



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Universidad De Las Fuerzas Armadas - ESPE

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Tema: Reingeniería en implementación de un tren motriz con un motor de combustión interna para la aplicación de un vehículo militar táctico de reconocimiento

Autores:

- Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio
- Torres Vargas, Anthony Paul

Director:

- Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago





El automóvil más bello es el que todavía nos queda por hacer.” –Enzo Ferrari

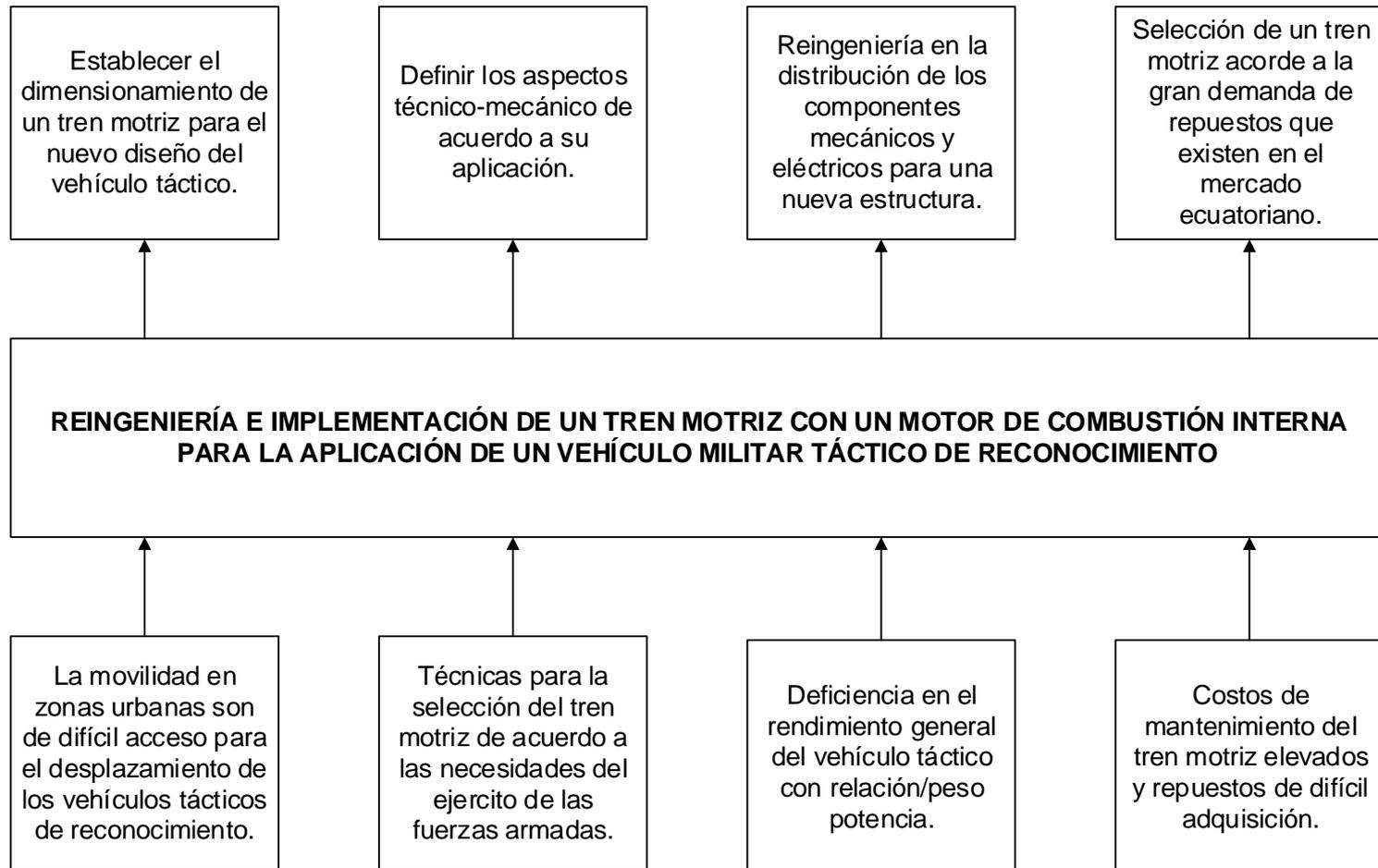


Índice de contenidos

- Tema
- Planteamiento de problema
- Objetivo general
- Objetivo específico
- Metas
- Hipótesis
- Desarrollo
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Objetivo General

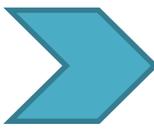
Seleccionar e implementar un sistema de propulsión y sistema de encendido para un vehículo táctico de reconocimiento para las Fuerzas Armadas.



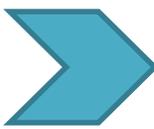
Objetivos Específicos



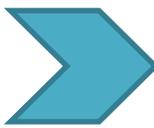
Seleccionar y analizar un tren motriz que cumpla con las adecuaciones necesarias para la implementación en el vehículo táctico militar.



Analizar el dimensionamiento del tren motriz seleccionado para la construcción del bastidor.



Implementar el tren motriz en el bastidor acorde al dimensionamiento establecido.



Implementar el sistema eléctrico de encendido del motor.



Metas



Para elegir el mejor motor, se investigará sobre las especificaciones y prestaciones de componentes que conforman el tren motriz del automotor mediante la revisión de manuales, publicaciones y páginas web del fabricante.



Realizar pruebas de campo mediante protocolos y ensayos de acuerdo a la normativa NTE INEN 2477 de aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente para ser ejecutadas en la ciudad de Latacunga.



Instalar el sistema de alumbrado necesario para el patrullaje nocturno de zonas poco iluminadas.



Hipótesis

¿La selección del tren motriz para uso vehicular de reconocimiento táctico militar en diferentes superficies con altos desniveles en el mismo, dependerá de la potencia y torque que disponga para cumplir con sus funciones?

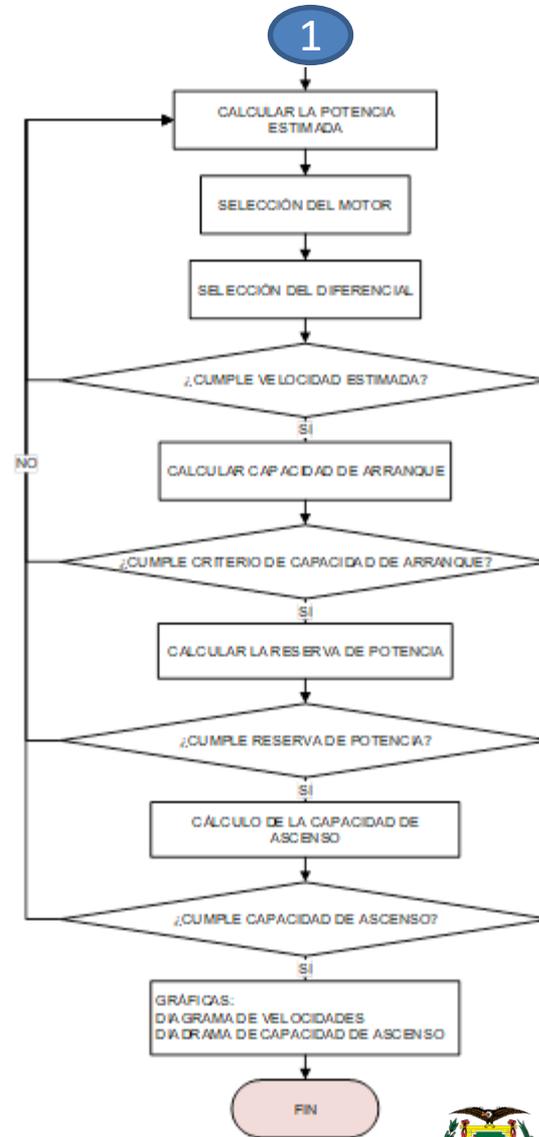
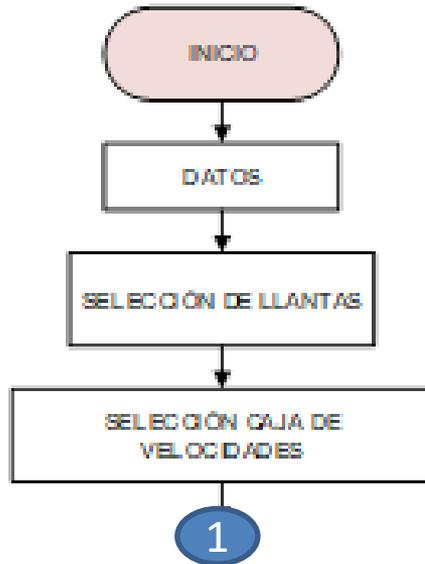
Variables dependientes

Potencia y torque del motor para el vehículo de reconocimiento táctico militar.

Variables independientes

Selección del tren motriz para el vehículo de reconocimiento táctico militar.





Dimensionamiento del Tren Motriz



Dimensionamiento del Tren Motriz



Desarrollo

Selección del tren motriz

Datos



Neumático continental

Selección de llantas

Modelo	225/70R15
Marca	Continental
Ancho	225 mm
Altura (% de ancho)	70% de 225 mm
Tipo de construcción	R = radial
Tamaño del rin	15 in
Índice de carga 109/107	1030 - 975 kg
Velocidad máx. para rodar (R)	170 km
Presión	55 psi



Selección caja de cambios

Datos técnicos de la caja de velocidades

Modelo	MSG5E
Marca	ISUZU
Tipo	Engranés sincronizados
Tracción	En las cuatro ruedas, con acople manual
Localización del selector	Selector al piso
Velocidades	5 hacia adelante, 1 hacia atrás
R_{trans} 1 ^{era}	3.785 a 1
R_{trans} 2 ^{da}	2.171 a 1
R_{trans} 3 ^{era}	1.413 a 1
R_{trans} 4 ^{ta}	1.000 a 1
R_{trans} 5 ^{ta}	0.855 a 1
R_{trans} reversa	3.720 a 1



Caja de transferencia

Transfer Case	Caja de velocidades Trooper
Marca	ISUZU
Localización de selector	Localizada en el piso
Relación de engranaje: high	1.000 a 1
Relación de engranaje: low	1.870 a 1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Calcular la potencia requerida

Asfalto plano

Potencia requerida del motor en asfalto plano

Datos obtenidos					P_{re}	
Constante			Variable		Constante	
F_a (N)	F_p (N)	F_{Ro} (N)	F_i (N)	F (N)	V_{media} (m/s)	(hp)
1046,61	0	111,83	1168,50	2326,95		60,66
1046,61	0	131,45	1763,00	2941,06	19,44	76,67
1768,85	0	168,73	1168,50	3106,08		80,97
1768,85	0	168,73	1763,00	3700,58		96,47

Ecuación

$$F = F_a + F_p + F_{Ro} + F_i$$

$$P_{re} = F \cdot V_{media}$$

Nota: Datos obtenido de acuerdo a velocidad de 100 km/h con pendiente 0° a velocidad media de 19,44 m/s



Calcular la potencia requerida

Asfalto pendiente

Potencia requerida del motor en asfalto pendiente

Datos obtenidos					P _{re}	
Constante			Variable		Constante	
F _a (N)	F _p (N)	F _{Ro} (N)	F _i (N)	F (N)	V _{media} (m/s)	(hp)
151,96	3128,44	168,73	430,00	3879,14		30,38
151,96	5116,78	168,73	430,00	5867,47	5,84	45,95
151,96	6664,50	168,73	430,00	7415,19		58,07
151,96	14913,94	168,73	430,00	15664,63		122,68

Ecuación

$$F = F_a + F_p + F_{Ro} + F_i$$

$$P_{re} = F \cdot V_{media}$$

Nota: Datos obtenido de acuerdo a una velocidad de 100 km/h con diferentes grados de pendientes a una velocidad media de 5,84 m/s



Calcular la potencia requerida

Pendiente en tierra

Potencia requerida del motor en pendiente sobre tierra

Datos obtenidos					P _{re}	
Constante				Variable	Constante	
F _a (N)	F _p (N)	F _{Ro} (N)	F _i (N)	F (N)	V _{media} (m/s)	(hp)
151,96	3128,44	1054,58	408,50	4743,48		37,15
151,96	5116,78	1054,58	408,50	6731,82	5,84	52,72
151,96	6664,50	1054,58	408,50	8279,53		64,84
151,96	14913,94	1054,58	408,50	16528,98		129,45

Ecuación

$$F = Fa + Fp + F_{Ro} + Fi$$

$$P_{re} = F \cdot V_{media}$$

Nota: Datos obtenido de acuerdo a una velocidad de 40 km/h con diferentes grados de pendientes a una velocidad media de 5,84 m/s



Selección del motor

Datos técnicos del motor 4ZD1 Chevrolet Trooper 1990

Modelo del motor	4ZD1
Sistema de distribución	OHC
Numero de cilindros	4
Cilindrada	2254 cc (2.3)
Diámetro	89.3 mm
Carrera	90.0 mm
Relación de compresión	8.3
Potencia máxima a 5000 rpm	81 Kw / 110 Cv /108,5 Hp
Torque máximo a 3000 rpm	184 Nm
Carburación	Carburador de cuerpo doble
Encendido	Electrónico



Selección del diferencial

Datos técnicos del grupo deferencial Chevrolet Trooper 1990

Marca	Isuzu
Localización de los diferenciales	Diferencial frontal y posterior al vehículo
Relación diferencial	4.555



Cumple velocidad estimada

Distancia que recorrerá para alcanzar cada velocidad

Datos obtenidos		V _f	d
Constante	Variable		
a (m/s ²)	t (s)	(km/h)	(m)
0,82	6	17,71	14,76
0,82	12	35,42	59,04
0,82	18	53,14	132,84
0,82	24	70,85	236,16
0,82	30	88,56	369,00
0,82	36	106,27	531,36
0,82	42	123,90	723,24
0,82	48	141,70	944,64

Ecuación

$$a = \frac{V_f - V_o}{t}$$

$$d = V_o * t + 0.5at^2$$

Nota: Datos obtenidos en velocidad y distancia que puede alcanzar el vehículo militar táctico



Calcular capacidad de arranque

Capacidad de arranque en pendiente de asfalto con un porcentaje de inclinación del 25 % es decir, $14,04^\circ$



Capacidad de arranque en pendiente sobre tierra con un porcentaje de inclinación del 33,3 % es decir, $18,42^\circ$



¿Cumple criterio capacidad de arranque?

- 16 %, vehículos de uso general sobre carretera
- 25 %, uso moderado sobre carretera y fuera de carretera
- 30 % o más, aplicaciones severas sobre y fuera de carretera

Capacidad de arranque

Datos obtenidos						S
Variables			Constante			
PBV (Ton)	T _{max} (N.m)	P _d	P _{t1}	R (m)	%	
1,2					48,90	
1,415					41,47	
1,675	148,06	4,555	3,785	0.348	35,03	
2,150					27,29	

Ecuación
$$S = \frac{T_{max} * P_d * P_{t1}}{125 * PBV * R}$$

Nota: Porcentaje de capacidad de arranque en pendiente



Reserva de potencia

La potencia de reserva de un motor de combustión interna es la capacidad adicional de energía que puede proporcionar el motor en situaciones de alta demanda, como al acelerar o subir una colina empinada. Esta capacidad adicional se logra al diseñar el motor con una potencia nominal más alta que la que se necesita normalmente para impulsar el vehículo.



Cálculos de capacidad de ascenso

El compromiso entre una determinada pendiente y su peso bruto vehicular se conoce como capacidad de ascenso del vehículo o inclinabilidad (gradeability), es decir, es la capacidad del automotor para lograr subir pendientes con carga a bordo.

Capacidad de ascenso

Datos obtenidos			Valores calculados	
Constante	Variable	Valor nominal	Valor porcentual	
Va (m/s)	Pr (Hp)	PBV (Kg)	G	G%
33,6	39	2150	0,20	20,24
	41		0,21	21,28
	43		0,22	22,32
	45		0,23	23,35
	48		0,25	24,92
	51		0,26	26,47
	53		0,28	27,51
Ecuación	$G = \frac{(37,5 * Pr)}{(PBV * 10^{-3} * Va)}$			

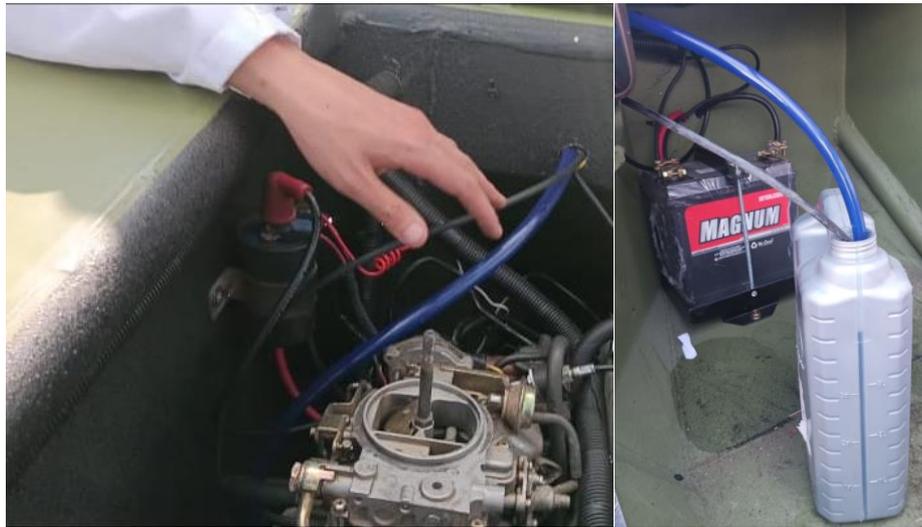
¿Cumple?

Nota: Tabla de cálculo de la capacidad de ascenso en porcentaje.



PRUEBAS DE CONSUMO

Para determinar el consumo de combustible de cada ruta se tomó una medida la cual es un galón o 3,785 lt de gasolina (nafta) y la instalación directa a la bomba de gasolina



PRUEBAS DE CONSUMO

CASO 1 (Dentro de Ciudad Latacunga)



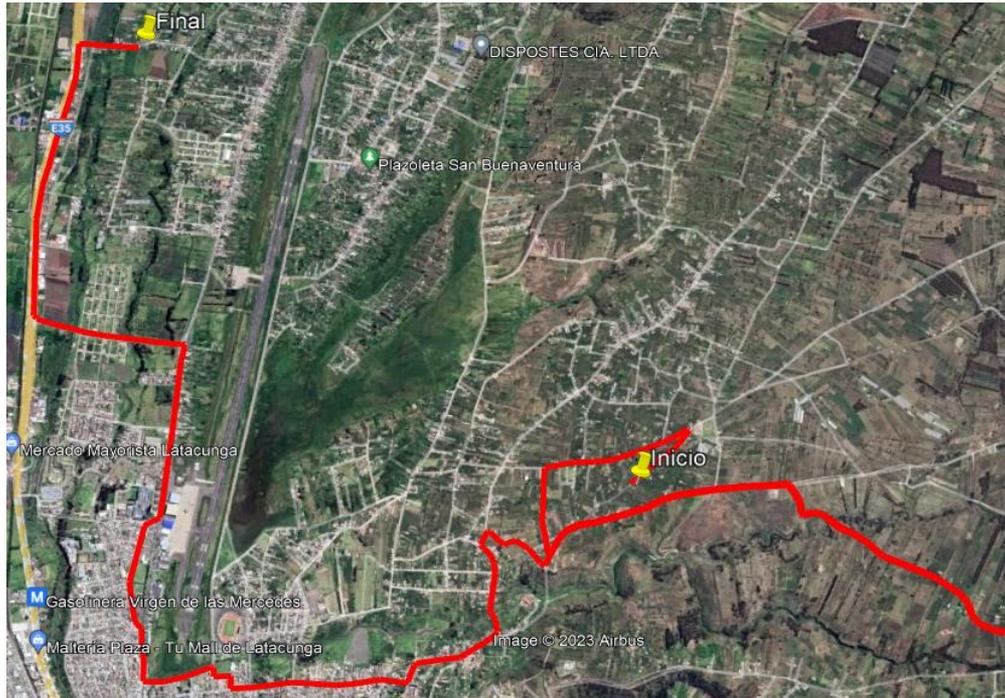
Datos obtenidos

	Constante	Variables
Ruta	Litros (lt)	Kilómetros (km)
Ciudad	3,785	22



PRUEBAS DE CONSUMO

CASO 2 (Ciudad y Campo)



Datos obtenidos

	Constante	Variables
Ruta	Litros (lt)	Kilómetros (km)
Ciudad y Campo	3,785	18



PRUEBAS DE CONSUMO

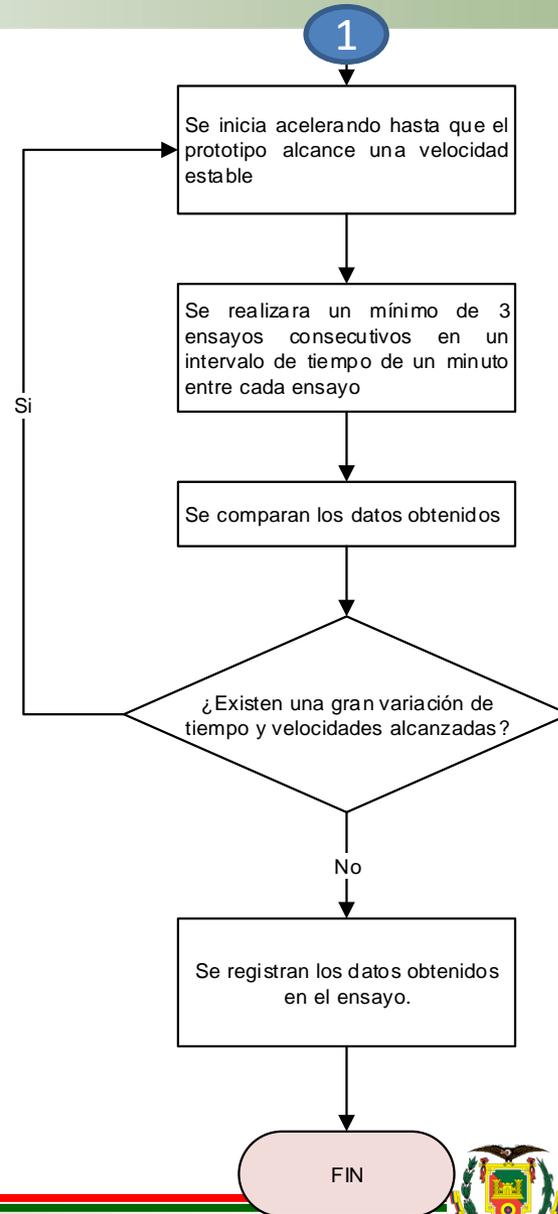
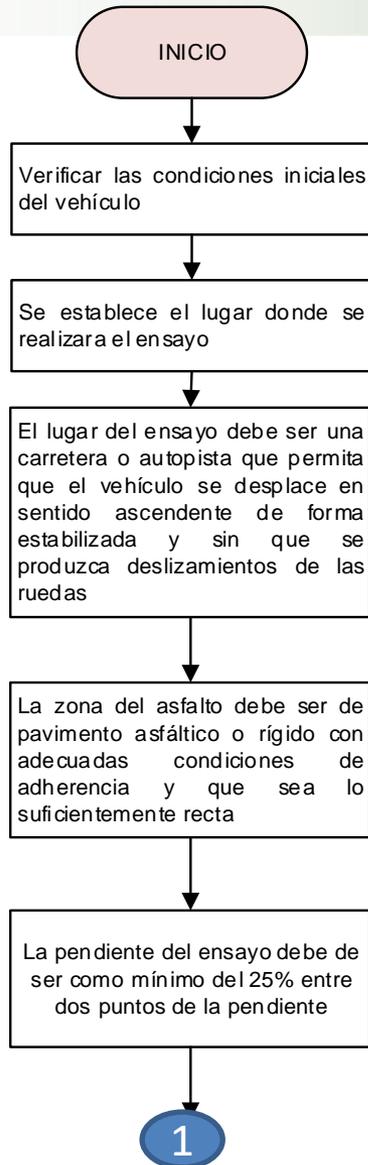
CASO 3 (Campo)



Datos obtenidos		
	Constante	Variables
Ruta	Litros (lt)	Kilómetros (km)
Campo	3,785	16



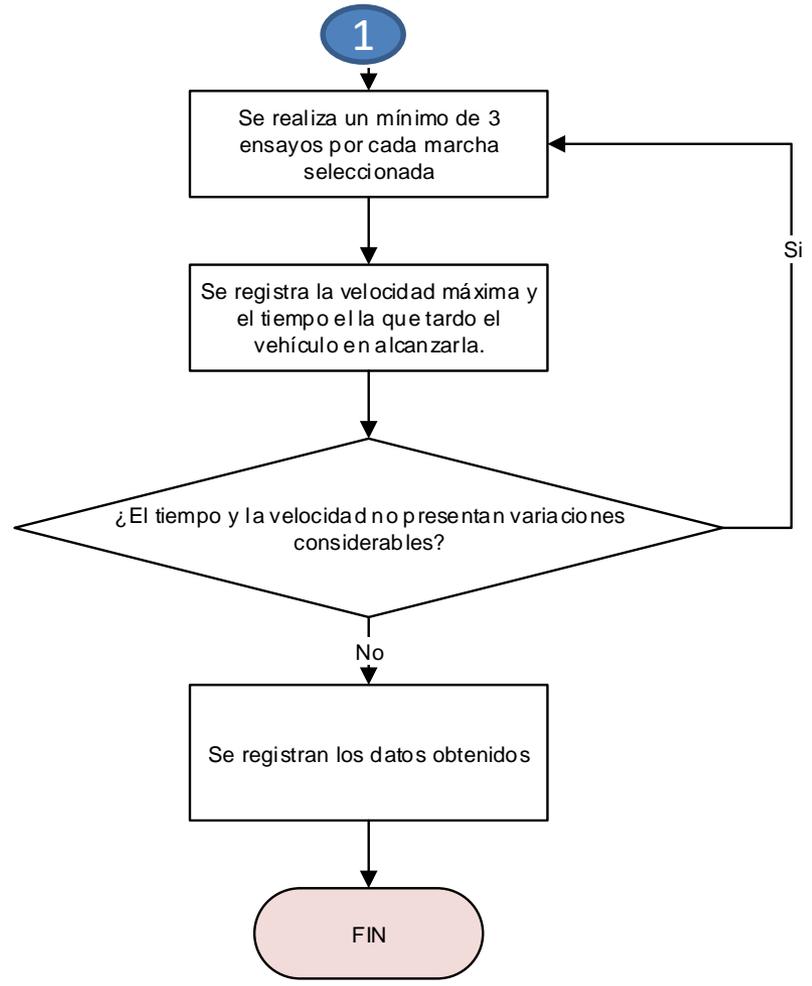
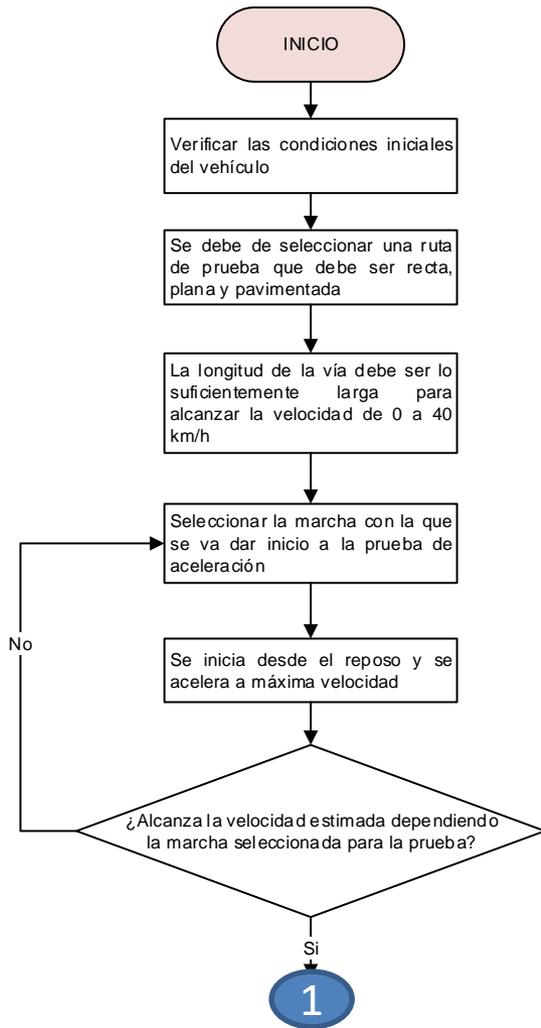
PRUEBAS DE ARRANCABILIDAD EN PENDIENTE



PRUEBAS DE ARRANCABILIDAD EN PENDIENTE



PRUEBAS DE ACELERACIÓN EN PLANO



PRUEBAS DE ACELERACIÓN EN PLANO

De acuerdo a la normativa NTE INEN 2477 se desarrollan las pruebas de aceleración en plano.



Para estas prueba se debe de tener los siguientes datos

Pruebas: 40 km/h

Pruebas: 80 km/h

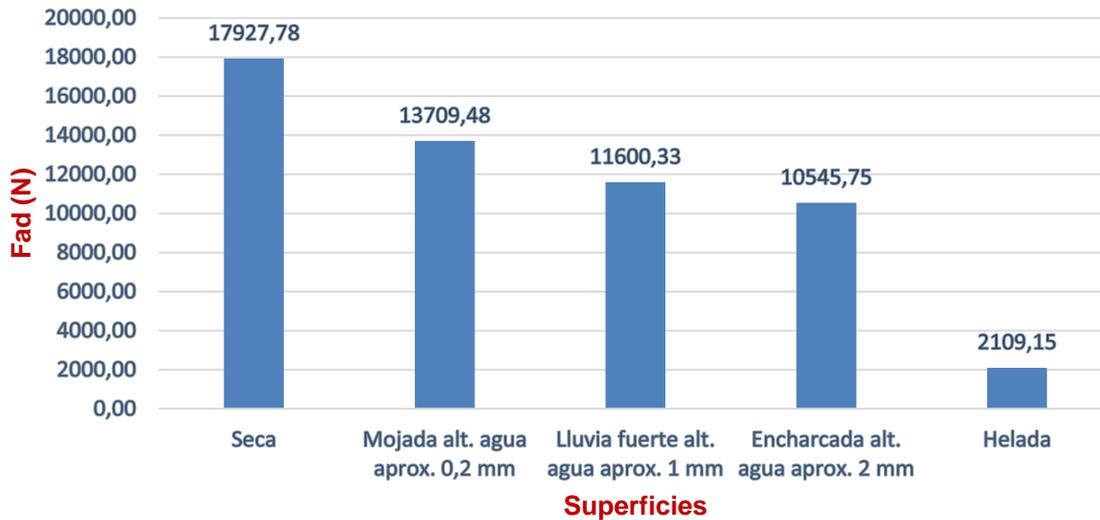
Pruebas: 100 km/n



Análisis de datos

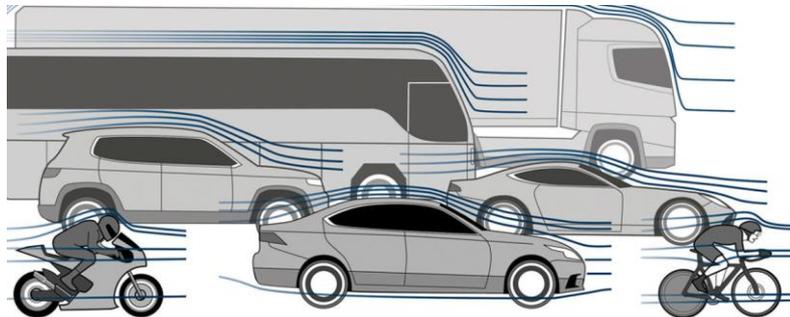
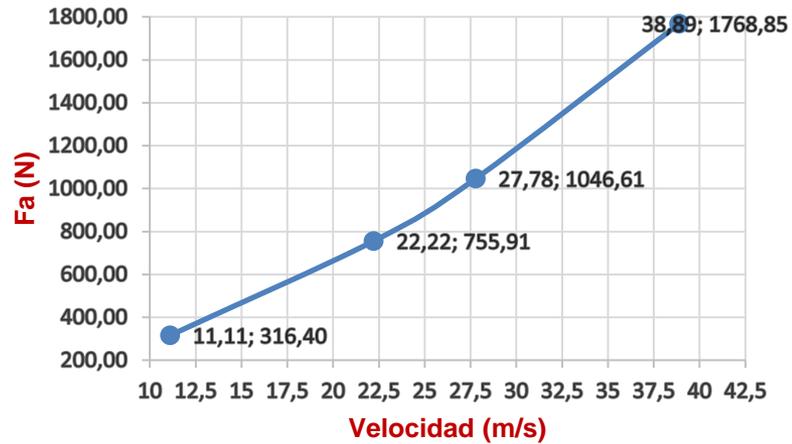
Fuerza de Adherencia

Fuerza de adherencia a 50 km/h



Fuerza aerodinámica

Fuerza aerodinámica en plano

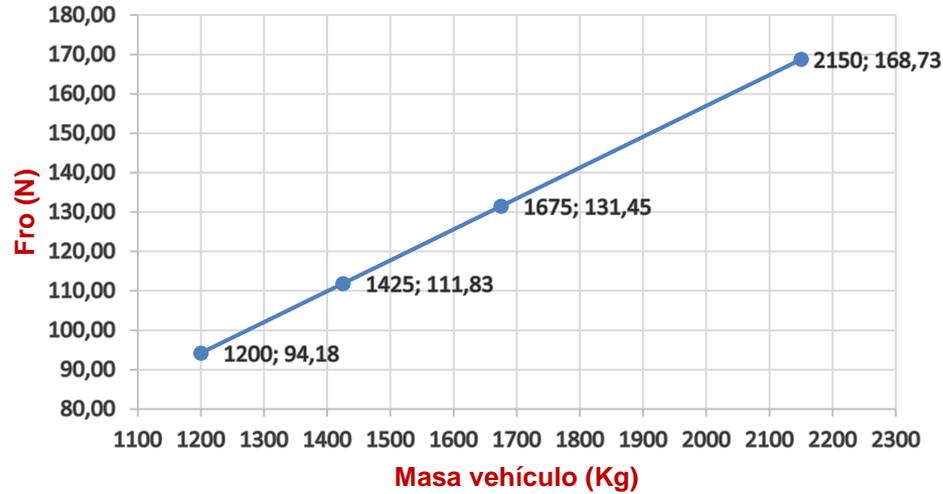


Fuerza aerodinámica en pendiente

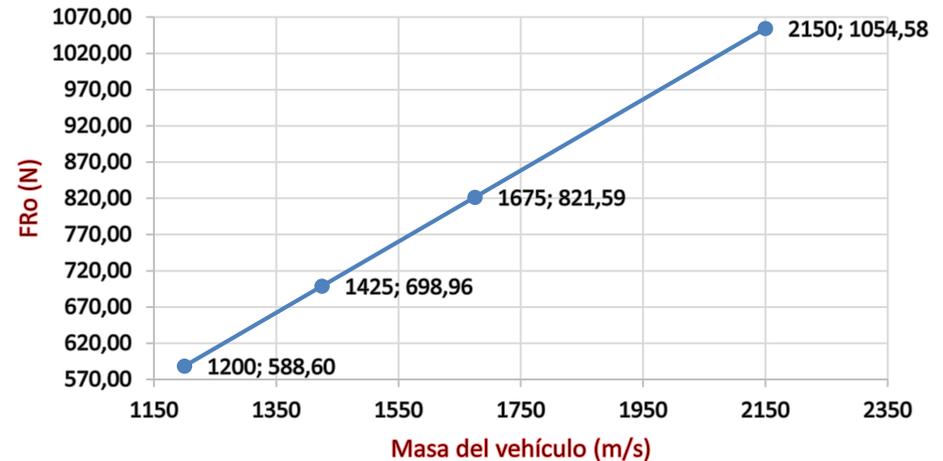


Fuerza por resistencia al rodamiento

Fuerza por resistencia al rodamiento en asfalto

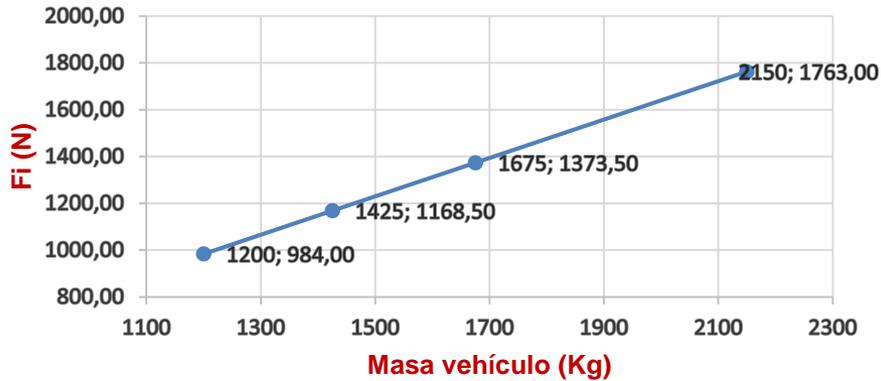


Fuerza por resistencia al rodamiento sobre tierra

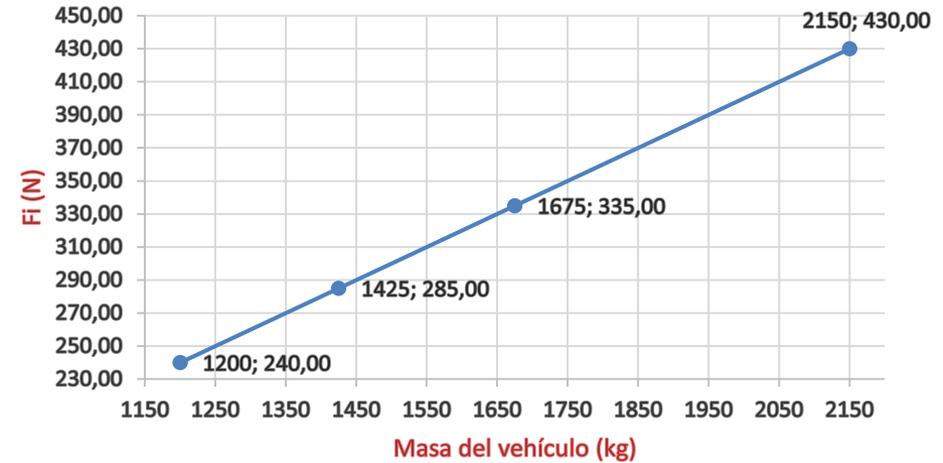


Fuerza por inercia

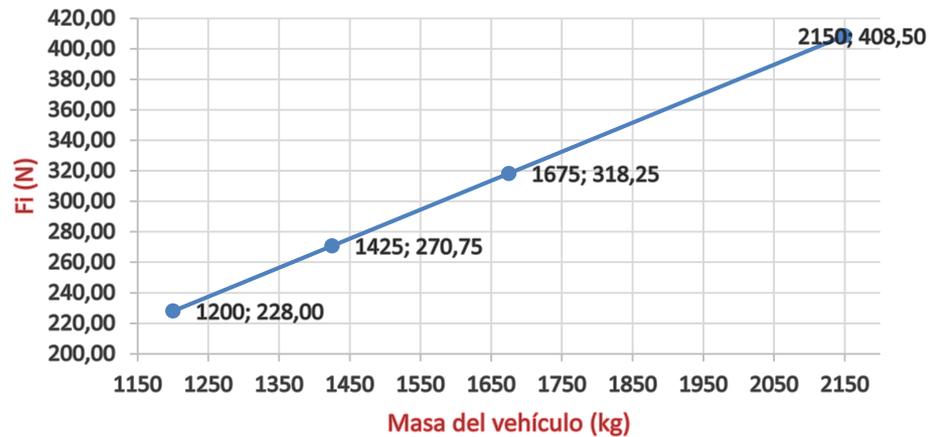
Fuerza por inercia en plano



Fuerza por inercia en pendiente asfalto



Fuerza por inercia en pendiente sobre tierra

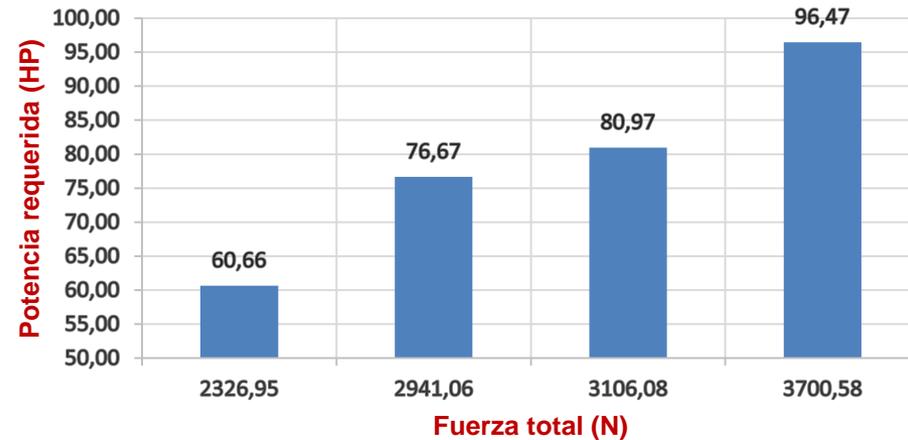


Potencia requerida

Potencia requerida del motor en asfalto plano

Datos del vehículo		Potencia
Masa	Velocidad	
(kg)	(m/s)	(Hp)
1425	100	60,66
	140	76,67
2150	100	80,97
	140	96,47

Potencia requerida del motor en asfalto plano

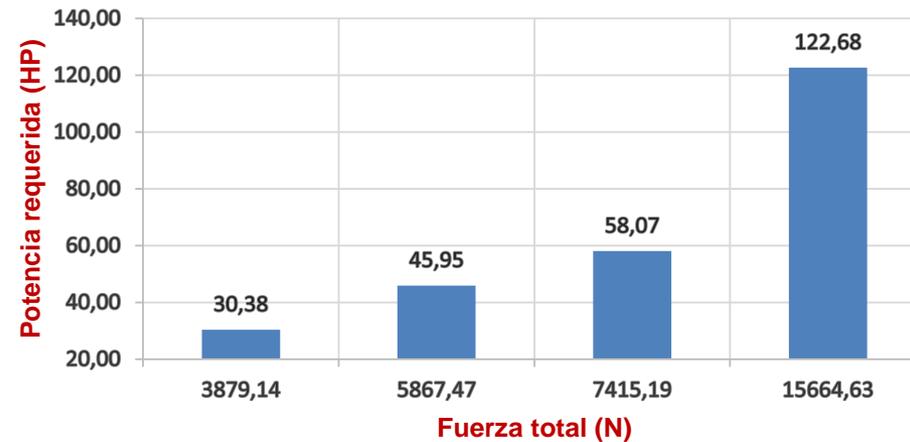


Potencia requerida

Potencia requerida del motor en pendiente de asfalto

Datos del vehículo		Potencia (Hp)
Masa (kg)	Pendiente (%)	
2150	15	30,38
	25	45,95
	33,3	58,07
	45	122,68

Potencia requerida del motor en pendiente de asfalto

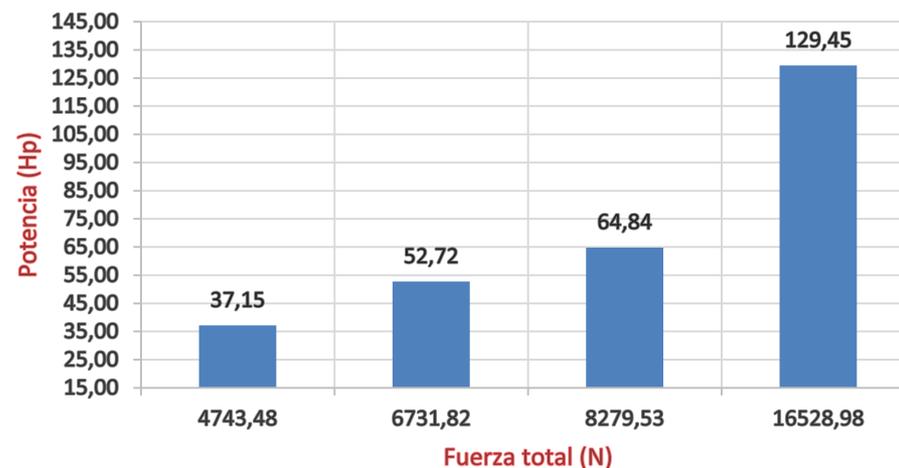


Potencia requerida

Potencia requerida del motor en pendiente sobre tierra

Datos del vehículo		Potencia
Masa	Pendiente	
(kg)	(%)	(Hp)
2150	15	37,15
	25	52,72
	33,3	64,84
	45	129,45

Potencia requerida del motor en pendiente de tierra

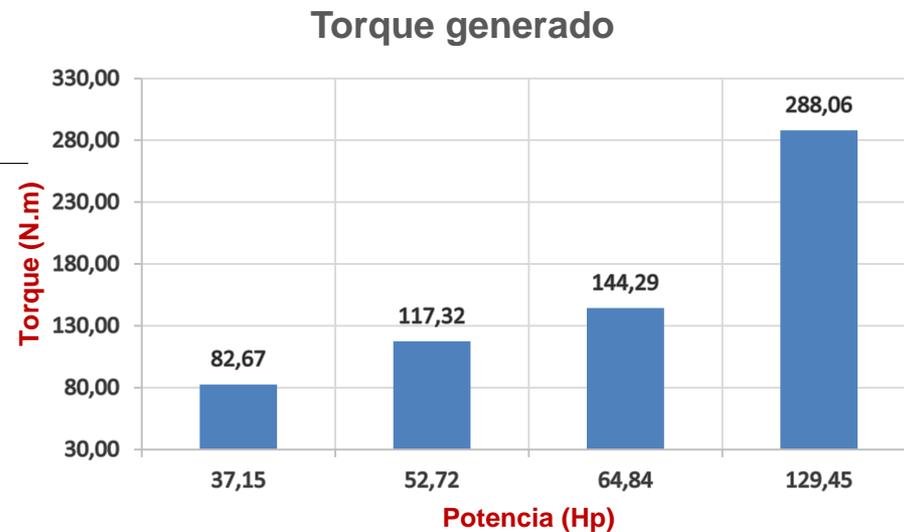


Torque

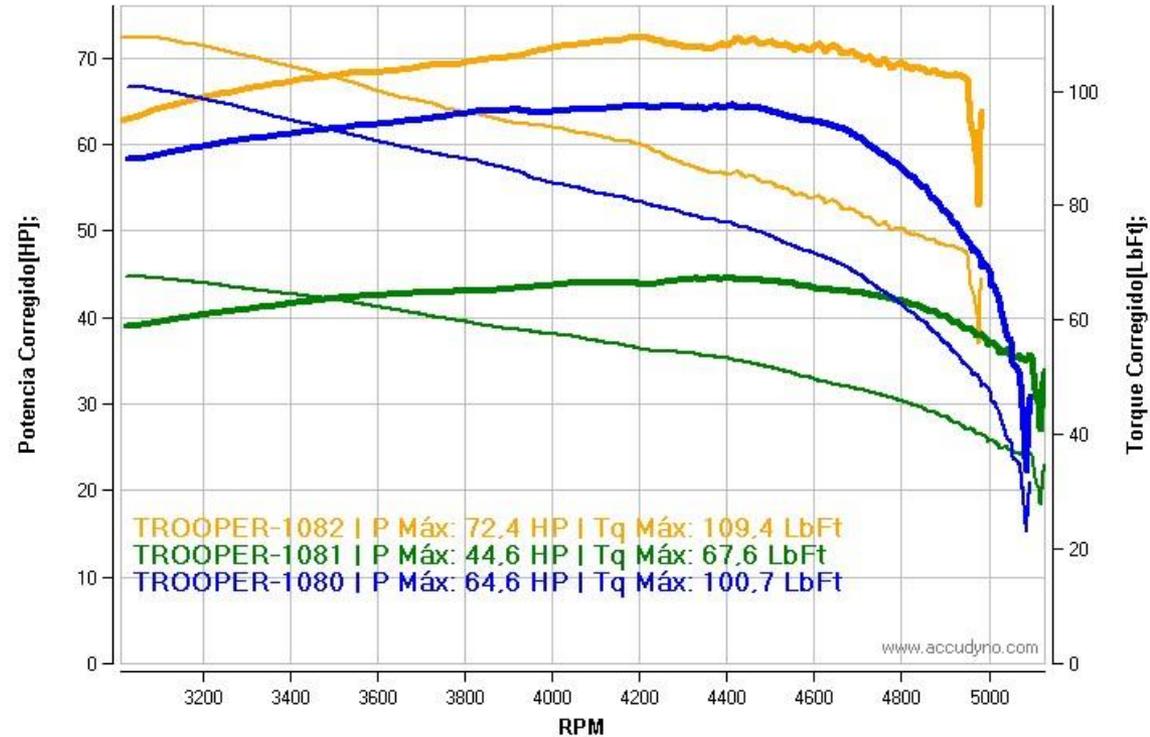
Para establecer el torque necesario que debe tener el vehículo militar táctico se hizo de acuerdo con los datos obtenido de potencia (Hp) cuando el vehículo se encuentra subiendo una pendiente sobre tierra

Torque en base a las rpm

Datos del motor		Torque (Nm)
Potencia (Hp)	RPM	
37,15	3200	82,67
52,72		117,32
64,84		144,29
129,45		288,06



Dinamómetro



Potencia Máxima	72,6 HP @ 4200 rpm
Torque Máximo	109,2 LbFt @ 3000 rpm



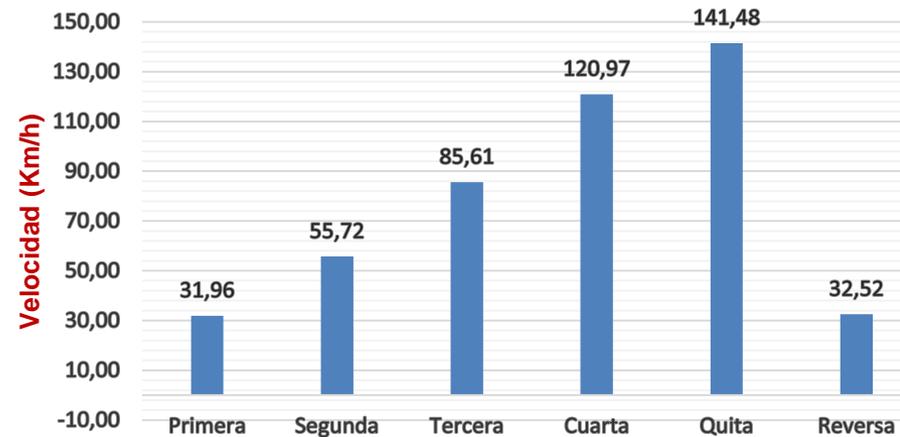
Velocidades que alcanza el vehículo

Tabulación de velocidades obtenidas en salida a las ruedas

Datos obtenidos			
	Variables	Constante	$V_{vehículo}$ Km/h
Marchas	W_{rueda} Rpm	R_{rueda} m	
Primera	243,61		31,96
Segunda	424,72		55,72
Tercera	652,56	0,348	85,61
Cuarta	922,06		120,97
Quinta	1078,44		141,48
Reversa	247,87		32,52

Ecuación	$V_{vehículo} = \left(W_{rueda} \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * \frac{60 min}{1 h} \right) * \left(R_{rueda} m * \frac{1 km}{1000 m} \right)$		
----------	--	--	--

Velocidades del vehículo



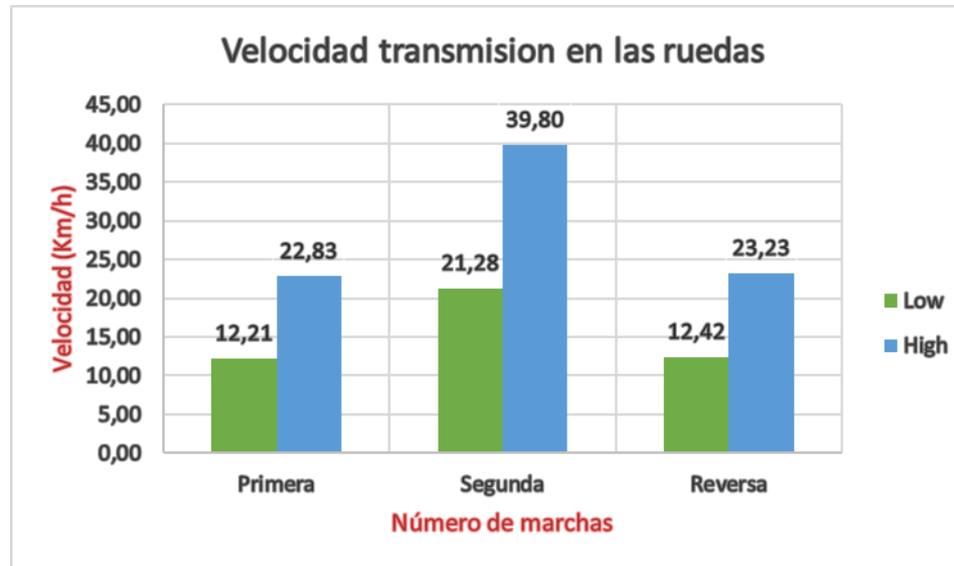
Velocidades de la transmisión



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

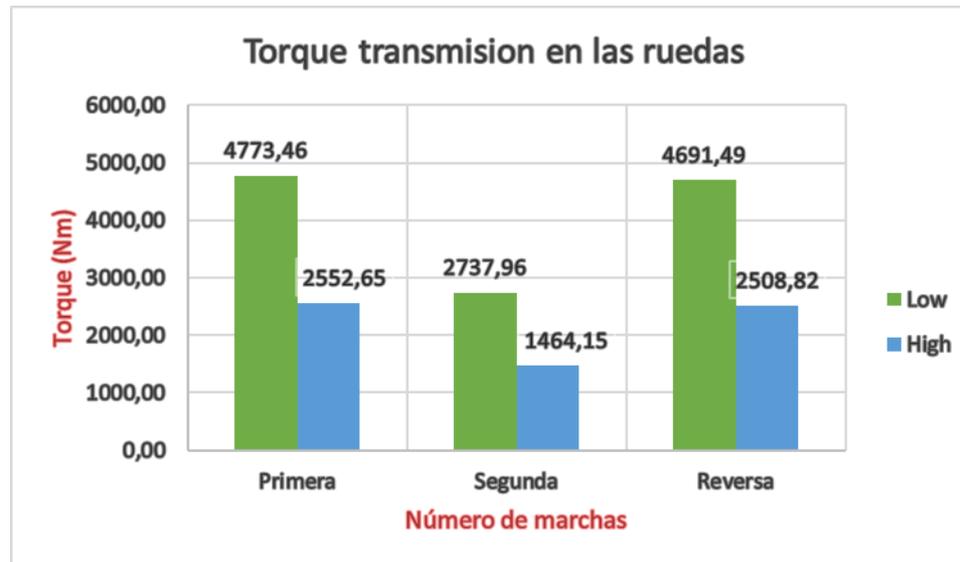
Velocidad 4x4

Para establecer las velocidades máximas que puede alcanzar mencionado automotor al activar su caja de transferencia, ofrece una relación de transmisión en LOW de 1,870 y HIGH de 1

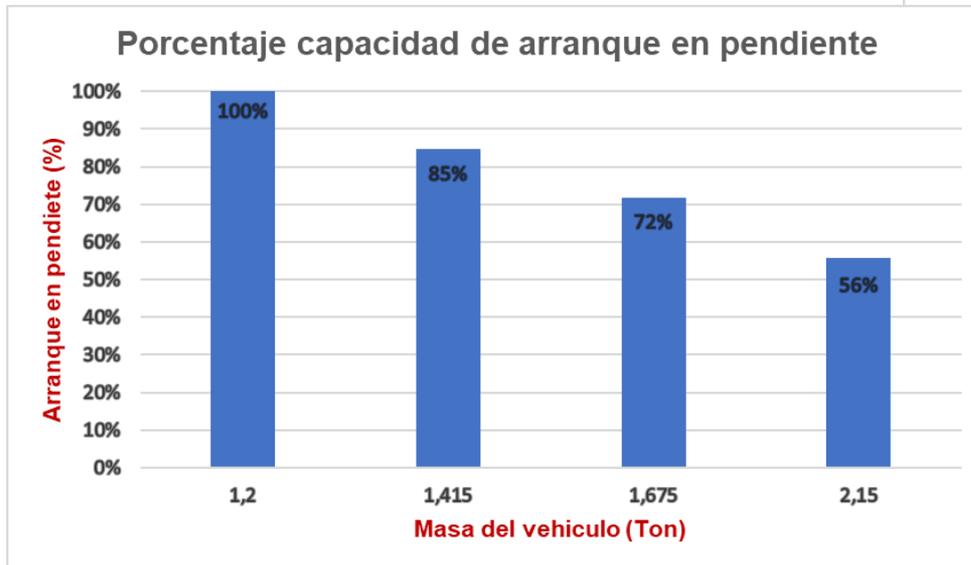
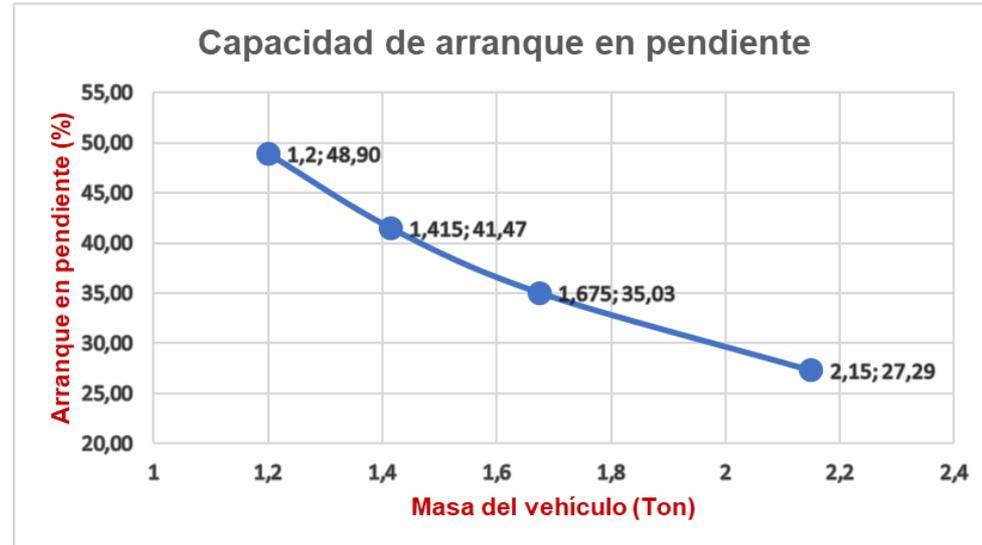


Torque 4x4

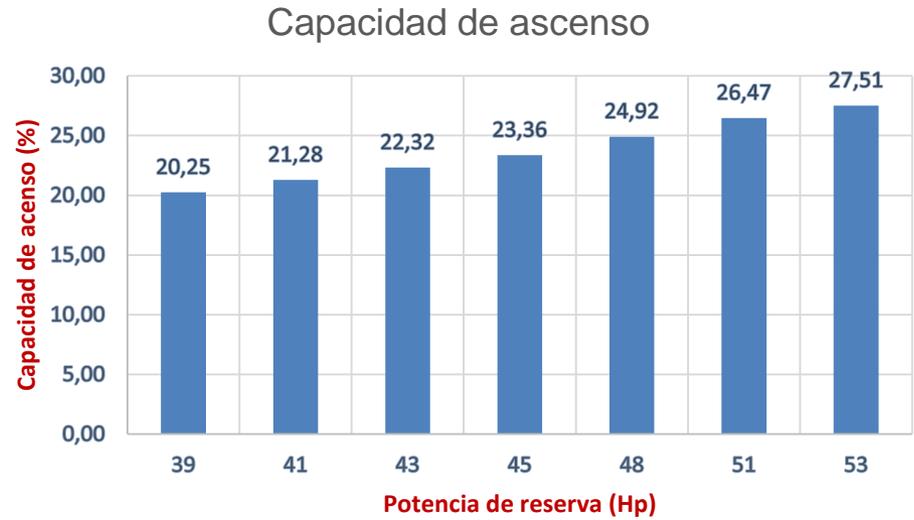
Para establecer los torques máximos que puede alcanzar el tren motriz al activar su caja de transferencia, ofrece una relación de transmisión en LOW de 1,870 y HIGH de 1.



Capacidad de arranque en pendiente



Capacidad de ascenso en pendiente



Relación Peso-Potencia

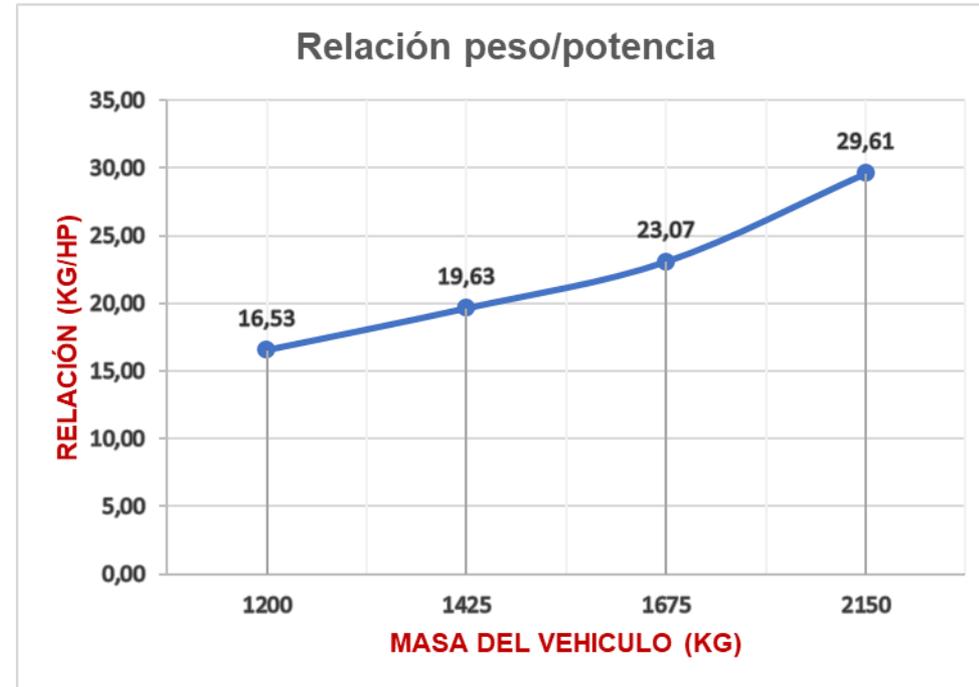
Peso original: 1415 Kg

Peso del nuevo prototipo: 1200 Kg

Potencia máx.: 72,6 Hp

Con carrocería original por cada Hp mueve 19,49 Kg del peso en orden de marcha.

Ahora por cada Hp mueve 16,53 Kg del peso en orden de marcha.



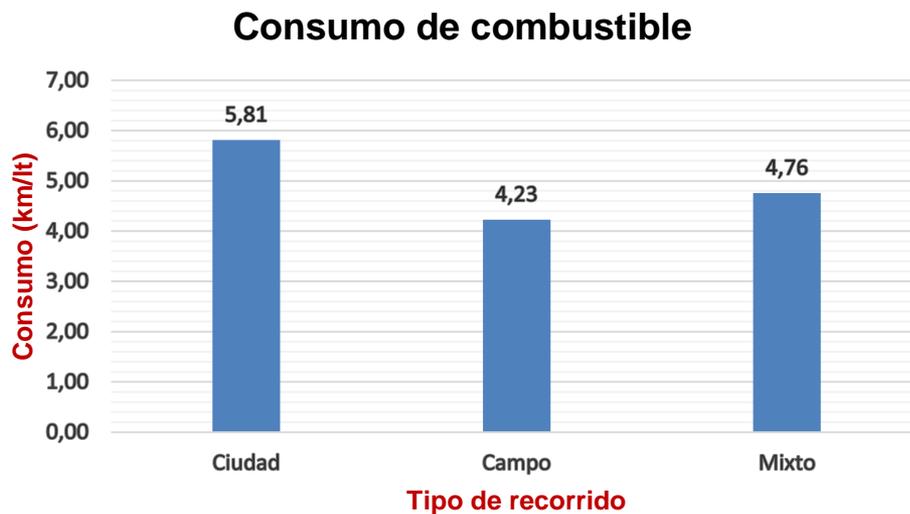
Análisis de datos del consumo de combustible

Consumo de nafta en diferentes rutas

Datos obtenidos			Consumo (km/lt)
	Constante	Variables	
Ruta	Litros (lt)	Kilómetros (km)	
Ciudad		22	5,81
Campo	3,785	16	4,23
Mixto		18	4,76

Ecuación
$$\text{Consumo} = \frac{\text{Km}}{\text{lt}}$$

Nota: los datos obtenidos del consumo se basaron de acuerdo con las pruebas de rutas



Ensayo de aceleración en plano NTE INEN 2477

Prueba de aceleración a 40 km/h en plano

Datos obtenidos a 40 km/h					Promedio
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	22	23	24	23
Tiempo	s	7	6	6	6,33
Distancia	m	37	39	39	38,33

Prueba de aceleración a 80 km/h en plano

Datos obtenidos a 80 km/h					Promedio
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	55	55	56	55,33
Tiempo	s	21	24	21	22
Distancia	m	345	351	326	340,67

Prueba de aceleración a 100 km/h en plano

Datos obtenidos a 100 km/h					Promedio
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	72	72	71	71,67
Tiempo	s	35	34	33	34
Distancia	m	667	678	647	664



Arrancabilidad en pendiente NTE INEN 2477

Prueba de arrancabilidad en pendiente del 25%

Datos obtenidos a pendiente del 25%					Promedio
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	40	46	40	42
Tiempo	s	29	28	29	28,67
Distancia	m	310	310	310	310



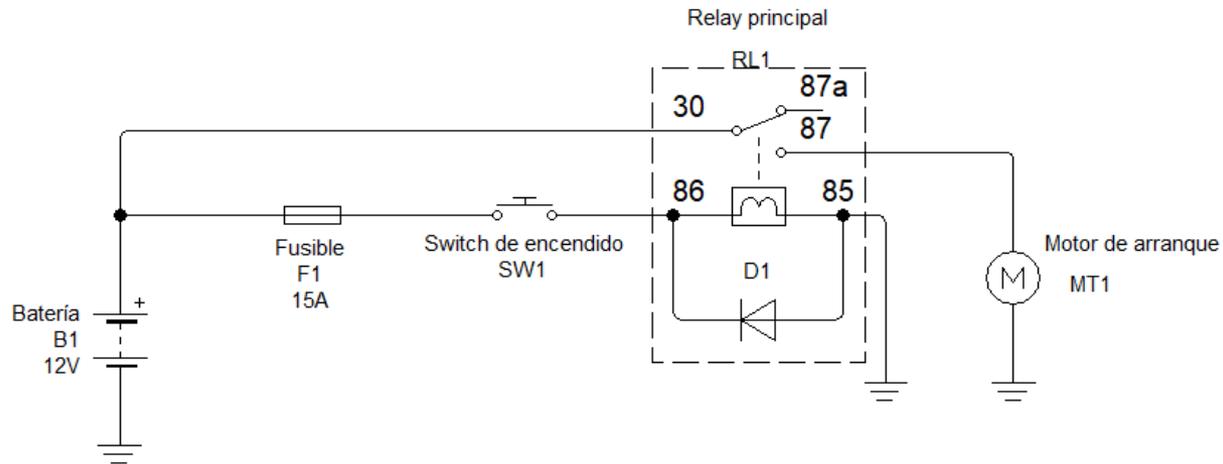
Prueba de arrancabilidad en pendiente del 33,3%

Datos obtenidos a pendiente del 33,3 %					Promedio
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	11	12	11	11,33
Tiempo	s	61	56	60	59
Distancia	m	186	186	186	186



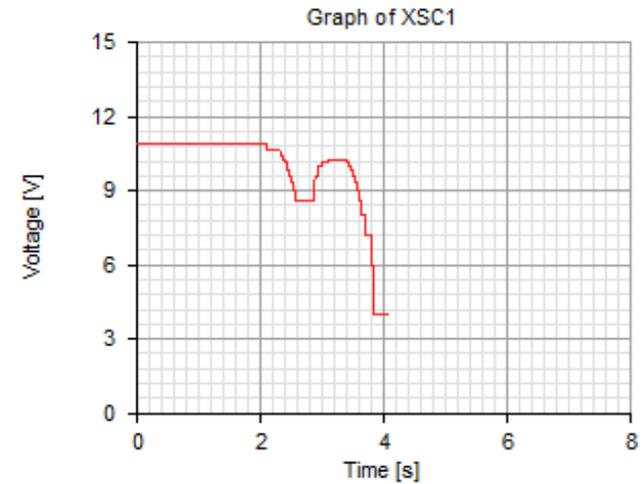
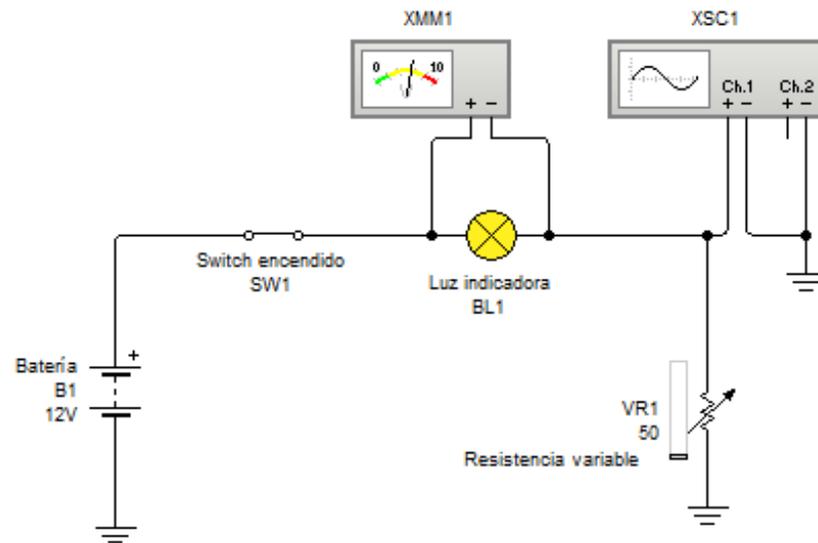
Instalación eléctrica del nuevo vehículo

Circuito de arranque



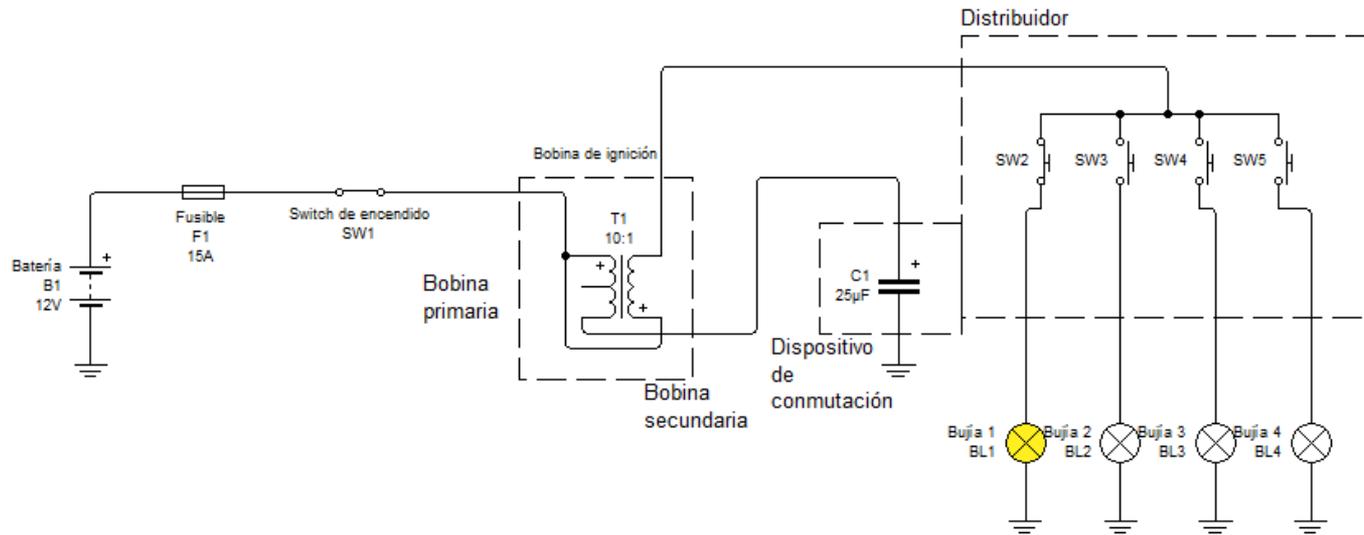
Instalación eléctrica del nuevo vehículo

Circuito indicador de combustible



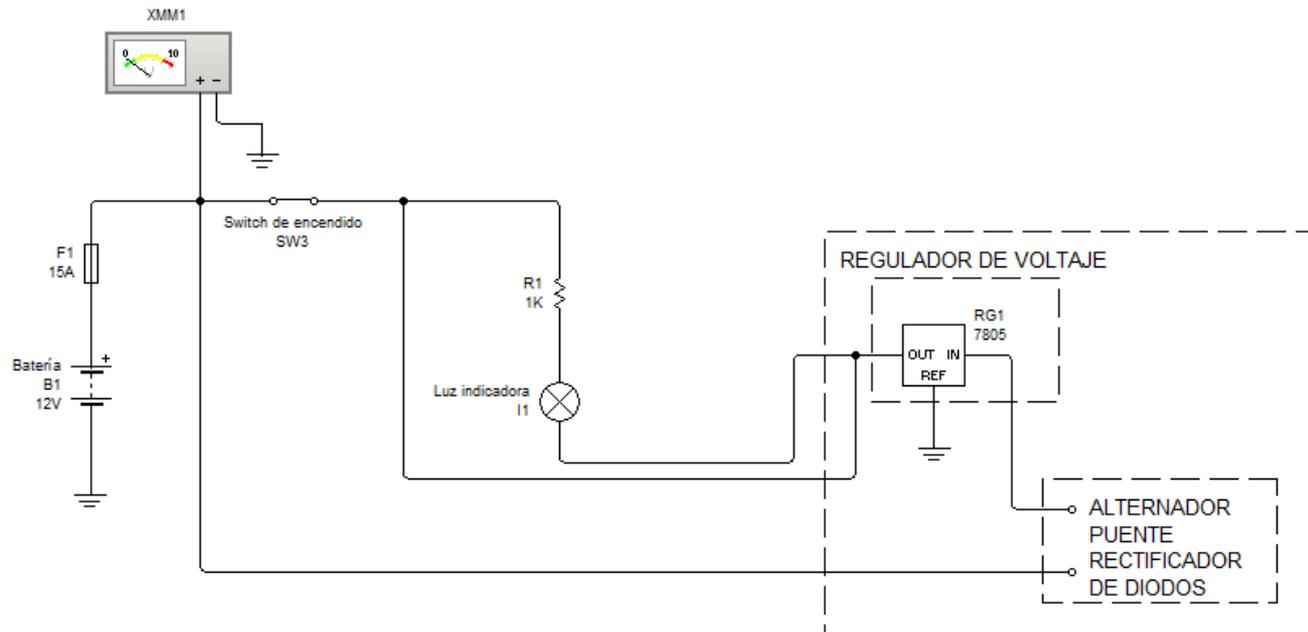
Instalación eléctrica del nuevo vehículo

Circuito de encendido



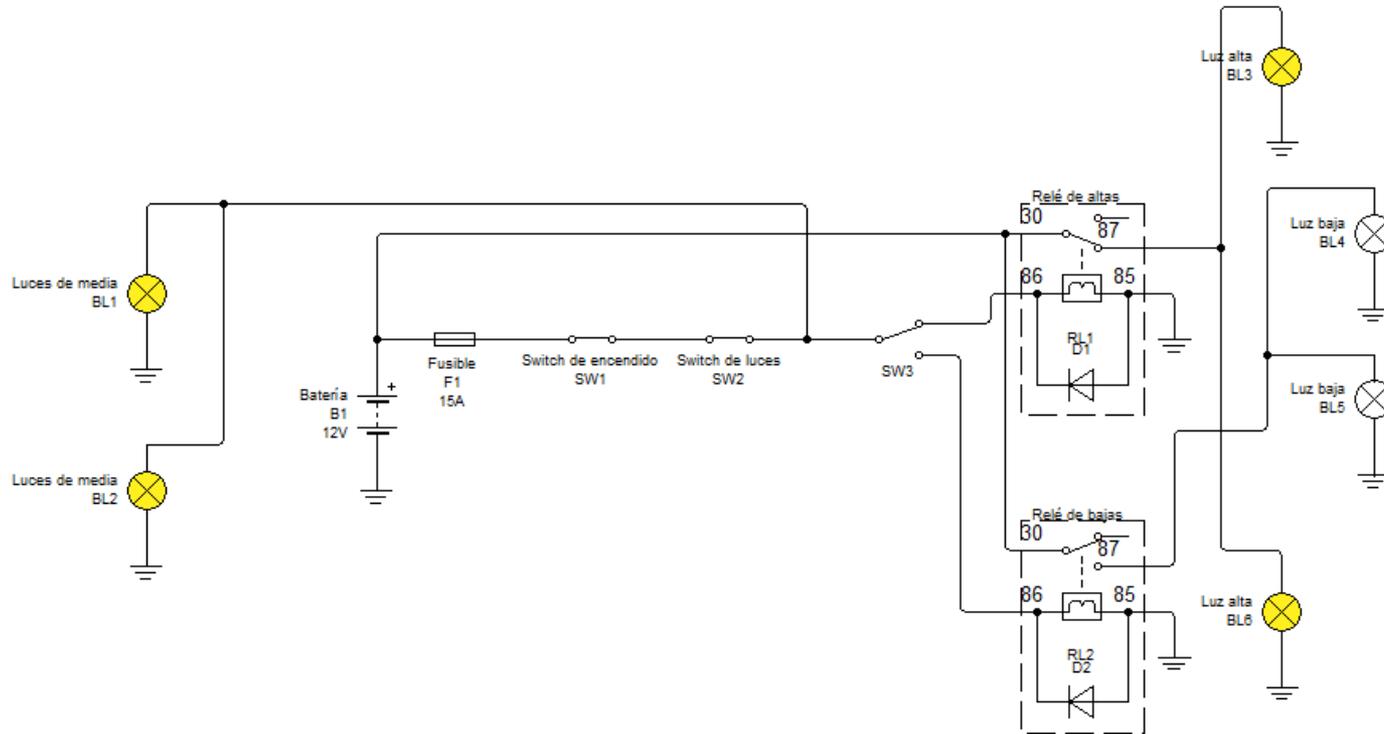
Instalación eléctrica del nuevo vehículo

Circuito de carga



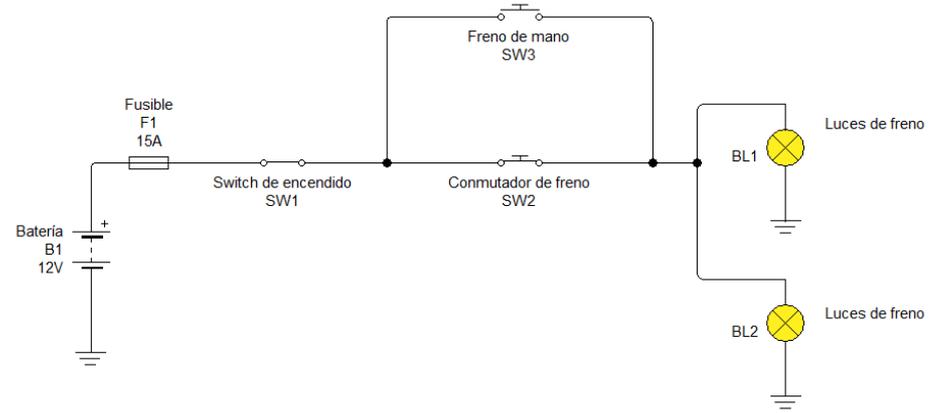
Instalación eléctrica del nuevo vehículo

Circuito de luces altas, bajas y medias

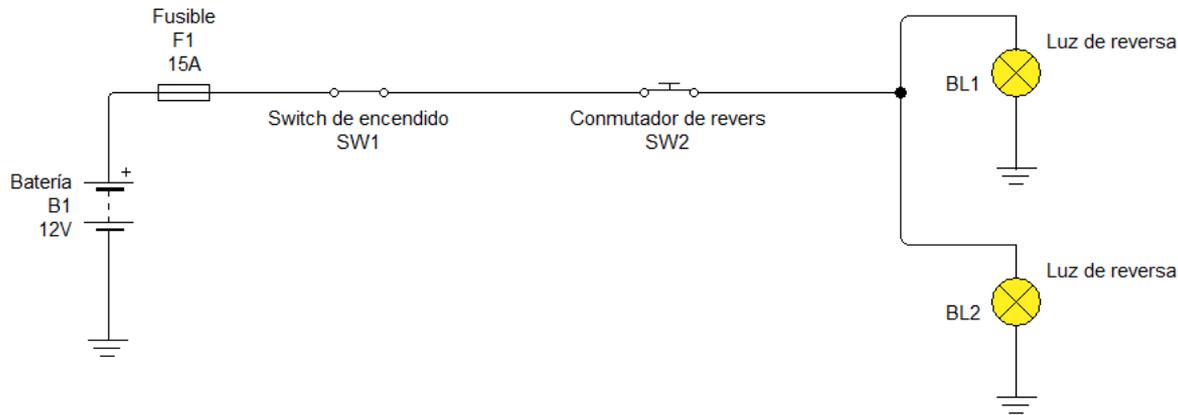


Instalación eléctrica del nuevo vehículo

Circuito luces de freno



Circuito marcha atrás



Circuito de estacionamiento con destellado

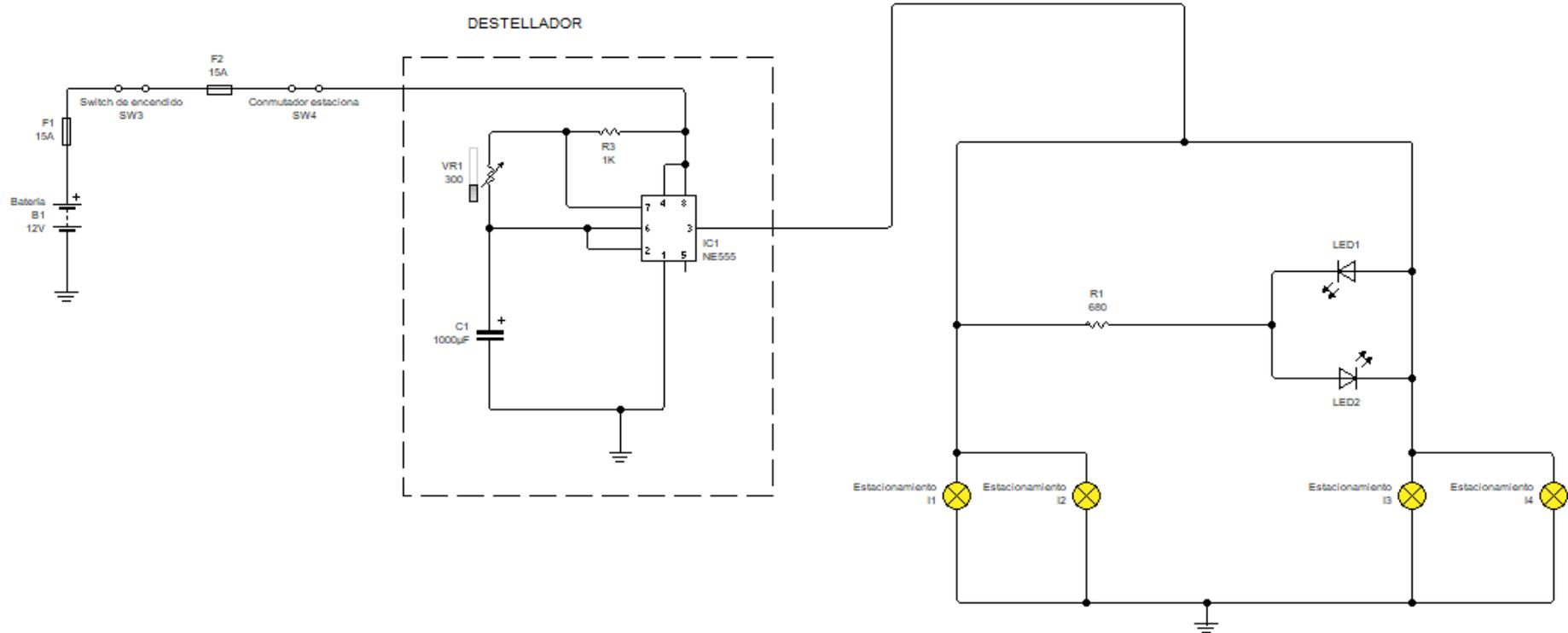
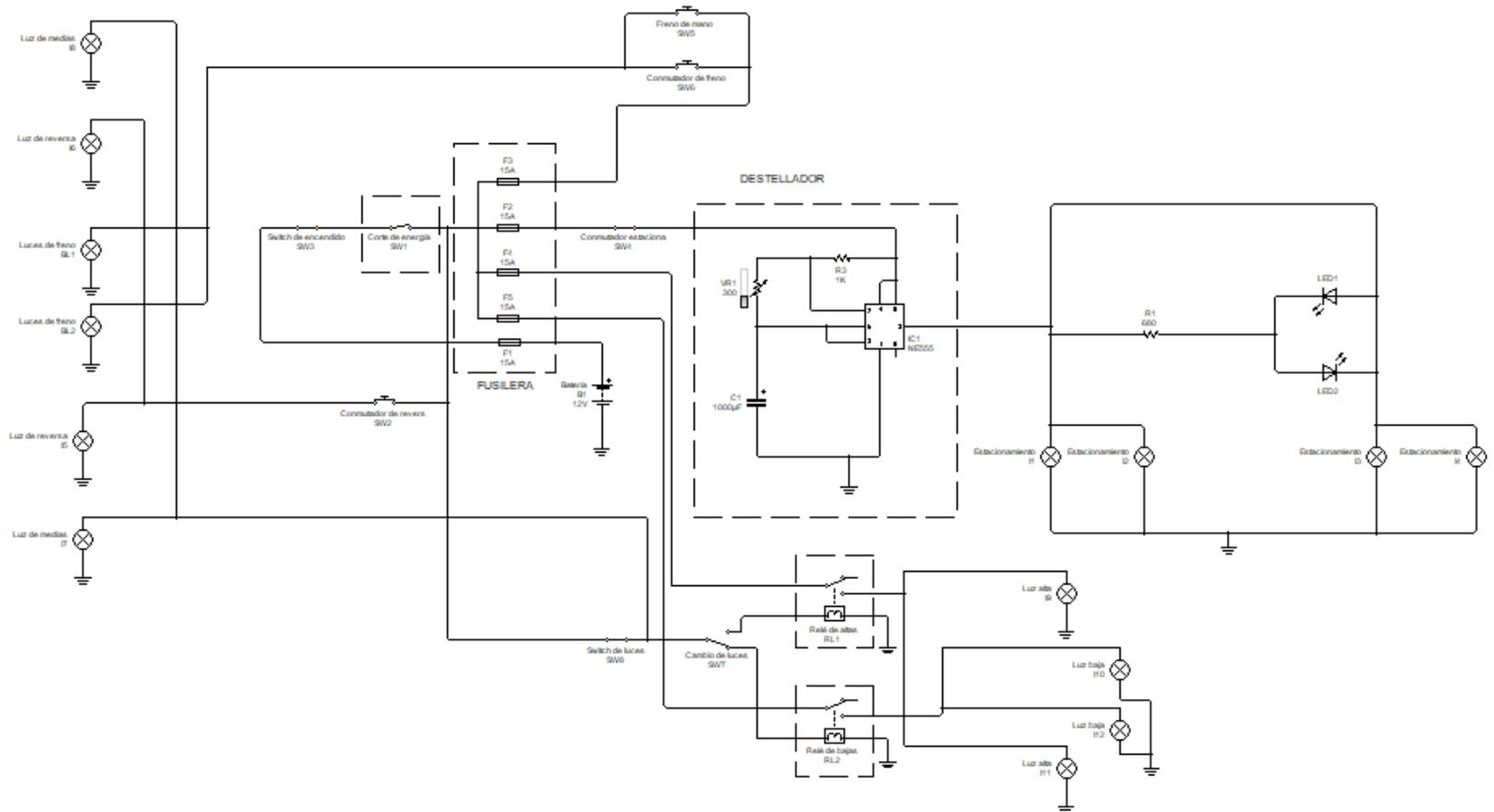


Diagrama eléctrico con interruptor de corte de energía



CONCLUSIONES

- El dimensionamiento del vehículo táctico militar fue uno de las primeras acciones para determinar las medidas necesarias en el rediseño de una nueva estructura tubular su altura cambio de 1,8 m a 1,64 m y su ancho de 1,65 m a 1,55 m. Manteniendo la distancia entre ejes de 2,30 m, la trocha frontal de 1,39 m y la trocha trasera de 1,40 m.
- Con la disminución del peso de 1415 kg original del Chevrolet Trooper a los 1200 kg con su nueva estructura, se obtuvo una reducción notable de 215 kg menos de su peso antes mencionado, ofreciendo mayor capacidad de carga que cambio de 735 kg a soportar 950 kg.
- Para poder transportar máxima capacidad de carga en lugares planos asfaltados en el vehículo táctico militar, con un peso bruto de 2150 kg, y estableciendo una velocidad media de 70 km/h o 19,44 m/s de acuerdo con los datos calculados se deberá adquirir un motor con 76,67 Hp de potencia.



CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta la evidencia, y los cálculos realizados de potencia requerida se concluye para que el vehículo táctico de reconocimiento pueda arrancar en una pendiente asfaltada del 25 % con un su peso bruto vehicular de 2150 kg, requiere un motor con potencia de 45.95 Hp la cual avanzara a una velocidad media de 21,02 km/h o 5,84m/s.
- El análisis efectuado con respecto a la prueba en pendiente de 33,3% en tierra se determinó que, para este tipo de inclinación y terreno, el vehículo táctico con su peso bruto necesita un motor con 64,84 Hp para cumplir con el trabajo a velocidad media de 5,84 m/s.
- Mediante la prueba dinamométrica de torque – potencia y obtenciones de velocidades se determinó el tren motriz adecuado para el proyecto de investigación cuenta con un torque máximo de 148,06 N.m a 3000 rpm, una potencia de 72,6 Hp a 4200 rpm y velocidad máxima de 141,48 Km/h.



CONCLUSIONES

- De acuerdo con las pruebas dinamométrica se obtuvo 72,6 Hp de potencia a 4200 rpm, sin embargo, por cada 1000 m de altura se pierde el 10 % de su capacidad real que puede ofrecer si estuviese a una altura al nivel del mar, es así que al estar a una altitud de 2850 m sobre el nivel del mar el motor que antes daba 108,5 hp pierde el 25% de su potencia , es decir, su potencia real, a mencionada altitud es de 81,32 Hp y a comparación de lo obtenido en el dinamómetro tenemos una reducción de 10,72% (8,72 Hp) perdidos por el tiempo de funcionamiento del motor.
- Según la normativa SAE J2469 al tener una capacidad de arranque en pendiente igual o superior al 25% puede realizar aplicaciones severas sobre y fuera de carreteras, fue el caso al tener una masa de 2150 kg se obtuvo una capacidad de arranque del 27,29%, indicando que el criterio cumple con la selección del tren motriz.



CONCLUSIONES

- Mediante las pruebas de ruta se determinó que el vehículo consume mayor cantidad de combustible en zonas rurales, acabando 1 litro de gasolina por cada 4230 m de recorrido en diferencia a la ruta de ciudad que se acabó 1 litro por cada 5810 m, consumiendo cerca de un 27 % de combustible cerca de 6 Km de diferencia.
- A partir de los análisis precedentes de la relación peso-potencia se determinó que, a partir del peso bruto del vehículo de los 2150 Kg y la potencia máxima de 72,6 Hp, existe una relación de 29,61 Kg de masa del vehículo, es decir, que un Hp es capaz de transportar la masa antes mencionada.



RECOMENDACIONES

- Conocer los requisitos del vehículo, antes de seleccionar un tren motriz, es importante tener una comprensión clara de los requisitos del vehículo, como la carga útil máxima, la velocidad máxima, la capacidad de ascenso y la eficiencia en el consumo de combustible.
- Considerar las opciones del tren motriz, hay varias opciones de tren motriz disponibles, como motores de gasolina, motores diésel, motores eléctricos y sistemas híbridos. Cada opción tiene sus propias ventajas y desventajas, y es importante investigar y evaluar cada opción antes de tomar una decisión.
- Analizar los costos es un factor importante en la selección de un tren motriz. Además, considerar no solo el costo inicial de compra, sino también el costo de operación y mantenimiento a largo plazo.
- Considerar el consumo de combustible, especialmente para los vehículos que se utilizan con frecuencia o que van a largas distancias de recorrido.

