

TEMA:

ANÁLISIS DEL PERFORMANCE DEL PROTOTIPO DE SWINCAR ELÉCTRICO UNIPERSONAL TODO TERRENO

Autores:

**Amores Gordón, Yolanda Nataly
Berzosa Vera, Gilmar Alexander**

Director:

**Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.
Latacunga
2023**

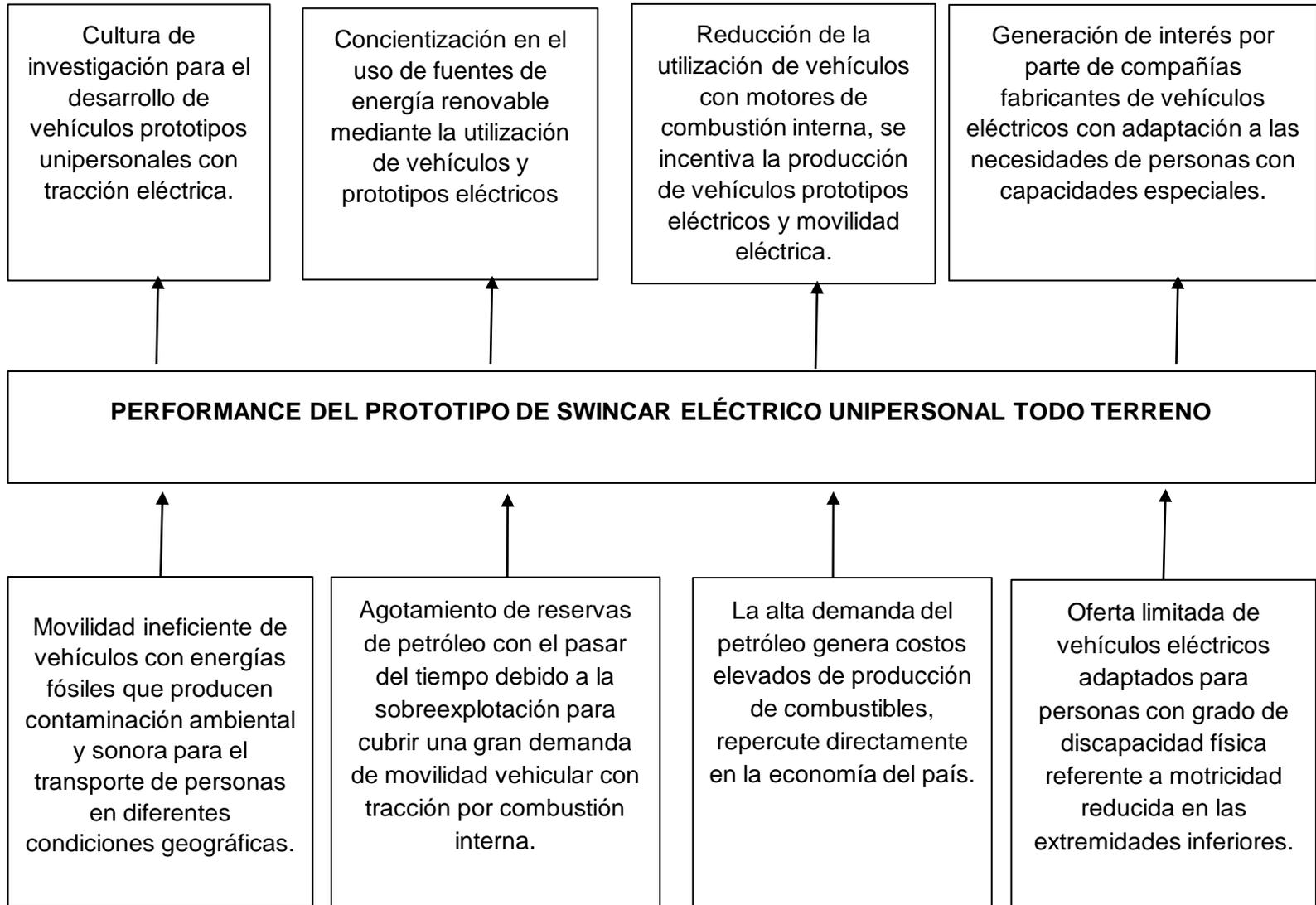


CONTENIDO

- **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**
- **OBJETIVOS**
- **HIPÓTESIS**
- **MARCO TEÓRICO**
- **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**
- **PRUEBAS**
- **ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES**
- **RECOMENDACIONES**



Planteamiento del Problema



OBJETIVO GENERAL

Analizar el performance del prototipo de Swincar eléctrico unipersonal todo terreno.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fundamentar bibliográficamente, mediante fuentes confiables, el análisis del performance del prototipo de Swincar eléctrico unipersonal todo terreno monoplaza.
- Realizar el modelado y simulación de la estructura del prototipo Swincar en un software de elementos finitos para determinar el torque requerido con el fin de obtener una correcta movilidad de acuerdo a los parámetros de carga viva y carga muerta referidos en la normativa INEN 2656: 2016.
- Seleccionar e implementar los sistemas automotrices mecánicos, eléctricos y electrónicos para el prototipo unipersonal Swincar con la consideración de aspectos de seguridad activa y pasiva con el fin de obtener una movilidad eficiente.
- Implementar un subsistema de potencia de un valor máximo de 4KW, a través de motores eléctricos alimentados por una batería de ion litio, con una eficiencia máxima del 90% acorde a los cumplimientos de la normativa INEN 2656: 2016.
- Determinar la autonomía del prototipo dados los parámetros concernientes a los diferentes ciclos de conducción, a través de un análisis de consumo de energía acorde a la capacidad A-h del pack de baterías.



HIPÓTESIS

Se alcanzará una velocidad promedio de 30 km/h y una autonomía media de 20 km mediante la implementación de un subsistema de energía a través de una batería de ion litio con una capacidad de 13 Ah y con un tiempo de carga de 6 horas para la alimentación de los motores eléctricos del prototipo.



MARCO TEÓRICO



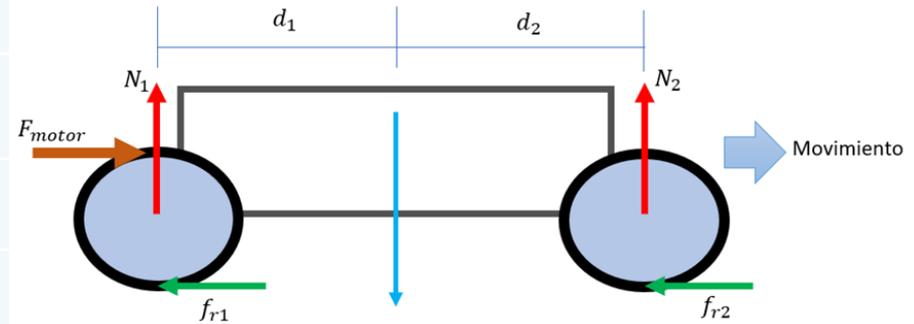
SWINCAR E-SPIDER

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



SISTEMAS DE POTENCIA Y ENERGÍA

Cr	Descripción
0.0002 a 0.0010	Ruedas de ferrocarril sobre rieles de acero
	Rodamientos de bolas en acero sobre acero
0.0025	Neumáticos especiales Michelin para automóvil solar/eco-marathon
0.005	Rieles estándar de tranvía
0.0055	Neumáticos BMX de bicicleta usados para automóviles solares
0.006 a 0.01	Neumáticos de automóvil de baja resistencia y neumáticos de camión sobre carretera lisa
0.010 a 0.015	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre losas de piedra
0.02	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre hormigón
0.030 a 0.035	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre alquitrán o asfalto
0.055 a 0.065	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre hierba, barro y arena
0.34	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre hierba, barro y arena



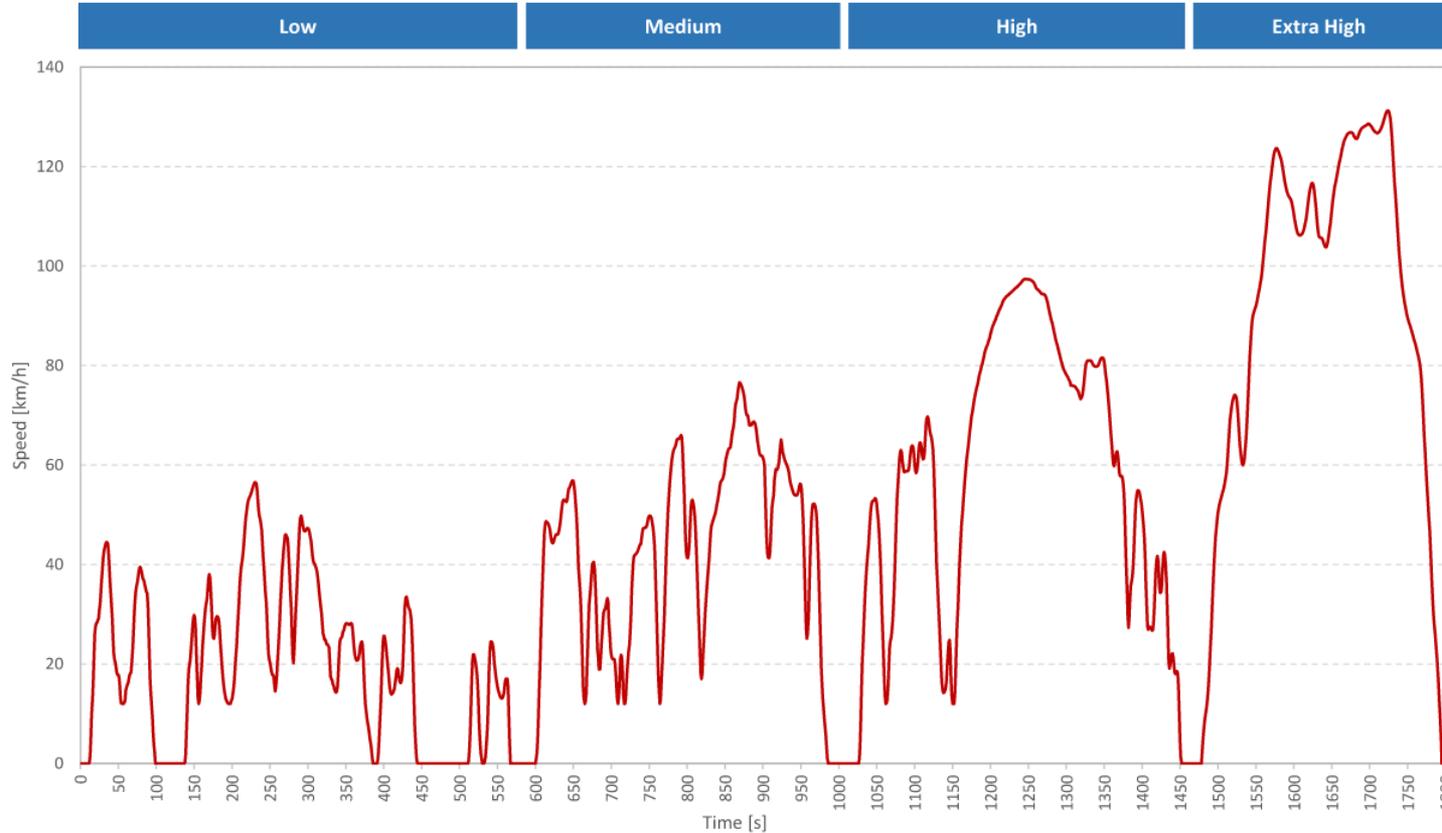
$$T = F * d$$

- **T:** Torque ($N * m$)
- **F:** fuerza (N)
- **d:** distancia (m)



WLTP

WLTC Class 3b



FASE	DURACIÓN (s)
LOW	589
MIDDLE	433
HIGH	455
EXTRA HIGH	323



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN



DISEÑO

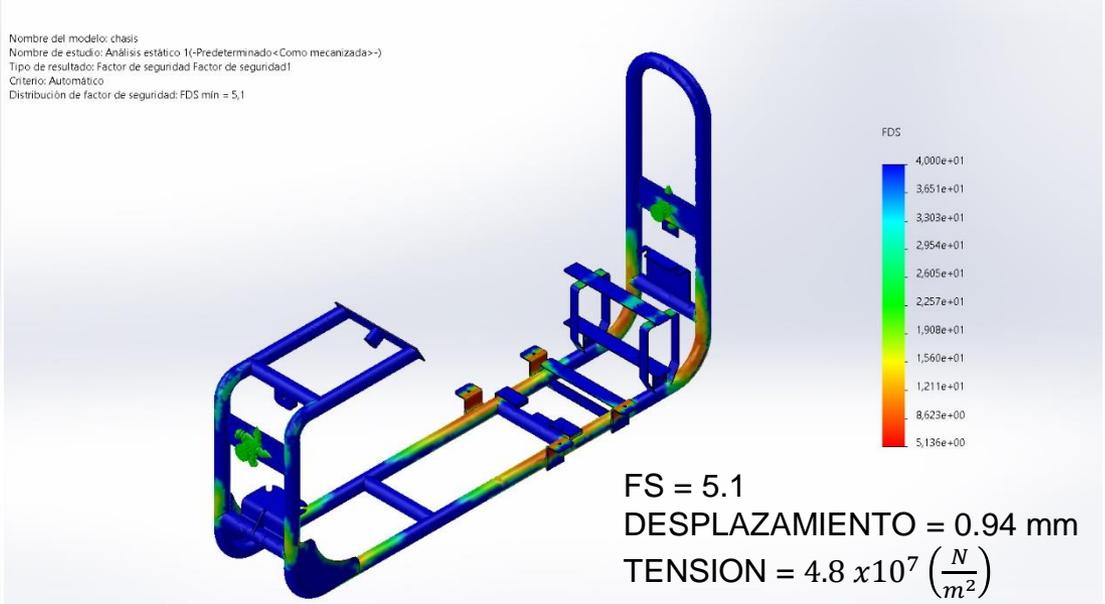
CHASIS



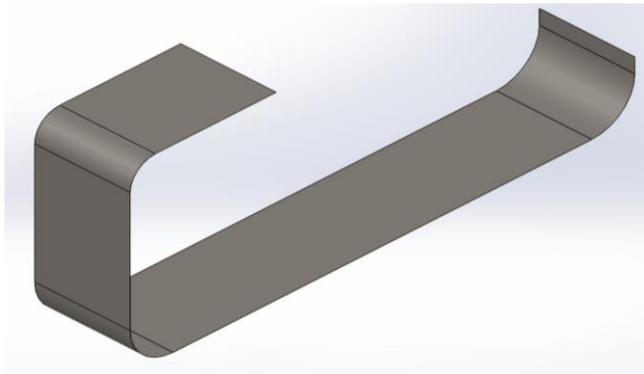
Nombre del modelo: chasis
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-<Como mecanizada->)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 5,1

Tubo estructural redondo 40x1.5(mm) ASTM A36

$$L.E. = 2.5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$



PISO



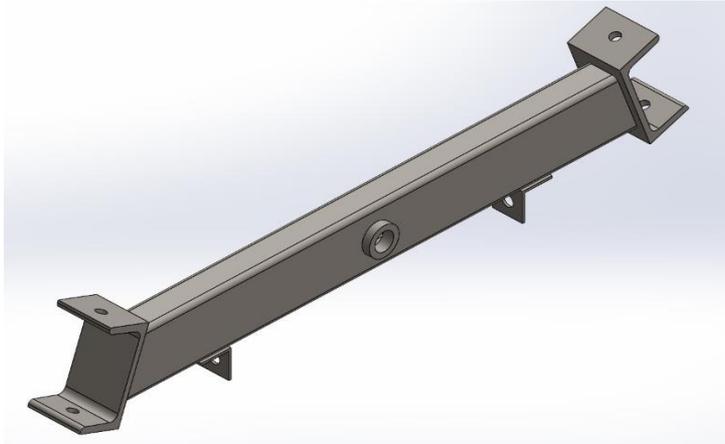
TOL 1(mm) ASTM A653



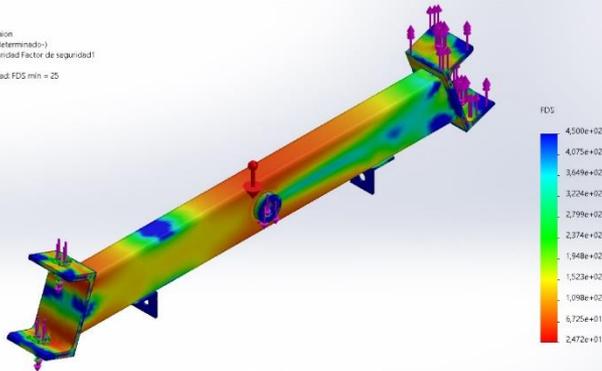
DISEÑO

BRAZO ANCLAJE

Tubo estructural rectangular 70x40 (mm)
Perfil laminado UPN 120



Nombre del modelo: brazo de union
Nombre de estudio: Caso 3(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad!
Criterio: Automatico
Distribucion de factor de seguridad: FDS min = 25



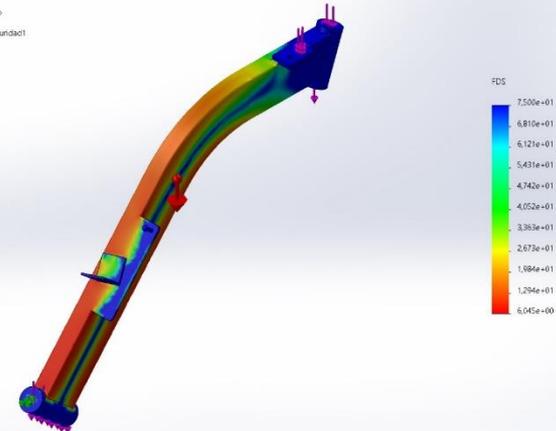
FS = 25
DESPLAZAMIENTO = 0.04 mm
TENSION = $1.1 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$

BRAZO ARAÑA

Tubo estructural rectangular 70x30 (mm)



Nombre del modelo: brazos superiores segundo lado
Nombre de estudio: Caso 2(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad!
Criterio: Automatico
Distribucion de factor de seguridad: FDS min = 6



FS = 6
DESPLAZAMIENTO = 0.80 mm
TENSION = $4.1 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$

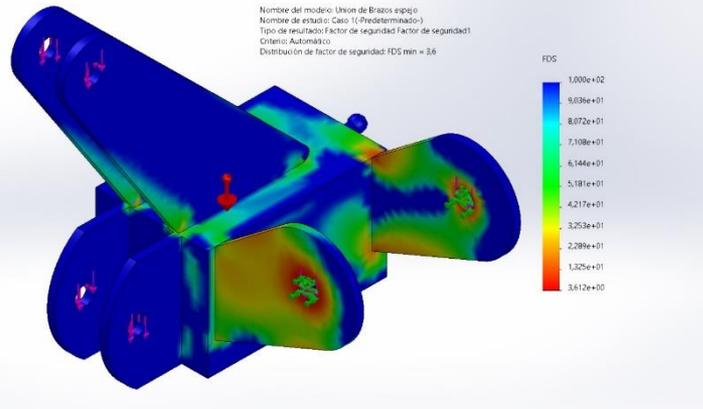
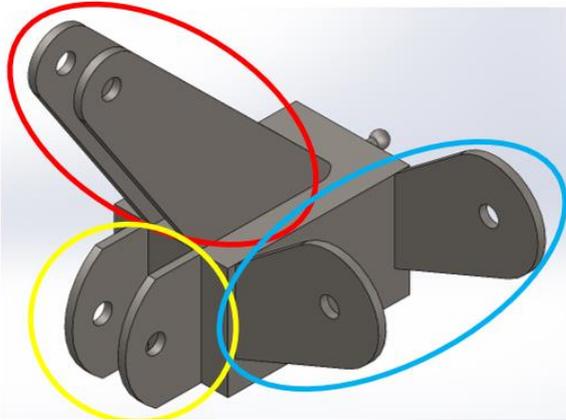


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO

SOPORTE UNIÓN

Tubo estructural rectangular 75 (mm)



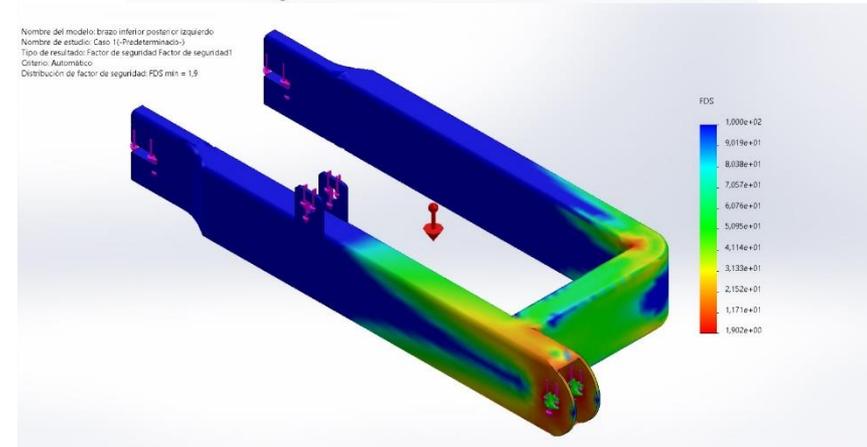
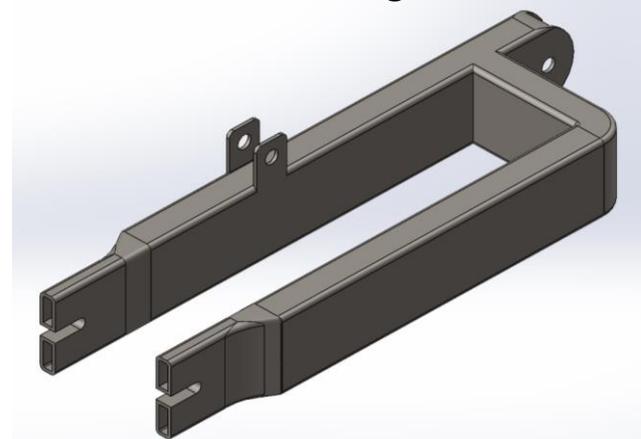
FS = 3.6

DESPLAZAMIENTO = 0.069 mm

TENSION = $6.9 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2} \right)$

BRAZO INFERIOR

Tubo estructural rectangular 70x40 (mm)



FS = 1.9

DESPLAZAMIENTO = 0.53 mm

TENSION = $1.3 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2} \right)$



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



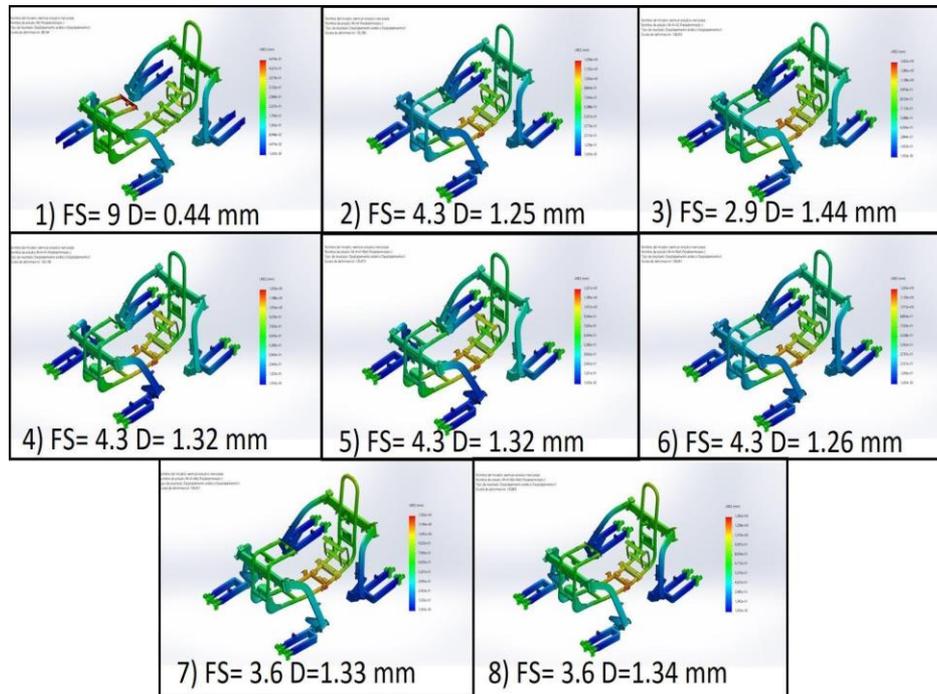
Meta	Valor mínimo (N)
GG Force (Z)	-24.69

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	DATOS	CARGA (N)
M	Carga muerta	$mM=138.56 \text{ Kg} \mid g=9.81 \text{ m/s}^2$	1359.30
V	Carga viva	$mV=70 \text{ Kg} \mid mE=5 \text{ Kg} \mid g=9.81 \text{ m/s}^2$	735.75
Ab	Carga de aceleracion brusca	$mT=213.56 \text{ Kg} \mid a=4 \text{ m/s}^2$	854.25
F	Carga de frenado	$mT=213.56 \text{ Kg} \mid a=4 \text{ m/s}^2$	854.25
G	Carga de giro	$mT=213.56 \text{ Kg} \mid v=12.5 \text{ m/s} \mid Rc=67.5 \text{ m}$	494.36
Raf	Carga por resistencia de aire frontal	$p=1.25 \text{ K/m}^3 \mid v=12.5 \text{ m/s} \mid A=0.57 \text{ m}^2 \mid cx=0.44$	24.69



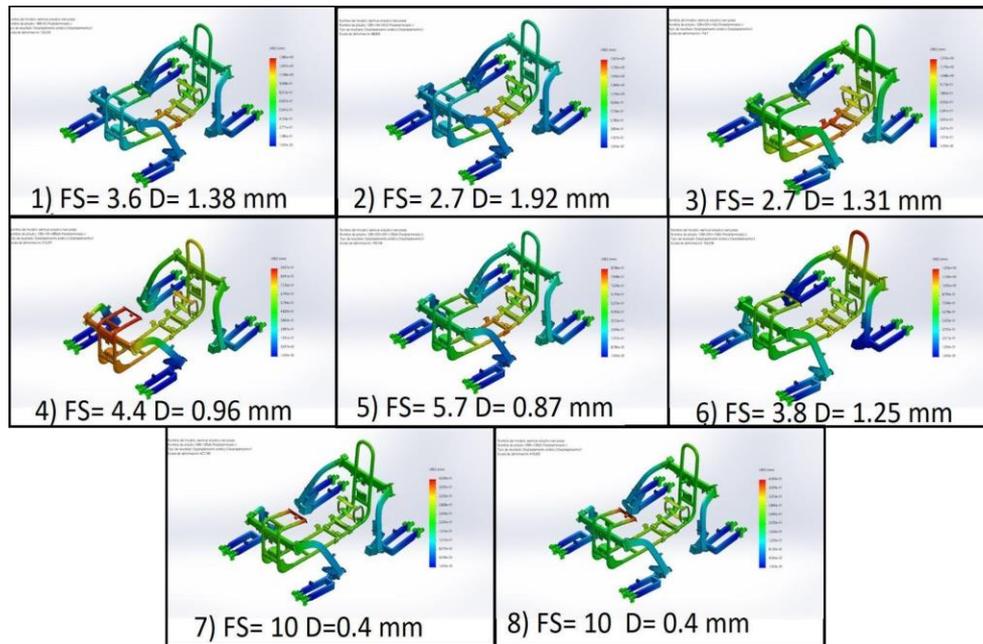
INEN 1323 2009

	ASD	FS	Desplazamiento (mm)	Elongación máxima (mm)
1	M	9	0.44	6.89
2	M+V	4.3	1.25	6.89
3	M+V+G	2.9	1.44	6.89
4	M+V+F	4.3	1.32	6.89
5	M+V+F+Raf	4.3	1.32	6.89
6	M+V+Raf	4.3	1.26	6.89
7	M+V+Ab	3.6	1.33	6.89
8	M+V+Ab+Raf	3.6	1.34	6.89



INEN 1323 2009

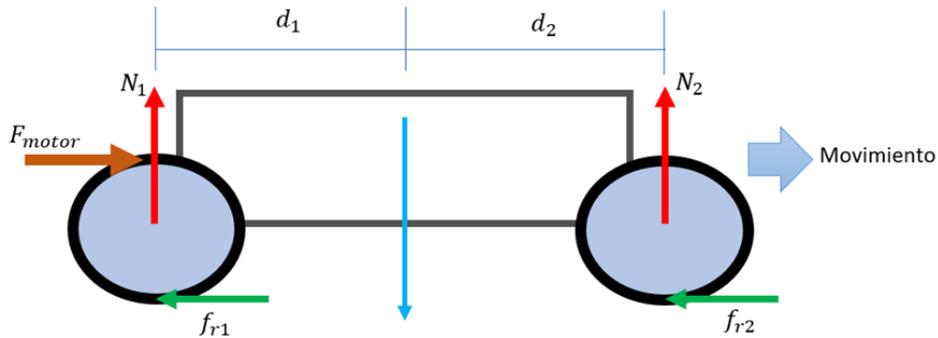
	LRFD	FS	Desplazamiento (mm)	Elongación máxima (mm)
1	1.4M+V	9	0.44	6.89
2	1.2M+1.6V+0.5G	4.3	1.25	6.89
3	1.2M+0.5V+1.6G	2.9	1.44	6.89
4	1.2M+1.6F+0.8Raf	4.3	1.32	6.89
5	1.2M+0.5V+0.5F+1.3Raf	4.3	1.32	6.89
6	1.2M+1.5Ab+0.5V	4.3	1.26	6.89
7	0.9M-1.3Raf	3.6	1.33	6.89
8	0.9M+1.3Raf	3.6	1.34	6.89



SELECCIÓN DE MOTOR

Dato requerido	Valor
Velocidad máxima (V máx.)	8.33 km/h
Tiempo mínimo (t min)	10 s
Coefficiente de rodadura (b)	-
Radio del neumático (r)	10.5 in
Gravedad (g)	9.81 m/s ²
Masa (m)	425 kg

Terreno	b(mm)	F(N)	T(Nm)
Losas de piedra	0.000015	177.20	47.26
Hormigón	0.00002	177.24	47.27
Alquitrán o asfalto	0.000035	177.36	47.30
Arena o barro	0.000065	177.59	47.36



Potencia (W)	1500
Torque (Nm)	75.53
Voltaje (V)	48
Tipo	Sin escobillas
Peso (Kg)	7
Sensor Hall (set)	1



DIRECCIÓN

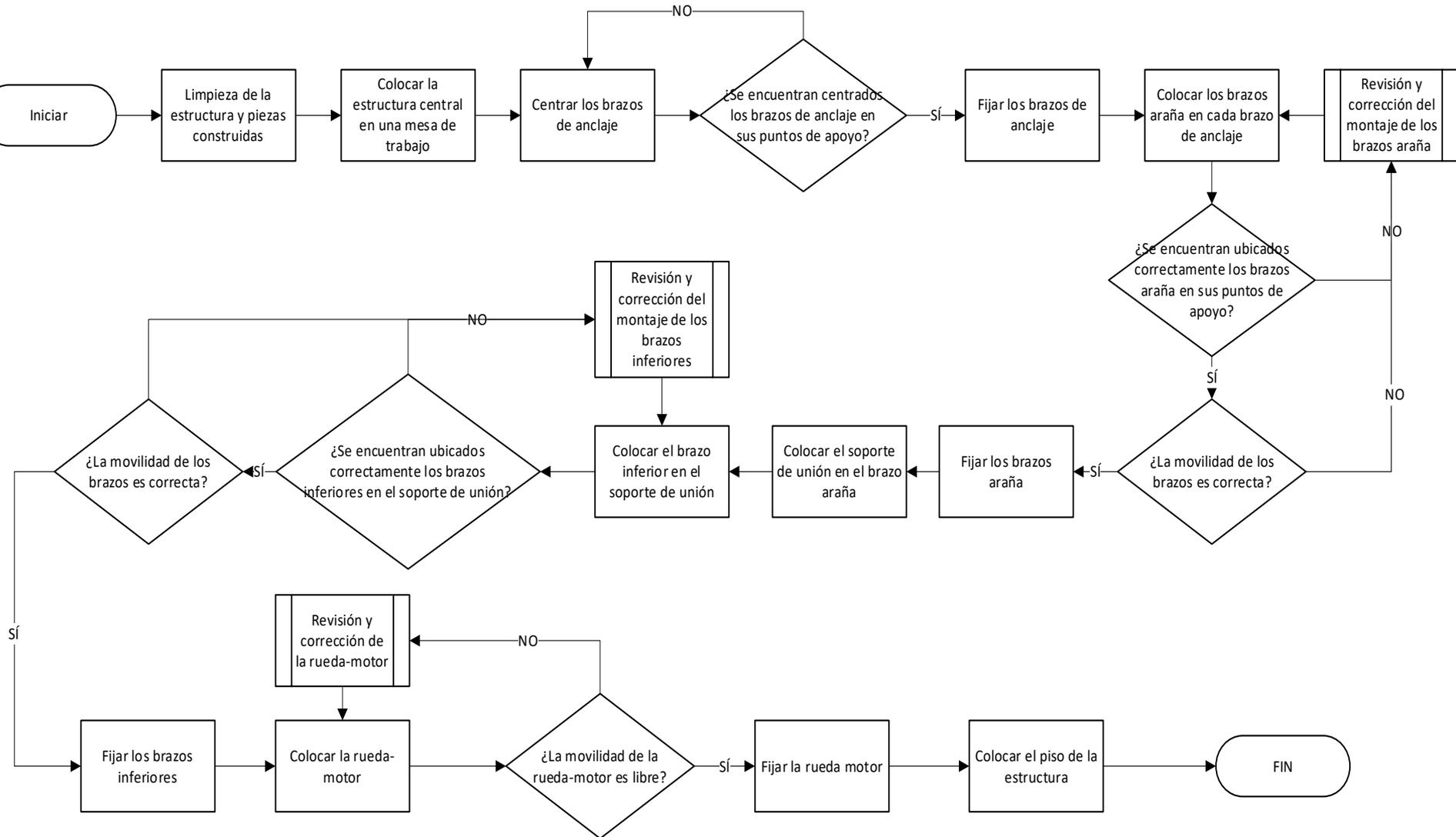


Relación: 12/48

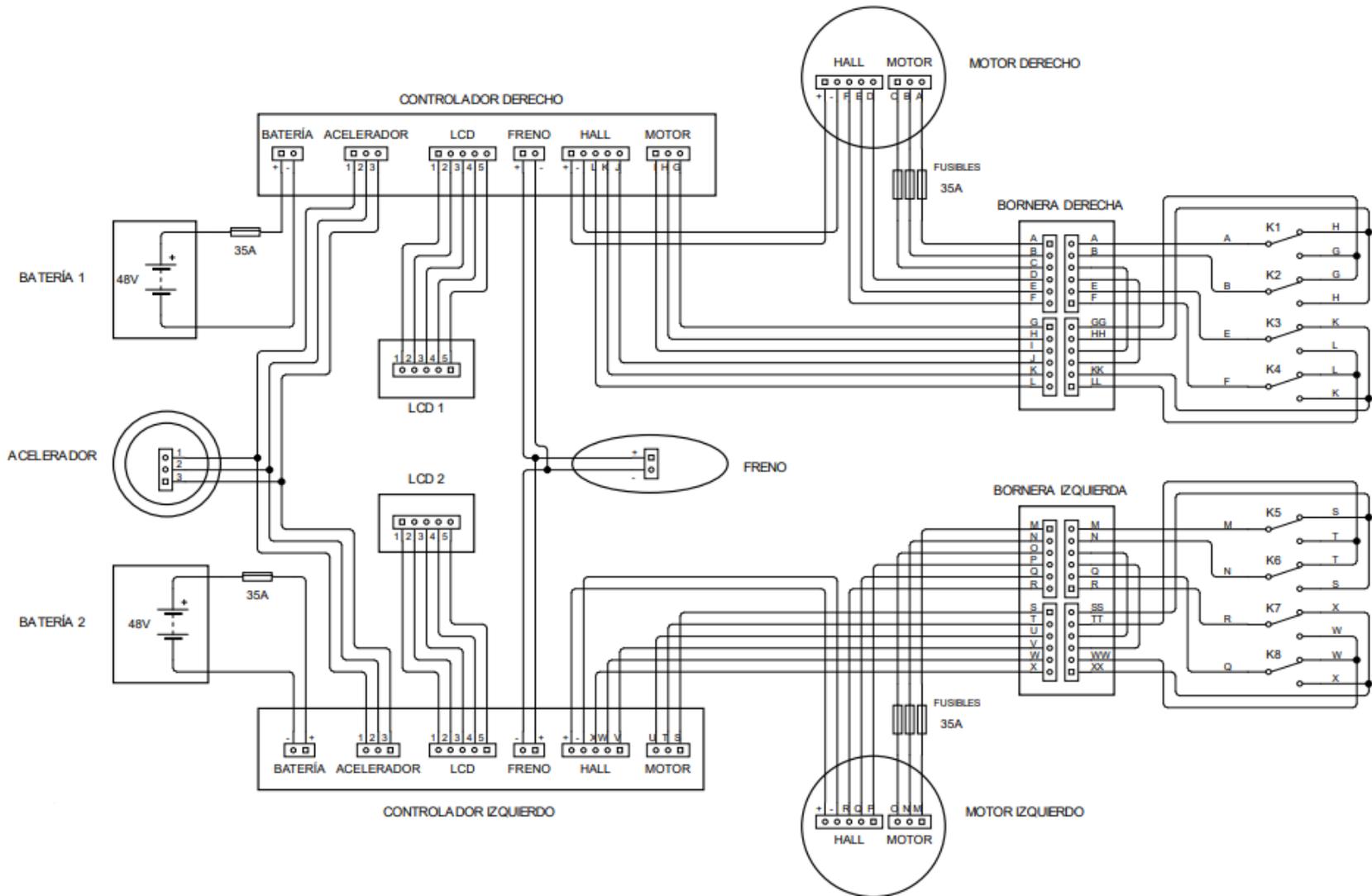
	Parado	En movimiento
	Fuerza sobre volante (N)	
Asfalto seco	214.35	189.13
Asfalto mojado	151.31	132.39
Concreto	201.74	176.52
Grava	151.30	138.69
Tierra	171.48	163.91
Tierra mojada	138.70	113.48



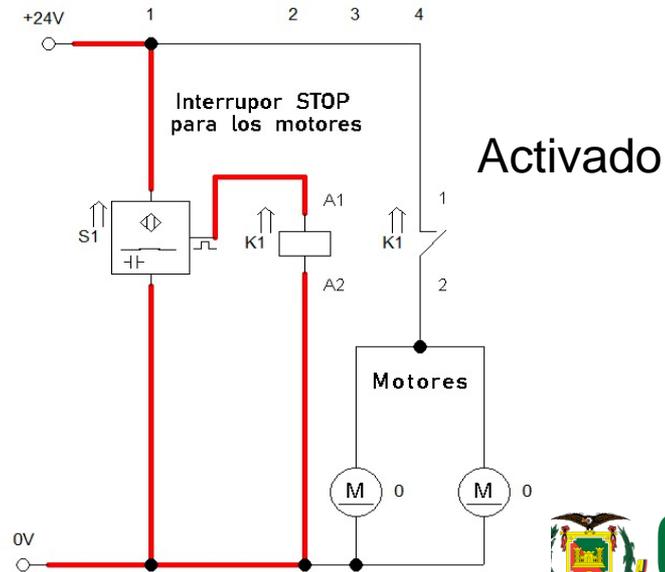
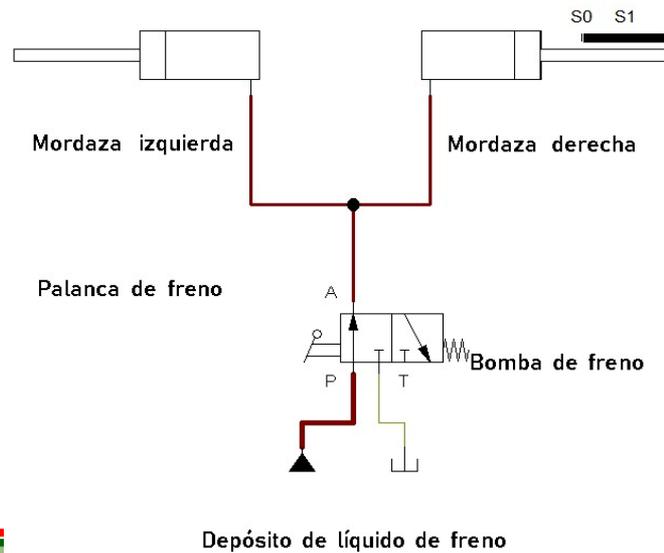
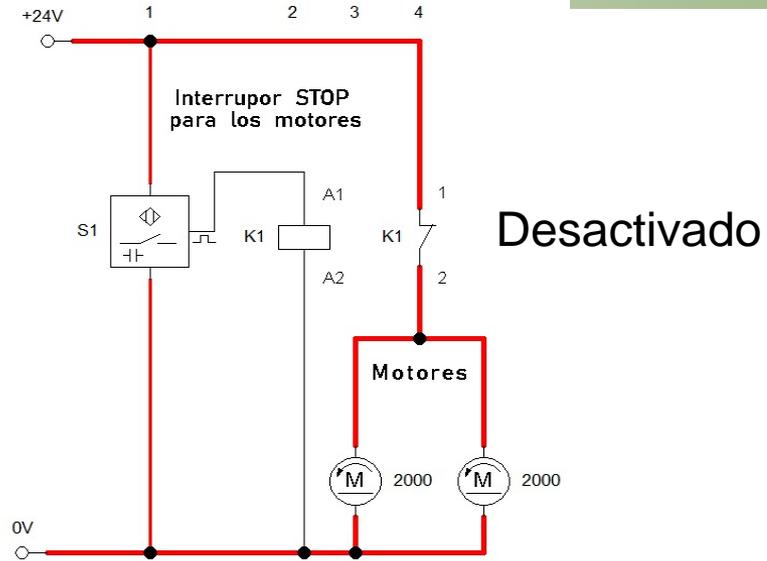
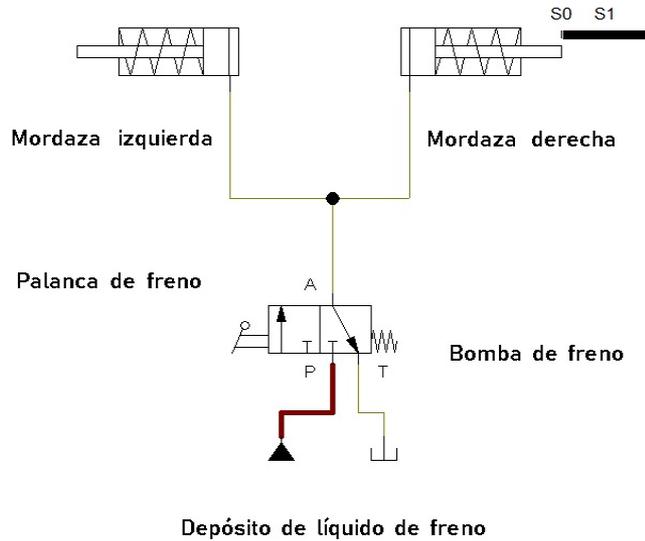
CONSTRUCCIÓN



CONSTRUCCIÓN



CONSTRUCCIÓN



CONSTRUCCIÓN



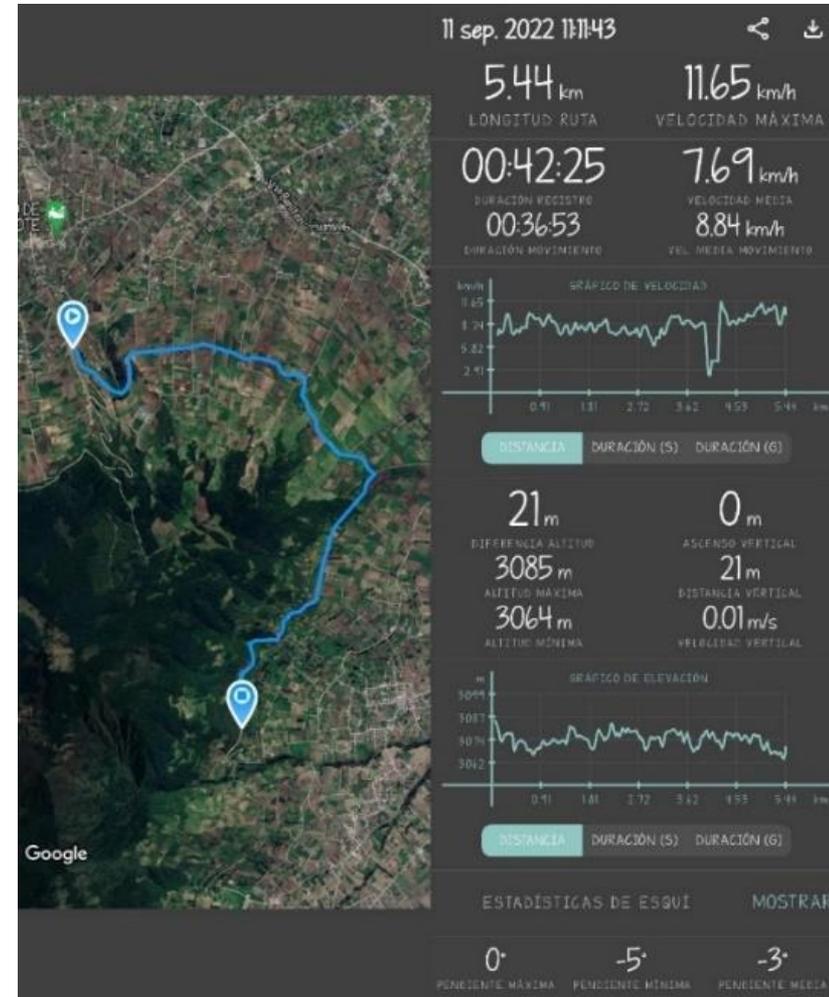
PRUEBAS



PRUEBA DE RUTA

Prueba de ruta

Característica	Valor	Unidad
Carga Batería 1	100.00	%
Carga batería 2	100.00	%
Carga muerta	138.56	Kg
Carga viva	75.00	Kg
Distancia	5.44	Km
Velocidad promedio	8.83	Km/h
Velocidad máxima	11.65	Km/h
Tiempo	42.25	min
Descarga acumulada de batería 1	29.00	%
Descarga acumulada de batería 2	29.00	%
Característica del terreno	Montañoso	
Ubicación de prueba	Teligote – Bolívar - Tungurahua	



PRUEBA DE ACELERACIÓN



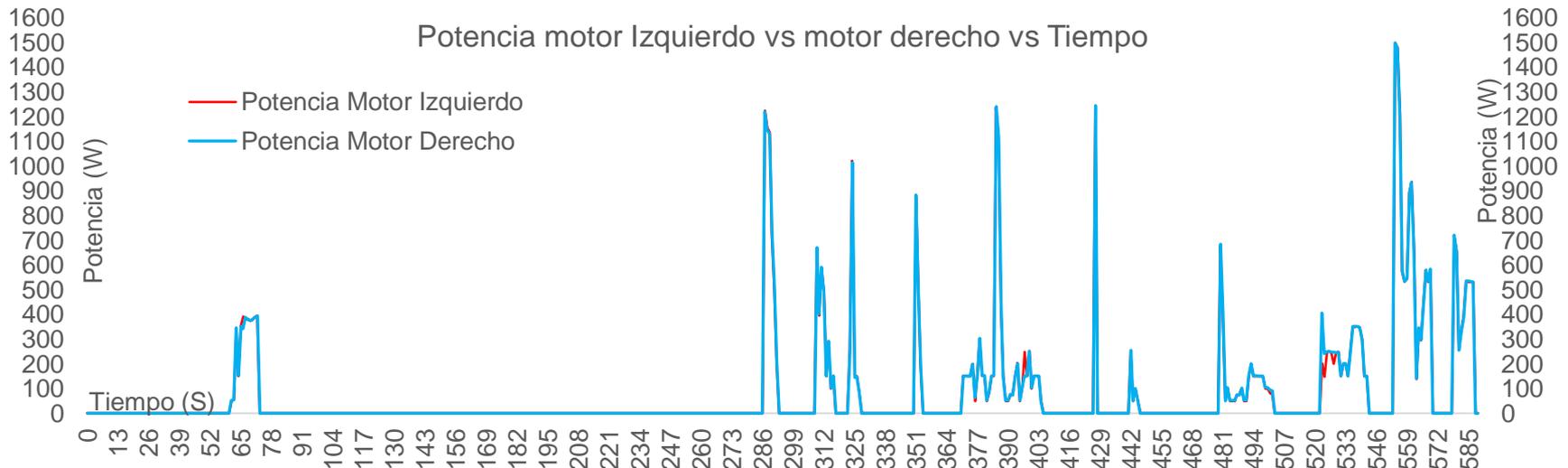
Velocidad (Km/h)	Potencia (W)	Posición del acelerador (°)
8.50	250.00	15.00
17.00	700.00	30.00
23.00	1520.00	45.00
30.00	1564.00	60.00



PROTOCOLO WLTC

LOW

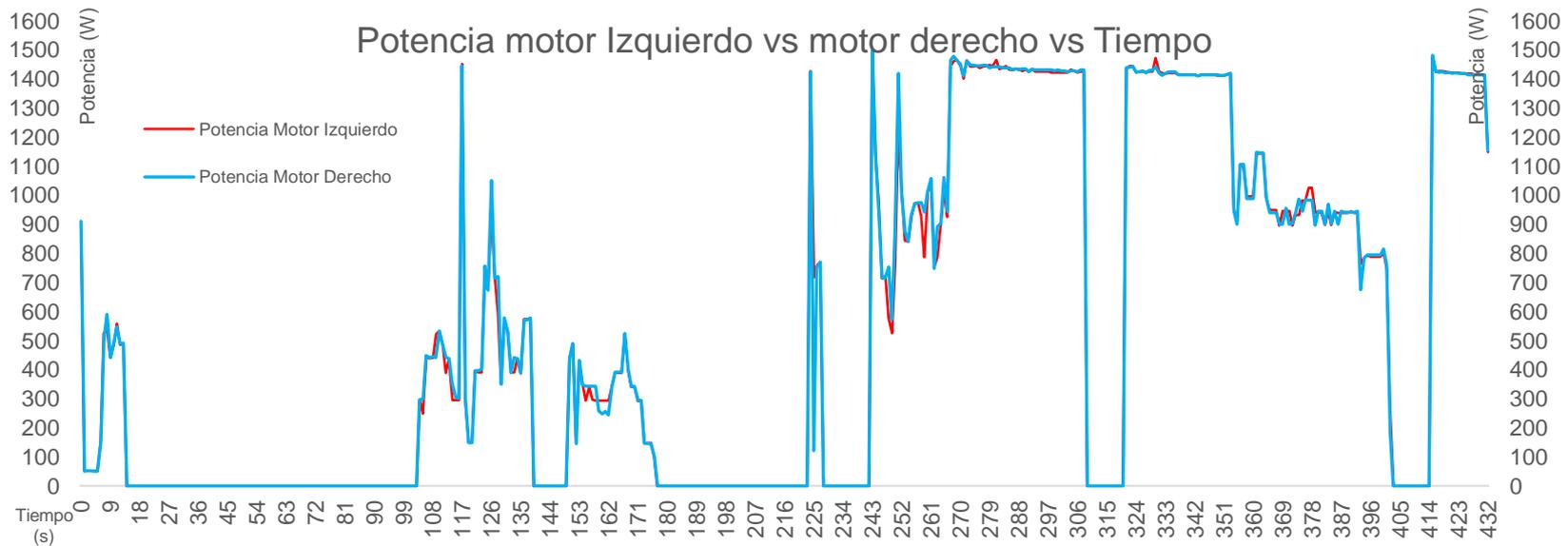
Fase	Tiempo acumulado (s)	Tiempo por fase (s)	Velocidad (Km/h)	Potencia motor izquierdo (W)	Potencia motor derecho (W)	Diferencia cuantitativa (W)	Diferencia porcentual (%)
Low	63.00	63.00	4.90	295.00	346.00	51.00	14.74
Low	66.00	66.00	4.90	391.00	341.00	50.00	14.66
Low	397.00	397.00	4.10	249.00	151.00	98.00	64.90
Low	523.00	523.00	1.60	202.00	406.00	204.00	50.25
Low	524.00	524.00	3.20	147.00	241.00	94.00	39.00



PROTOCOLO WLTC

MIDDLE

Fase	Tiempo Acumulado (s)	Tiempo Por Fase (s)	Velocidad (Km/h)	Potencia Motor Izquierdo (W)	Potencia Motor Derecho (W)	Diferencia Cuantitativa (W)	Diferencia Porcentual (%)
Middle	718.00	129.00	14.60	596.00	720.00	51.00	14.74
Middle	815.00	226.00	11.20	717.00	122.00	50.00	14.66
Middle	838.00	249.00	6.10	579.00	753.00	98.00	64.90
Middle	841.00	252.00	8.50	1213.00	1419.00	204.00	50.25
Middle	849.00	260.00	12.70	787.00	942.00	94.00	39.00



ANÁLISIS DE RESULTADOS



PRUEBA DE RUTA

Ruta	Velocidad promedio	8.83	Km/h
	Tiempo de descarga promedio máximo	2.41	h
	Distancia máxima promedio	18.76	Km

PROTOCOLO WLTC

Low	Potencia promedio	79.70	W
	Tiempo de descarga promedio	7.82	H
	Distancia máxima promedio	29.73	Km

Middle	Potencia promedio	539,66	W
	Tiempo de descarga promedio	1,16	h
	Distancia máxima promedio	9,48	Km



FICHA GENERAL

SWINCAR E-SPIDER

Sistema de potencia		Prestaciones	
Motor	Eléctrico	Velocidad Máxima	30 Km/h
Tipo	Sin escobillas	Autonomía	29.73 km
Voltaje	48 V		
Potencia máxima	1500 W	Dimensiones, aerodinámica y peso	
Torque máximo	75.00 Nm	Longitud	268.00 cm
Unidades	2	Ancho	141.00 cm
Ubicación	Ruedas posteriores	Altura	132.00 cm
		Peso (sin ocupante):	138.00 Kg
Sistema de suspensión		Distancia al suelo	48.00 cm
Tipo	Conjunto muelle y amortiguador (210 mm)	Número de plazas	1.00
Disposición	Independiente en las 4 ruedas	Neumáticos	3.00 R21
Sistema de frenos		Sistema de dirección	
Accionamiento	Manual (de palanca)	Tipo	Mecánica
Tipo	Hidráulico de disco (210 mm)	Disposición	4WS
Ubicación	Ruedas posteriores		
Sistema de control electrónico		Sistema de energía	
Controlador	YF DC Moto	Batería	Ion-Litio
Display	LCD SW900	Número de baterías	2
Acelerador	Manual (en el volante)	Ubicación	Detrás del asiento
Control de marcha	Manual (bajo el volante)	Capacidad	13 Ah
		Cargador	110 VAC - 2 A
		Tiempo de carga	6 h



CONCLUSIONES

- De acuerdo a la investigación bibliográfica realizada se observa que el performance del prototipo Swincar eléctrico unipersonal todo terreno se puede implementar bajo características de fabricación nacional con un resultado eficiente.
- Bajo la norma INEN 2656: 2016 se determinó el diseño adecuado del Swincar, el mismo que fue modelado y simulado mediante el software de elementos finitos para obtener los parámetros permitidos de carga viva y carga muerta mencionados en la normativa en cuestión, así se obtiene un torque necesario mínimo de 47.36 Nm para el correcto movimiento del Swincar.
- Basado en la seguridad activa y pasiva, se seleccionaron los sistemas automotrices mecánicos en los que se incluye dirección y suspensión; subsistemas eléctricos y electrónicos en los que engloba la movilidad mediante un kit de motor y controlador, la energía mediante baterías, y el freno que corresponde a un circuito electro-hidráulico.
- Para el subsistema de potencia se implementaron dos motores eléctricos los cuales suman un total de 3KW con una eficiencia individual del 83% acorde a la ficha técnica, esta eficiencia se mantiene debido a que los motores tienen conexión directa con los neumáticos, así se evita que se produzcan pérdidas mecánicas por transmisión de movimiento; este valor de potencia total se encuentra dentro del máximo referido en la normativa INEN 2656: 2016, cada uno de los motores está alimentado por una batería de ion litio de tensión 48V y capacidad de 13Ah como fuente de energía.



CONCLUSIONES

- Debido a que el controlador del motor no poseía la opción de marcha en reversa, se diseñó e implementó un sistema eléctrico que realice el cambio de polaridad de los motores mediante la inclusión de 8 interruptores de tres posiciones, todos ellos acoplados a una placa que sirve como palanca seleccionadora. Cuando la palanca se coloca hacia arriba, se activa marcha hacia adelante, cuando se coloca hacia abajo se activa la marcha hacia atrás y cuando la palanca se ubica en la posición central, la marcha se encuentra en neutro.
- Mediante el análisis de consumo de energía de las baterías se obtuvieron valores de autonomía, dependiendo del tipo de conducción se obtuvo un valor de 29.73 km en ciclo LOW y 9.48 km en ciclo MIDDLE; además se obtuvo un valor de autonomía de 18.76 km en la prueba de ruta montañosa realizada donde no existieron restricciones de velocidad o de aceleración ni un protocolo de prueba, alcanzando una velocidad promedio de 12 Km/h y una velocidad máxima de 24 Km/h.
- Tras realizar las pruebas de conducción se concluyó que el sub sistema de dirección mecánico implementado requiere que el conductor requiere aplique una fuerza en el volante de 214.149 N para poder realizar el giro completamente.
- Mediante el análisis del sub sistema eléctrico del prototipo, se concluyó la necesidad de un sistema de protección conformado en dos partes; en la primera parte se incluyeron fusibles de 40 A para los conductores de cada fase de los motores y para cada positivo de las baterías para evitar daños por cualquier pico de intensidad de corriente en exceso, en la segunda parte se implementó un botón de parada de emergencia en la parte central del volante, este interruptor corta el circuito en los negativos de las baterías y, cuando se acciona, todo el sistema eléctrico del vehículo se apaga para evitar cualquier inconveniente.



CONCLUSIONES

- Con base en el modelado de las piezas para el prototipo Swincar en el software de diseño de elementos finitos, las diferentes simulaciones de aplicación de cargas en los diferentes puntos de articulación de cada elemento arrojaron valores de factor de seguridad mayores a 1 y, según el estudio teórico realizado previamente, se determinó que el diseño tiene una sobre estimación en el factor de seguridad respecto a las cargas referidas en la normativa INEN 1323: 2009.
- Tras realizar las pruebas de ruta se analizó la sensación de conducción en los diferentes terrenos por los que ha circulado el prototipo Swincar, se determinó que al momento de conducir el chasis tiende a perder el equilibrio y se inclina, ya sea a la izquierda o derecha. Esta pérdida de estabilidad del habitáculo incide en la ergonomía del conductor al no poder conducir de manera apropiada.
- Se analizó que, para el retorno del chasis a su posición nivelada, se debe realizar un leve balanceo y un contra giro del volante mientras no se tenga la inclusión de un sistema de giroscopio.
- Se realizó la determinación de carga y descarga de las baterías acorde al protocolo WLTC y la prueba de ruta, se obtiene un tiempo promedio de carga de 6 horas, teniendo en cuenta que no se debe permitir la descarga total de la batería con la finalidad de aumentar la vida útil de la misma.



CONCLUSIONES

- El factor de seguridad mínimo corresponde a un valor de 1.9 para el brazo inferior, valor que se encuentra sobre el establecido para el acero A36 de 1.5 por lo que se concluye que el diseño de la estructura del prototipo Swincar es seguro para las condiciones de cargas establecidas, de manera individual en cada pieza y para lo que estandariza la normativa INEN 1323 en los métodos ASD y LRFD.
- Los valores de tensión máxima para cada pieza y para el diseño en conjunto son menores al límite elástico del acero A36 que corresponde a $2.5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$, con este parámetro se comprobó que la resistencia de la estructura es óptimo.
- Teniendo en cuenta que la normativa permite una elongación máxima de $\frac{1}{240}$ veces la longitud del vehículo, el diseño del prototipo obtiene un valor máximo de 6.89 mm y acorde al análisis realizado de manera individual y en conjunto, los valores son menores al establecido, la prueba más crítica es en ASD 1.44 mm y en LRFD 1.92 mm, evidenciando que el material no se deforma acorde a los parámetros de estudio establecidos.
- Para el proceso de manufactura se tiene un total de tiempo en construcción de la estructura de 67h10min englobando 49 pasos propuestos.
- El neumático fue seleccionado para la correcta circulación en terrenos de difícil acceso y con condiciones difíciles de conducción, el Yuanxing YX-P82 03 cumplió con las funciones para manejo Off Road, sin



CONCLUSIONES

- El neumático fue seleccionado para la correcta circulación en terrenos de difícil acceso y con condiciones difíciles de conducción, el Yuanxing YX-P82 03 cumplió con las funciones para manejo Off Road, sin deformar su estructura en el aro y los radios.



RECOMENDACIONES

- Se propone la inclusión de un sistema de giroscopio como solución viable para el problema de retorno del chasis, con el cual, sin importar el peralte o irregularidades del terreno, mantenga el habitáculo siempre nivelado en posición vertical, ayudando así al conductor a tener un manejo suave, cómodo y seguro del vehículo. Esta propuesta de solución se presenta como una fase dos de este proyecto y su aplicación se detalla de mejor manera en el anexo N.
- Implementar unidades de potencia en las 4 ruedas con el fin de obtener un mayor torque y mejor maniobrabilidad en todo tipo de terrenos, teniendo en cuenta que el prototipo Swincar está diseñado para circular en lugares de difícil acceso.
- Mejorar el subsistema de frenos colocando un freno de disco en cada una de las ruedas con la finalidad de hacer más efectivo el proceso de frenado con la implementación de una manivela extra para poder separar el freno hacia las ruedas delanteras y hacia las posteriores. Adicional incorporar un freno de estacionamiento a las ruedas posteriores para mayor seguridad.



RECOMENDACIONES

- Acoplar el asiento a un modelo regulable en lo que corresponde al espaldar, a la distancia hacia el volante y en la altura, esto con la finalidad de mejorar la ergonomía y seguridad y a la vez que se adapte a todos los ocupantes.
- Colocar un subsistema de iluminación que permita la movilidad nocturna o en presencia de neblina, además de los direccionales, luz de stop, reversa y luces de parqueo, con el fin de mejorar la seguridad activa del prototipo.
- Hacer uso del cinturón de seguridad sin excepción del tipo de terreno en el que se encuentre circulando debido a que, cuando el prototipo cruza por terrenos con peraltes pronunciados, la pérdida de equilibrio del chasis es notoria, lo que genera que el conductor tenga que aferrarse con fuerza al volante.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

FECHA ÚLTIMA REVISIÓN: 03/05/2017

CÓDIGO: SGC.DI.260

VERSIÓN: 1.0

