

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO EN MECATRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO
TODOTERRENO CON MECANISMO TIPO PÉNDULO ADAPTABLE A LAS
CONDICIONES DEL TERRENO PARA EL USO DE PERSONAS CON
DISCAPACIDAD MOTRIZ PARA LA EMPRESA ART ING”

AUTORES: ATIAJA SALTOS, LINO ALEXANDER

JEREZ GAVILANEZ, MARLON JAVIER

DIRECTOR: MSC. MENDOZA CHIPANTASI, DARIO JOSÉ

LATACUNGA, 2023



- Introducción.
- Fundamentación teórica.
- Diseño y selección de dispositivos.
- Implementación de los sistemas.
- Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.
- Conclusiones y recomendaciones.

Antecedentes.



Planteamiento del problema



Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de vehículo todoterreno con mecanismo tipo péndulo, adaptable a las condiciones del terreno para el uso de personas con discapacidad motriz para la empresa ARTING

Objetivos específicos

- Investigar el estado del arte relacionado con el tema planteado.
- Diseñar el mecanismo tipo pendular que permita la movilización más adecuada del ocupante del vehículo.
- Diseñar el sistema mecatrónico del vehículo considerando las características de las personas con discapacidad motriz en las extremidades inferiores.



Objetivos específicos

- Seleccionar los componentes electrónicos para el sistema del control de velocidad.
- Investigar técnicas de control para el correcto funcionamiento del vehículo.
- Construir e implementar cada uno de los sistemas mecánicos, eléctricos y de control del vehículo.
- Integrar todos los sistemas y subsistemas realizados.
- Realizar pruebas de funcionamiento y seguridad del sistema.
- Realizar pruebas de satisfacción con una persona con discapacidad motriz.



Discapacidad motriz



Tipos de sillas de ruedas



Vehículos eléctricos



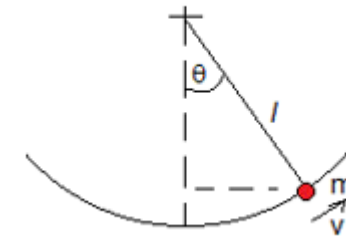
Motores Brushless



Controlador sinusoidal



Sistema pendular Euler-Lagrange



Matriz QFD

		Cómo?	▲	◇	▲	◇	▼	◇	▲	◇	▲	▼
		Qué?	MANDOS AL VOLANTE (ACELERADOR Y FRENS)	AUTONOMÍA	SEÑALES LUMINOSAS	APERTURA DE UN BRAZO TRASERO PARA FACILIDAD DE INGRESO	CARGADOR EXTERNO	ASIENTO ERGONÓMICO	TRACCIÓN A LAS 4 RUEDAS	ACELERADOR TIPO PERRILLA PARA LA REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD	SECCIÓN DE VERIFICACIÓN DEBAJO DEL ASIENTO
		PRIORIDAD										
1. REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES												
1	Facilidad de conducción	5	◎	△		△		○	○	○		
2	Duración de las baterías	3	△	◎			○		○			
3	Seguridad	5			◎			○	△	△	○	△
4	Accesibilidad al asiento	4	○			◎		△			○	
5	Facilidad de carga	3		○			◎					△
6	Comodidad	4	○		△	○		◎	○	○	△	○
7	Circulación por terrenos irregulares	5		○		○			◎		○	
8	Velocidad Ajustable	3	○	△					○	◎		
9	Resistente	5				○					◎	
10	Fácil Mantenimiento	3										◎
EVALUACIÓN DE IMPORTANCIA												
		ABSOLUTA	87	59	57	93	36	70	95	59	91	47
		RELATIVA (%)	13	9	8	13	5	10	14	9	13	7
EVALUACIÓN DE INGENIERÍA			4	7	8	2	10	5	1	6	3	9

Estructura modular del vehículo

Nro.	Módulo	Sub - módulo
1	Sistema Mecánico	Tracción Diseño estructural Sistema de dirección Suspensión Freno
2	Sistema eléctrico / electrónico	Energía (Autonomía) Accionamientos Señales luminosas
3	Sistema de control	Controlador Modos de funcionamiento

Diseño y selección de dispositivos

Generación de conceptos

Criterios de selección	Ebike Motor 500 W-48 V	Motor eléctrico de motocicleta 1200 W -60 V Freno: Tambor, 10-inch	BLDC 72 V 5000 W brushless motor
Costo	+	0	-
Potencia	-	+	+
Durabilidad	0	+	+
Dimensiones	+	+	0
Consumo energético	+	+	-
Disponibilidad	+	+	-
Facilidad de implementación	+	+	+
Suma +	5	6	3
Suma 0	1	1	2
Suma -	1	0	3
Evaluación Neta	4	6	0
¿Continuar?	Revisar	Si	No



Criterios de selección	Peso	Ebike Motor 500 W-48 V		Motor eléctrico de motocicleta 1200 W -60 V Freno Tambor, 10-inch	
		Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Costo	10%	8	0.8	9	0.9
Potencia	20%	6	1.2	9	1.8
Durabilidad	20%	5	1	8	1.6
Dimensiones	10%	8	0.8	8	0.8
Consumo energético	10%	7	0.7	6	0.6
Disponibilidad	20%	6	1.2	7	1.4
Facilidad de implementación	10%	9	0.9	9	0.9
Total		6.6		8	
Luga		2		1	
r					
¿Con		No		Si	
tinua					
r?					



Diseño y selección de dispositivos

Diseño mecánico

Determinación de cargas vivas



Determinación de cargas muertas

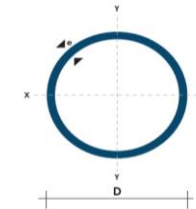
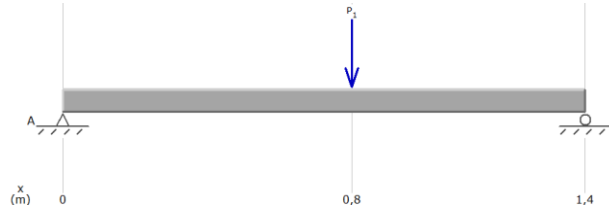
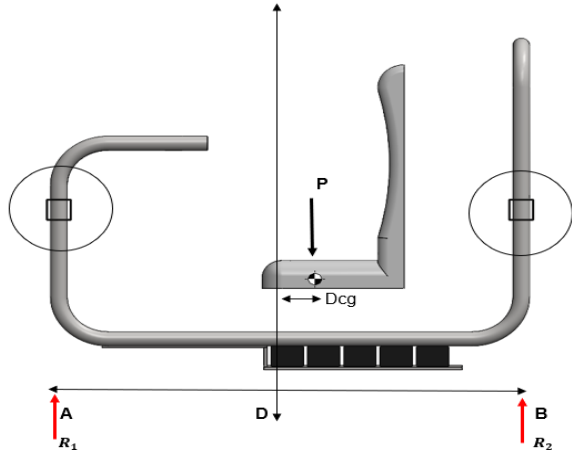


Peso total



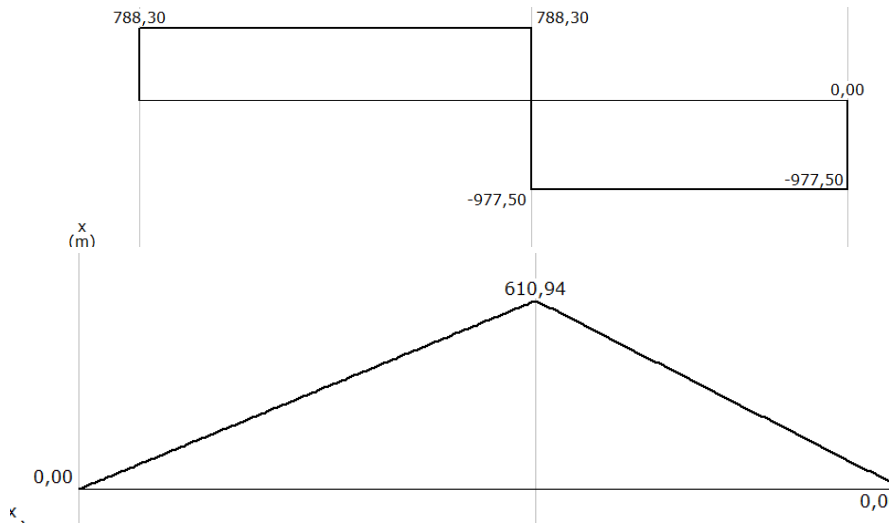
Diseño y selección de dispositivos

Cálculo del perfil estructural base:

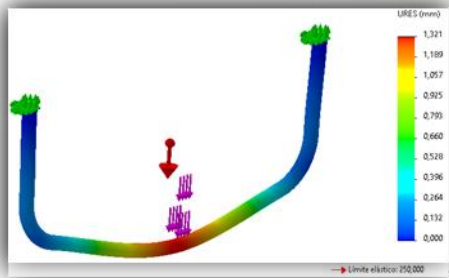


(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	I
Pulgadas	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³
7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

Materi al	Resistencia a la tensión (MPa)	Resistencia a la fluencia (MPa)	Elongación
ASTM	$S_{ut} = 400min$	$S_y = 250$	20%
A36	$S_{ut} = 500 max.$		



Diseño y selección de dispositivos



2"

Espesor

3mm

W. (módulo de sección).

5.09cm^3

Figura	Análisis	Resultado
	Tensión de Von Mises	$\sigma_{max} = 68.106\text{MPa}$
	Desplazamiento	$y_{max} = 1.321\text{mm}$



Diseño y selección de dispositivos

Cálculo de fuerzas en el extremo del brazo delantero y trasero

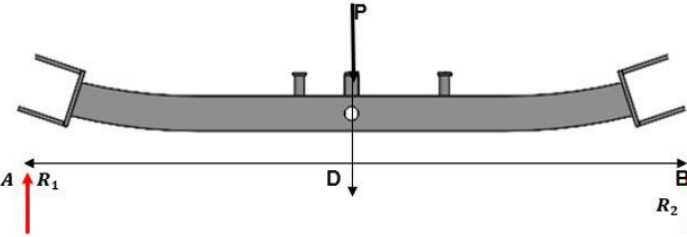


Diagrama de Fuerzas Cortantes

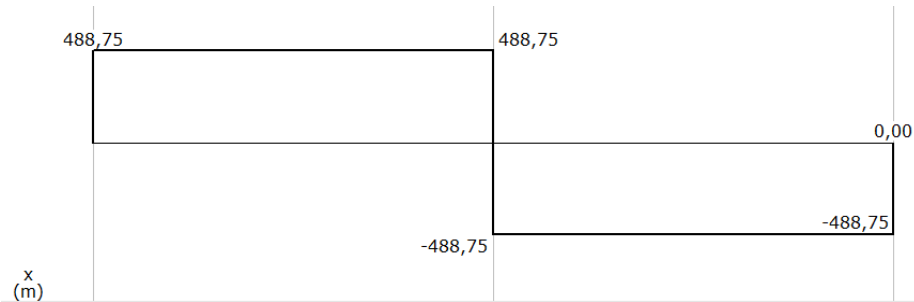
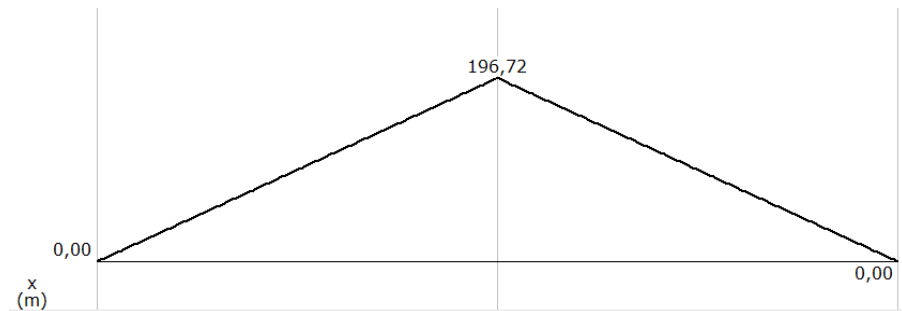
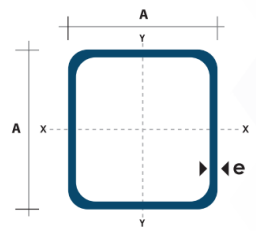


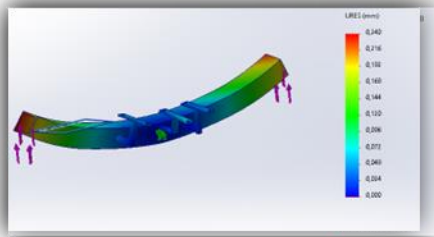
Diagrama de Momento Flector



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espeor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.28	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



Diseño y selección de dispositivos

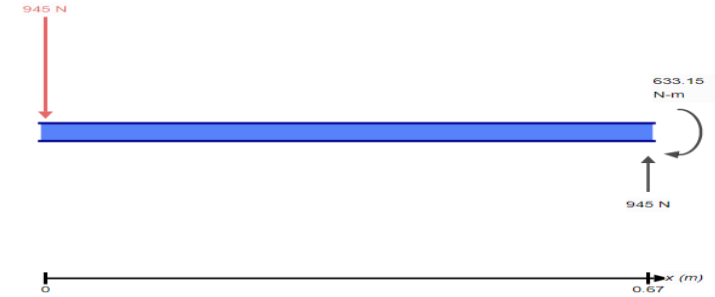
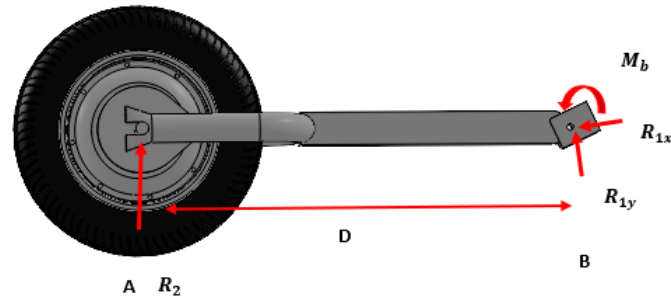
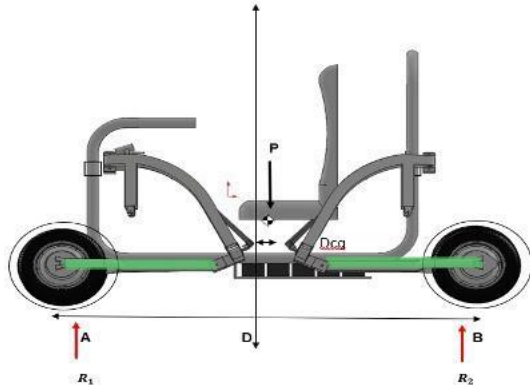


Diámetro	Espesor	W (Módulo de sección)
50mmx50mm	2mm	5.65cm ³

Figura	Análisis	Resultado
	Tensión de Von Mises	$\sigma_{max} = 73.150MPa$
	Desplazamiento	$y_{max} = 0.240 mm$

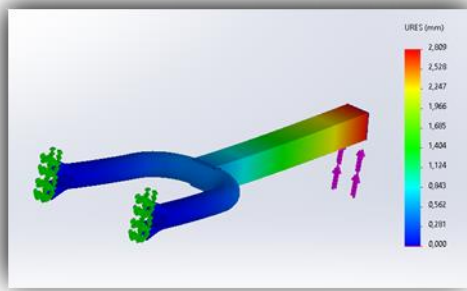


Cálculo de reacciones en las barras de las ruedas



$$W_{Requerido} = 5.12 * 10^{-6} m^3 \approx 5.12 cm^3$$

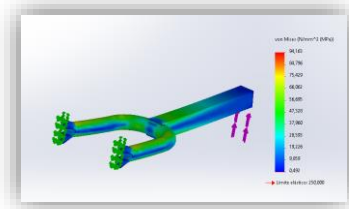
Diseño y selección de dispositivos



Figura

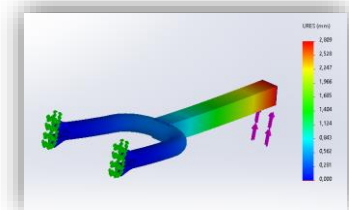
Análisis

Resultado



Tensión de Von Mises

$$\sigma_{max} = 94.163 \text{ MPa}$$

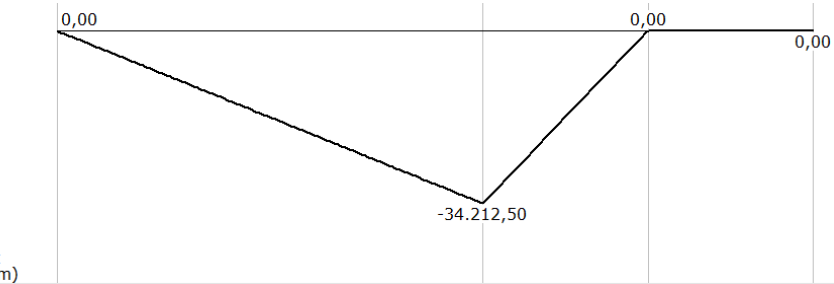
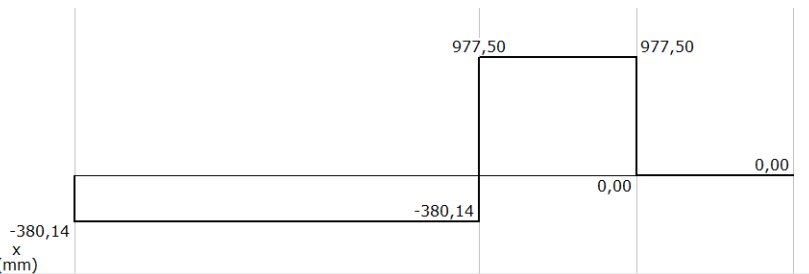
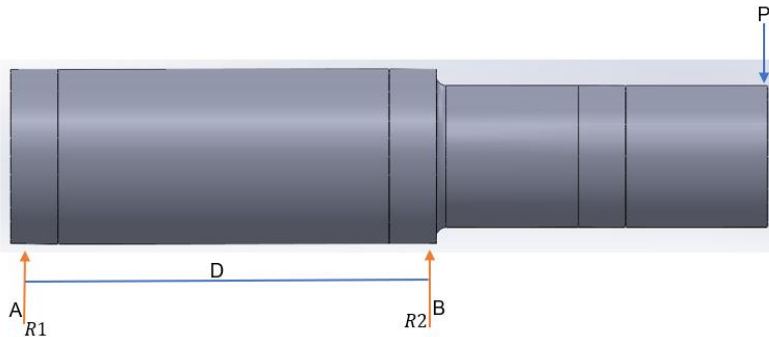


Desplazamiento

$$y_{max} = 2.809 \text{ mm}$$



Cálculo del eje

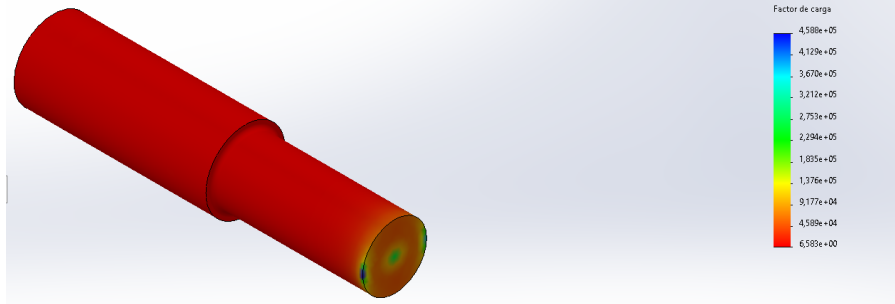


$$\phi = \left(\frac{16FS}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$S_e' = \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{kpsi} (1400 \text{Mpa}) \\ 100 \text{kpsi} & S_{ut} > 200 \text{kpsi} \\ 700 \text{Mpa} & S_{ut} > 1400 \text{Mpa} \end{array} \right\}$$

$$FS = 8.1559$$

Nombre del modelo: Pisas2
 Nombre de estudio: Fatiga 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Fatiga(El factor de carga puede ocasionar fallo) Resultados3
 Los factores de carga menores de 1.0 indican un fallo



Cálculo de suspensión

$$K_{rd} = 32586.20 \text{ N/m}$$

- El recorrido total mínimo de la suspensión:
desplazamiento útil de 50.8 *mm*.
- La altura mínima del suelo del vehículo al asfalto tiene que ser como mínimo de 25.4 *mm*, en ningún momento del vehículo puede tocar con el asfalto.
- El recorrido mínimo de vaivén y de rebote viene definido como mínimo en 25.4 *mm* para cada uno de ellos.



Cálculo soldadura

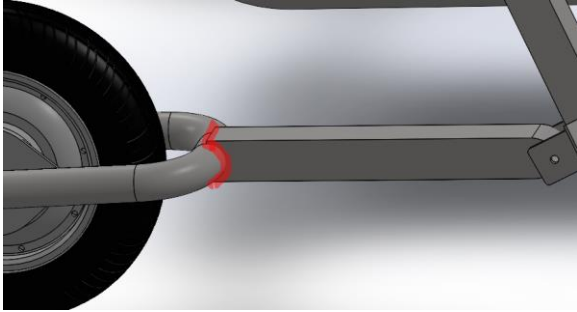


Tabla 9-2

Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_x = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^2}{6}(3b + d)$

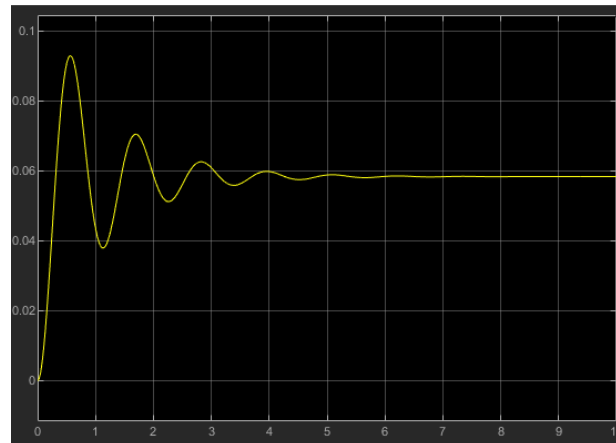
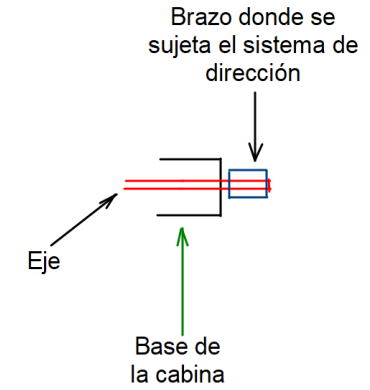
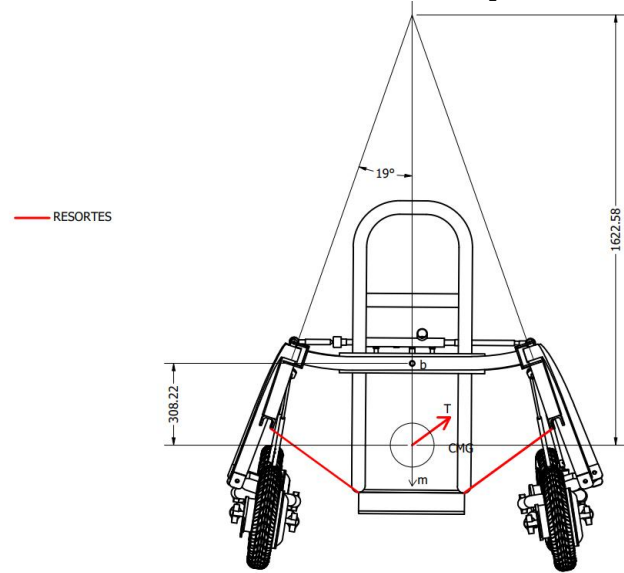
$$\tau_{max} = 116.05 \text{ Mpa}$$

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Para la aplicación de la soldadura se usa un electrodo
AWS E60XX.



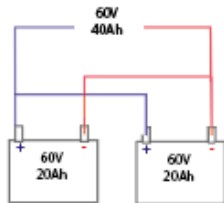
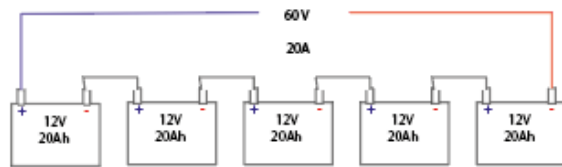
Explicación movimiento pendular de la cabina.



Diseño y selección de dispositivos

Diseño eléctrico

Conexión de las baterías



Cálculo de autonomía de las baterías

4x2

$$H = \frac{W_b}{W_{m1}} = \frac{2373.6Wh}{2400Wh} = 0.989$$

4x4

$$H = \frac{W_b}{W_{m2}} = \frac{2373.6Wh}{4800Wh} = 0.4945$$

Cálculo del torque

$$F = C_{rr} * N_f \quad 35.316N$$
$$146.625N$$

$$T_n = r * F \quad 8.97 Nm$$

$$37.24 Nm$$

Potencia requerida

$$P = F * V$$

$$98.07 W$$

$$407.177 W$$



Diseño y selección de dispositivos

Diseño electrónico

Características del motor seleccionado

Brand Name:	YMMOTOR
Usage:	Electric Motorcycle
Torque:	50-200N.m
Commutation:	Brushless
Speed(RPM):	550
Efficiency:	93%
Certification:	CCC, ce
Axle Configuration:	Double
OEM:	Accepted
Rated Speed:	43km/h
Number Of Motor Phases:	3
MOQ:	10 Piece/Pieces

Características del controlador

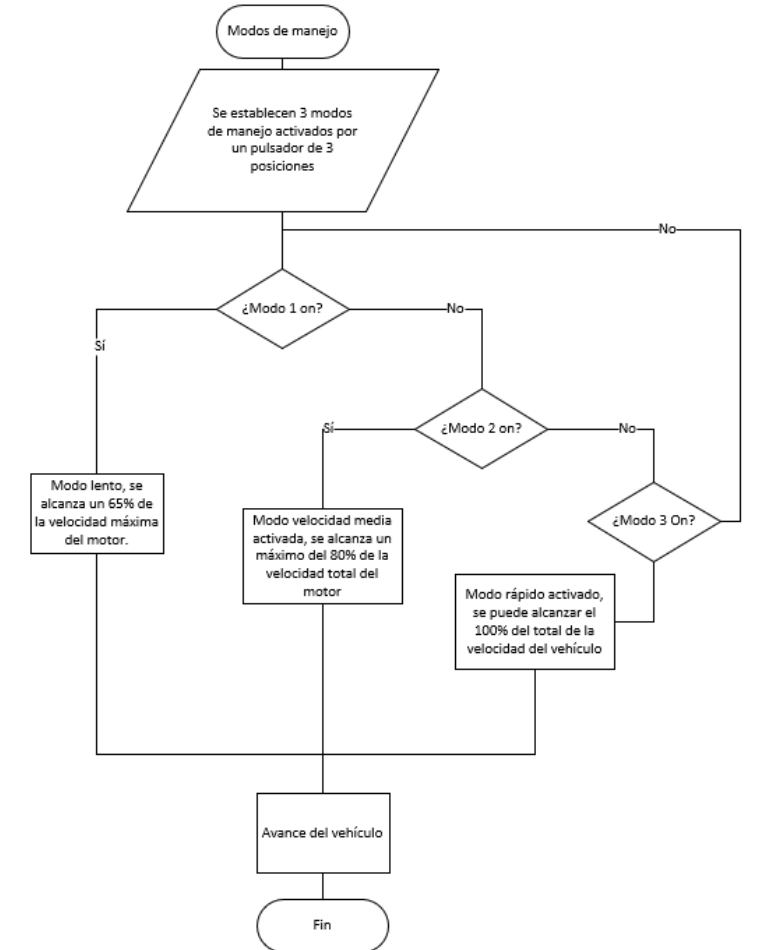
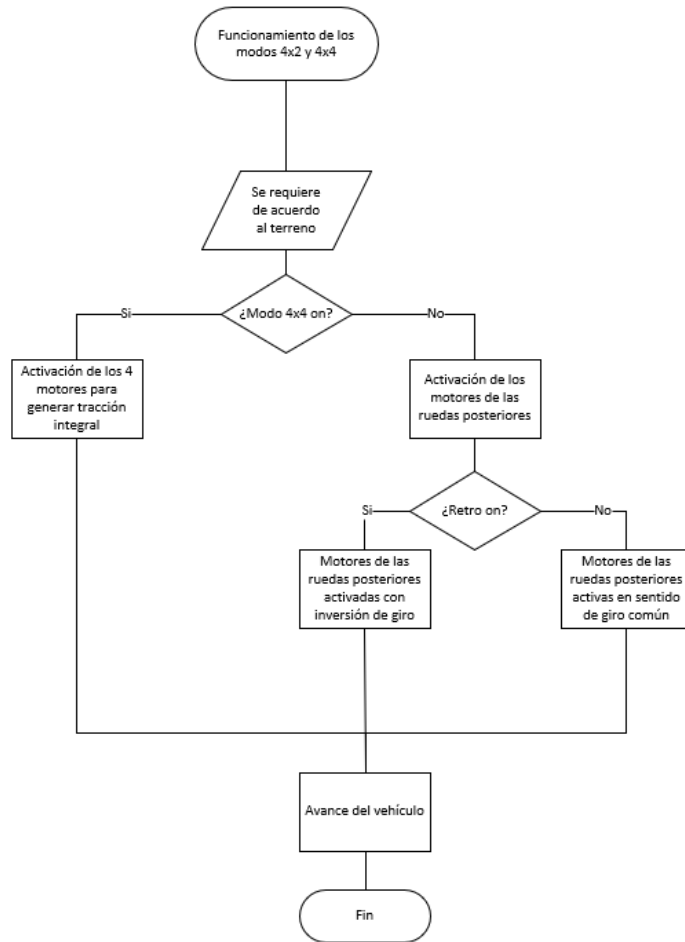
Weight	Approx. 588g
Power	1000W-1500W
Current limit	26A-33A
Product parameters	12 tube sine controller



Diseño y selección de dispositivos

3 modos de manejo

Modos 4x2 ,4x4 y retro



Implementación de sistemas

Construcción

Cabina tubular.



Piso del vehículo.



Barras porta brazos.



Implementación de sistemas

Construcción

Doblez y corte de los brazos



Colocación de bocines en los brazos



Manufactura de los bocines



Implementación de sistemas

Construcción

Fabricación de la barra y trinche



Fabricación de la base que junta el brazo con la barra y trinche.



Ensamble brazo principal

Manufactura del eje posterior



Manufactura del eje frontal



Implementación de sistemas

Construcción

Ensamble estructura principal



Barra para el brazo enfocado al mecanismo de ingreso.



Base para las barras posteriores



Palanca de freno del vehículo.



Implementación de sistemas

Construcción

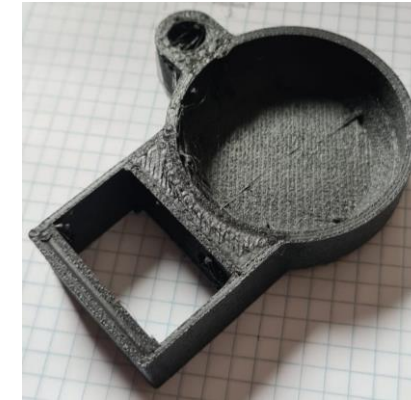
Proceso de pintura



Tapas del vehículo.

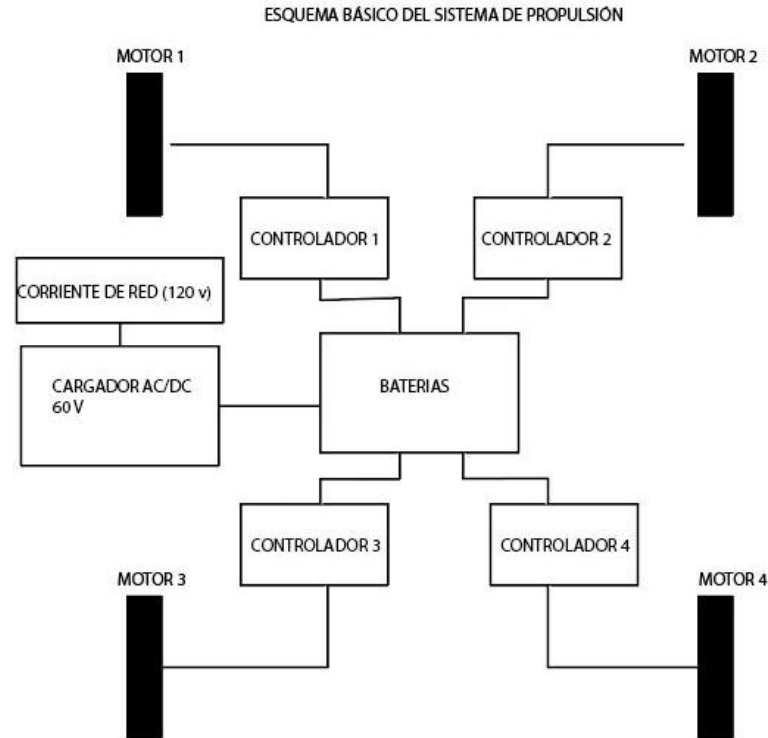


Carcasas y tapas



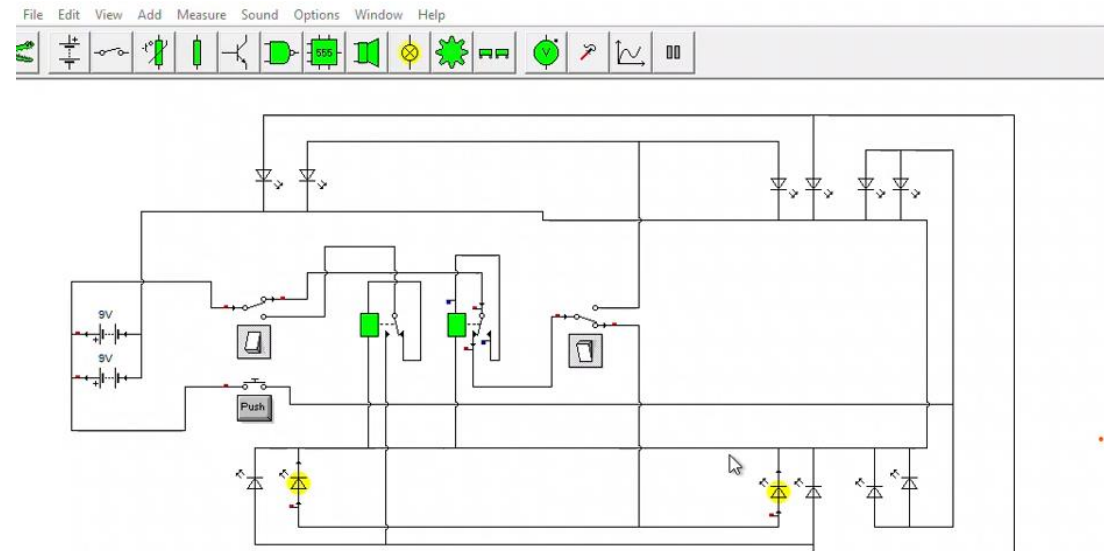
Construcción

Esquema Conexiones



Construcción

Diagrama de conexiones



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Escenarios para las pruebas

Asfalto
Asfalto con pendientes
Lastre nivel 1
Lastre nivel 2
Hierbas, lastre nivel 1
Hierbas, lastre nivel 2
Lodo y terreno recién labrado

Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba de funcionamiento sobre asfalto (terreno 1)



4x2

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	5	Si	Rampa
2	7	Si	Directo
3	8	Si	Rampa
4	10	Si	Directo
5	12	Si	Directo
6	13	No	Directo
7	15	Si	Rampa
8	18	Si	Rampa
9	20	Si	Rampa
10	22	Si	Rampa
11	24	Si	Rampa
12	28	Si	Rampa
13	30	Si	Rampa
14	34	Si	Rampa
15	35	Si	Rampa
Total	Si	14	
	No	1	

4x4

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	5	Si	Rampa
2	7	Si	Directo
3	8	Si	Rampa
4	10	Si	Directo
5	12	Si	Directo
6	13	Si	Directo
7	15	Si	Rampa
8	18	Si	Rampa
9	20	Si	Rampa
10	22	Si	Rampa
11	24	Si	Rampa
12	28	Si	Rampa
13	30	Si	Rampa
14	34	Si	Rampa
15	35	Si	Rampa
Total	Si	15	
	No	0	



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba de funcionamiento sobre asfalto con pendiente (terreno 2)



4x2

4x4

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	5	Si	Rampa
2	7	Si	Directo
3	8	Si	Rampa
4	10	Si	Directo
5	12	Si	Directo
6	13	No	Directo
7	15	Si	Rampa
8	18	Si	Rampa
9	20	Si	Rampa
10	22	Si	Rampa
11	24	Si	Rampa
12	28	Si	Rampa
13	30	Si	Rampa
14	33	Si	Rampa
15	34	Si	Rampa
Total	Si	14	
	No	1	

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	5	Si	Rampa
2	7	Si	Directo
3	8	Si	Rampa
4	10	Si	Directo
5	12	Si	Directo
6	13	Si	Directo
7	15	Si	Rampa
8	18	Si	Rampa
9	20	Si	Rampa
10	22	Si	Rampa
11	24	Si	Rampa
12	28	Si	Rampa
13	30	Si	Rampa
14	33	Si	Rampa
15	34	Si	Rampa
Total	Si	15	
	No		



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba de funcionamiento sobre lastre nivel 1 (terreno 3)



4x2

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	2	Si	Directo
2	3	Si	Directo
3	5	Si	Directo
4	6	Si	Rampa
5	8	Si	Rampa
6	10	Si	Rampa
7	13	Si	Rampa
8	15	Si	Rampa
9	17	Si	Rampa
10	19	Si	Rampa
11	20	Si	Rampa
12	23	Si	Rampa
13	25	Si	Rampa
14	26	Si	Rampa
15	28	No	Rampa
Total	Si	14	
	No	1	

4x4

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	2	Si	Directo
2	3	Si	Directo
3	5	Si	Directo
4	6	Si	Rampa
5	8	Si	Rampa
6	10	Si	Rampa
7	13	Si	Rampa
8	15	Si	Rampa
9	17	Si	Rampa
10	19	Si	Rampa
11	20	Si	Rampa
12	23	Si	Rampa
13	25	Si	Rampa
14	26	Si	Rampa
15	28	Si	Rampa
Total	Si	15	
	No	0	



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba de funcionamiento sobre lastre nivel 2 (terreno 4)



4x2

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	10	Si	Rampa
2	12	Si	Rampa
3	14	Si	Rampa
4	15	Si	Rampa
5	17	Si	Rampa
6	19	Si	Rampa
7	22	Si	Rampa
8	25	Si	Rampa
9	27	Si	Rampa
10	28	Si	Rampa
11	30	Si	Rampa
12	32	Si	Rampa
13	34	Si	Rampa
14	35	No	Rampa
15	37	No	Rampa
Total	Si	13	
	No	2	

4x4

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	10	Si	Rampa
2	12	Si	Rampa
3	14	Si	Rampa
4	15	Si	Rampa
5	17	Si	Rampa
6	19	Si	Rampa
7	22	Si	Rampa
8	25	Si	Rampa
9	27	Si	Rampa
10	28	Si	Rampa
11	30	Si	Rampa
12	32	Si	Rampa
13	34	Si	Rampa
14	35	Si	Rampa
15	37	Si	Rampa
Total	Si	15	
	No	0	



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba de funcionamiento sobre hierbas, lastre nivel 1 (terreno 5)



4x2

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	3	Si	Rampa
2	5	Si	Rampa
3	7	Si	Rampa
4	9	Si	Rampa
5	12	Si	Rampa
6	15	Si	Rampa
7	18	Si	Rampa
8	20	Si	Rampa
9	22	Si	Rampa
10	25	Si	Rampa
11	27	Si	Rampa
12	28	Si	Rampa
13	30	No	Rampa
14	31	No	Rampa
15	33	No	Rampa
Total	Si	12	
	No	3	

4x4

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	3	Si	Rampa
2	5	Si	Rampa
3	7	Si	Rampa
4	9	Si	Rampa
5	12	Si	Rampa
6	15	Si	Rampa
7	18	Si	Rampa
8	20	Si	Rampa
9	22	Si	Rampa
10	25	Si	Rampa
11	27	Si	Rampa
12	28	Si	Rampa
13	30	Si	Rampa
14	31	Si	Rampa
15	33	No	Rampa
Total	Si	14	
	No	1	



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba de funcionamiento sobre hierbas, lastre nivel 2 (terreno 6)



4x2

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	10	Si	Rampa
2	12	Si	Rampa
3	15	Si	Rampa
4	17	Si	Rampa
5	19	Si	Rampa
6	20	Si	Rampa
7	21	Si	Rampa
8	23	No	Rampa
9	25	No	Rampa
10	29	No	Rampa
11	31	No	Rampa
12	33	No	Rampa
13	34	No	Rampa
14	36	No	Rampa
15	38	No	Rampa
Total	Si	7	
	No	8	

4x4

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	10	Si	Rampa
2	12	Si	Rampa
3	15	Si	Rampa
4	17	Si	Rampa
5	19	Si	Rampa
6	20	Si	Rampa
7	21	Si	Rampa
8	23	Si	Rampa
9	25	Si	Rampa
10	29	Si	Rampa
11	31	Si	Rampa
12	33	Si	Rampa
13	34	Si	Rampa
14	36	Si	Rampa
15	38	Si	Rampa
Total	Si	15	
	No	0	



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba de funcionamiento sobre lodo y camino recién labrado (terreno 7)



4x2

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	-4	No	Rampa
2	-2	Si	Rampa
3	1	Si	Rampa
4	3	Si	Rampa
5	4	Si	Rampa
6	6	Si	Rampa
7	8	Si	Rampa
8	9	No	Rampa
9	11	No	Rampa
10	12	No	Rampa
11	13	No	Rampa
12	15	No	Rampa
13	17	No	Rampa
14	18	No	Rampa
15	20	No	Rampa
Total	Si	6	
	No	9	

4x4

N. Prueba	Altura obstáculo (cm)	Circula o no circula por el terreno	Tipo de obstáculo
1	-4	Si	Rampa
2	-2	Si	Rampa
3	1	Si	Rampa
4	3	Si	Rampa
5	4	Si	Rampa
6	6	Si	Rampa
7	8	Si	Rampa
8	9	Si	Rampa
9	11	Si	Rampa
10	12	Si	Rampa
11	13	Si	Rampa
12	15	Si	Rampa
13	17	No	Rampa
14	18	No	Rampa
15	20	No	Rampa
Total	Si	12	
	No	3	



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba del tiempo estimado para el ingreso al vehículo

Prueba	N.º	Tie mpo (s)
	1	54
	2	56
	3	59
	4	49
	5	52
	6	52
	7	51
	8	53
	9	52
	10	53
	11	59
	12	58
	13	56
	14	57
	15	57

$$tiempo_{promedio} = \frac{\sum \text{tiempos paprciales}}{\# \text{ de pruebas}} = \frac{818}{15} = 54.53 \text{ s}$$



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Prueba cualitativa de la facilidad de ingreso al vehículo.

Prueba	N.º	Calificación		
		Fácil	Medio	Difícil
	1		X	
	2		X	
	3		X	
	4	X		
	5		X	
	6		X	
	7	X		
	8	X		
	9		X	
	10	X		
	11	X		
	12	X		
	13		X	
	14		X	
	15	X		
	Total	7	8	0



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Resultado de cada modo en terrenos irregulares

4x2

	Terren o 1	Terren o 2	Terren o 3	Terren o 4	Terren o 5	Terren o 6	Terren o 7	Total	Efectivi dad %
Circula	14	14	14	13	12	7	6	80	76.19%
No circula	1	1	1	2	3	8	9	25	23.81%
Total	15	15	15	15	15	15	15	105	100%

4x4

	Terren o 1	Terren o 2	Terren o 3	Terren o 4	Terren o 5	Terren o 6	Terren o 7	Total	Efectivi dad %
Circula	15	15	15	15	14	15	12	101	96.19%
No circula	0	0	0	0	1	0	3	4	3.9%
Total	10	10	10	10	10	10	10	105	100%



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Resultado cualitativo del nivel de dificultad en los modos 4x2 y 4x4

4x2

Terreno.	Asfalto	Asfalto con pendiente	Lastre nivel 1	Lastre nivel 2	Hierbas, lastre nivel 1	Hierbas, lastre nivel 2	Lodo, caminos recién labrados
Fácil	X	X	X				
Medio				X	X		
Difícil						X	X

4x4

Terreno.	Asfalto	Asfalto con pendiente	Lastre nivel 1	Lastre nivel 2	Hierbas, lastre nivel 1	Hierbas, lastre nivel 2	Lodo, caminos recién labrados
Fácil	X	X	X	X	X	X	
Medio							X
Difícil							



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Resultado general de las pruebas

Rango	Altura del obstáculo
Rango 1	-4 cm a 7 cm
Rango 2	8 cm a 14 cm
Rango 3	15 cm a 21 cm
Rango 4	22 cm a 28 cm
Rango 5	29 cm a 35 cm
Rango 6	36 cm en adelante

	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4	Rango 5	Rango 6	Total
Circula	33	41	42	36	26	3	181
No circula	1	5	7	5	8	3	29
Total	34	46	49	41	34	6	210



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Validación de la hipótesis

- Variables independientes: Prototipo de vehículo todoterreno con mecanismo tipo péndulo.
- Variables dependientes: Movilidad en condiciones de terreno irregular de las personas con discapacidad motriz bajo requerimiento de la empresa ART ING.



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Validación de la hipótesis

- Hipótesis nula (H_0): No permitirá la movilidad en condiciones de terreno irregular de las personas con discapacidad motriz
- Hipótesis válida (H_i): Permitirá la movilidad en condiciones de terreno irregular de las personas con discapacidad motriz.



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Validación de la hipótesis

Margen de error considerado = 5%

Margen de error tabla = 0.05

Grados de libertad = 5

$$GDL = (n^{\circ} \text{filas} - 1) \times (n^{\circ} \text{columnas} - 1)$$

$$GDL = (2 - 1) \times (6 - 1) = 5$$

Frecuencia esperada

	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4	Rango 5	Rango 6
Circula	29,304	39,647	42,233	35,338	29,304	5,171
No circula	4,695	6,352	6,766	5,661	4,695	0,828

$$x^2 = \sum_{i=0}^5 \frac{(f - ft)^2}{ft} \quad x^2 = 13.108$$



Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados

Validación de la hipótesis

Tabla del chi-cuadrado

DISTRIBUCION DE χ^2

Grados de libertad	Probabilidad										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	<u>11,07</u>	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
	No significativo								Significativo		

$$x_{tbl}^2 = 11.07$$

$$x_{calc}^2 > x_{tbl}^2 = H_i \text{ es válida}$$

$$x_{calc}^2 < x_{tbl}^2 = H_o \text{ es válida}$$

$$13.108 > 11.07 = H_i \text{ es válida}$$





VIDEO



GRACIAS POR LA ATENCIÓN PRESTADA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA