



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

**TEMA:**

**ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL SISTEMA DE FRENOS Y DIRECCIÓN DEL VEHÍCULO**

**JEEP WILLYS CJ3A**

**Autores:**

**Loayza Encalada, Bolívar Enrique**

**Vidal Rivera, David Christian**

**Director:**

**Ing. Víctor Danilo Zambrano León.**

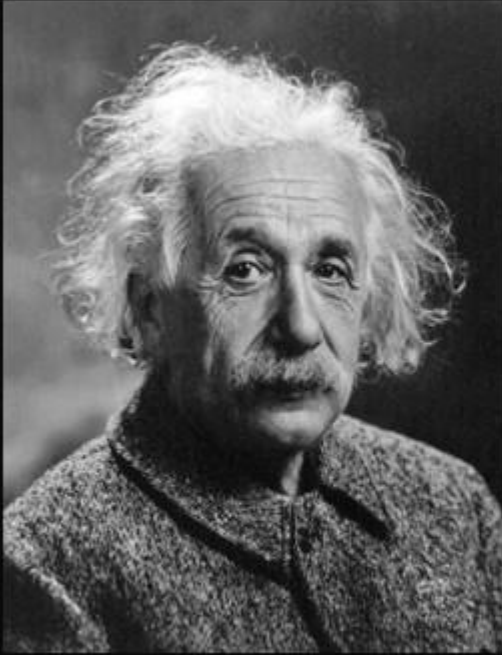
**Latacunga**

**2022**





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



Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber

(Albert Einstein)

[akifrases.com](http://akifrases.com)





# Contenido

- OBJETIVO GENERAL
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- META
- HIPÓTESIS
- MARCO TEÓRICO
- INTRODUCCIÓN
- CÁLCULOS
- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
- PRUEBAS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



# OBJETIVO GENERAL

- Analizar la cinemática del sistema de frenos y dirección del vehículo JEEP WILLYS CJ3A, en diferentes condiciones de funcionamiento.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fundamentar científicamente el diseño y requerimientos de los sistemas de dirección y frenos de los vehículos todoterreno para uso militar
- Investigar características de diseño y manufactura de los componentes de los sistemas de dirección y frenos del JEEP CAMPERO WILLYS.
- Optimizar los sistemas vehiculares de frenos y dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el laboratorio de Mecánica de Patio, mediante análisis estático y dinámico utilizando software CAD.

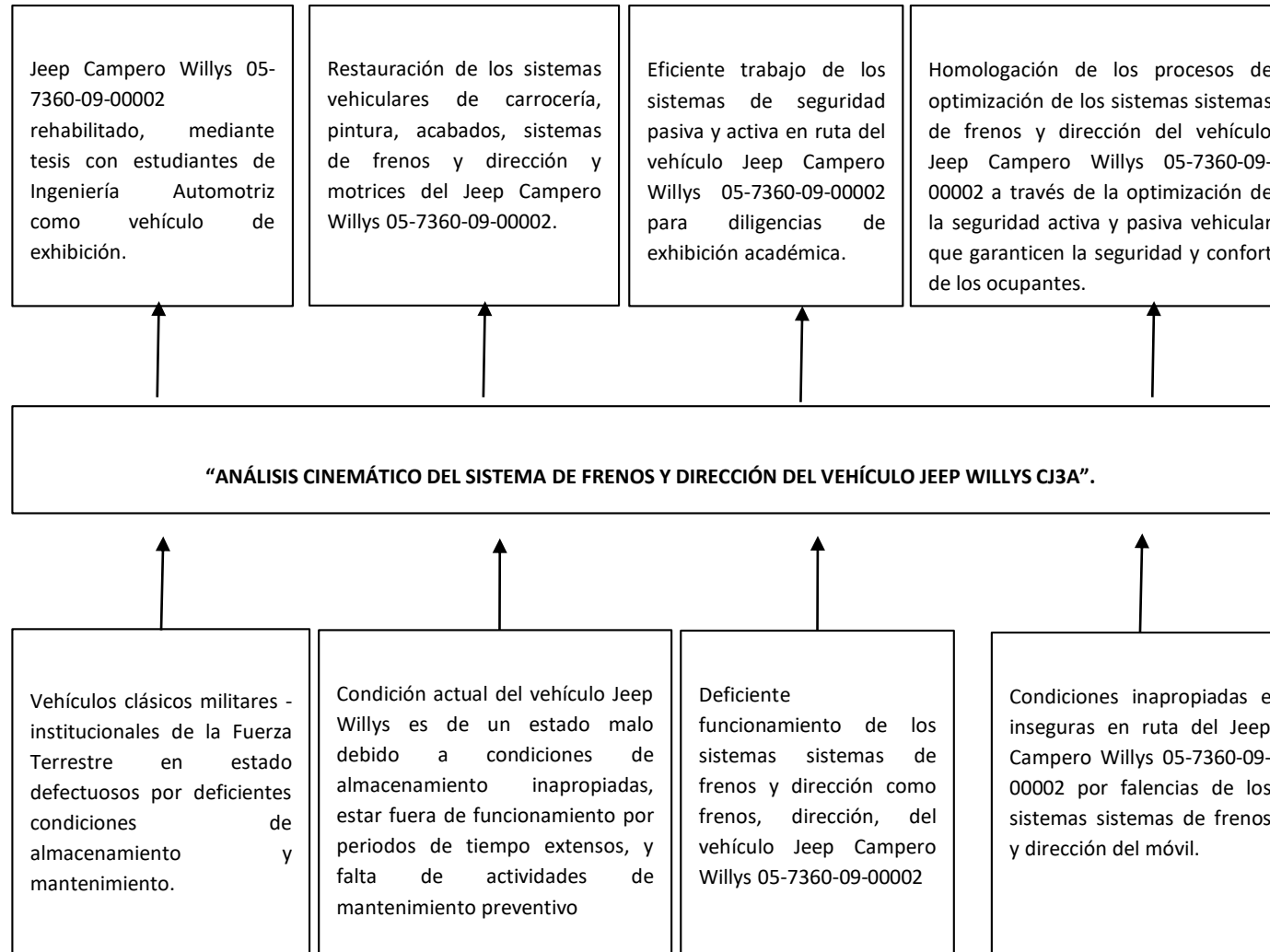


# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requisitos que debe cumplir el líquido de frenos utilizado en vehículos automotores, de acuerdo al ensayo RTE INEN 031; de los sistemas de dirección de acuerdo a NTE INEN 2 349:2003, mediante simulaciones de esfuerzos máximos generados a través de un software CAD.
- Establecer y aplicar los requisitos mínimos de seguridad en el vehículo Jeep Willys CJ3A de acuerdo a la normativa INEN 034:2010.



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



# METAS

- Analizar por software de ingeniería aplicada los sistemas de dirección y frenos sometidos a diferentes escenarios de carga para un óptimo rendimiento del vehículo Jeep Willys CJ3A mediante un estudio gráfico por simulación.
- Optimizar los sistemas de dirección y frenos del vehículo Jeep Willys CJ3A.





# Hipótesis

El análisis cinemático del sistema de frenos y dirección del vehículo Jeep Willys CJ3A, permitirá conocer la eficiencia de los mismos a diferentes condiciones de funcionamiento.



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

# MARCO TEÓRICO



# Introducción



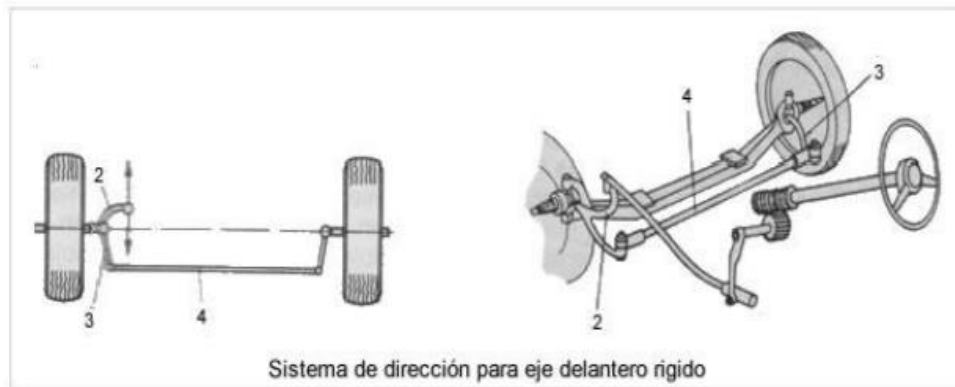
## **Sistema de frenos de tambor.**

También conocidos como frenos de campana. Están compuestos por un cilindro que da vuelta con la rueda que le corresponde. Una vez que se acciona el pedal de freno, las pastillas hacen presión sobre el tambor que se encuentra conectado al eje que permite girar las ruedas. Cuando es presionado el tambor, la llanta desacelera y se puede detener el auto. (Menna, 2020)

- .

## El sistema de dirección para eje delantero rígido

Este es el sistema que cuenta el vehículo Jeep Willys CJ-3A, es un sistema sencillo y antiguo que consta de una sola barra de acoplamiento (4) que va sujeta a los brazos en la rueda (3) y una palanca directriz o de mando (2). (Vaca Solis, 2014)



# CÁLCULOS



### Consideraciones iniciales

N°	PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
2	Masa del vehículo sin carga (masa neta)	$M_o$	kg	673
3	Masa del vehículo con pasajeros (2 personas)	$M_o$	kg	813
4	Velocidad máxima del vehículo	$V$	km/h	105
5	Coefficiente de adherencia	$\varphi$		0.8
6	Coefficiente de rozamiento o fricción	$f$		0.04
7	Distribución de la masa (peso) entre ejes	$P_d$ — $P_r$	%	60/40



## Eficiencia de los sistemas de frenado

A. Ensayo del tipo motor desembragado	$v$ $s \leq$ $d_m \geq$	60km/h $0.1 v + 0.0060 v^2$ $6.43 m/s^2$
B. Ensayo del tipo motor embragado	$v$ $s \leq$ $d_m \geq$	80% $v_{max} \leq 105\text{km/h}$ $0.1 v + 0.0067 v^2$ $5.76 m/s^2$
	$f$	6,5 – 50 daN



### Peso Transferido.

En el momento del frenado generalmente el peso transferido al eje delantero suele ser aproximadamente entre el 20% y el 25% del peso total del vehículo, calculándose con la ecuación.

$$P_t = 0.23 * G$$

Peso transferido al eje delantero.

$$P_t = 0.23 * 6700.23$$

$$P_t = 1541.05$$

### Fuerza de frenado máxima.

$$F_{fmax} = \varphi * G$$

$$F_{fmax} = 0.8 * 6700.23$$

$$F_{fmax} = 5360.184N$$

### Carga dinámica real sobre cada eje.

El reparto de cargas sobre los ejes del vehículo, según la posición del grupo moto propulsor, suele estar comprendido entre los siguientes valores.

Motor delantero y propulsión trasera: el 50% para cada eje.

Para el eje delantero.

$$P_{Rdel} = G * 0.5 + P_t$$

$$P_{Rdel} = 6700.23 * 0.5 + 1541.05$$

$$P_{Rdel} = 4891.16N$$

Para el eje trasero.

$$P_{Rtras} = G * 0.5 - P_t$$

$$P_{Rtras} = 6700.23 * 0.5 - 1541.05$$

$$P_{Rtras} = 1809.65 N$$





Fuerza de frenado en cada eje.

Para el eje delantero.

$$F_{frd} = P_{Rdel} * \varphi$$

$$F_{frd} = 4891.16 * 0.8 = 3912.92 \text{ N}$$

Para el eje trasero.

$$F_{frt} = P_{Rtras} * \varphi$$

$$F_{frt} = 1809.65 * 0.8 = 1447.72 \text{ N}$$

#### Eficiencia de frenado

La eficacia en el frenado de un vehículo se mide en porcentaje, en función del peso que ejercen las ruedas y la fuerza de frenado que es aplicado a cada eje (Ocaña, 2012)

$$Eficacia \ de \ frenado = \frac{\sum F \text{ frenos}}{Peso} \cdot 100 (\%)$$

Ecuación 18

Para el eje delantero

$$E = \frac{3912.92}{4890.58} * 100$$

$$E = 80.00\%$$

Para el eje posterior

$$E = \frac{1447.72}{1809.65} * 100$$

$$E = 80.00\%$$



### **Angulo Ackerman**

Una vez obtenidos los datos iniciales que son  $A_v=136\text{cm}$  y la batalla  $B=202\text{cm}$ , se mide el ángulo de giro en el neumático izquierdo, mediante el cálculo podemos obtener el valor del ángulo de guiado derecho  $\delta_e = 36.87^\circ$

$$\text{Cot}\delta_e - \text{Cot}\delta_i = \frac{A_v}{B}$$

**Condición Ackerman**

Donde:

$\delta_e$ = Ángulo de Guiado Derecho

$\delta_i$ = Ángulo de Guiado Izquierdo

$A_v$ = Ancho de vía trasero

$B$ = Batalla

$$\text{Cot}\delta_i = \text{Cot}36.87^\circ - \frac{136\text{cm}}{202\text{cm}}$$

$$\text{Cot}\delta_i = 87.77311899$$

$$\delta_i = 25.72^\circ$$



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

## Fuerza lateral

Donde:

$F_y$  = fuerza lateral

$m$  = masa

$a_y$  = aceleración

$$F_y = 673kg(2 * 9.81)$$

$$F_y = 13204.26N$$

Para que un automóvil tome una curva, es necesario que haya una fuerza que sea igual a su módulo y dirección, pero esta debe ser en sentido opuesto, por esto se calcula las fuerzas laterales que se generan en cada eje.

En el cálculo del eje delantero, se toma como dato la velocidad límite de vuelco, para este análisis se toma el valor crítico que se obtiene mediante el cálculo que es 8.167 m/s



### Rigidez de deriva eje delantero

$$K_{at} = \frac{F_{yt}}{\alpha t}$$

### Rigidez de deriva eje trasero

$$K_{ad} = \frac{4133.39}{2.4}$$

$$K_{ad} = 1722.26N$$

$$\alpha t = \frac{F_{yt}}{K_{at}} = \frac{v^2}{g \cdot R} \cdot \frac{P_t}{K_{at}}$$

$$K_{at} = \frac{F_{yt}}{\alpha t}$$

$$K_{at} = \frac{4844.41}{2.9}$$

$$K_{at} = 1670.49N$$



## Ángulo de guiado

Donde:

$\delta$  = ángulo de guiado

$Pd$  = peso delantero

$Pt$  = peso trasero

$$\delta = \frac{2.02m}{5m} + \left( \frac{3036.53}{1722.26} - \frac{3558.87}{1670.49} \right) \cdot \frac{8.167^2}{9.81 * 5}$$

$$\delta = -0.095$$

Para determinar el coeficiente de viraje se utiliza la siguiente fórmula.

$$Kv = \left( \frac{Pd}{Kad} - \frac{Pt}{Kat} \right)$$



### Coeficiente de llenado ( $\eta_v$ )

$$n_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} * \frac{P_a}{P_0} * \frac{T_0}{T_a * (1 + \&r)}$$

### Coeficiente de llenado con el motor estándar

$$n_v = \frac{9.3}{9.3 - 1} * \frac{36.6 kPa}{68.835 kPa} * \frac{288K}{593.094K * (1 + 0.0449)}$$
$$n_v = 0.277$$

### Coeficiente de llenado con el motor trucado

$$n_v = \frac{10.721}{10.721 - 1} * \frac{30 kPa}{68.835 kPa} * \frac{288}{593.419 * (1 + 0.0458)}$$
$$n_v = 0.223$$



## Presión de compresión ( $P_c$ )

### Presión de compresión motor estándar

$$P_c = 0.0366 \text{ MPa} * 9.3^{1.35}$$

$$P_c = 0.743 \text{ MPa}$$

### Temperatura al final del proceso de compresión motor estándar

$$T_c = 593.095 \text{ K} * 9.3^{1.35-1}$$

$$T_c = 1294.474 \text{ K}$$

### Presión de compresión motor trucado

$$P_c = 0.030 \text{ MPa} * 10.721^{1.35}$$

$$P_c = 0.738 \text{ MPa}$$

### Temperatura al final del proceso de compresión motor trucado

$$T_c = 593.419 \text{ K} * 10.721^{1.35-1}$$

$$T_c = 1361.269 \text{ K}$$



## Análisis de la respuesta direccional

Esto se da porque el automóvil tiene una batalla corta, esta es la condición que tienen los sobreviradores, bajo esta condición se debe tomar en cuenta cuando se llega a cierta velocidad la dirección tiende a ser nula, esto es por el movimiento del eje trasero, por lo que se suele realizar un contravolante.

Para determinar la velocidad crítica se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{cri} = \sqrt{\frac{g \cdot B}{|Kv|}}$$

### Velocidad crítica

Donde:

$V_{cri}$  = velocidad crítica

$$V_{cri} = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 2.02}{0.37}}$$

$$V_{cri} = 11.38 \frac{m}{s}$$

$$V_{cri} = 39.6 \frac{km}{h}$$

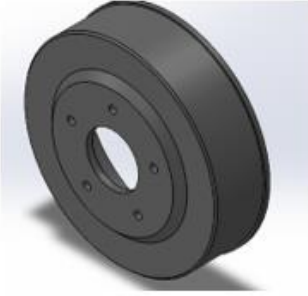





# MODLEADO DEL SISTEMA



NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Zapata		Aleación de aluminio 2024 T6 con grafito y metales en polvo
Cilindro de rueda		Hierro Nodular

NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Tambor		Hierro fundido
Muelle recuperador		Acero medio carbón

NOMBRE

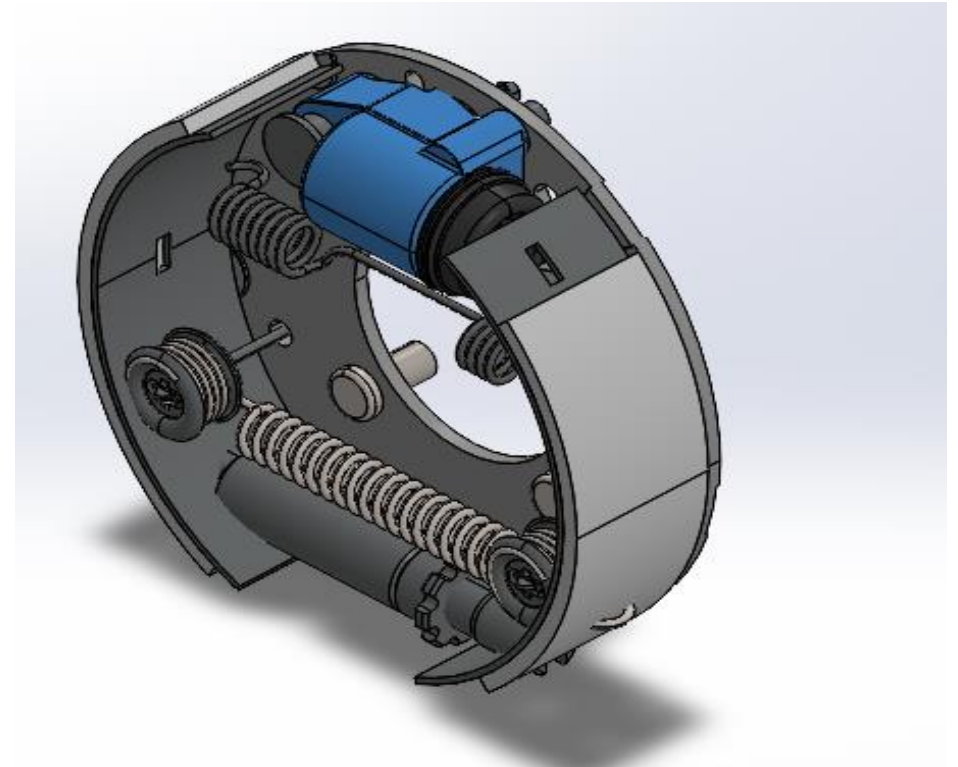
ELEMENTO

MATERIAL

Plato de  
freno




Hierro fundido




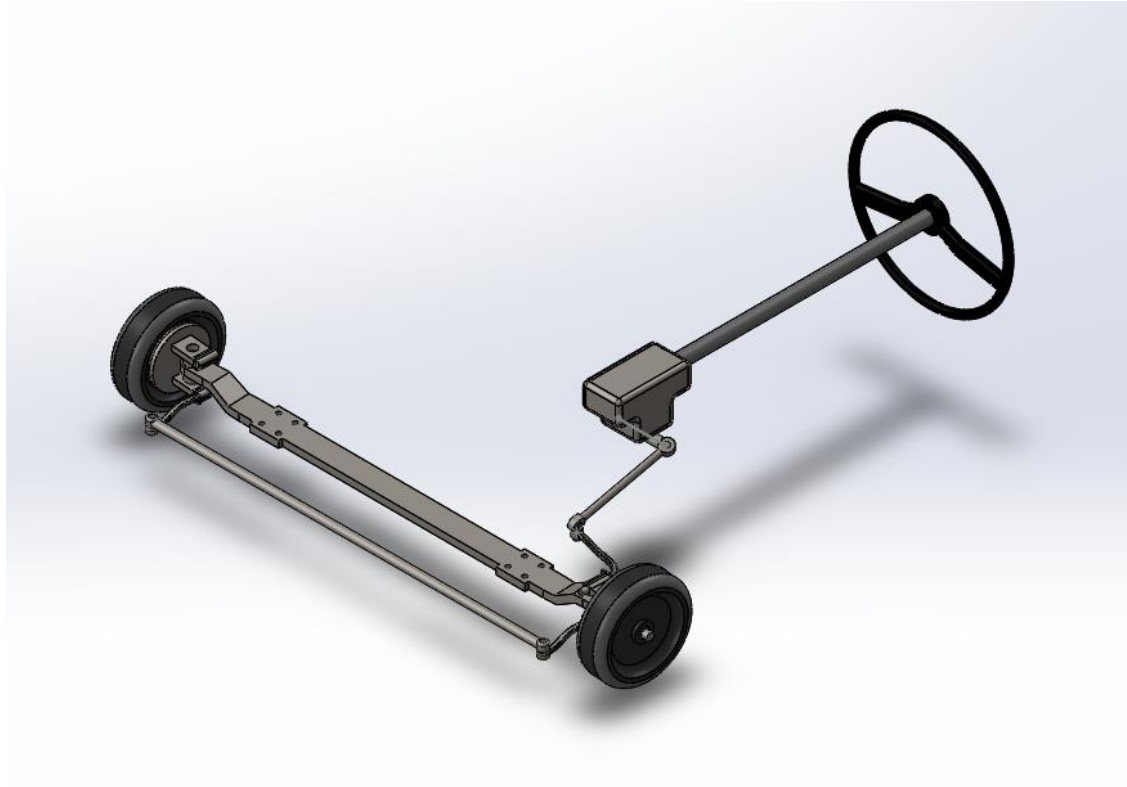
NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Volante		Alma de acero revestido de caucho

Caña de la dirección		Acero ASTM- A36
-------------------------	---	-----------------

NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL
Barra de acoplamiento		Acero ASTM- A36

Barra de acoplamiento		Acero F - 1120
--------------------------	---	----------------

Caja de reenvío		Acero ASTM- A36
-----------------	--	-----------------

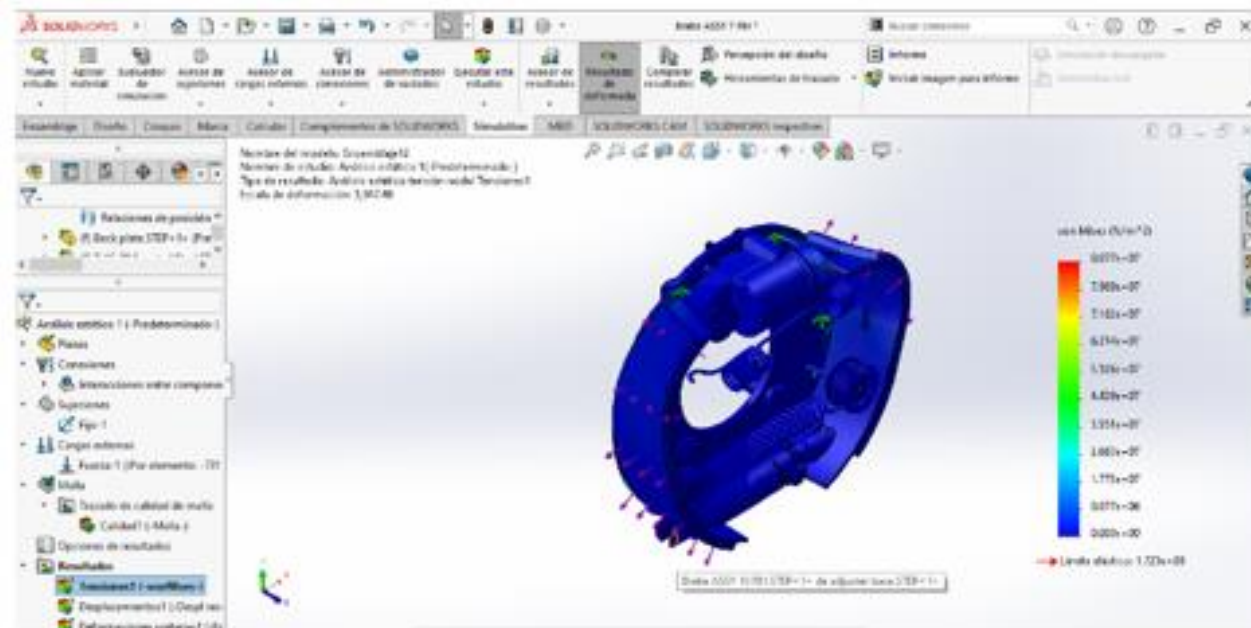


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

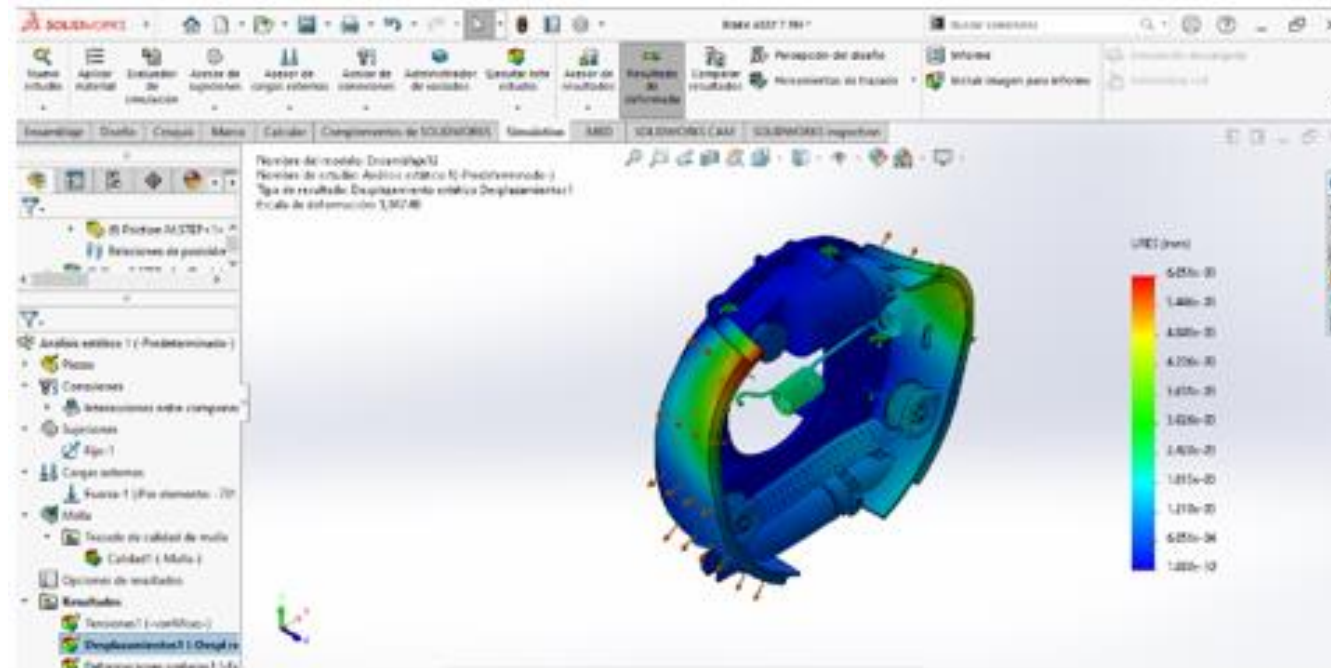
# PRUEBAS Y RESULTADOS



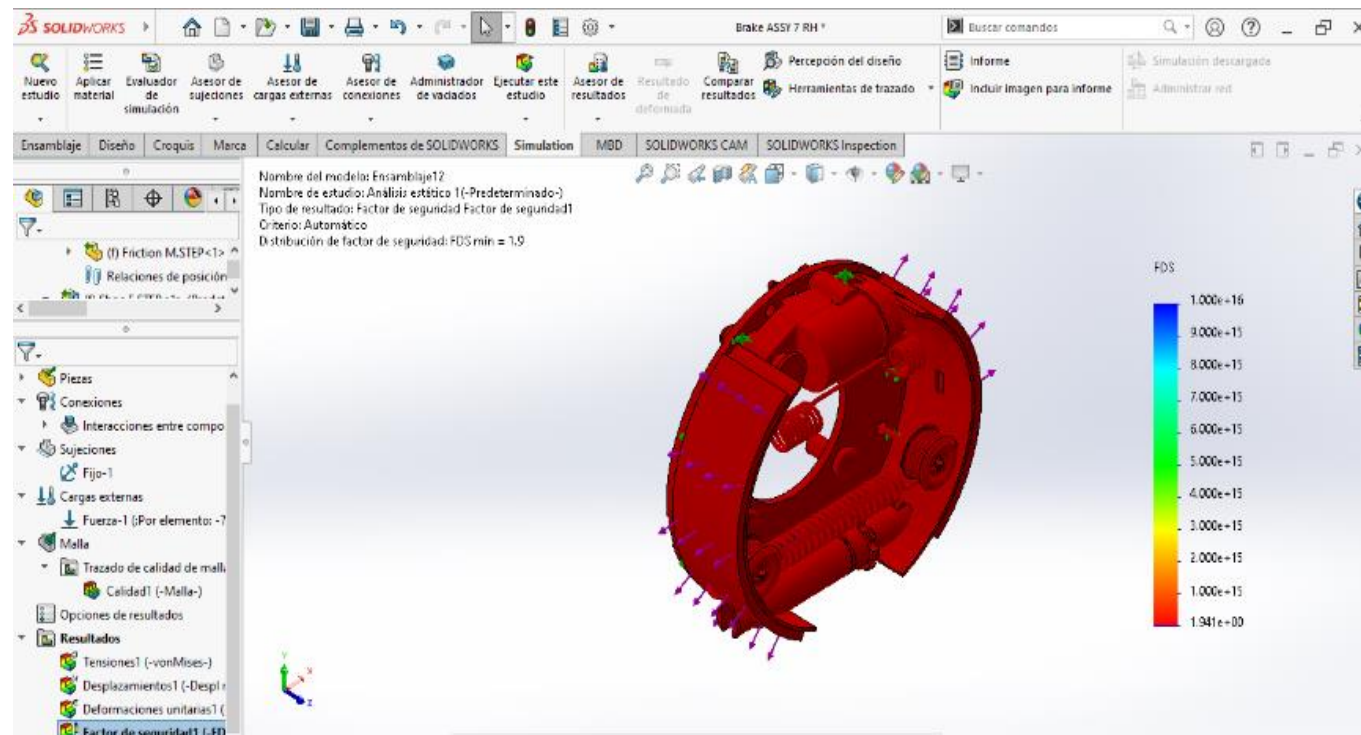
## Análisis de tensión de tambor



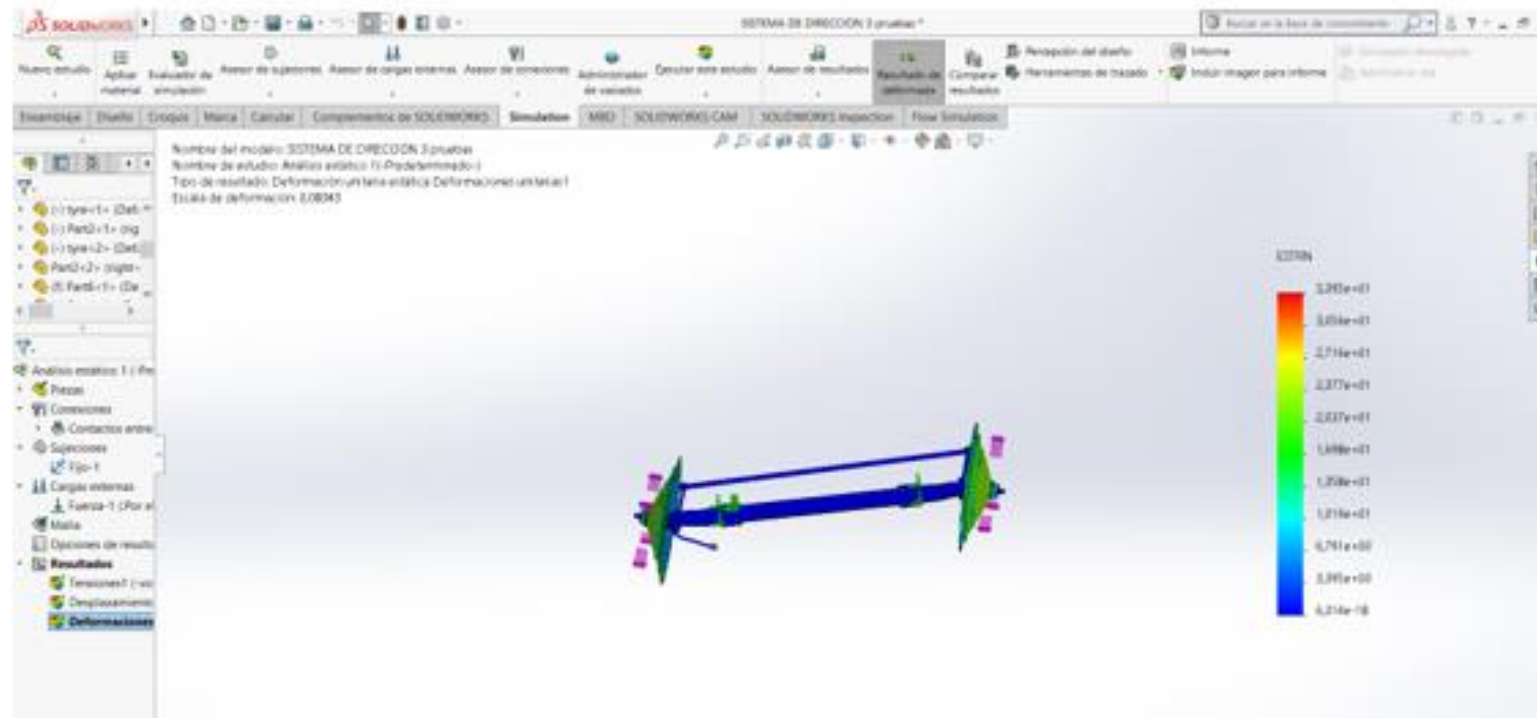
## Análisis de desplazamiento de tambor



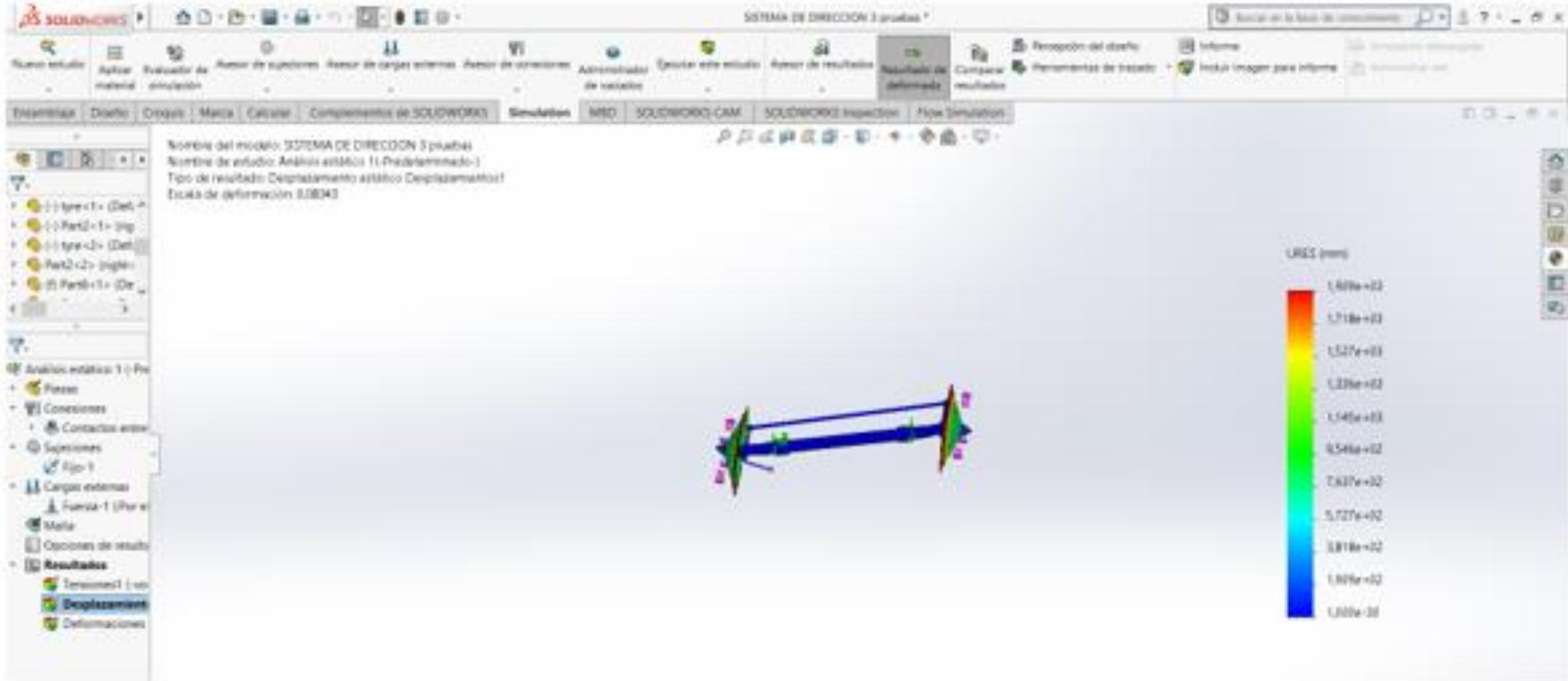




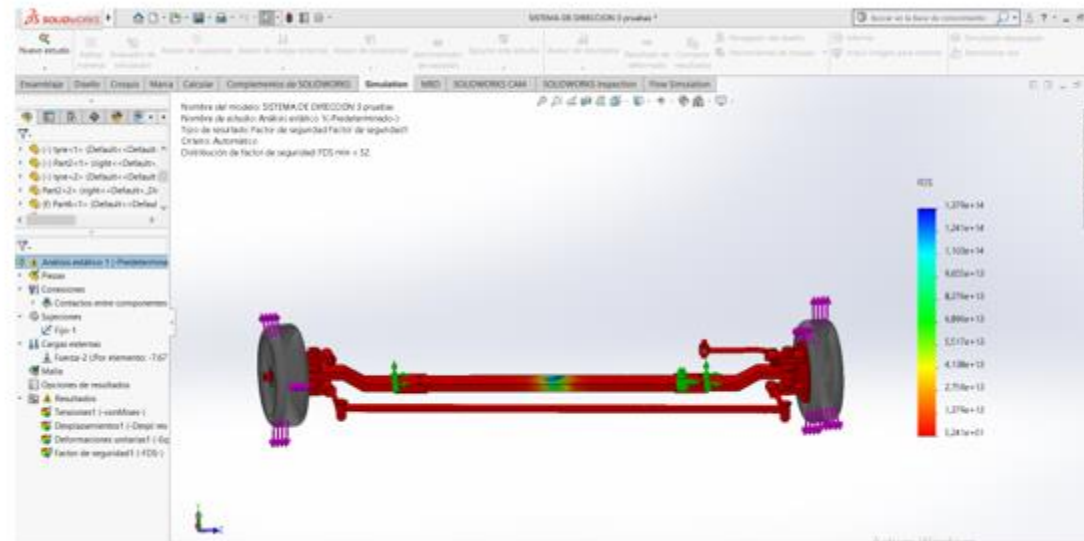
## Análisis de deformación en el sistema de dirección



# Análisis de desplazamiento en el sistema de dirección



### Análisis en el factor de seguridad en el sistema de dirección



# CONCLUSIONES

- Se determinó la eficacia del sistema de frenos, de acuerdo a los ensayos establecidos en la normativa 13-H y la normativa INEN 034, que establecen que la eficacia de frenado debe ser mínimo del 75%, en el análisis del tipo motor desembragado a 60km/h se obtuvo una distancia de frenado teórica máxima de 30.12m y real de 23.5m siendo la eficacia de frenado del 80% y cumpliendo con los parámetros de la normativa 13-H.
- Se analizaron los sistemas de frenos del vehículo Jeep Willys CJ-3A a diferentes condiciones de funcionamiento y se determinó mediante el análisis de elementos finitos que la tensión equivalente o Von Mises es de  $1.723 * 10^8$  y la deformación plástica máxima en el análisis es de  $3.947 * 10^{-2}$  es decir el material es esencialmente elástico y cumple con las sollicitaciones del sistema de frenos.
- Se determinó que los materiales utilizados en los elementos del sistema de frenos tienen una deformación máxima unitaria de 0mm y el desplazamiento permisible es de  $5.44 * 10^{-3}$  en las zapatas obteniendo un factor de seguridad de 1.9 calculado con la fuerza máxima de frenado de 5360.184 N en el cilindro de rueda, por lo tanto, los componentes instalados en el sistema de frenos del Jeep Willys CJ3-A cumplen con los parámetros de diseño.
- Los materiales utilizados en los elementos del sistema de dirección tienen una deformación máxima unitaria de  $6.314 * 10^{-18}mm$  y el desplazamiento permisible es de  $3.818 * 10^2mm$  y el factor de seguridad es de 52, en la simulación realizada por software por lo que, los componentes instalados en el sistema de dirección del Jeep Willys CJ3-A cumplen con los parámetros de diseño.



- Se determinó que el vehículo no cumple con los requisitos mínimos de acuerdo a la normativa INEN 034:2010 en los sistemas de frenos, puesto que la normativa indica que los vehículos de la categoría M tienen que tener un sistema de control electrónico ABS y el vehículo en estudio no dispone de este sistema de control, debido a su año de fabricación.
- Se determinó que el vehículo cumple con los requisitos mínimos de acuerdo a la normativa INEN 034:2010 en los sistemas de dirección, puesto que la normativa indica que los vehículos mayores a tres neumáticos deben contar con un sistema de dirección asistida, ya que este sirve para reducir lo máximo posible el esfuerzo hecho por el conductor sobre el volante para poder mover el sistema de la dirección.
- En las pruebas de ruta efectuadas con el vehículo, se verificó el correcto funcionamiento de los sistemas de frenos y dirección, los mismos que en todo momento permitieron la maniobrabilidad y control del mismo por parte del conductor en ruta de asfalto y carretera de segundo orden.



# RECOMENDACIONES

En referencia al vehículo Jeep Willys CJ3A:

- Se recomienda que si se le da un uso al vehículo con demasiadas exigencias tenga un control de mantenimiento frecuente, cada 10.000km revisar el estado del sistema de frenos mediante un ABS.
- Se recomienda alinear la dirección y balancear neumáticos cada 10.000km, con el respectivo intercambio.
- Se recomienda antes de utilizar el vehículo, revisar el nivel del líquido de freno, presión de aire de neumáticos y verificar que no exista ningún tipo de fugas en cualquiera de los sistemas.
- Si se va a realizar una mejora en cualquiera de los sistemas, se recomienda primero modelar en el sistema CAD y realizar la simulación bajo los parámetros que se quiere mejorar para ver si cumple o no las exigencias a las que va a ser sometido.
- Se recomienda hacer un manejo tranquilo al momento de tomar una curva, ya que el vehículo es alto, y se verificó su tendencia sobreviradora en los cálculos.
- Se recomienda hacer un cambio en el sistema de frenos, a un sistema de disco, ya que este es más preciso y va a tener un mejor rendimiento a pruebas más exigentes.

