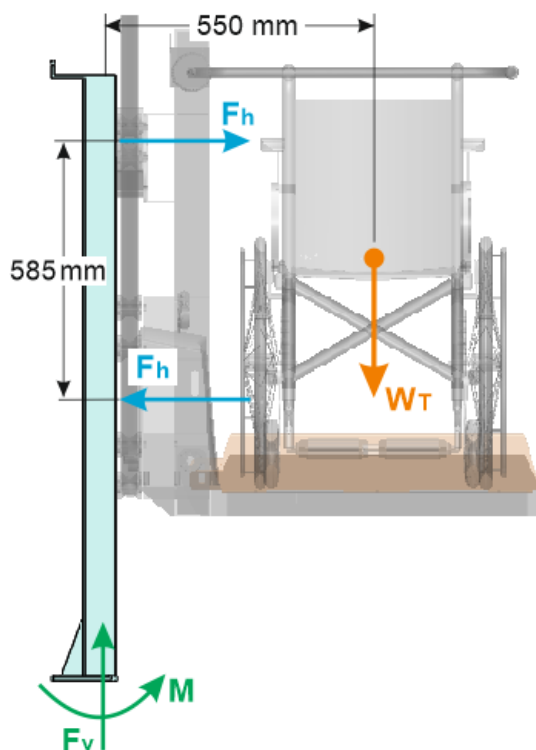



Figura 76. Reacciones en los apoyos

El análisis de esfuerzos de la estructura soporte del salvaescaleras se realiza con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. En la Tabla 36 se especifica las propiedades del material del poste autoportante.

Tabla 36.

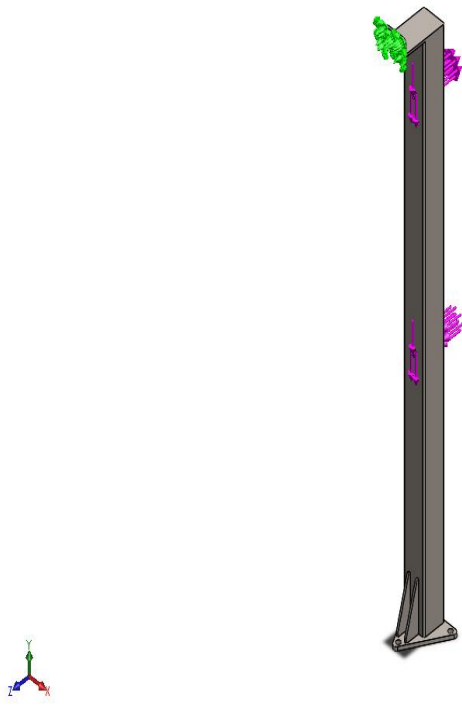
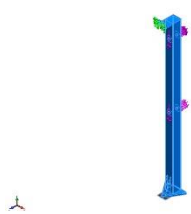
Propiedades del material poste auto portante.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Límite elástico: $2.5e+008 \text{ N/m}^2$ Límite de tracción: $4e+008 \text{ N/m}^2$ Módulo elástico: $2e+011 \text{ N/m}^2$ Coeficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m^3 Módulo cortante: $7.93e+010 \text{ N/m}^2$</p>

La información de las propiedades y diseño del poste autoportante se especifica en la Tabla 37.

Tabla 37.

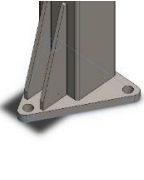
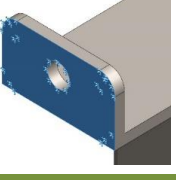
Información del poste auto portante.

		
<p>Nombre del modelo: Poste autoportante Configuración actual: Predeterminado</p>		
Sólidos		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Línea de partición1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 13.8724 kg Volumen: 0.00176718 m³ Densidad: 7850 kg/m³ Peso: 135.949 N</p>

Las sujeciones a las que está sometida las columnas estas descritas en la Tabla 38. Las sujeciones son en la cara que está en contacto con el piso y empotradas en la pared.

Tabla 38.

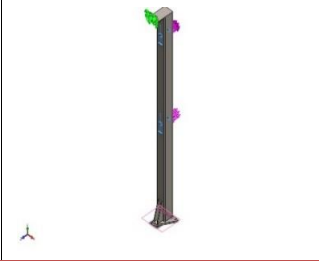
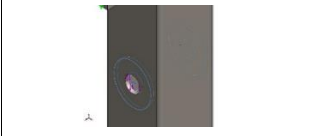
Sujeciones del poste auto portante.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-0.0667648	3415.84	-1848.56	3883.95	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	
Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-0.609843	-13.0423	1851.78	1851.83	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

El poste autoportante está sometida a las siguientes cargas: F_v fuerza total del peso del salvaescaleras y F_h fuerza horizontal que actúa sobre las rieles. En la Tabla 39 se muestra los valores de las cargas y graficas donde actúa las fuerzas aplicadas.

Tabla 39.

Cargas del poste auto portante.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fv		Entidades: 4 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -3400 N
Fh		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: -3196.6 N
Fh-		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 3196.6 N

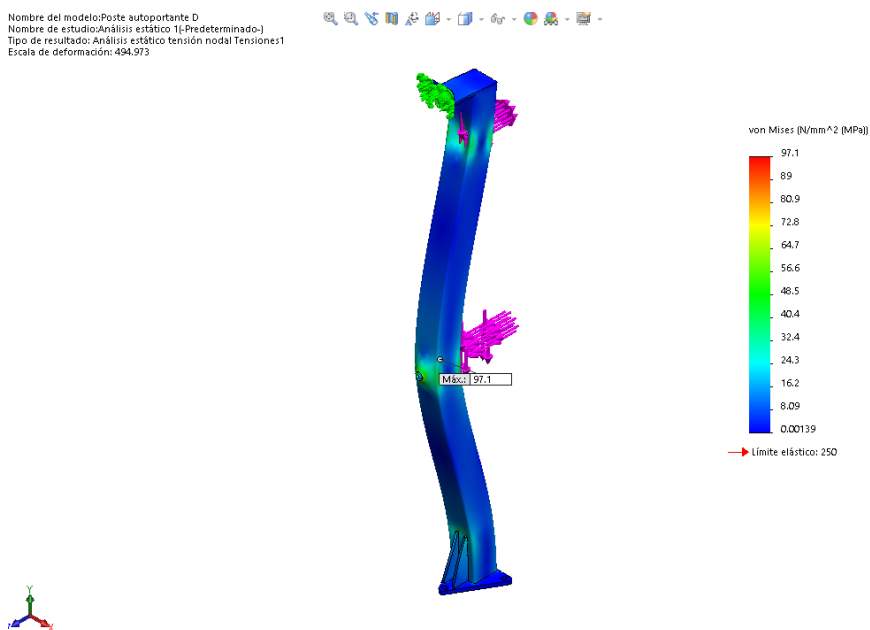


Figura 77. Tensión de Von Mises del poste autoportante

Al analizar la Figura 77 se observa que la máxima tensión de Von Mises en el poste autoportante es de 97,1MPa y se produce en las poste donde se

sujeta las rieles, sin embargo esta tensión es menor que el límite de elástico del acero estructural ASTM A36 que es de 250 MPa, por lo tanto el elemento resiste ésta tensión máxima sin fallar.

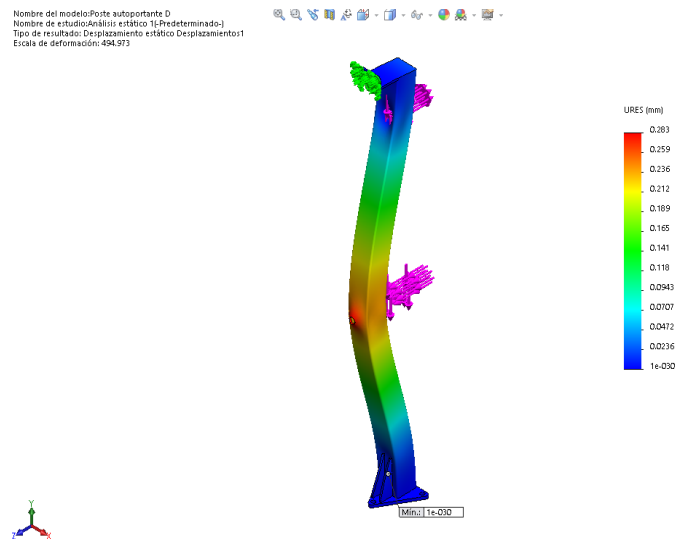


Figura 78. Desplazamientos del poste autoportante.

De la Figura 78 se determina que el desplazamiento máximo en poste autoportante donde se sujetan las rieles se produce en la zona media del pílata y su valor es 1e-030mm; este valor no afecta en el diseño de soporte de los postes.

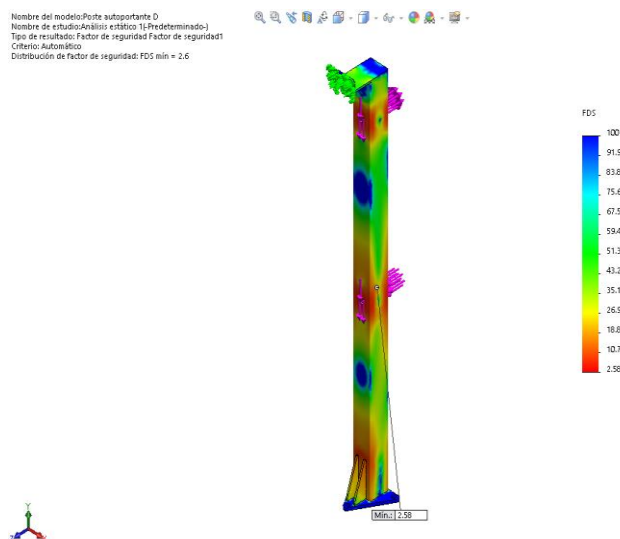


Figura 79. Factor de seguridad del Poste auto portante.

En la Figura 79 se muestra la distribución del factor de seguridad en la plataforma superior y se observa que las zonas críticas se encuentran en el intermedio del poste donde se sujetan las rieles, sin embargo, el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.58, por lo que se concluye que su diseño es seguro para soportar la carga total de la plataforma.

2.1.14. Selección de los pernos de anclaje

De la sección anterior 2.1.13 se obtiene que la fuerza máxima en la base del poste es la siguiente, la cual se tomara para seleccionar los pernos de anclaje:

$$F_h = 3196,6 N$$

Se utilizará un perno tipo camisa como se muestra en la Figura 80; de anclaje tamaño 15.7 mm, 12,7mm de diámetro del perno, con una carga permisible de 26.7KN a tensión y una carga permisible a cortante de 44.5KN, (Anexo A09).



Figura 80. Perno de anclaje tipo camisa

2.1.15. Ensamblaje completo del salvaescaleras

En la siguiente figura Figura 81 se muestra el ensamblaje completo del salvaescaleras de plataforma.

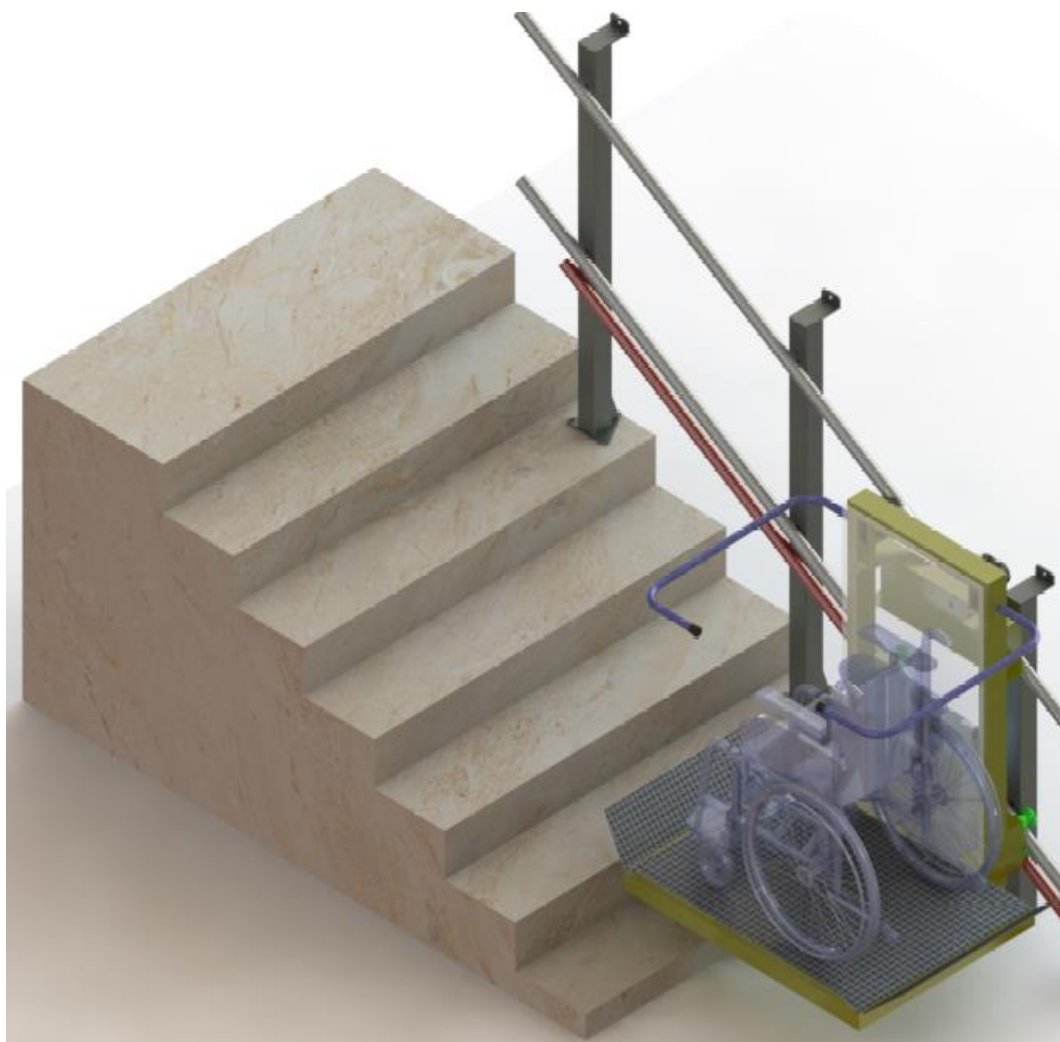


Figura 81. Ensamblaje completo del Salvaescaleras de plataforma

2.2. Diseño y selección del sistema de control del sistema.

2.2.1. Parámetros de diseño del sistema de control

El sistema de control debe cumplir con los requerimientos mínimos, propuestos a continuación:

- Control de posición de los movimientos en los sistemas que comprenden la plataforma salvaescaleras.
- Señales de entrada para la solicitud del sistema salvaescaleras, apertura de los mecanismos de seguridad, ejecución del movimiento principal de ascenso y descenso, plegado de la plataforma abatible.
- Señales de salida para generar el movimiento en los motores.
- Limitación de recorrido en todos los sistemas asociados al salvaescaleras.
- Paro de emergencia.

2.2.2. Diseño del sistema de control del salvaescaleras

Conforme a la Sección 2.2.1 el sistema de control se realizará en base a tres paneles de control, uno principal montado en el salvaescaleras y dos auxiliares, tanto en la parte superior como inferior de las escaleras, misma que le permitirá al usuario:

- Ascender y descender la plataforma salvaescaleras sobre las escaleras desde la planta baja hasta el primer piso.
- Manipular los motores que forman parte de los sistemas de seguridad y plegado del salvaescaleras
- Controlar los rangos de movimiento de los mecanismos de seguridad y plegado.
- Verificar el estado de las entradas/salidas digitales de sistema y de

los finales de carrera mecánicos que delimitan el recorrido de la máquina.

Los paneles de control se comunicarán con la tarjeta principal mediante un módulo de pulsadores como señales de entrada, esto le permite al controlador realizar cambios en la posición de los motores de la plataforma salvaescaleras. A la vez que controla el rango de movimiento mediante finales de carrera mecánicos. En la Figura 82 se muestra del diagrama de bloques del sistema de control.

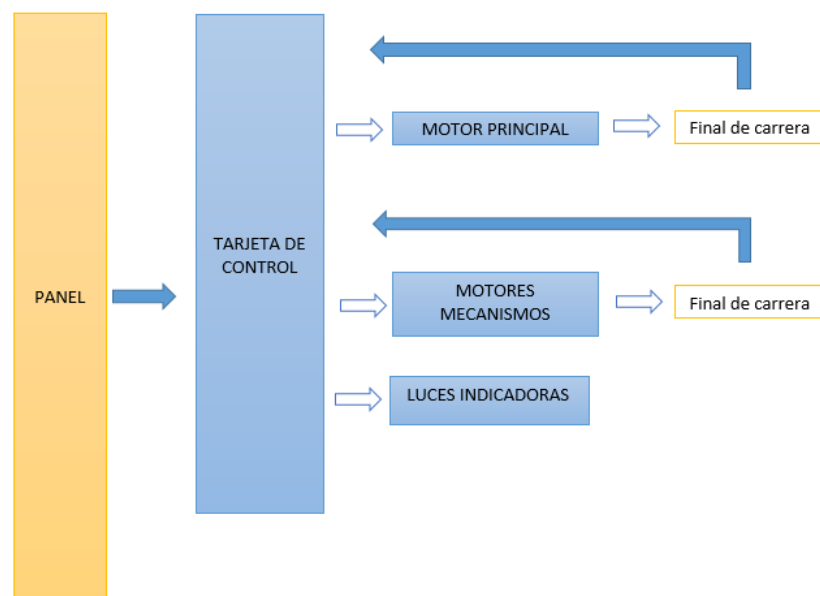


Figura 82. Diagrama de bloques del sistema de control

2.2.3. Diseño de los paneles de control

Los paneles de control tienen que ser legibles y amigables para el usuario, además deben contar con la seguridad correspondiente para los diferentes mecanismos.

El panel de control principal tiene tres botones y estará ubicado en la plataforma salvaescaleras, estos botones sirven para ascender y descender desde la planta baja hasta el primer piso, además tiene el paro de emergencia que suspende cualquier movimiento del sistema.

Los paneles de control auxiliares estarán ubicados tanto en la parte superior como inferior del sistema, están comprendidos de tres botones, el primero se encarga de llamar al salvaescaleras a la posición deseada, llámese a esta superior o inferior dependiendo de la necesidad del usuario. El segundo cumple la función de abrir la plataforma abatible del salvaescaleras y liberar los mecanismos de seguridad. El tercero cierra todos los mecanismos de seguridad y lleva al salvaescaleras a su posición de descanso.

2.2.4. Funcionamiento del sistema salvaescaleras

El sistema salvaescaleras brinda total autonomía y confort al usuario con discapacidad, todo el proceso es minuciosamente vigilado y controlado por una tarjeta electrónica, que en conjunto con los sensores y actuadores llevan a cabo el proceso con total seguridad.

Cuando una persona quiera hacer uso del salvaescaleras tiene que oprimir el botón abrir ubicado en los dos paneles auxiliares, liberándolo de su posición de descanso, dependiendo del lugar en el que esté ubicado el discapacitado, se abrirán los mecanismos de seguridad para facilitar el ingreso del mismo a la plataforma salvaescaleras.

Una vez dentro se presiona el botón de ascenso/descenso, los mecanismos de seguridad se cierran automáticamente y el salvaescaleras empieza su trayectoria, cuando llegue el final del recorrido nuevamente se liberan los mecanismos de seguridad y la persona puede salir. Al estar fuera del sistema salvaescaleras hay que ponerlo nuevamente en su posición de descanso, es decir, plegar totalmente al salvaescaleras, esto se logra por medio del botón cerrar, salvo el caso de que alguien más quiera hacer uso del mismo.

Cabe recalcar que, en caso de ser necesario suspender el uso del salvaescaleras por motivo de alguna emergencia se cuenta con un

mecanismo de seguridad auxiliar que es el paro de emergencia, una vez presionado suspende cualquier movimiento del sistema hasta su liberación. Si esto ocurriese cuando la persona con discapacidad se encuentra en ascenso, automáticamente el sistema se regresa a la posición inferior y libera los mecanismos de seguridad, si se da en el caso de descenso, continúa con la trayectoria normal de movimiento, esto se realizó por motivos de seguridad de la persona en cuestión.

2.2.5. Elementos del sistema (sensores y actuadores)

Conociendo de la trayectoria de movimiento que maneja la plataforma salvaescaleras y de los diferentes sistemas que integran su funcionamiento, es necesario el uso de moto-reductores para la consecución de dicho planteamiento. El motor principal ejecuta el ascenso/descenso de la persona con discapacidad, los motores para los mecanismos de seguridad forman un cerco mecánico para el individuo en cuestión al a vez que sirven como mecanismos de ingreso al salvaescaleras. El motor encargado del pliegue de la plataforma abatible cumple la función de llevar al sistema a una posición de descanso, en la cual el salvaescaleras se hacer imperceptible para el público en general que circula por las escaleras del edificio.

Todos estos movimientos son controlados por finales de carrera mecánicos, en la Tabla 40 se manifiestan detalladamente los diferentes sensores y actuadores del sistema.

Tabla 40.

Detalle de los actuadores y sensores de los mecanismos.

ACTUADORES				
No.	Detalle	Cantidad	Descripción	Etiqueta
1	MOTOR AC	1	Movimiento principal	M+
				M-
2		2		M+

CONTINÚA →

3	MOTOR DC		Rampas de acceso	M-
4	MOTOR DC	2	Brazos de seguridad	M+
5				M-
6	MOTOR DC	1	Plataforma abatible	M+
				M-
SENSORES				
No.	Detalle	Cantidad	Descripción	Etiqueta
1	Final de carrera	14	Control de posición de los sistemas de movimiento del salvaescaleras	S1
2				S2
3				S3
4				S4
5				S5
6				S6
7				S7
8				S8
9				S9
10				S10
				S11
				S12
				S13
				S14
11	Paro de emergencia	1	Suspende los movimientos	P1
12	Botón ascender	2	Sube la plataforma	P2/P7
13	Botón descender	2	Baja la plataforma	P3/P6
14	Botón Abrir	2	Abre la plataforma	P4
15	Botón Cerrar	2	Cierra la plataforma	P5

2.2.6. Selección de la tarjeta principal

Según la Sección 2.3.3, la tarjeta principal es la encargada de controlar los motores de los mecanismos, controlar la posición de la plataforma salvaescaleras y detener el movimiento de la misma en caso de exceder los límites de recorrido de cualquier caso.

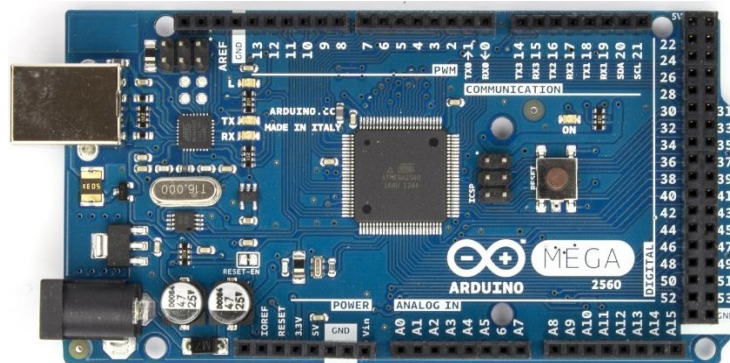


Figura 83. ArduinoMega2560_R3.

Fuente: (Arduino, 2014)

Conforme a los requerimientos mencionados en el sistema se elige la tarjeta Arduino MEGA 2560-R3, (Figura 83), como la tarjeta de control, la selección de la misma tiene como base principal sus excelentes prestaciones, considerando además la afinidad y la experiencia de los autores para trabajar con este tipo de controladores electrónicos.

Arduino es considerada una plataforma física que está basada en una placa con entradas/salidas análogas y digitales, puede ser utilizada para la realización de proyectos interactivos y autónomos, como el sistema salvaescaleras, para lo cual cuenta con las siguientes características:

- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje de funcionamiento: 5V
- Voltaje de entrada (recomendado: 7-12V)
- Voltaje de entrada (límites: 6-20V)
- Pines digitales I / O: 54 (14 de los cuales proporcionan una salida PWM)
- Pines de entrada analógica: 16
- Corriente DC para pines I / O: 40 mA
- Corriente DC para el pin 3,3 V: 50 mA

- Memoria 256 KB, 8 KB utilizado por el gestor de arranque
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB
- Velocidad del reloj: 16 MHz

En la Figura 84, se muestra la distribución de pines de la tarjeta.

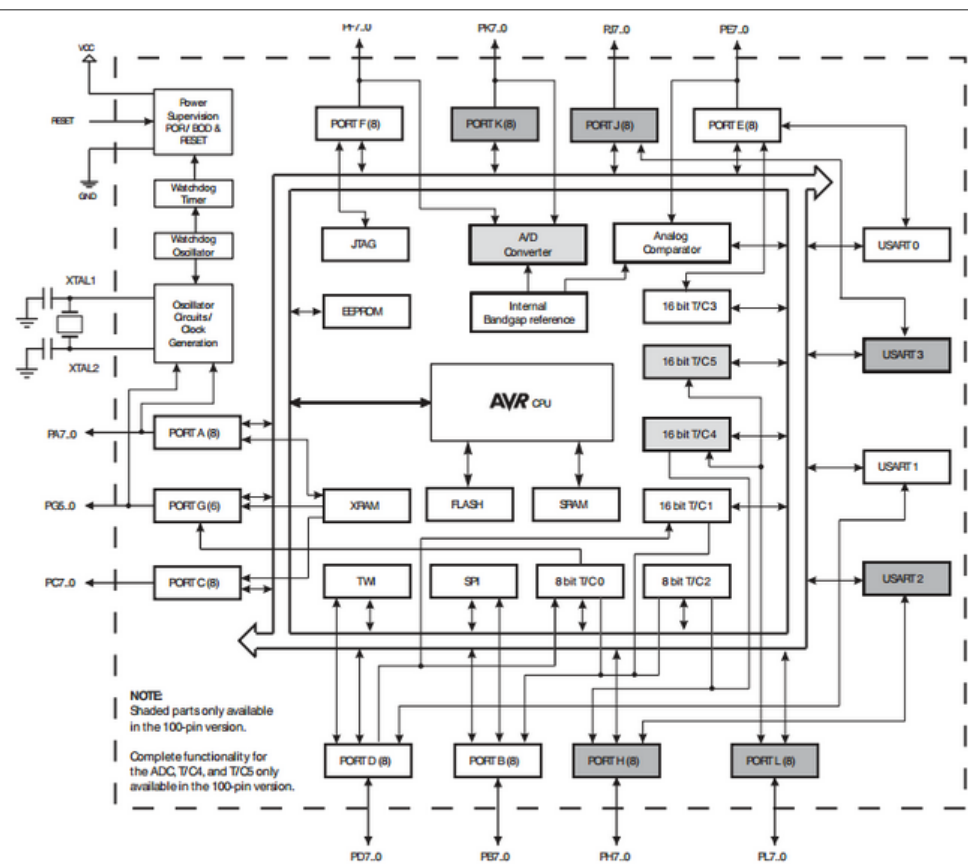


Figura 84. Distribución de pines Arduino Mega 2560

Fuente: (Arduino, 2014)

2.2.7. Diseño del algoritmo de la tarjeta principal.

Una vez que las funciones de la tarjeta de control están definidas se continúa con la programación, para esto es necesario previamente

diseñar un diagrama de flujo (Figura 85), tener claras las sentencias a programar.

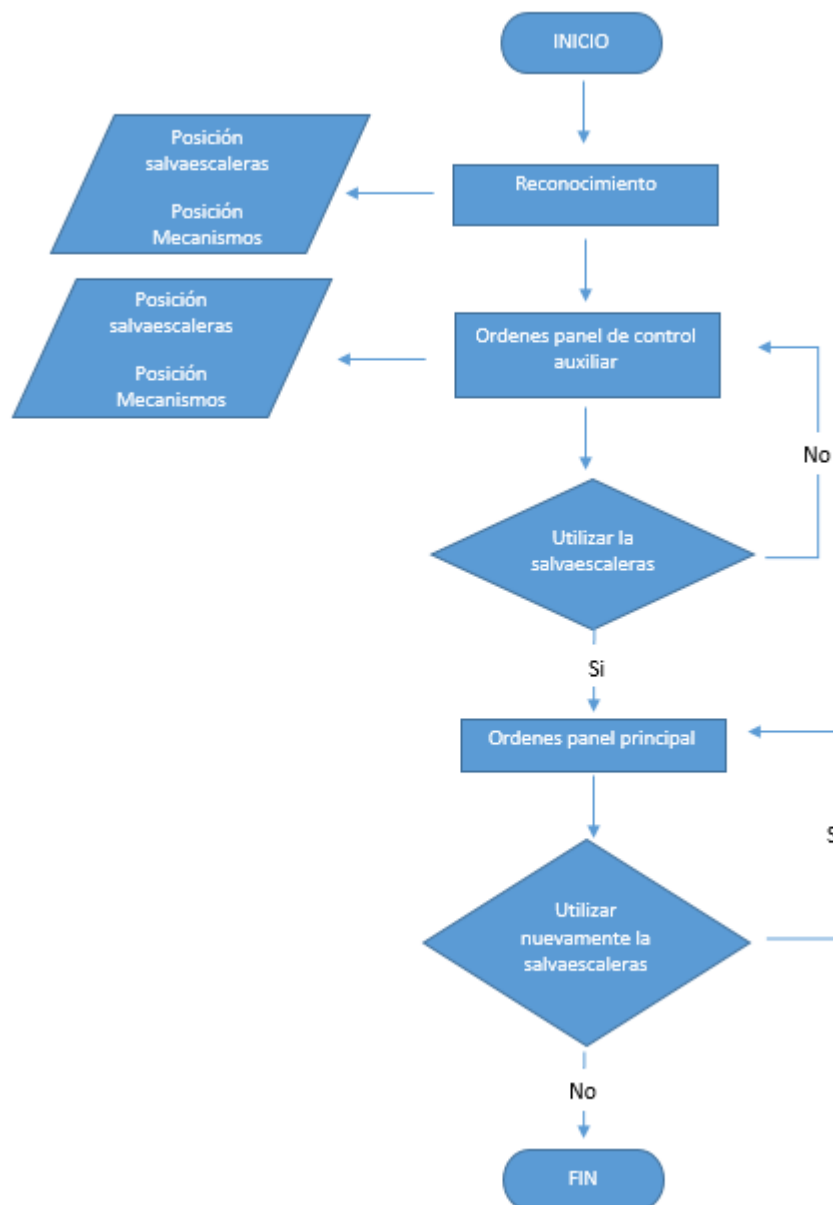


Figura 85. Diagrama de flujo del control de la plataforma.

En el encabezado se declaran las variables, antes de iniciar el programa se verifica que los motores estén apagados, luego vienen los sub-programas que contienen las sentencias, eso de acuerdo el botón que el usuario pulse en los paneles de control.

2.2.8. Circuito de potencia

El salvaescaleras tiene un modo automático mediante el accionamiento de los botones en los panes de control, para el accionamiento de todo el sistema es necesaria una tensión de 220V AC para el motor principal y 12V DC para los motores de los mecanismos de seguridad y plegado.

El módulo de relés, la tarjeta Arduino y el módulo de pulsadores trabajan con 5V DC.

2.2.9. Inversion giro motores dc

Dado que los sistemas de movimiento de la plataforma salvaescaleras tienen que actuar tanto en sentido horario como anti- horario, es necesario implementar un circuito que permita invertir el giro de los motores de corriente continua. De acuerdo a la investigación realizada esta configuración se la puede realizar con un puente H por medio de relés. En la Figura 86 se describe el modo de funcionamiento del motor en los dos sentidos con la intervención de contactos abiertos y cerrados.

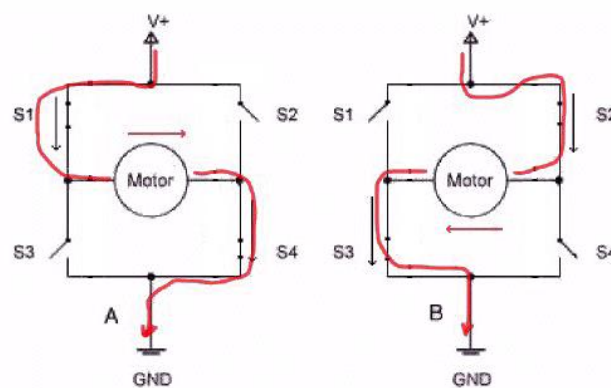


Figura 86. Puente H por medio de relés.

Fuente: (Wordpress, 2013)

A continuación, en la Figura 87 se muestra la simulación del comportamiento con relevadores de potencia.

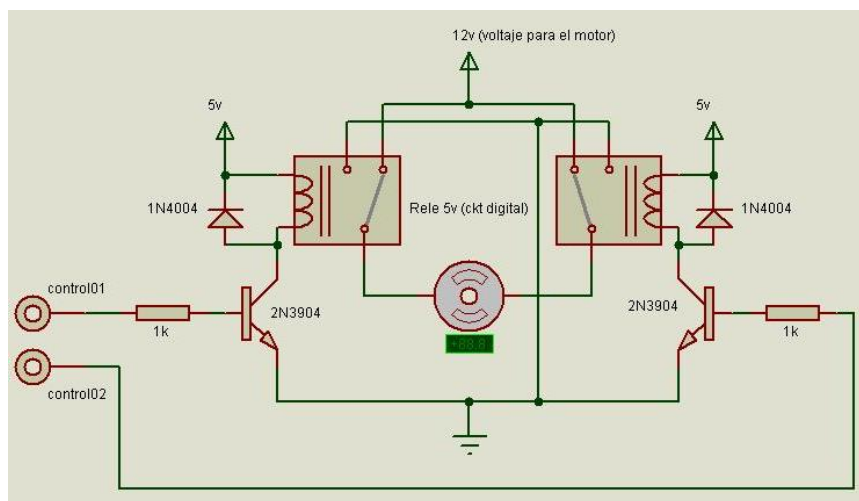


Figura 87. Simulación relés de potencia.

Fuente: (Svcommunity, 2011)

2.2.10. Selección de las fuentes de alimentación

2.2.10.1. Alimentación corriente continua

El circuito de potencia es la parte del sistema de control que más potencia consume, es la que se encarga de activar los motores para vencer las cargas y ejecutar su movimiento. En la Tabla 41 se describe con detalle los motores y su consumo de corriente durante el funcionamiento del sistema salvaescaleras.

Tabla 41.

Motores consumo de corriente

No.	Detalle	Descripción	Corriente Arranque	Corriente Nominal
1	MOTOR 220 AC	Movimiento principal	4 amp	3.5 amp
2	MOTOR 12V DC	Plegado plataforma	17 amp	15 amp

CONTINÚA →

3	MOTOR 12V DC	Motor brazo 1	3 amp	2 amp
4	MOTOR 12V DC	Motor brazo 2	3 amp	2 amp
5	MOTOR 12V DC	Motor rampa 1	2.5 amp	2.5 amp
6	MOTOR 12V DC	Motor rampa 2	2 amp	2 amp

Cabe recalcar que en la secuencia de movimientos no hay una situación en la que dos motores trabajen a la vez simultáneamente, el momento más crítico de funcionamiento es cuando se pliega la plataforma abatible, el consumo en esta etapa llega a ser hasta de 17 amperios, tomando este dato como el consumo máximo se escoge una fuente de poder de 12V 30Amp con alimentación de 110V o 220V.

2.2.11. Cables de control y alimentación

Para la conexión del sistema de control que está comprendido desde los pulsadores y los finales de carrera hasta el módulo de pulsos se utiliza cable flexible N°18 con un diámetro de 2.7mm.

Tomando en cuenta un factor de seguridad de 3 para el consumo de corriente continua y siendo el caso más crítico de consumo 10amp en el trabajo nominal, por lo tanto, se utiliza un cable N°14 con capacidad para 30 amperios según la figura 2,67.

Para el consumo en alterna consideramos un factor de seguridad de 5, por lo tanto, el consumo total es de 20 amperios, considerando los efectos de la corriente alterna sobre el cuerpo humano son más peligrosos que los de continua, según la Figura 88 seleccionamos un cable N° 12 con una capacidad para 40 amperios.

Alambres y Cables Tipo THW-LS/THHW-LS Alambres y Cables THWN / THHN Alambres Duplex TWD 600 V Antiflama						Cap. de Conducción Corriente Amperes			Resistencia Ω/m 20°C C.D.	Peso Aproximado kg/100 m.
Calibre AWG kCM	Número de Hilos	Diámetro Conductor mm	Espesor del Aislamiento mm	Diámetro Exterior o/Aislamiento mm	Área Sección Tranversal mm ²	Aire	Cond.	Charola		
Alambres										
14	1	1.62	0.76	3.14	2.082	30			8.28	2.74
12	1	2.05	0.76	3.57	3.307	40			5.21	4.00
10	1	2.58	0.76	4.11	5.260	55			3.28	5.93
8	1	3.26	1.14	5.54	8.367	70			2.06	9.94
Cables										
20	7	0.92	0.76	2.44	0.517		7	7	33.9	1.11
18	7	2.93	0.76	2.68	0.832		10	10	21.4	1.48
16	7	3.70	1.14	2.98	1.307		20	25	13.5	2.05
14	7	1.85	0.76	3.37	2.082		25	30	8.45	2.93
12	7	2.33	0.76	3.85	3.307		30	40	5.32	4.28
10	7	2.93	0.76	4.45	5.260		40	55	3.34	6.36
8	7	3.70	1.14	5.98	8.367		50	70	2.10	10.61
6	7	4.67	1.52	7.71	13.300		70	100	1.32	17.17
4	7	5.88	1.52	8.92	21.150		90	135	0.832	25.54
2	7	7.42	1.52	10.46	33.620		120	180	0.523	38.55
1/0	19	9.15	2.03	13.21	53.480		155	245	0.329	62.33
2/0	19	10.27	2.03	14.33	67.430		185	285	0.261	76.82
3/0	19	11.53	2.03	15.59	85.010		210	330	0.207	94.95
4/0	19	12.95	2.03	17.01	107.20		235	385	0.164	117.63
250	37	14.62	2.41	19.44	126.70		270	425	0.139	141.12
300	37	16.01	2.41	20.83	152.00		300	480	0.116	166.95
350	37	17.29	2.41	22.11	177.30		325	530	0.0992	192.75
400	37	18.49	2.41	23.31	202.70		360	575	0.0868	218.49

NOTA: SON VALORES APROXIMADOS SUJETOS A TOLERANCIAS DE MANUFACTURA.

Figura 88. Alambre y cables tipo THW-LS

Fuente: (Iguerrero, 2009)

2.2.12. Selección de la cadena portacables.

Como se mencionó en la sección 2.2.10.1 El motor principal del sistema salvaescaleras funciona con una tensión de 220V monofásico, tomando en cuenta que el diseño está basado en un sistema de piñón cremallera y que el actuador principal debe estar montado en la misma plataforma salvaescaleras, se procede a la selección de una cadena portacables (Figura 89), con el objetivo de sostener y guiar a los cables de alimentación y control a través del recorrido total del salvaescaleras.

Para seleccionar el tamaño de la cadena portacables hay que tener en cuenta el diámetro de los cables que van a estar dentro, a continuación, se mencionan detalladamente en la Tabla 42.



Figura 89. Cadena portacables.

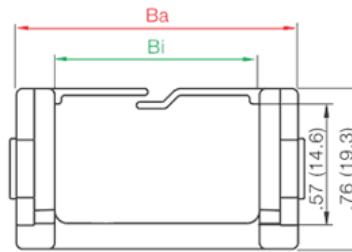
Fuente: (Interempresas, 2014)

Tabla 42.

Resumen cables de instalación portacables.

No. Cable	Cantidad	Diámetro	Área
12	1	3.85	3.307
18	5	2.68	2.68

Cabe recalcar que este un producto no es muy recurrente en el país, por lo tanto, seleccionamos una cadena portacables considerada en stock en una empresa afín a este tipo de elementos, en la Figura 90 se detallan las características.



PART #	INNER WIDTH (Bi) (inches)	OUTER WIDTH (Ba) (inches)	RADIUS (inches)	CURVE HEIGHT (inches)	CURVE LENGTH (inches)	WEIGHT (lb)
IGU-E08-10-028-0	0.39	0.71	1.1	3.15	5.12	0.15
IGU-E08-10-038-0	0.39	0.71	1.5	3.9	6.3	0.15
IGU-E08-10-048-0	0.39	0.71	1.9	4.72	7.48	0.15
IGU-E08-16-028-0	0.63	0.95	1.1	3.15	5.12	0.16
IGU-E08-16-038-0	0.63	0.95	1.5	3.9	6.3	0.16
IGU-E08-16-048-0	0.63	0.95	1.9	4.72	7.48	0.16
IGU-E08-20-028-0	0.79	1.11	1.1	3.15	5.12	0.17
IGU-E08-20-038-0	0.79	1.11	1.5	3.9	6.3	0.17

Figura 90. Catálogo de las cadenas portacables Igu.

Fuente: (Cableorganizer, 2014)

Las dimensiones de la cadena portacables con código 08 20 028 – 0 son de aproximadamente 20 mm de ancho por 15 mm de alto, por lo tanto, satisface ampliamente el espacio necesario.

CAPITULO III

3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

3.1. Parámetros de mecanizado

Para la construcción del sistema mecánico es necesario tomar en cuenta ciertas referencias de manera general, con la finalidad de evitar problemas al acoplar las piezas y ponerlas en funcionamiento. A continuación, se hace un breve recuento de las mismas.

Proceso: Fresado

- De preferencia usar piezas planas para la operación.
- Sujetar correctamente las piezas para evitar daños en el corte debido a las vibraciones producidas por un mal ajuste.
- Utilizar el refrigerante indicado para este proceso.

Proceso: Taladrado

- Sujeción correcta de las piezas
- Preferencialmente realizar perforaciones perpendiculares.
- Para realizar agujeros roscados tomar en cuenta el tipo de rosca y el diámetro del perno o tornillo.
- Usar el refrigerante indicado para el proceso

Proceso: Torneado

- Verificar el que el material del elemento cortante sea el indicado para el material base de la pieza.
- Sujetar y centrar de manera correcta la pieza a mecanizar. De ser necesario hacer uso del contrapunto para ciertas piezas.

- Los diseños para el torneado deben ser lo más simples posible.
- Uso del refrigerante indicado.

Proceso: Soldadura

- El conjunto soldado debe ser del número mínimo de piezas posible.
- Verificar la posición correcta antes de realizar el proceso de soldadura.
- Mantener siempre el espacio suficiente y evitar cordones de soldadura defectuosos.
- No acumular en un mismo punto distintos cordones de soldadura.




3.2. Diagramas de procesos de la construcción del salvaescaleras

Para construir los componentes mecánicos es necesario emplear diagramas de proceso para determinar los pasos a seguir, en las siguientes tablas se detallan minuciosamente todos estos pasos.



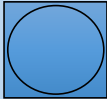
En la Tabla 43 se realiza un breve recuento de la simbología a utilizarse en los procesos de construcción:

Tabla 43.

Simbología diagrama de procesos

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SIMBOLO
Operación	Objeto modificado en sus características	
Transporte	Objeto movido de un lugar a otro	
Inspección	Objeto es examinado	

CONTINÚA →


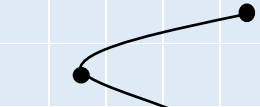



Demora	Interfiere en el flujo de un objeto	
Almacenaje	Objetos son protegidos	
Actividad combinada	Indica actividades conjuntas	

3.3. Construcción del bastidor

El bastidor se construyó con un perfil en U que está unido mediante un proceso de soldadura MIG, en la Tabla 44 se describe el proceso con más detalle.

Tabla 44.

Diagrama de proceso de construcción del bastidor.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE				
Diagrama 1, hoja 1			Resumen	
Actividad: Elaboración de la estructura base			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto	
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015	
Material base: Acero estructural ASTM A36 - Perfil U 80x40x4 mm			Tiempo total(min):	125
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos	Observaciones
Almacenamiento del acero	N/A			S/N
Traslado de los materiales	Auto	30		S/N
Inspección del plano	Visual	10		S/N
Corte perfil en U	Amoladora	30		S/N
Inspección del corte	Visual	10		S/N
Soldadura estructura	MIG	30		S/N
Inspección soldadura	Visual	5		S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	10		S/N

Una vez finalizado el diagrama se determina el tiempo total para la construcción del bastidor que es de 2 horas y 5 minutos, en la Figura 91 se aprecia el trabajo terminado.



Figura 91. Bastidor

3.4. Construcción de las bases para los motores y rodillos

Las bases fueron realizadas con una plancha de acero, con las medidas y dimensiones de acuerdo a los cálculos preestablecidos. En la Tabla 45 se observan los procesos para la construcción.

Tabla 45.

Diagrama de proceso de construcción de las bases para motores y rodillos.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE		
Diagrama 2, hoja 1	Resumen	
Actividad: Elaboración bases para los motores y rodillos guía	Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto	
Lugar: MYPROM	Fecha: Abril 20, 2015	
Material base: Acero estructural ASTM A36 - Plancha de acero espesor 4mm	Tiempo total(min):	190

CONTINÚA →

Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos					Observaciones
			●	➔	◐	■	▼	
Almacenamiento del acero	N/A							S/N
Traslado de los materiales	Auto	30					●	S/N
Inspección del plano	Visual	15					●	S/N
Corte de la plancha	Amoladora	30					●	S/N
Inspección del corte	Visual	10					●	S/N
Soldadura bases	MIG	40					●	S/N
Inspección soldadura	Visual	5					●	S/N
Perforaciones diámetro 14mm	Taladro	45					●	S/N
Inspección perforaciones	Visual	5					●	S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	10					●	S/N

Terminado el diagrama se determinó un tiempo de 3 horas y 10 minutos para la construcción de las bases que sostendrán: motor principal, motores para mecanismos de seguridad, rodillos superiores e inferiores.

3.5. Ensamble del bastidor y las bases

En la Tabla 46 se muestran los procesos para la unión de las bases con el bastidor mediante soldadura MIG.

Tabla 46.

Diagrama de proceso del ensamble del bastidor y las bases.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE								
Diagrama 3, hoja 1				Resumen				
Actividad: Elaboración del bastidor del Sistema Salvaescaleras				Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto				
Lugar: MYPROM				Fecha: Abril 20, 2015				
Material base: Estructura - bases(motores y rodillos)				Tiempo total(min):			95	
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos					Observaciones
			●	➔	◐	■	▼	
Almacenamiento provisional	N/A						●	S/N
Inspección del plano	Visual	15					●	S/N

CONTINÚA ➔

Soldadura estructura-bases	MIG	30	●					S/N
Inspección soldadura	Visual	10				●		S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	10	●					S/N
Pintura	Soplete	30	●					S/N

Una vez finalizado el diagrama, se determinó un tiempo de 1 hora y 35 minutos para ensamblar el bastidor con las bases, el cual se aprecia en la Figura 92.



Figura 92. Bastidor del salvaescaleras.

3.6. Construcción de la plataforma batiente

Tomando los resultados obtenidos con el análisis computacional y matemático para elaboración de la plataforma batiente, se construyó con un acero estructural resistente, que soporte el peso de la silla de ruedas y la persona que usará la plataforma salvaescaleras (Tabla 47).

Tabla 47.

Diagrama de proceso de construcción de la plataforma batiente.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diagrama 4, hoja 1			Resumen		
Actividad: Elaboración estructura de la plataforma del salvaescaleras			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto		
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015		
Material base: Acero estructural ASTM A36 - Tubo rectangular 60x40x2 mm			Tiempo total(min):	140	
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos		Observaciones
			●	➔	
Almacenamiento del acero	N/A				S/N
Traslado de los materiales	Auto	30			S/N
Inspección del plano	Visual	10			S/N
Corte del tubo	Amoladora	20			S/N
Inspección del corte	Visual	5			S/N
Soldadura de los tubos	MIG	30			S/N
Inspección soldadura	Visual	5			S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	10			S/N
Pintura	Soplete	30			S/N

En la Figura 93 se observa la plataforma batiente, una vez culminado el trabajo.

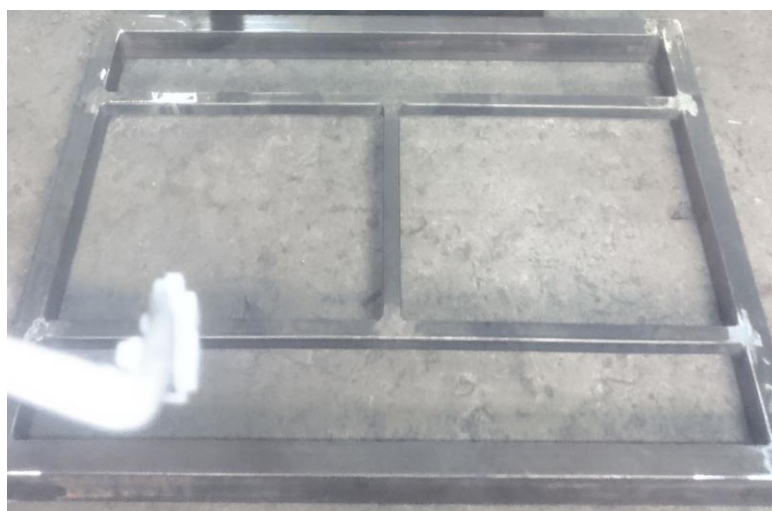


Figura 93. Plataforma batiente.

3.7. Construcción de las rampas de acceso y la cubierta

Estos elementos fueron contruidos con acero estructural corrugado, para el caso de las rampas fueron fijadas a la plataforma batiente con una bisagra y para la tapa se utilizó tornillos autoajustables. El proceso se detalla en la Tabla 48.

Tabla 48.

Diagrama de proceso de construcción de las rampas de acceso y la cubierta de la plataforma batiente.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE									
Diagrama 5, hoja 1			Resumen						
Actividad: Elaboración rampas de acceso y cubierta de la plataforma del salvaescaleras			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto						
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015						
Material base: Acero estructural ASTM A36 - Plancha de acero corrugado espesor 3mm			Tiempo total(min):	60					
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos			Observaciones			
			●	➔	◐	◑	◒	◓	
Almacenamiento del acero	N/A								S/N
Traslado de los materiales	Auto								S/N
Inspección del plano	Visual	5							S/N
Corte de la plancha	Amoladora	20							S/N
Inspección del corte	Visual	5							S/N
Fijación de las rampas	Bisagras	20							S/N
Fijación de la cubierta	Tornillos	10							S/N

La construcción y el ensamble de las rampas y la cubierta tardó 1 hora aproximadamente, en Figura 94 se observa la plataforma batiente.



Figura 94. Cubierta y rampas de acceso.

3.8. Proceso de construcción de los brazos de seguridad

Los brazos son el elemento principal de seguridad para el usuario, se construyeron con tubo poste de acero, la información del material y los procesos se observan en la Tabla 49.

Tabla 49.

Diagrama de proceso de construcción de los brazos de seguridad

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE								
Diagrama 6, hoja 1			Resumen					
Actividad: Elaboración brazos de seguridad			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto					
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015					
Material base: Tubo poste de acero ASTM A500 grado A espesor 2mm			Tiempo total(min):		60			
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos					Observaciones
			●	➔	D	■	▼	
Almacenamiento provisional	N/A						●	S/N
Traslado de los materiales	Auto			●				S/N
Inspección del plano	Visual	10				●		S/N
Corte del tubo	Amoladora	10	●					S/N

CONTINÚA ➔

Doblado del tubo	Dobladora	20	●				S/N
Inspección del doblado	Visual	5				●	S/N
Fijación de los brazos	Prisioneros	10	●				S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	5	●				S/N

En la Figura 95 se observa el brazo de seguridad terminado, para el ensamble con el eje de giro se usaron prisioneros, como son dos brazos el tiempo total de construcción es de aproximadamente 2 horas.



Figura 95. Brazo de seguridad

3.9. Proceso del eje de giro de la plataforma batiente

Según el diseño preestablecido, se construyó un eje que une el motor y la plataforma batiente para el giro de la misma. En la Tabla 50 se detalla la información relevante del material y los procesos realizados.

Tabla 50.

Diagrama de proceso del eje de giro de la plataforma batiente.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE							
Diagrama 7, hoja 1			Resumen				
Actividad: Elaboración del eje para el giro de la plataforma del salvaescaleras.			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto				
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015				
Material base: Barra de acero AISI 1020 laminado en frio diámetro 20mm			Tiempo total(min):	94			
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos		Observaciones		
			●	➔		◐	◑
Almacenamiento provisional	N/A					S/N	
Traslado de los materiales	Auto	30					S/N
Inspección del plano	Visual	10					S/N
Corte del eje	Amoladora	10					S/N
Inspección del corte	Visual	2					S/N
Cilindrado del eje	Torno	15					S/N
Inspección del cilindrado	Visual	2					S/N
Corte final pieza	Amoladora	5					S/N
Refrentado de las caras eje	Torno	15					S/N
Inspección del refrentado	Visual	5					S/N

Para la construcción del eje de giro de la plataforma batiente se determinó un tiempo de 1 hora y 34 minutos, se observa el acoplamiento del eje (Figura 96).



Figura 96. Eje de la plataforma plegable.

3.10. Proceso de construcción de los rodillos guía

Los rodillos guía fueron realizados con nylon para minimizar los efectos del rozamiento con los tubos guía, además de ser un material de fácil mecanizado y resistente a grandes esfuerzos. En la Tabla 51 se mencionan los procesos de construcción.

Tabla 51.

Diagrama de proceso de los rodillos guía

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diagrama 8, hoja 1			Resumen		
Actividad: Elaboración de los rodillos guías			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto		
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015		
Material base: Barra de Nylon diámetro 65 mm			Tiempo total(min):	178	
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos		Observaciones
			●	→	
Almacenamiento Nylon	N/A				S/N
Traslado de los materiales	Auto	60			S/N
Inspección del plano	Visual	10			S/N
Corte de la barra	Amoladora	5			S/N
Inspección del corte	Visual	2			S/N
Cilindrado de la barra	Torno	15			S/N
Inspección del cilindrado	Visual	5			S/N
Torneado esférico	Torno	25			S/N
Inspección del torneado	Visual	2			S/N
Mandrilado de la barra	Torno	20			S/N
Inspección del mandrilado	Visual	2			S/N
Taladrado de la barra	Torno	10			S/N
Inspección del taladrado	Visual	2			S/N
Refrentado de las caras barra	Torno	15			S/N
Inspección del refrentado	Visual	5			S/N

Terminado el diagrama de proceso de los rodillos guía, se concluye que para construir un rodillo se necesita 2 horas y 58 minutos. Disminuyendo los tiempos de traslado del material y la inspección del plano, los cuales son los

mismos para los 6 rodillos, el tiempo total para la construcción de dichos componentes es de 11 horas y 58 minutos. La unión con las bases se realizó con pernos autoajustables, en la Figura 97 se observa el ensamble completo.



Figura 97. Rodillos guía

3.11. Construcción del sistema sinfín-corona para brazos de seguridad

El sistema sinfín-corona se construyó con una barra de acero altamente resistente, en la Tabla 52 se detalla la información del material, así como de los procesos realizados.

Tabla 52.

Diagrama de proceso de construcción del sistema sinfín-corona

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE	
Diagrama 9, hoja 1	Resumen
Actividad: Elaboración del sistema sinfín-corona para los brazos de seguridad	Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto
Lugar: MYPROM	Fecha: Abril 20, 2015

Material base: Barra de acero AISI 1020 laminado en frio			Tiempo total(min):	266
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos	Observaciones
			● → ◐ ◑ ▼	
Almacenamiento del acero	N/A		●	S/N
Traslado de los materiales	Auto	30	●	S/N
Inspección del plano	Visual	15	●	S/N
Corte de la barra (sinfin)	Amoladora	5	●	S/N
Inspección del corte	Visual	2	●	S/N
Cilindrado del cuerpo rosca	Torno	15	●	S/N
Inspección del cilindrado	Visual	5	●	S/N
Roscado del cuerpo	Torno	20	●	S/N
Inspección del roscado	Visual	2	●	S/N
Corte final pieza	Amoladora	2	●	S/N
Refrentado de las caras	Torno	5	●	S/N
Inspección del refrentado	Visual	5	●	S/N
Corte de la barra (corona)	Sierra	5	●	S/N
Inspección del corte	Visual	2	●	S/N
Cilindrado del cuerpo corona	Torno	15	●	S/N
Inspección del cilindrado	Visual	5	●	S/N
Corte final pieza	Sierra	5	●	S/N
Refrentado de las caras	Torno	20	●	S/N
Inspección del refrentado	Visual	5	●	S/N
Taladrado de la corona	Torno	10	●	S/N
Poner a punto la máquina	Fresadora	15	●	S/N
Ajuste de la pieza (corona)	Fresadora	10	●	S/N
Colocación de la fresa	Fresadora	5	●	S/N
Fresado del primer diente	Fresadora	1	●	S/N
Ubicar posición siguiente	Fresadora	2	●	S/N
Fresado de los 50 dientes	Fresadora	50	●	S/N
Inspección de la corona	Fresadora	10	●	S/N

Una vez finalizado el diagrama de procesos para la construcción del sistema sinfín-corona (Figura 98), da como resultado un tiempo de 4 horas y 26 minutos para su construcción. Como son dos brazos de seguridad el tiempo total es de 9 horas y 2 minutos.

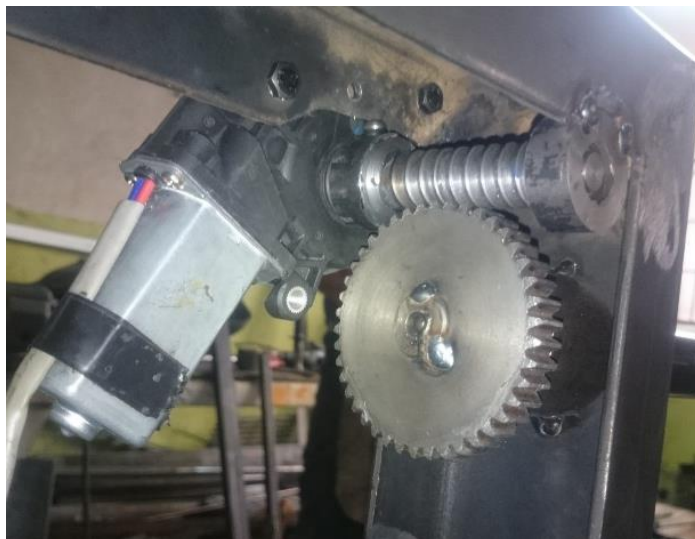


Figura 98. Mecanismo sinfín-corona

3.12. Construcción del piñón para el movimiento ascenso/descenso.

Tomando en cuenta los resultados del diseño preestablecido, se construyó un piñón de 12 dientes con una barra de acero. En la Tabla 53 se detallan los procesos y la información del material para la elaboración del piñón.

Tabla 53.

Diagrama de proceso de construcción del piñón para el movimiento ascenso/descenso.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diagrama 10, hoja 1			Resumen		
Actividad: Elaboración de un piñón 12 dientes para el movimiento principal ascenso/descenso			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto		
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015		
Material base: Barra de acero AISI 1020			Tiempo total(min):	187	
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos		Observaciones
Almacenamiento del acero	N/A		●	→	S/N
Traslado de los materiales	Auto	30	◐	◑	S/N
Inspección del plano	Visual	15	◒	◓	S/N

CONTINÚA →

Corte de la barra (piñón)	Amoladora	5		S/N
Inspección del corte	Visual	2		S/N
Cilindrado del cuerpo (piñón)	Torno	15		S/N
Inspección del cilindrado	Visual	5		S/N
Corte final pieza	Sierra	5		S/N
Refrentado de las caras	Torno	20		S/N
Inspección del refrentado	Visual	5		S/N
Taladrado del piñón	Torno	10		S/N
Poner a punto la máquina	Fresadora	15		S/N
Ajuste de la pieza (piñón)	Fresadora	10		S/N
Colocación de la fresa	Fresadora	5		S/N
Fresado del primer diente	Fresadora	1		S/N
Ubicar posición siguiente	Fresadora	2		S/N
Fresado de los 12 dientes	Fresadora	12		S/N
Inspección del piñón	Fresadora	10		S/N
Traslado piñón	Auto	20		S/N
Tratamiento térmico	Cementar	N/A		S/N

Un total de 2 horas y 7 minutos se necesitó para construir el piñón del movimiento principal del salvaescaleras que se observa en la Figura 99.



Figura 99. Piñón para el movimiento principal

3.13. Proceso de construcción de los postes autoportantes

Los postes autoportantes se construyeron con tubos cuadrados de acero, los procesos de construcción y las dimensiones se detallan en la Tabla 54.

Tabla 54.

Diagrama de proceso de construcción de los postes autoportantes.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diagrama 11, hoja 1			Resumen		
Actividad: Elaboración de los postes autoportantes			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto		
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015		
Material base: Tubo estructural cuadrado de acero ASTM A36 75x75x4 mm			Tiempo total(min):	145	
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos		Observaciones
			●	➔	
Almacenamiento del acero	N/A				S/N
Traslado de los materiales	Auto	30			S/N
Inspección del plano	Visual	15			S/N
Corte del tubo	Amoladora	10			S/N
Inspección del corte	Visual	10			S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	5			S/N
Soldadura de las bases	MIG	15			S/N
Inspección soldadura	Visual	5			S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	10			S/N
Taladrado agujeros 15 mm	Taladro	20			S/N
Inspección taladrado	Visual	5			S/N
Pintura	Soplete	20			S/N

El diagrama anterior da como resultado un tiempo de 1 hora y 25 minutos para la elaboración de un poste autoportante. Como el sistema salvaescaleras necesita de 6 postes para mantener el equilibrio en todos los puntos, el tiempo total de construcción es de 12 horas.

3.14. Proceso de construcción de los tubos guías

Basados en el diseño preestablecido los tubos guía soportan el peso de todo el sistema, por lo que fueron construidos con tubo redondo de acero

estructural de alta resistencia, la información del material y los procesos se detalla en la Tabla 55.

Tabla 55.

Diagrama de proceso de construcción de los tubos guías.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SALVAESCALERAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diagrama 12, hoja 1			Resumen		
Actividad: Elaboración de los rieles para el ascenso/descenso			Elaborado por: Edwin Marcelo Casa, Héctor Danilo Neto		
Lugar: MYPROM			Fecha: Abril 20, 2015		
Material base: Tubo estructural de acero ASTM A500 grado A, de 1-3/4 plg de diámetro y 2 mm de espesor			Tiempo total(min):	125	
Descripción	Método	Tiempo(min)	Símbolos		Observaciones
			●	➔	
Almacenamiento del acero	N/A				S/N
Traslado de los materiales	Auto	30			S/N
Inspección del plano	Visual	5			S/N
Corte del tubo	Amoladora	5			S/N
Inspección del corte	Visual	10			S/N
Soldadura de las bases	MIG	15			S/N
Inspección soldadura	Visual	5			S/N
Eliminación imperfecciones	Amoladora	10			S/N
Taladrado agujeros 15 mm	Taladro	20			S/N
Inspección taladrado	Visual	5			S/N
Pintura	Soplete	20			S/N

Culminado el diagrama de procesos, se determinó un tiempo de 1 hora y 5 minutos para la construcción del tubo guía del salvaescaleras, como son dos el tiempo total de elaboración es de 2 horas y 10 minutos.

CAPITULO IV

4. PRUEBAS E IMPLEMENTACIÓN

4.1. Implementación del sistema mecánico del salvaescaleras

A continuación, se describe con detalle la instalación mecánica del salvaescaleras en las gradas del edificio que llevan desde la planta baja hasta el primer piso.

Antes de instalar los postes autoportantes hay que calibrar la distancia de los mismos, esto se realiza sujetando los postes con las guías por medio de playos de presión tipo C, como se observa en la Figura 100.



Figura 100. Calibración postes autoportantes

Una vez que las distancias entre postes esta correcta, señalamos los puntos para agujerear el concreto y fijamos los postes al suelo con pernos de expansión (Figura 101).



Figura 101. Fijación de los postes a concreto

Una vez que los postes estén fijos en el suelo continuamos con la instalación de los rieles que guían el movimiento del salvaescaleras, para esto es necesario calibrar la altura en el punto inferior y superior de las gradas como se muestra en la Figura 102, con el objetivo de ubicar al salvaescaleras en la posición correcta de partida y llegada.



Figura 102. Calibración del punto de partida

Cuando los puntos de partida y llegada han sido ubicados, se procede a empernar los rieles a los postes autoportantes como se observa en la Figura 103.



Figura 103. Fijación de los rieles

La estructura que soporta el peso del sistema está totalmente fija, insertamos el salvaescaleras en los tubos guías y ajustamos los rodillos que actúan como trenes de aterrizaje.

Con el objetivo de simular el movimiento y comprobar que la trayectoria del sistema circule con facilidad por los rieles, se mueve toda la plataforma manualmente a lo largo de las gradas como se observa en la Figura 104.



Figura 104. Simulación de movimiento

Una vez que se comprueba que no hay limitaciones en la trayectoria, se fijan los rieles de manera definitiva a los postes autoportantes. Continuamos con la instalación del motor principal (Figura 105), este actuador está empernado a la estructura. También hay que fijar el piñón que transmite el movimiento con la cremallera cuadrada que se encuentra fijada a los postes autoportantes por medio de pernos y tuercas.



Figura 105. Instalación del motor principal

Con la instalación del moto-reductor para el pliegue de la plataforma abatible termina la implementación mecánica teniendo como resultado final la plataforma salvaescaleras montada por completo, como se muestra en la Figura 106.



Figura 106. Implementación mecánica concluida

Debido al exigente trabajo físico para realizar este tipo de procedimientos es importante mencionar que se necesitó de asistencia mecánica para la realización del trabajo antes mencionado.

4.2. Descripción de los sistemas que conforman la plataforma salvaescaleras.

4.2.1. Sistema de ascenso y descenso

Como se mencionó con anterioridad, el sistema de tracción del salvaescaleras está definido por un piñón y una cremallera, el mismo que permite a la persona con discapacidad ascender y descender a través de las gradas a una velocidad de 0,1 m/s de manera confortable y segura, como se muestra en la Figura 107.



Figura 107. Sistema ascenso-descenso

4.2.2. Sistemas de seguridad

4.2.2.1. Brazos de seguridad

Los brazos tienen que moverse de tal manera que formen un cerco, evitando que el usuario se desplace afuera del salvaescaleras, su trayectoria es de cierre y apertura dependiendo del lugar en el que se encuentre la persona en cuestión, en la Figura 108 se aprecia con detalle la función de los brazos de seguridad.



Figura 108. Brazos de seguridad

4.2.2.2. Rampas de acceso

Las rampas tienen la función de actuar como un sistema de ingreso al salvaescaleras, a la vez que son mecanismos de seguridad. Su trayectoria es circular, se elevan cuando el sistema está en movimiento y bajan hasta el piso cuando la persona desea entrar o salir (Figura 109).

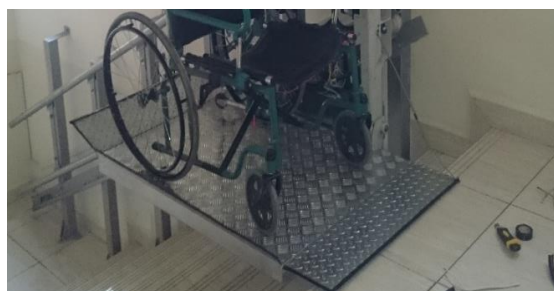


Figura 109. Rampas de acceso

4.2.2.3. Plegado de la plataforma abatible

Cuando no haya la necesidad de utilizar el salvaescaleras, está tiene que encontrarse en su posición de descanso para evitar convertirse en un obstáculo para las personas que circulan constantemente por este sector. En la Figura 110 se aprecia a la plataforma completamente cerrada.



Figura 110. Salvaescaleras totalmente plegado.

4.2.2.4. Sensores y actuadores del sistema salvaescaleras

En la sección 2.2.5 se detallaron los sensores y actuadores de los mecanismos de movimiento, a continuación, se describen instalados físicamente en la estructura.

4.2.2.5. Motor principal en el bastidor

Es un motorreductor electromecánico del tipo puerta corrediza que funciona con una tensión 220 monofásica, recorre la trayectoria a una velocidad constante de 0,1 m/s. En la Figura 111 se muestra ubicado en la estructura.



Figura 111. Motor principal

4.2.2.6. MOTORES BRAZOS SEGURIDAD.

El motor transite el movimiento a un sinfín, mismo que hace rotar a una corona la cual está conectada directamente a un eje, en este eje se encuentra fijado el brazo de seguridad (Figura 112). Un mecanismo de sinfín-corona convierte al sistema en bloqueable para evitar accidentes el brazo gira aproximadamente a 2 rpm.



Figura 112. Mecanismo brazo de seguridad

4.2.2.7. MOTORES RAMPAS DE ACCESO

Para elevar y bajar las rampas se implementó un sistema de polea con cable de acero, el motor transmite el movimiento a una polea la misma que recoge el cable o lo suelta de acuerdo al requerimiento, el cable se encuentra fijado en una esquina de la rampa como se muestra en la Figura 113 la velocidad de giro es de 2 rpm aproximadamente, el rango de movimiento es desde -30° hasta $+45^{\circ}$.



Figura 113. Rampas de acceso

4.2.2.8. Motor de plegado

Es un sistema compuesto por un motor de wincha de 12Vdc acoplado a una caja reductora de relación 30:1, la velocidad final es de 1 rpm aproximadamente (Figura 114), es el encargado de plegar la plataforma abatible hasta llevarla a su posición de descanso, su rango de movimiento es desde 0° hasta 95° máximo.



Figura 114. Motor plataforma abatible.

4.3. Implementación del sistema eléctrico, electrónico y de potencia.

4.3.1. Circuito de control

La parte de control está comprendida por la tarjeta Arduino que es el controlador principal, un módulo de pulsadores (Figura 115) para enviar las señales de entrada digitales a la tarjeta, y los paneles de control del salvaescaleras (Figura 116).

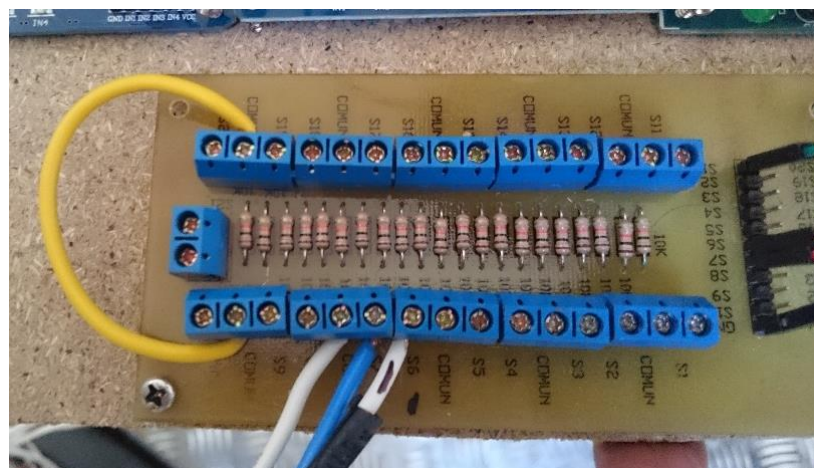


Figura 115. Módulo de pulsadores



Figura 116. Paneles de control

En el panel principal hay tres botones, en la siguiente Figura 117 se detalla para que sirven cada uno:



Figura 117. Panel de control principal.

En los paneles auxiliares similar al panel principal tienen tres botones, a continuación, se detalla gráficamente su función.



Figura 118. Panel auxiliar

Para que la señal de los botones ubicados en los paneles auxiliares llegue a la tarjeta es necesario tender cables para realizar esta comunicación (Figura 118), estos son cables N°18 que se conectan con el módulo de pulsadores a través de la cadena portacables.

4.3.2. Circuito potencia

En esta etapa es donde se controlan los actuadores de todos los mecanismos del salvaescaleras. En la parte de corriente continua se implementó un módulo de relés 12 Vdc 10 amp para controlar los motores de los brazos y los flejes, y dos relés de 12Vdc 30 amp para controlar el motor de plegado.

Para los motores de bajo consumo de corriente se implementaron puentes H para la inversión de giro, donde los relés reciben la señal de la tarjeta Arduino y actúan como interruptores cerrados y abiertos dependiendo la configuración deseada.

Para el motor de alto consumo de corriente se realizó una configuración diferente, cuando el relé recibe la señal de la tarjeta, este cierra el contacto interno, excitando la bobina del relé de más alto amperaje (Figura 119). En

esta etapa se implementa un puente H pero con más capacidad de corriente (30 amp).

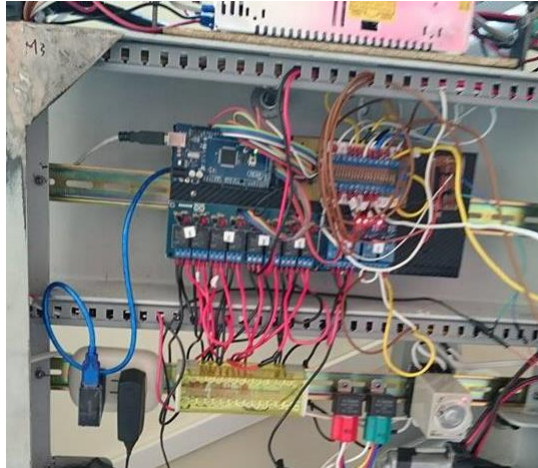


Figura 119. Configuración Puente H (30amp)

Para el control en la etapa de corriente alterna se realiza una configuración de control híbrido, ya que al ser un motor de puerta corrediza posee su propio controlador (tarjeta H17), por tanto es necesario comunicar las dos tarjetas simultáneamente (Figura 120), mientras es accionado un botón en el panel auxiliar o principal que incurra en el movimiento del motor principal, esta señal es recibida por la tarjeta y enviada a un relé que a su vez envía el pulso a la tarjeta del motor, esta recibe la señal como un interruptor y activa el desplazamiento.

De la misma forma para el paro de emergencia, este envía una señal de suspensión de todos los movimientos, por lo tanto, se corta la comunicación entre las dos tarjetas y el motor principal no realiza ninguna acción mientras este botón se encuentre activado.

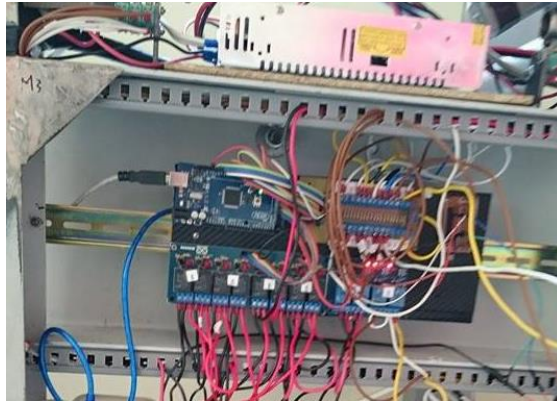


Figura 120. Comunicación entre Arduino y tarjeta H70.

4.3.3. Alimentación de los circuitos eléctricos y electrónicos

Con anterioridad se mencionó que la alimentación para la parte de corriente continua será con una fuente de 12 Vdc 30 amp (Figura 121) con un voltaje de entrada de 110 o 220 dependiendo de la necesidad.

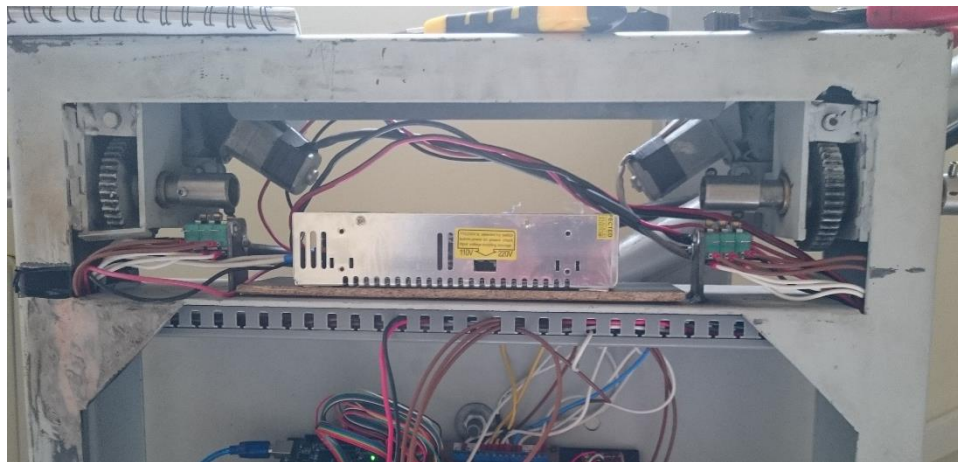


Figura 121. Fuente 12 V 30amp

Antes de la conexión hay que verificar que el voltaje de entrada para los actuadores sea el correcto, se muestra en la Figura 122.



Figura 122. Comprobación voltaje

Para la alimentación en corriente alterna se tomará 220v monofásica desde el data center (Figura 123) del edificio A del nuevo campus de la universidad.

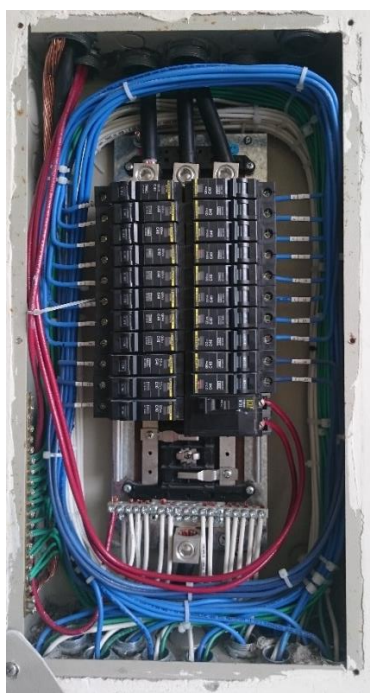


Figura 123. Data center edificio A

4.4. Comprobación del funcionamiento.

Una vez implementados los sistemas, procedemos a verificar el correcto funcionamiento de los mecanismos actuando de manera conjunta.

4.4.1. Ingreso a la plataforma

Para ingresar a la plataforma hay que liberarla de su posición de reposo presionando el botón ABRIR expuesto en el panel auxiliar, los mecanismos de seguridad se abren automáticamente y permiten el ingreso de la persona, en la Figura 124 se observa como la persona entra con total libertad y autonomía al salvaescaleras.



Figura 124. Ingreso al salvaescaleras

4.4.2. Traslado de una persona

Después hay que presionar el botón BAJAR o SUBIR en el panel principal, en la Figura 125 observamos como la plataforma salvaescaleras baja con normalidad y siempre manteniendo la seguridad de su ocupante.



Figura 125. Descenso del salvaescaleras

4.4.3. Salida de la plataforma

Una vez que llegue a la planta baja, los mecanismos de seguridad se abren y la persona en cuestión puede bajarse por medio de las rampas de acceso (Figura 126).



Figura 126. Apertura mecanismos de seguridad

Con esto se comprueba que los sistemas funcionan con normalidad y son totalmente seguros para el uso de una persona con capacidad especial que desee moverse desde la planta baja hasta el primer piso o viceversa del edificio A del nuevo campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

4.5. Pruebas carga vs tiempo

Como se describe en el capítulo 3, la velocidad de ascenso/descenso de la plataforma salvaescaleras es constante, en las siguientes tablas se describen las pruebas realizadas con distintas cargas.

Para concretar las pruebas se usó una silla de ruedas con un peso aproximada de 20 kg como se muestra en la Figura 127.



Figura 127. Peso silla de ruedas.

Para le ejecución de la primera prueba se usa sólo el peso de la silla de ruedas para el movimiento de ascenso y descenso.

Tabla 56.**Prueba con la silla de ruedas.**

PRUEBA CARGA VS TIEMPO SALVAESCALERAS		
Angulo de inclinación:	30°	cte.
Carga:	20 kg	cte.
Movimiento	Tiempo(seg)	
Apertura plataforma	22	
Apertura mecanismos seguridad	7	
Ascenso	25	
Descenso	24	
Cierre mecanismos seguridad	7	
Plegado de la plataforma	22	
	Total:	107

Como se observa en la Tabla 56, el tiempo total que se necesita para el uso de la plataforma salvaescaleras es de 1 minuto con 47 segundos, esto se da tomando en cuenta que se empieza con el sistema totalmente plegado y se termina de la misma manera. Pero si contamos el tiempo que la persona con capacidades especiales se demora en subir o bajar es aproximadamente 32 segundos.

Tabla 57.**Prueba con una persona de masa de 85kg.**

PRUEBA CARGA VS TIEMPO SALVAESCALERAS		
Angulo de inclinación:	30°	cte.
Carga total:	105 kg	cte.
Movimiento	Tiempo(seg)	
Apertura plataforma	22	
Apertura mecanismos seguridad	7	
Ascenso	27	
Descenso	26	
Cierre mecanismos seguridad	7	
Plegado de la plataforma	22	
	Total:	111

En la Tabla 57 observa un tiempo de 1 minuto 51 segundos para un peso de 85 kg, 4 segundos más que para un peso de 20 kg, lo que demuestra un tiempo casi contante para el transporte de una persona.

Tabla 58.

Prueba con dos personas de masa 85kg y 65kg.

PRUEBA CARGA VS TIEMPO SALVAESCALERAS		
Angulo de inclinación:	30°	cte.
Carga total:	150 kg	cte.
Movimiento	Tiempo(seg)	
Apertura plataforma	22	
Apertura mecanismos seguridad	7	
Ascenso	28	
Descenso	27	
Cierre mecanismos seguridad	7	
Plegado de la plataforma	22	
	Total:	113

En la Tabla 58 se observa que con un peso de 150 kg tarda aproximadamente 1 minuto y 53 segundos, solo 2 segundos más que un peso de 85 kg. Con esto se concluye que el tiempo tanto de bajada y subida es prácticamente constante cuando la plataforma salvaescaleras está sometido a distintas cargas.

En la Tabla 59 se detallan las características técnicas de la plataforma salvaescaleras para tramo recto.

Tabla 59.

Características Técnicas de la Plataforma salvaescaleras.

Características Técnicas Plataforma Salvaescaleras Recta	
Motor:	0,58 kW
Alimentación:	230 V monofásico
Control:	Controles de baja tensión a 5Vdc
Carga máxima:	230 kg
Velocidad avance:	0,15 m/s (constante)
Pendiente máxima:	30°

CONTINÚA →

Sistema tracción	Piñón-cremallera
Recorrido total:	4 metros
Dimensiones:	1000x75mm

4.6. Análisis económico de la plataforma salvaescaleras

A continuación, en las siguientes tablas se detallan los costos para la realización de este proyecto de tesis.

En la Tabla 60 se estiman los precios de los motores instalados en el sistema salvaescaleras.

Tabla 60.

Moto-reductores.

Motoreductores para los sistemas de movimiento			
Ítem	Precio(dólares)	Cantidad	Total
Moto-reductor principal	1334	1	1334
Moto-reductor brazo seguridad	100	2	200
Moto-reductor rampas acceso	50	2	100
Moto-reductor Pliegue	360	1	360
		Total	1994

Los componentes de la parte electrónica y de control están detallados en la Tabla 61.

Tabla 61.

Componentes electrónicos y de control para el sistema salvaescaleras

Electrónica y control			
Ítem	Precio(dólares)	Cantidad	Total
Arduino Mega 2560	40	1	40
Módulo de relés 12V 10amp	20	2	40
Modulo para pulsadores	35	1	35
Cables hembra/macho Arduino	10	1	10
Relé 12V 30 amp	10	2	20
		Total	145

En la Tabla 62 se detallan los costos de la parte eléctrica del sistema salvaescaleras.

Tabla 62.

Componentes eléctricos.

Componentes eléctricos			
Ítem	Precio(dólares)	Cantidad	Total
Breaker bipolar 220V	15	1	15
Cable alimentación #14	10	1	10
Cable alimentación #12	50	1	50
Botonera on/off	10	1	10
Botonera(3 botones)	7	3	21
Canaletas	10	1	10
Rieles para componentes	10	1	10
Timer ON-DELAY	20	1	20
Tomacorriente	3	1	3
Cargador celular SONY	20	1	20
Fuente 12V 30 amp	60	1	60
		Total	229

Los acabados y el costo de la cadena portacables están estimados en la Tabla 63.

Tabla 63.

Acabados

Acabados Finales			
Ítem	Precio(dólares)	Cantidad	Total
Pintura	120	1	120
Cadena portacables IGUS	180	1	180
Carcasa de Fibra de vidrio	150	1	150
		Total	450

Una vez concluidos los detalles para la implementación del proyecto, en la Tabla 64 se describe el costo total para la construcción de una plataforma salvaescaleras para tramo recto.

Tabla 64.
Costo total.

Costo total de la Plataforma Salvaescaleras	
Ítem	Precio(dólares)
Construcción Mecánica	1800
Motores	1994
Electrónica y control	145
Eléctrica	229
Acabados	450
Diseñadores	1000
	Total
	5618

En relación con un equipo de características similares construido en el extranjero que tiene un costo muy elevado, el salvaescaleras para tramo recto es relativamente económico y accesible para el medio.

4.7. Validación de la hipótesis

La hipótesis para esta investigación es la siguiente:

¿La implementación de un salvaescaleras en el nuevo campus de la universidad garantizará la seguridad y el confort de personas con capacidades especiales?

Es importante mencionar que el proyecto tuvo origen en la falta de un ascensor en el nuevo campus ,como se mostró en los capítulos anteriores, desde la concepción misma del proyecto de construir una plataforma salvaescaleras, el diseño del sistema esta propuesto para verificar en todo momento la seguridad de una persona con capacidades especiales y sobre todo su confort al momento de ser trasladada de un piso a otro con total facilidad, sin la necesidad de ejercer fuerza física de terceras personas para lograrlo.

Las pruebas que se realizaron con una persona de altura y peso significativos, demuestran que el sistema ofrece el espacio suficiente para que una persona en silla de ruedas pueda acceder al salvaescaleras y trasladarse desde la planta baja al primer piso o viceversa sin ningún inconveniente.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La implementación de una plataforma salvaescaleras permite trasladar a una persona con discapacidad motriz en miembros inferiores desde la planta baja hasta el primer piso del nuevo campus de la universidad, la capacidad máxima que soporta el sistema es de 250 kg
- En el software de análisis SolidWorks, se determinó que todas las estructuras tienen un factor de seguridad de 2,5; lo que representa un diseño aceptable.
- El sistema implementado piñón-cremallera que genera el movimiento de ascenso/descenso para la plataforma salvaescaleras, satisface el diseño
- Las pruebas de funcionamiento demostraron que la plataforma salvaescaleras satisface la necesidad de movilidad para una persona con discapacidad.
- El modelo de la plataforma salvaescaleras se construyó bajo la norma ISO 9386-2, que aplica reglas de seguridad, dimensiones y maniobra funcional en plataformas elevadoras motorizadas para personas con movilidad reducida.
- La instalación del sistema salvaescaleras permite al individuo con discapacidad tener acceso a los principales puntos de encuentro de la universidad como: el comedor, las aulas, la copiadora y el auditorio.
- La velocidad de 0,15 m/s de la plataforma salvaescaleras es constante al aplicar distintas cargas, lo que satisface un diseño seguro al evitar movimientos bruscos para cualquier tipo de persona.
- La plataforma de tipo plegable evita colisiones con otras personas que usen las escaleras cuando la plataforma salvaescaleras no esté en funcionamiento durante un tiempo prolongado.

- El sistema eléctrico está protegido con un disyuntor de 220V 40A para evitar daños por sobrecarga o cortocircuito, además de relés y fusibles que protegen el sistema de control en caso de averías en los motores.
- El sistema de control satisface los requerimientos del salvaescaleras: seguridad en la ejecución de movimientos y paneles de control amigables con el usuario.
- La plataforma salvaescaleras elimina barreras específicas de movilidad para una persona con discapacidad permitiendo la inclusión de la misma en la sociedad brindándole igualdad de derechos y una vida digna e independiente, lo cual se estipula en el “Sumak Kawsay”.

5.2. Recomendaciones

- Al no encontrarse en uso constante la plataforma salvaescaleras, se recomienda presionar el botón “CERRAR” ubicado en el panel de control para que la plataforma se pliegue completamente.
- Antes del encendido verificar lo siguiente:
 - Voltaje según el parámetro establecido
 - Que no existan objetos en la trayectoria del salvaescaleras
 - La correcta lubricación del sistema de tracción
- En vista que los acabados de la planta baja tienen una textura lisa, es recomendable que cuando la persona vaya a ingresar en el salvaescaleras pida ayuda para superar la rampa de acceso.
- Designar a una persona que vigile la correcta utilización de la plataforma salvaescaleras y que además se encargue del mantenimiento y la limpieza de la misma.
- El ingreso a la plataforma debe ser de frente para evitar que el individuo con discapacidad tenga problemas al bajarse del salvaescaleras.
- En el caso de limpieza no se recomienda usar agua ni sustancias químicas ya que podrían causar daños en el sistema eléctrico o de control, de ser necesario únicamente hacerlo con un paño húmedo.
- El sistema de conexión se encuentra colocado de manera provisional, por lo que se recomienda realizar las instalaciones eléctricas necesarias para la implementación del salvaescaleras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajedi. (2011). *electrom-ajedi*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://electrom-ajedi.blogspot.com/>

Arduino. (2014). *Arduino*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de www.arduino.cc:
http://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoMega2560_R3_Fronte.jpg

Barreras, V. S. (2013). <http://ca.validasinbarreras.com>. Recuperado el 21 de Diciembre de 2014, de <http://ca.validasinbarreras.com>:
<http://ca.validasinbarreras.com/blog/post/plataformas-salvaescaleras/>

Bricogeek. (2014). *Bricogeek*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2014, de Bricogeek: http://tienda.bricogeek.com/772-thickbox_default/rele-5v-spdt.jpg

BRICOS. (8 de NOVIEMBRE de 2012). *BRICOS MEM*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de BRICOS MEM: <http://bricos.com/2012>

Cableorganizer. (2014). *cableorganizer*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2014, de cableorganizer: <http://www.cableorganizer.com/igus/echain-series-e08-chain.html>

Domestiko. (2015). <http://www.domestiko.com/>. Recuperado el 05 de Enero de 2015, de <http://www.domestiko.com/>:
<http://www.domestiko.com/anuncios/plataforma-salvaescaleras-para-tramos-curvos-yo-cambio-de-inclinacion/anuncio-5222>

Enier, E. (2012). *Enier elevadores*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2014, de Enier elevadores:

<http://www.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fwww.reine.es%2Fblog%2Fla-evolucion-del-diseno-de-las-sillas-salvaescaleras%2F&h=7AQHIYmqN>

ERSHA. (2013). *erhsa*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2014, de erhsa: <http://www.erhsa.com/images/pictures/POLY.png>

Folch, J. (2010). *Tecnología Eléctrica*. Recuperado el 16 de Enero de 2015

García, A., & Navarro, K. (2015). *Panamá Hitek*. Recuperado el 16 de Enero de 2015, de Panamá Hitek: <http://panamahitek.com/wp-content/uploads/2013/08/puente-h31.png>

Iguerrero. (2009). *Wordpress*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de Wordpress: <https://iguerrero.wordpress.com/category/instalaciones-electricas/page/4/>

Industrial, T. (2013). *Tecnología Industrial I*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de Tecnología Industrial I: <https://sites.google.com/site/tecnoindus1/p4>

INEN, N. (2009). Recuperado el 18 de Noviembre de 2014

Interempresas. (2014). *Interempresas*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014, de Interempresas: <http://www.interempresas.net/FotosArtProductos/P8060.jpg>

La_Guia. (25 de Mayo de 2011). *La guía*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://fisica.laguia2000.com/energia/electricidad-fusibles-y-disyuntores>

Logismarket. (2014). <http://img.logismarket.es>. Recuperado el 25 de Noviembre de 2014, de <http://img.logismarket.es:> <http://img.logismarket.es/ip/wittenstein-iberica-sistema-lineal-mecanico-de-cremallera-y-pinion-cremallera-value-class-con-pinion-rsp-594685-FGR.jpg>

Mg.directindustry. (2014). <mg.directindustry.es>. Recuperado el 14 de Diciembre de 2014, de <mg.directindustry.es:> http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/cadena-portacables-plastico-tamano-pequeno-11696-3018615.jpg

Motth, R. (2006). *Diseño de elementos de Maquina*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Recuperado el 06 de Enero de 2015

Nival. (2014). *Nival*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de Nival: www.nival.es/Imagenes%20Web/VIRTUALES/atlas%20peque%C3%B1a.jpg

Nuñes, M. (20 de Octubre de 2014). *El Ciudadano*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2014, de <http://www.elciudadano.gob.ec/>

OMS. (2014). *ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014

OTIS. (2013). <http://www.otis.com>. Recuperado el 14 de Diciembre de 2014, de <http://www.otis.com:> http://www.otis.com/site/es-esl/OT_DL_CommonImages/MEDITEK.jpg

Otis. (2013). *Otis Elevator Company*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de [http://www.otis.com/:](http://www.otis.com/) <http://www.otis.com/site/es-esl/Pages/Ascensores-Otis-Sillas-salvaescaleras-rectas.aspx>

Pulido, A. (19 de Marzo de 2009). *Aprendamos Tecnología*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014, de Aprendamos Tecnología: <http://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/>

SUPERTRONIC. (2012). *SUPER-EGO*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2014, de SUPER-EGO: <http://www.super-ego.es/catalogo/herramientas-de-fontaneria/roscadoras-electroportatiles/supertronic-2000-es>

Svcommunity. (2011). *Svcommunity*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2014, de svcommunity: <http://www.svcommunity.org/forum/tutoriales-electronicos/puente-h-con-mosfets/>

Takeoffbriefing. (2012). *Takeoffbriefing*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2014, de http://www.takeoffbriefing.com/wp-content/uploads/2013/02/planetarie_gear_box.gif

Tecnologia, A. (2012). Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de aprendemostecnologia.org: <http://aprendemostecnologia.org/2009/03/19/el-tornillo-sinfin-y-la-rueda-dentada/>

Tecnologia, A. (s.f.). *Aprendamos Tecnología*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2014, de <http://aprendemostecnologia.org>: <http://aprendemostecnologia.org/2009/03/19/el-tornillo-sinfin-y-la-rueda-dentada/>

UN. (2014). *UN.org/es*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de [UN.org/es](http://www.un.org/es): <http://www.un.org/es/events/disabilitiesday/background.shtml>

UNS. (2010). *Mecymaq*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2014, de Mecymaq:

<http://mecymaq.criba.edu.ar/attachments/section/1/Elementos%20de%20transmisi%C3%B3n%20de%20potencia%202012.pdf>

Wikispaces. (18 de Mayo de 2014). *Tecnosi.wikispaces*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de Tecnosi.wikispaces: <http://tecnosi.wikispaces.com/3.+Control+electromec%C3%A1nico.+Leva,+final+de+carrera+y+rel%C3%A9>.

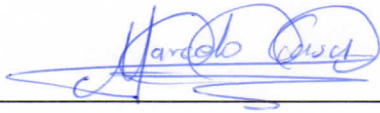
Wordpress, R. (07 de Julio de 2013). *Ramaucsa Wordpress*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de Ramaucsa Wordpress: <https://ramaucsa.wordpress.com/2013/07/07/giro-de-motor-utilizando-puente-h-robotica-con-arduino-2-2/>

zugastek. (2014). *zugastek*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2014, de zugastek: <http://www.zugastek.com/Cavex/wormgearset.jpg>

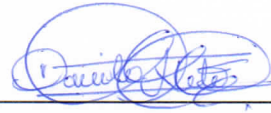
ANEXOS

Este trabajo fue elaborado y revisada con fecha 19 de Agosto del 2015.

Elaborado por:



Edwin Marcelo Casa C.



Héctor Danilo Neto C.

Revisado por:



Ing. Guido Torres

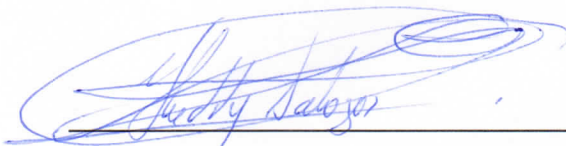
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



Ing. Vicente Hallo

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**



Ing. Freddy Salazar

CODIRECTOR DEL PROYECTO



Dr. Freddy Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO

