



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

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHÍCULO  
AUTOMOTOR PERSONAL”

DIRECTOR : TORRES GUIDO  
CODIRECTOR : MENA STALIN



“No pretendamos que las cosas  
cambien si seguimos haciendo lo  
mismo”

Albert Einstein



## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un vehículo automotor personal

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar y construir el sistema de suspensión del vehículo automotor personal
- Diseñar y construir el bastidor y carrocería del vehículo.

# GENERALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL.

- Bastidor tubular Ancho de vía de 1190 milímetros
- Distancia entre ejes de 1540 milímetros.
- Carrocería en fibra de vidrio con cubierta transparente de material acrílico.
- Motor de 200 cc con 4 cambios de marchas hacia adelante y reversa.
- Dos ruedas directrices delanteras, las dimensiones son 180/80 R8 y una rueda trasera de tracción, cuya dimensión es 225/55 R8.





# Parámetros generales de diseño

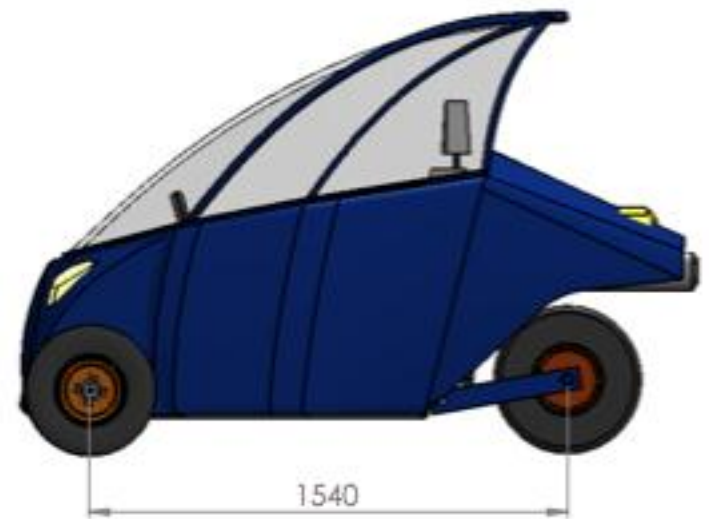
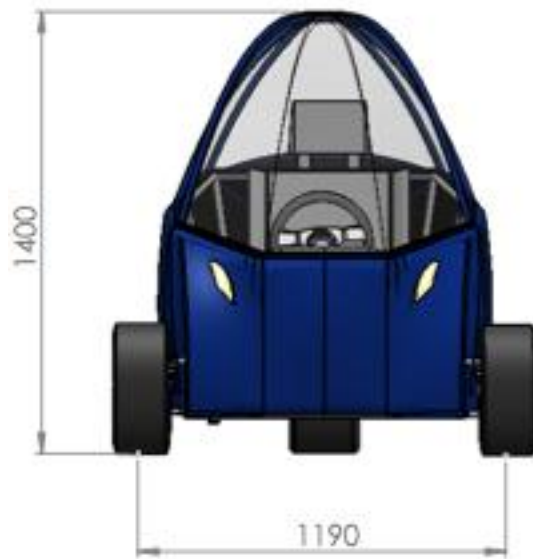
Pesos mas representativos del vehículo.

- Motor: 38 kg
- Bastidor: 50 kg
- Ocupante: 75 kg
- Carrocería: 35 kg
- Transmisión: 23 kg
- Llantas y frenos: 30 kg
- Basculante: 10 kg
- Suspensión: 8 kg
- Dirección: 10 kg



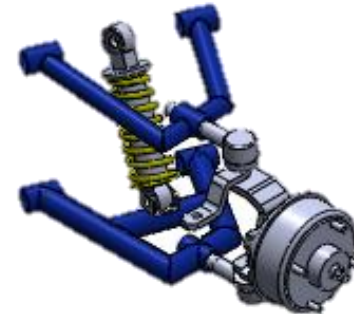
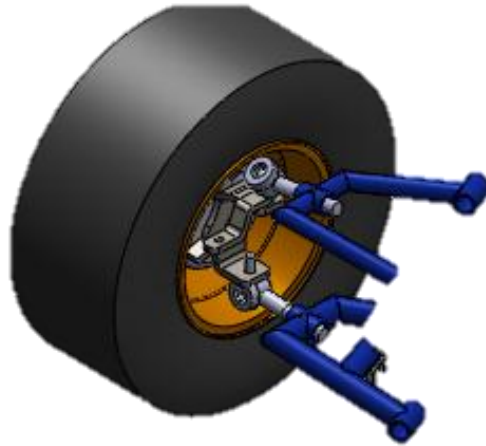


# Dimensiones principales





# DISEÑO DE LA SUSPENSIÓN





# TRANSFERENCIA DE MASA

Aceleración.

$$W_a = \frac{a \cdot W \cdot h}{l}$$

$$W_a = 128,15 \text{ N}$$

Para el eje trasero.

$$W_t = 243,96 \text{ Kg}$$

$$F_t = 2393,25 \text{ N}$$

Para las mesas de  
suspensión delanteras

$$W_d = 203,26 \text{ Kg}$$

$$F_d = 996,99 \text{ N}$$





# TRANSFERENCIA DE MASA

Frenada brusca

$$W_f = \frac{af \cdot W \cdot h}{l}$$

$$W_f = 587,86 \text{ N}$$

- Para las mesas de suspensión delanteras

$$W_f = 275,42 \text{ Kg}$$

$$F_d = 1350,93 \text{ N}$$

- Para el eje trasero

$$W_f = 131,56 \text{ Kg}$$

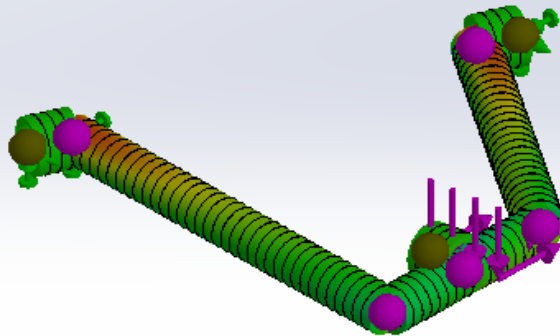
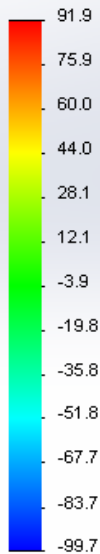
$$F_t = 1290,60 \text{ N}$$



# Mesa de suspensión superior

Nombre de modelo: Mesa Superior v1.1  
Nombre de estudio: Estudio mesa superior  
Tipo de resultado: Tensión axial y de flexión Tensiones1  
Geometría de referencia: Vista lateral

Tensión axial y de flexión (N/mm<sup>2</sup> (MPa))

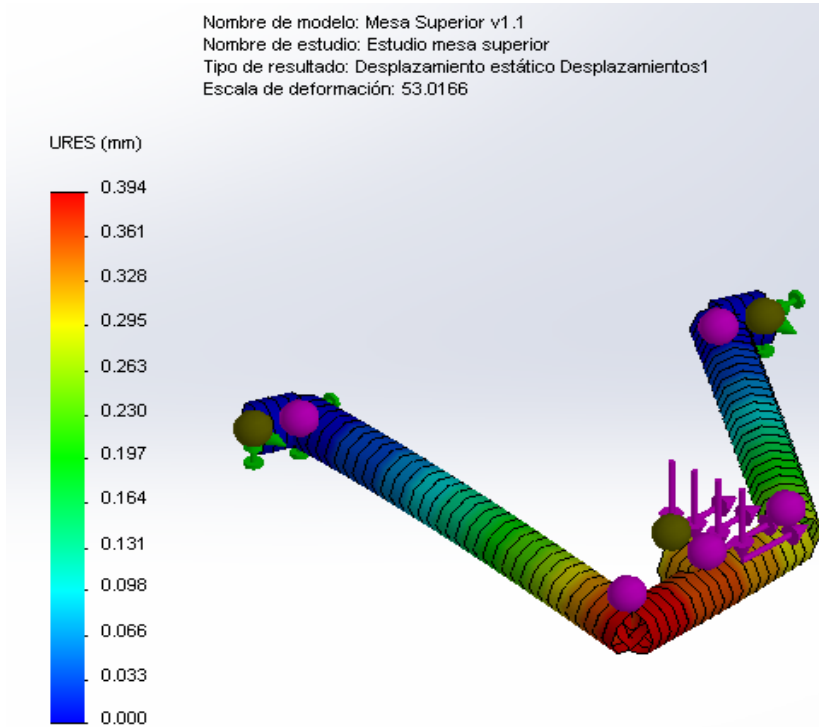


La tensión máxima: 91.9 MPa

Límite elástico del material AISI 1020: 351,57 MPa.



# Mesa de suspensión superior

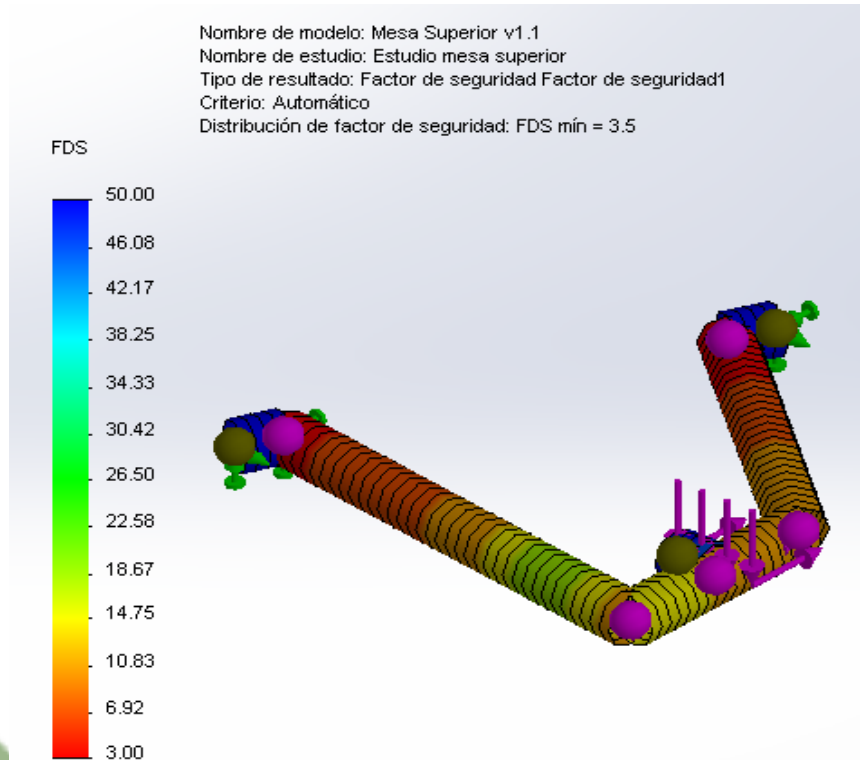


Desplazamiento máxima  
que tendrá la mesa en un  
frenada brusca:

0,394 mm



# Mesa de suspensión superior



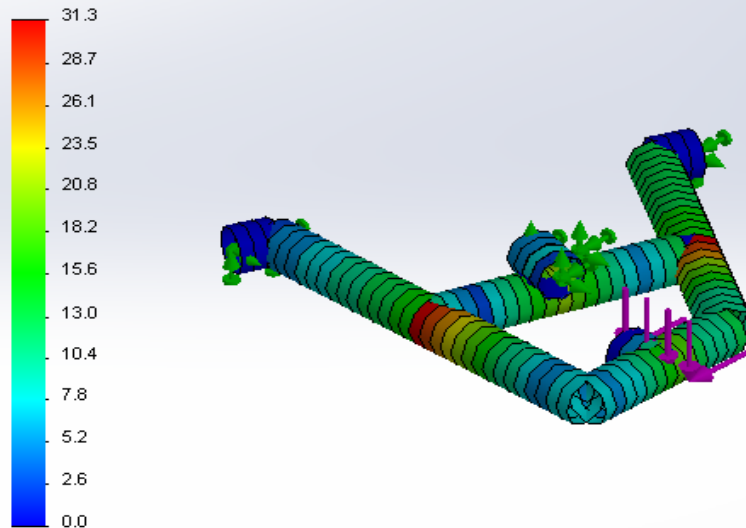
El factor de seguridad mínimo es de 3.5



# Mesa de suspensión inferior

Nombre de modelo: Mesa Inferior v1.1  
Nombre de estudio: Estudio mesa inferior  
Tipo de resultado: Tensión axial y de flexión en el límite superior Tensiones1

Tensión axial y de flexión en el límite superior (N/mm<sup>2</sup> (MPa))

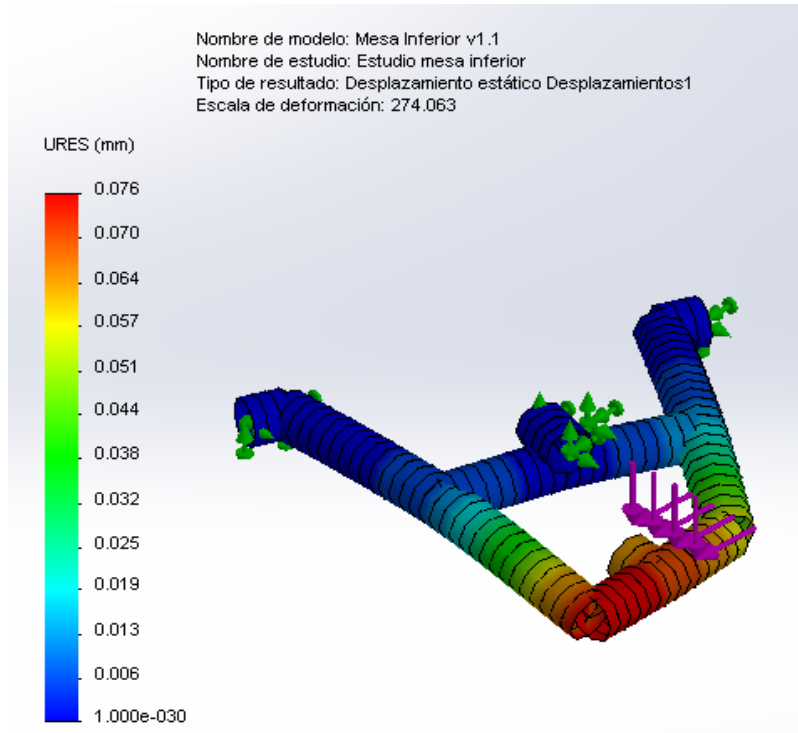


La tensión máxima: 31,3 MPa

Límite elástico del material AISI 1020: 351,57 MPa.



# Mesa de suspensión inferior



Desplazamiento máxima  
que tendrá la mesa en un  
frenada brusca:

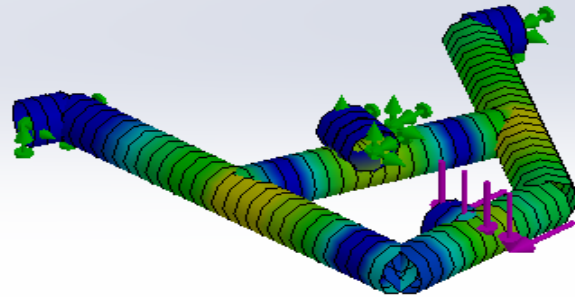
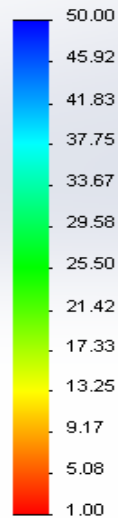
0,076 mm



# Mesa de suspensión inferior

Nombre de modelo: Mesa Inferior v1.1  
Nombre de estudio: Estudio mesa inferior  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 11

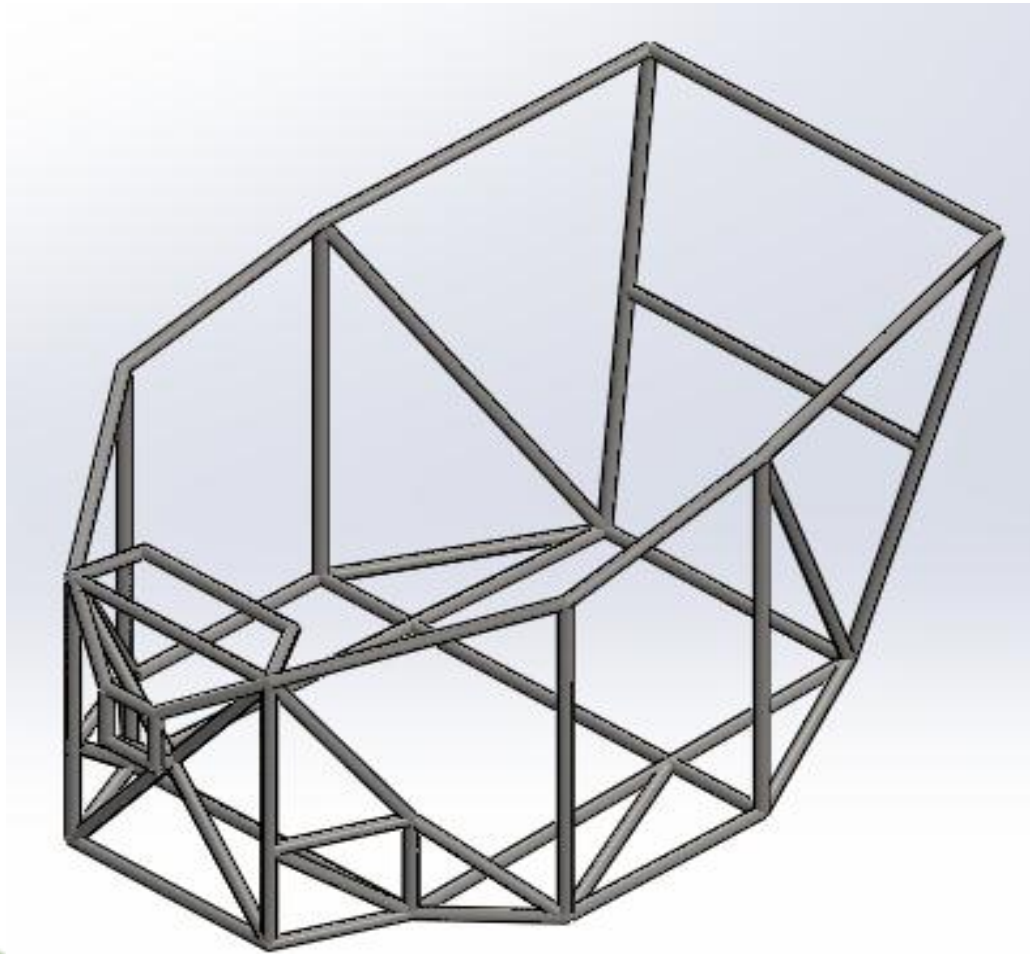
FDS



El factor de seguridad mínimo es de 11



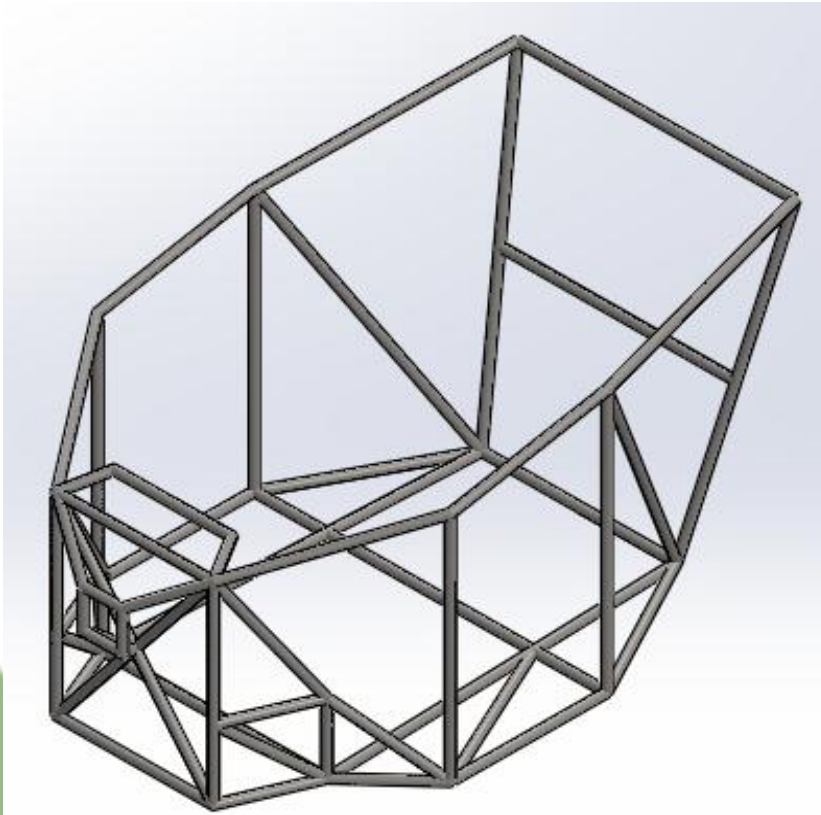
# Diseño del bastidor







# Diseño del bastidor

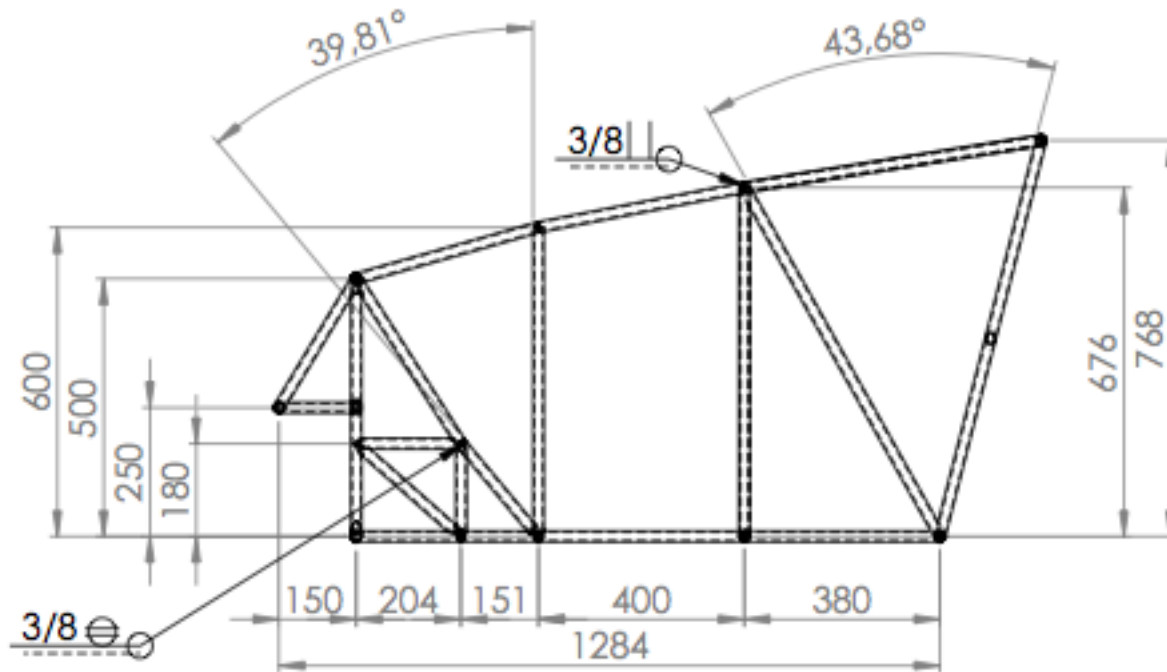


Para el diseño del bastidor tener en cuenta:

- Espacio de la cabina
- Ubicación del motor
- Soporte para la dirección
- Distancia entre ejes



# Diseño del bastidor

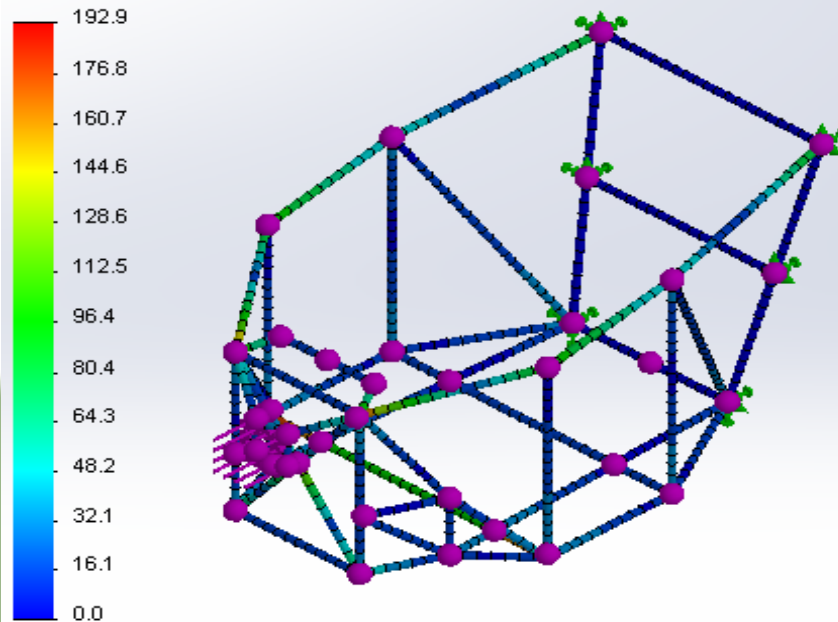


Para realizar el análisis estructural del bastidor, con la ayuda del software se podrá identificar cual va a ser el comportamiento de nuestro bastidor bajo condiciones de un impacto frontal e impacto lateral.

# Diseño del bastidor

Nombre de modelo: Bastidor v1.5  
Nombre de estudio: Impacto frontal  
Tipo de resultado: Tensión axial y de flexión en el límite superior Tensiones1

Tensión axial y de flexión en el límite superior (N/mm<sup>2</sup> (MPa))

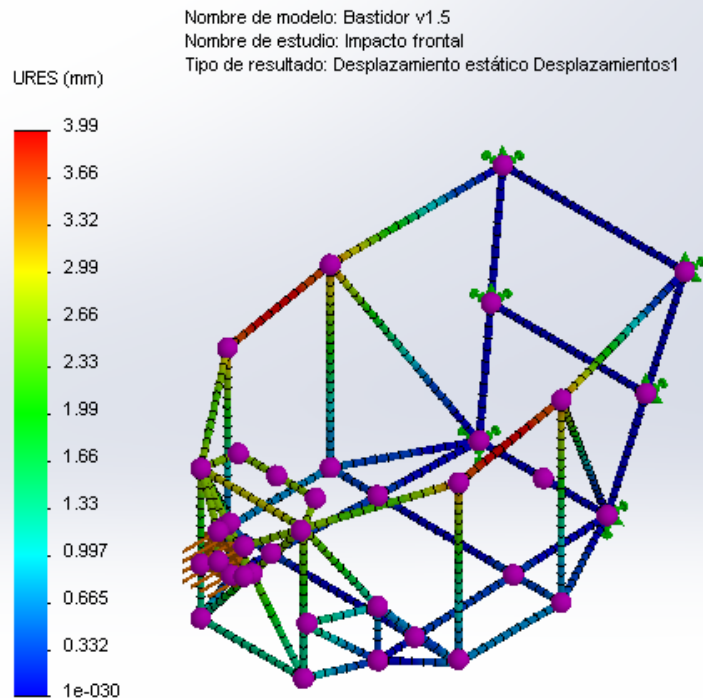


La tensión máxima: 192,2 MPa

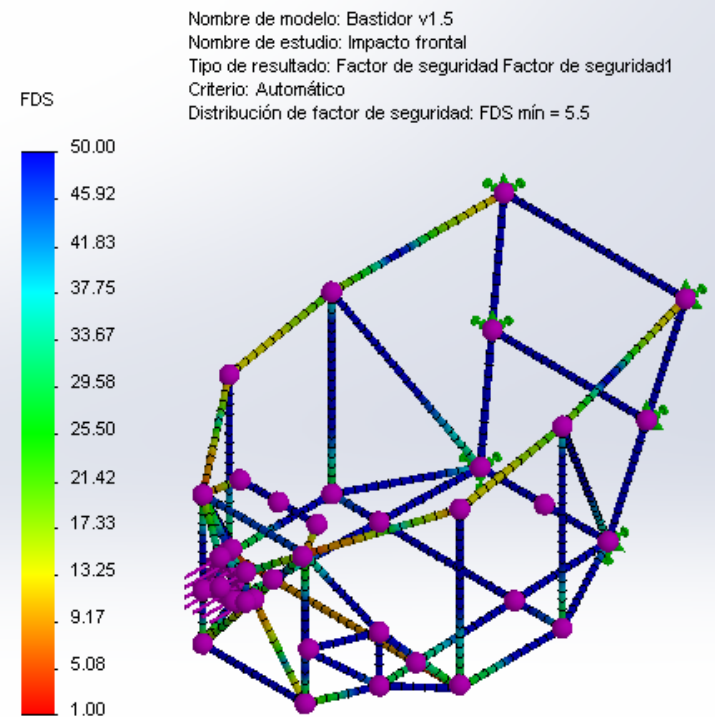
Límite elástico del material AISI 1020: 351,57 MPa.



# Diseño del bastidor



Desplazamiento máxima que tendrá el bastidor es de 3,99 mm-



El factor de seguridad mínimo que tendrá el bastidor es de 5,5.

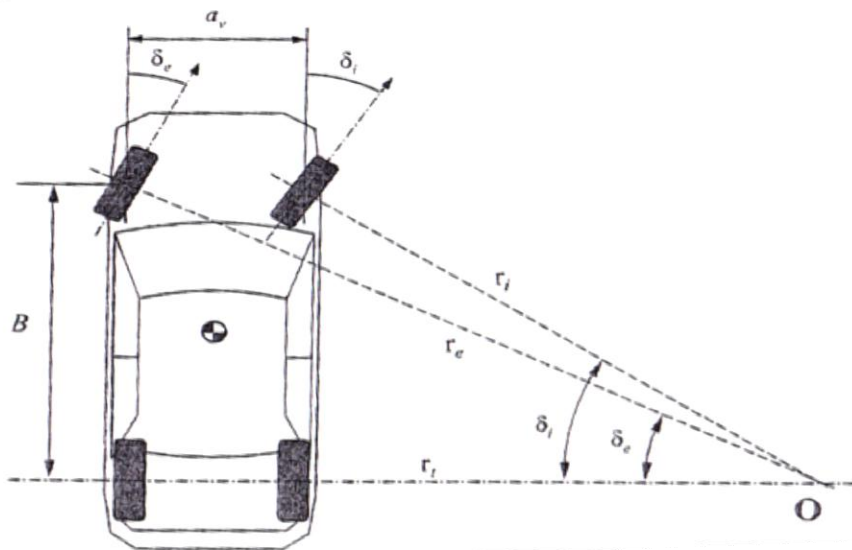


# Diseño de la dirección





# Diseño de la dirección



$$\frac{1}{\tan \delta_e} - \frac{1}{\tan \delta_i} = \frac{a_v}{B}$$

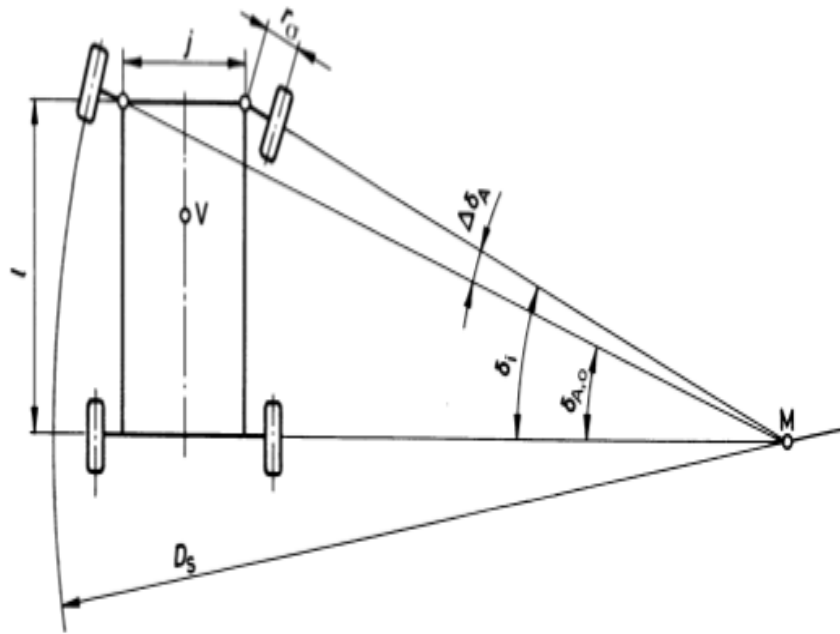
$$\frac{1}{\tan 26^\circ} - \frac{1}{\tan 37^\circ} = \frac{a_v}{1,54m}$$

$$a_v = 1,54m * (2,05 - 1,32)$$

$$a_v = 1,12m$$



# Diseño de la dirección



$$D_s = 2 \left( \frac{l}{\sin \delta_{max}} + r_g \right)$$

$$D_s = 2 \left( \frac{1,54}{\sin 37} \right)$$

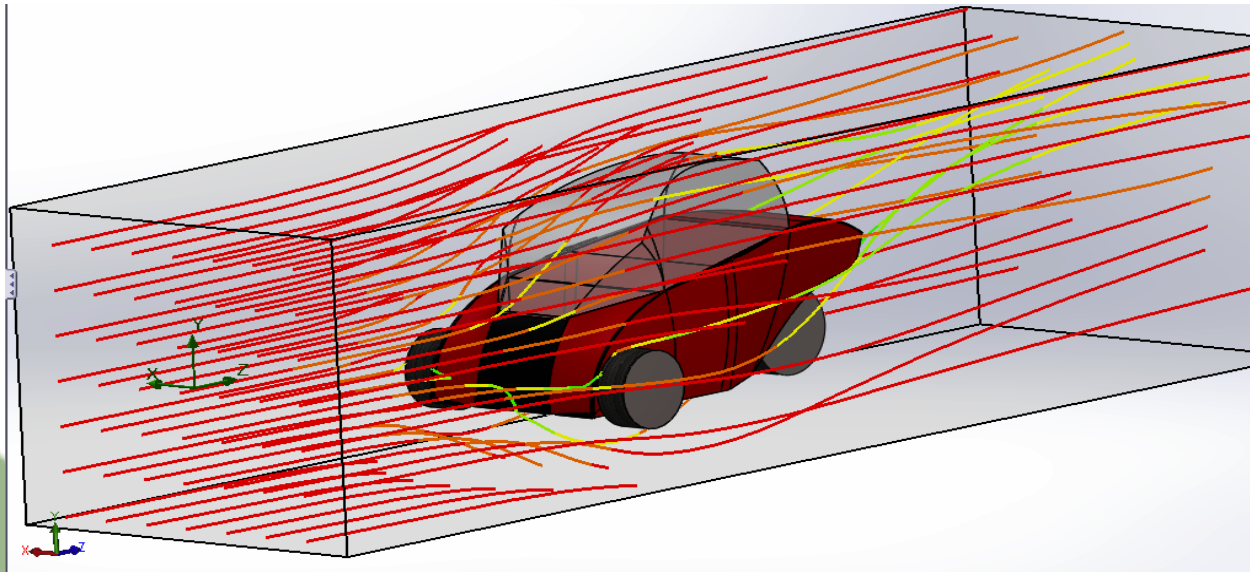
$$D_s = 5,11 \text{ m}$$



# Diseño de la carrocería

Para el diseño de la carrocería utilizamos conceptos de aerodinámica:

- Arrastre: Mover el vehículo fácilmente a través del aire
- Sustentación: Diferencia de presiones que se genera entre la parte inferior y superior del vehículo.







# Diseño de la carrocería

Name	Unit	Value	Progress
Lift Force (y)	N	-17,290	100
Drag Force (z)	N	62,088	100

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

$$C_L = \frac{-17,290}{\frac{1}{2} * 1,22 * 13,89^2 * 1,19}$$

$$C_L = -0,123$$


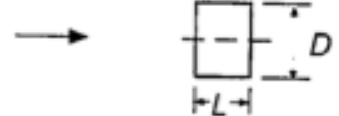
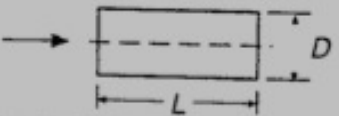
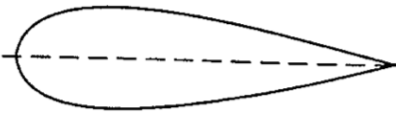


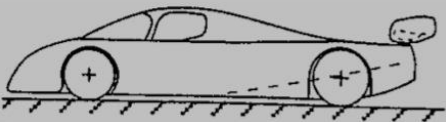
$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

$$C_D = \frac{62,088}{\frac{1}{2} * 1,22 * 13,89^2 * 1,19}$$

$$C_D = 0,44$$



# Diseño de la carrocería

1	Circular plate		0	1,17
2	Circular cylinder $L/D < 1$		0	1,15
3	Circular cylinder $L/D > 2$		0	0,82
4	Low drag body of revolution		0	0,04
5	Low drag vehicle near the ground		0,18	0,15
6	Generic automobile		0,32	0,43
7	Prototype race car		-3,00	0,75

“ $C_L$ ” Coeficiente de sustentación: -1,23

“ $C_D$ ” Coeficiente de arrastre: 0,44



# DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

Cálculo de la velocidad angular de la catalina ( $\omega_{cat}$ )

$$\omega_{cat} = \frac{v}{r_{cat}}$$

$$\omega_{cat} = 1396,207 \text{ rpm}$$

Cálculo de la velocidad angular del piñón ( $\omega_{piñ}$ )

$$\frac{\omega_{piñ}}{\omega_{cat}} = \frac{D_{cat}}{D_{piñ}}$$

$$\omega_{piñ} = 2652.7933 \text{ rpm}$$

Cálculo de la potencia de diseño

$$Pd = P \times fs$$

$$Pd = 19,55 \text{ Kw}$$

Maquina Accionada	Motor de combustión con transmisión hidráulica	Motor eléctrico	Motor de combustión con transmisión mecánica
Transmisión sin vibraciones	1	1	1,2
Sacudidas ligeras	1,2	1,3	1,4
Sacudidas violentas	1,4	1,5	1,7



Cálculo del momento sobre  
la cadena de transmisión

$$T_{cad} = \frac{P_d}{\omega_{piñ}}$$

$$T_{cad} = 70,3744 \text{ Nm}$$

Cálculo de la tensión ejercida en  
la cadena

$$T_{cad} = F \cdot \frac{D_{cat}}{2}$$

$$F = 740.7831 \text{ N}$$

Cálculo de transferencia de  
pesos longitudinal en aceleración

$$T_{la} = a_f \cdot \frac{Q \cdot h_{cg}}{B}$$

$$T_{la} = 2039,549 \text{ N}$$

Cálculo de la fuerza de  
resistencia a la rodadura en el eje  
de tracción

$$f_r = \frac{F_r}{T_{la}}$$

$$F_r = 489,491 \text{ N}$$

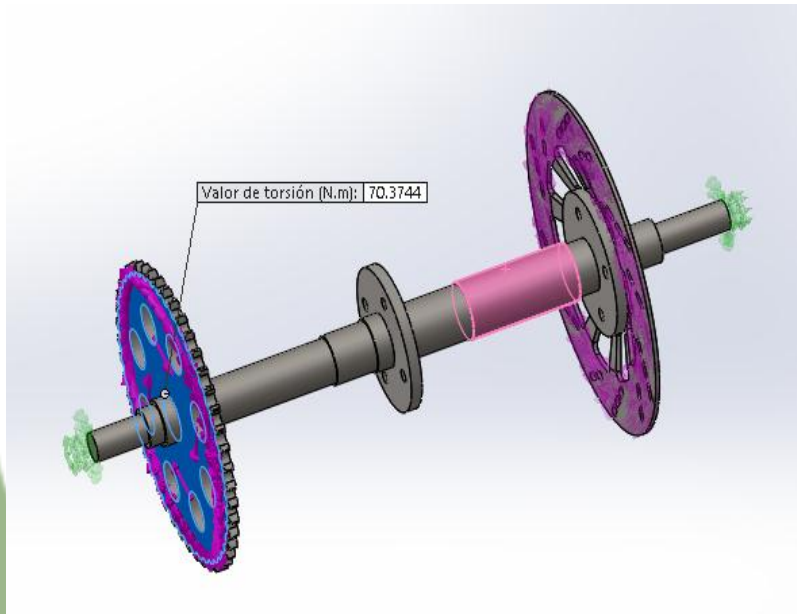
Cálculo del momento sobre el  
neumático de tracción

$$T = F_r \cdot r_b$$

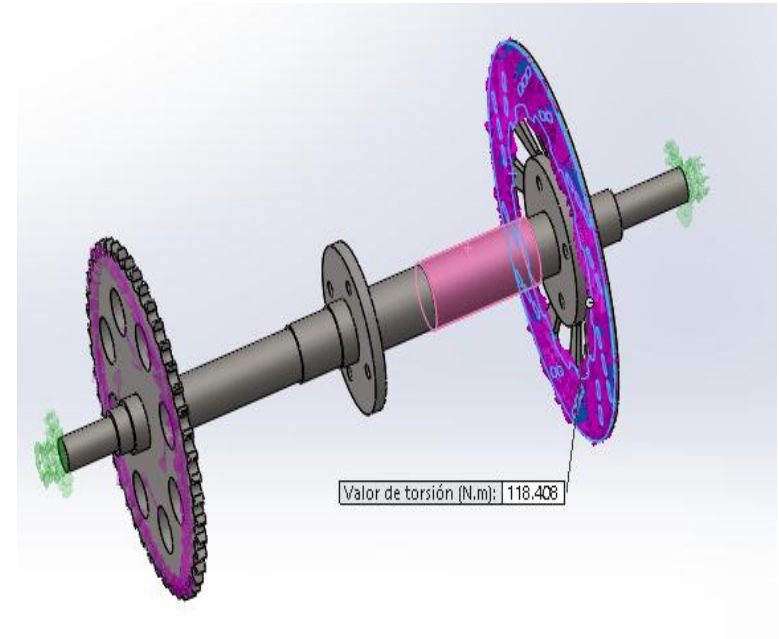
$$T = 118,408 \text{ Nm}$$



# ANÁLISIS EN EL EJE DE TRANSMISIÓN POSTERIOR

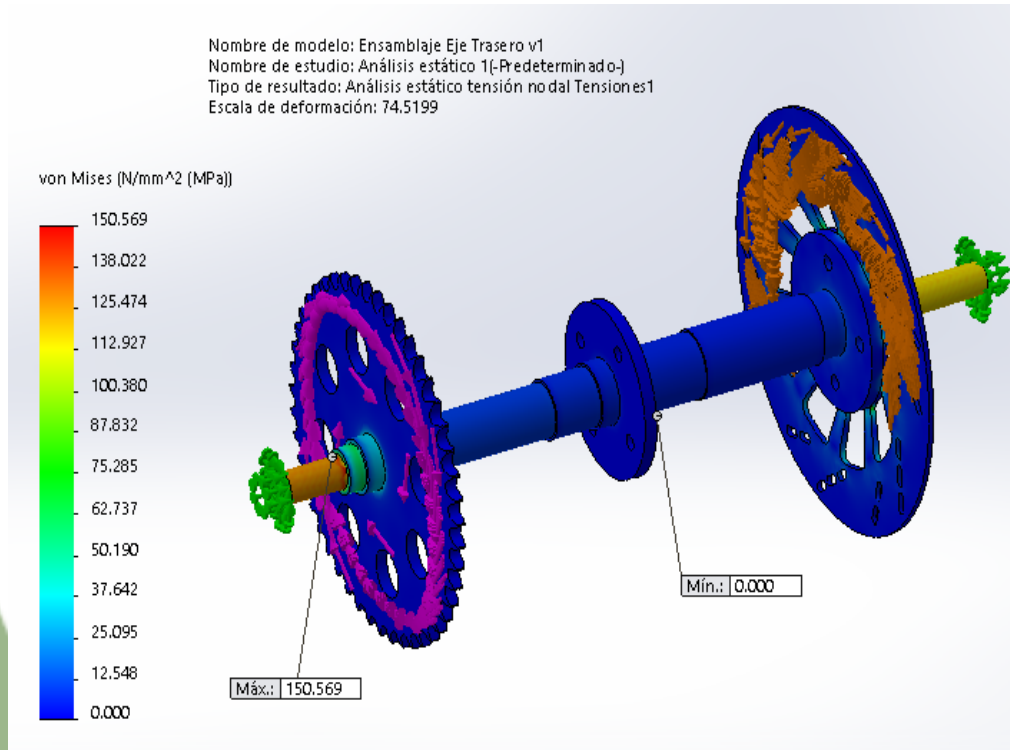


70, 3744 N.m.



118.408 N.m.

# ANÁLISIS ESTÁTICO TENSIÓN NODAL EN EL EJE DE TRANSMISIÓN TRASERO

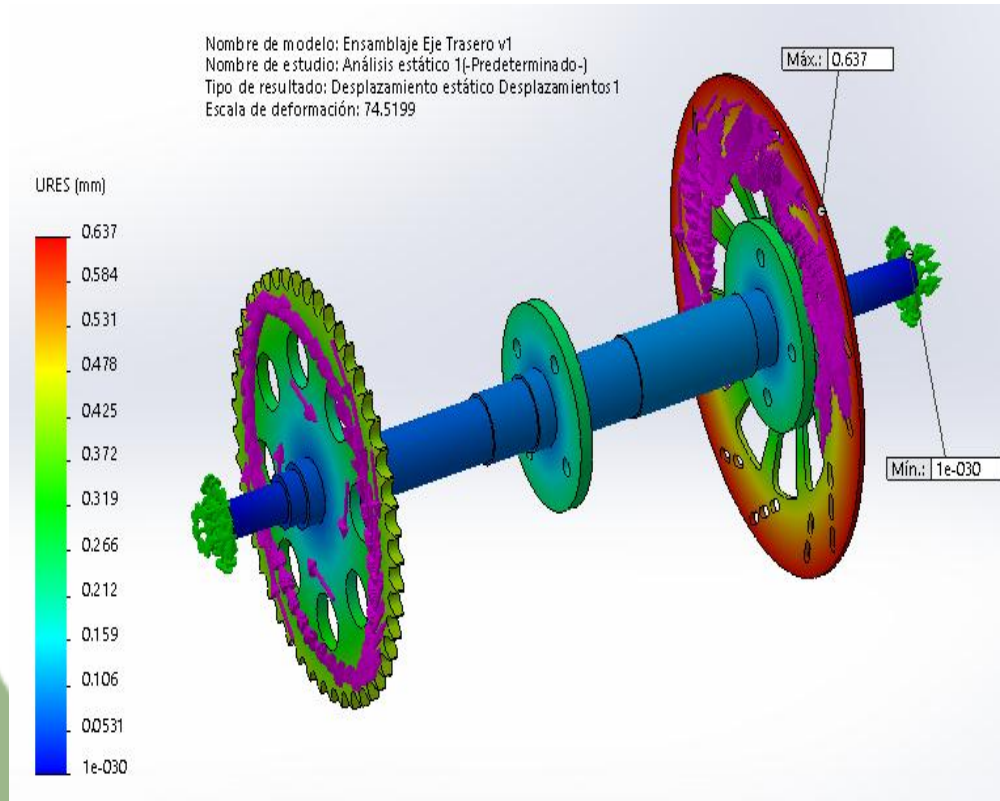


Tensión máxima a la que va a estar sometida el eje de transmisión va a ser de 150,569 MPa

Material: AISI 4340 y tiene un límite elástico de 710 MPa, por lo que el material se encuentra seleccionado correctamente.

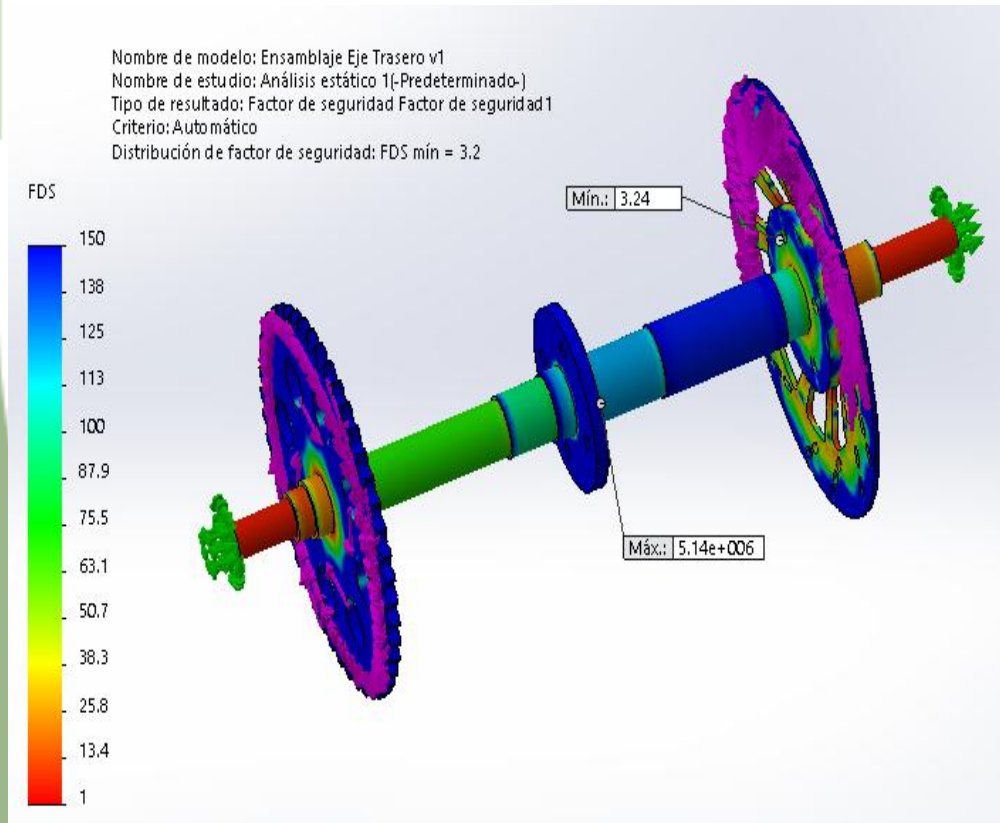


# ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO EN EL EJE DE TRANSMISIÓN TRASERO



El desplazamiento máximo al que va a estar sometido el eje de transmisión trasero es de 0,637 mm.

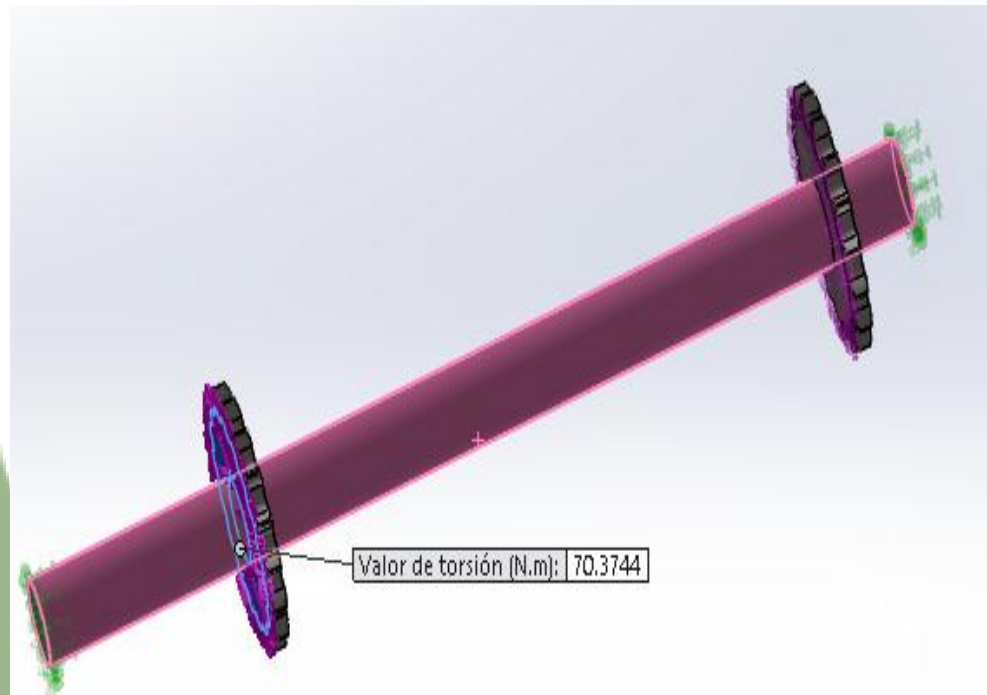
# FACTOR DE SEGURIDAD EN EL EJE DE TRANSMISIÓN TRASERO



El factor de seguridad permite evaluar la seguridad del diseño sobre la base de un criterio de fallos. El factor de seguridad mínimo va a ser de 3,2 lo que nos indica que el diseño del eje de transmisión es seguro y el material AISI 4340 ha sido seleccionado adecuadamente.



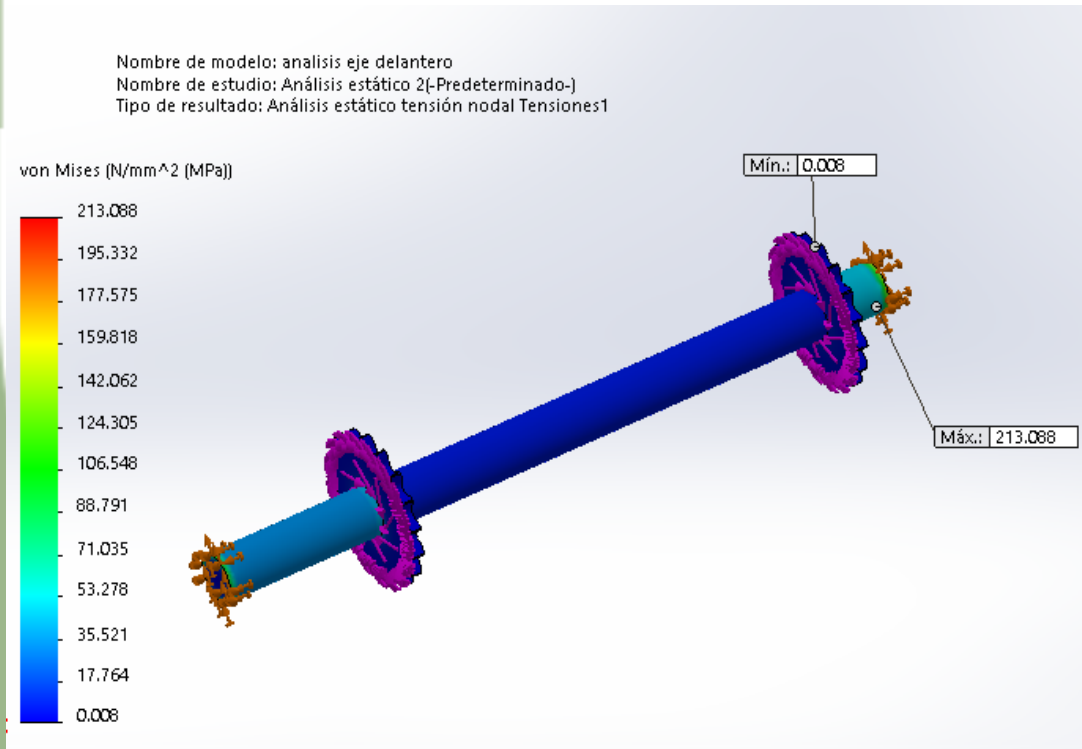
# ANÁLISIS EN EL EJE DE TRANSMISIÓN DELANTERO



70, 3744 N.m.

El momento generado sobre la cadena de tracción, aplicado en la catalina del eje delantero con un valor de 70,3744 Nm.

# ANÁLISIS ESTÁTICO TENSIÓN EN EL EJE DE TRANSMISIÓN DELANTERO

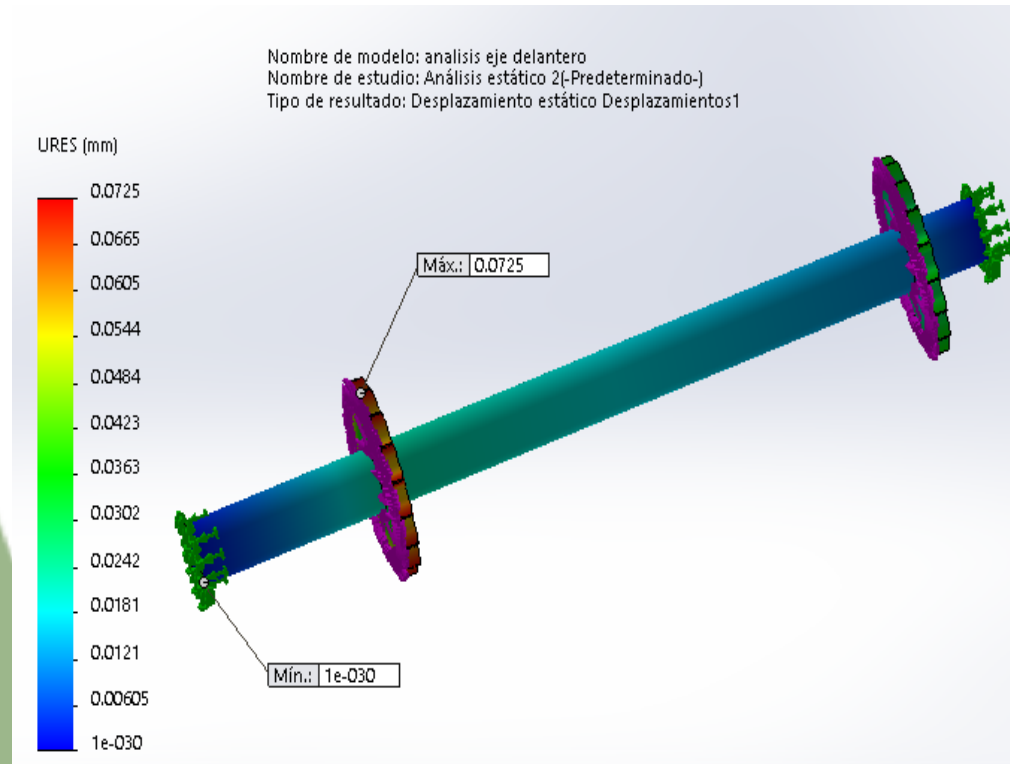


Tensión máxima a la que va a estar sometida el eje de transmisión va a ser de 213.088 Mpa.

Material: AISI 4340 y tiene un límite elástico de 710 MPa, por lo que el material se encuentra seleccionado correctamente.



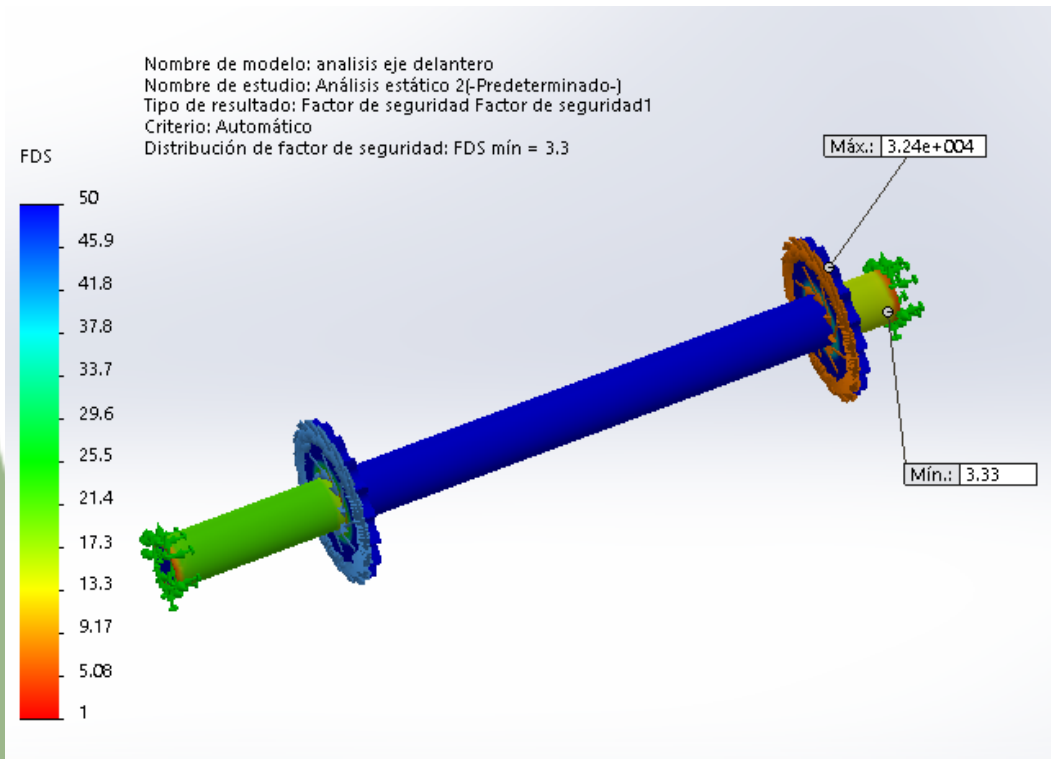
# ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO EN EL EJE DE TRANSMISIÓN TRASERO



El desplazamiento máximo al que va a estar sometido el eje de transmisión trasero es de 0,0725 mm.



# FACTOR DE SEGURIDAD EN EL EJE DE TRANSMISIÓN DELANTERO



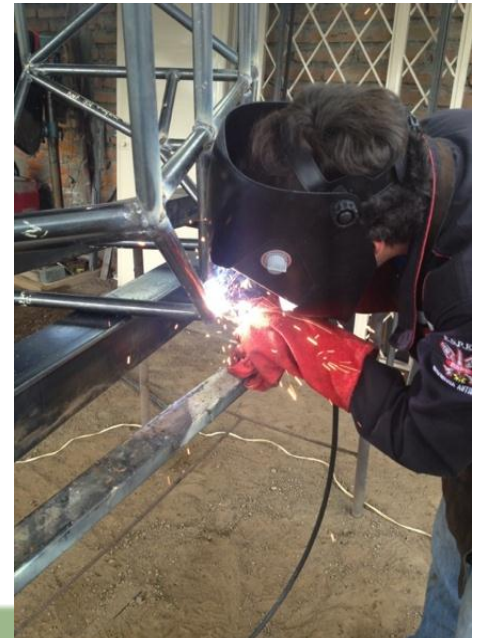
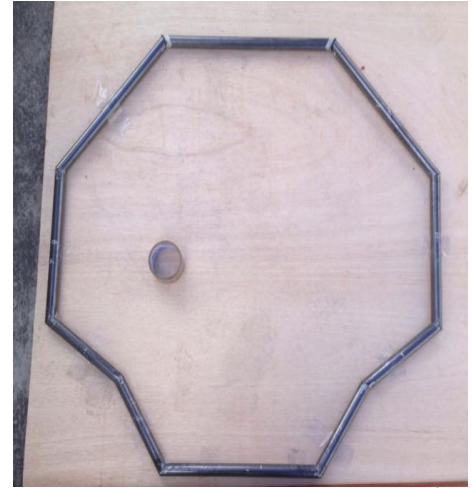
El factor de seguridad mínimo en el eje de transmisión delantero es de 3,3 lo que nos indica que el diseño del eje de transmisión es seguro y el material AISI 4340 está seleccionado correctamente.



# CONSTRUCCIÓN BASTIDOR

Se utiliza tubo redondo "AISI 1020"

1. Cortar tubos angulados con medidas establecidas
2. Se arma la base del bastidor.
3. Colocación de los tubos verticales del bastidor y triangulación.
4. Realizar puntos de soldadura para que el bastidor no se deforme.
5. Se realizó un proceso de soldadura GMAW - MIG con alambre tubular de calibre de 0.9 mm con núcleo fundente a todo el bastidor.
6. Verificar las medidas ya preestablecidas se cumplan a cabalidad para el correcto funcionamiento del vehículo





# CONSTRUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN.

## CONSTRUCCIÓN DE LAS MESAS

1. Material: AISI 1020.
2. Constan de dos brazos que se unen al bastidor por medio de dos elementos de sujeción y bujes que permite la reducción de la fricción, se une a la mangueta por medio de una rotula regulable.



## CONSTRUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN TRASERA

Material: ASTM A-500 de 30 x 70 x 3mm.

1. Mecanizar el alojamiento para dos rodamientos.
2. Mecanizar dos bujes de 20 mm de diámetro interno que permiten la oscilación y la sujeción con el bastidor.



## CONSTRUCCIÓN TRANSMISIÓN

1. Maquinar dos ejes de transmisión AISI 4340.
2. Se utilizó un eje de diámetro 29 mm con dos rodamientos verticales que se fijan al bastidor, relación de 1:1.
3. El eje trasero posee tres estriados.
4. Primer estriado, soporte rueda trasera.
5. Segundo estriado, catalina para la transmisión de potencia.
6. Tercer estriado, disco de freno.







# Montaje de la transmisión



Indispensable: la alineación  
entre el piñón y catalina.



# Montaje del sistema de frenos

Conformado por:

- Disco de freno
- Caliper
- Bomba
- Manguera líquido de freno.



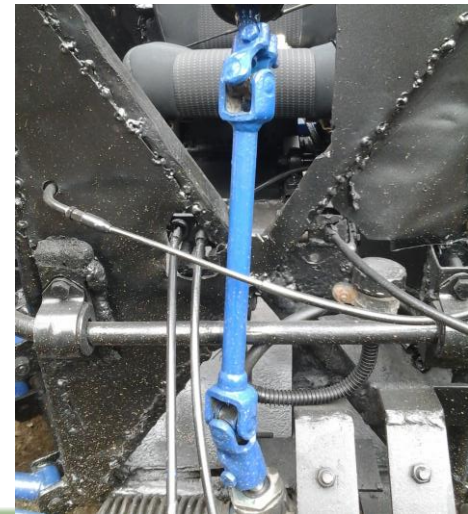
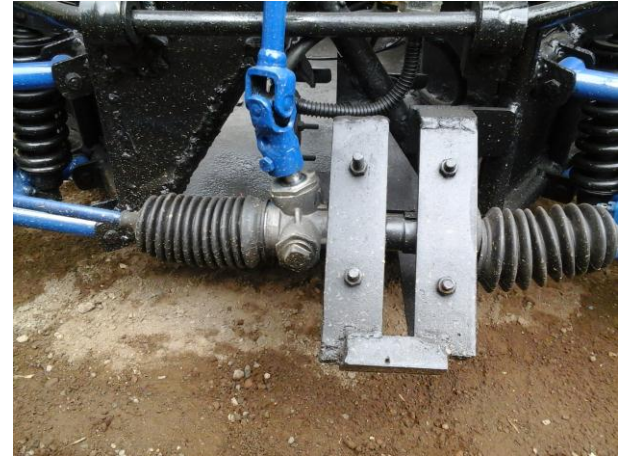


# Montaje del sistema de dirección

Se acoplo un sistema de dirección, piñón central-cremallera.

Cajetín de la dirección es del vehículo Suzuki Forsa 1.

La columna de dirección se conforma con dos ejes, con juntas universales.





# Montaje del sistema de dirección



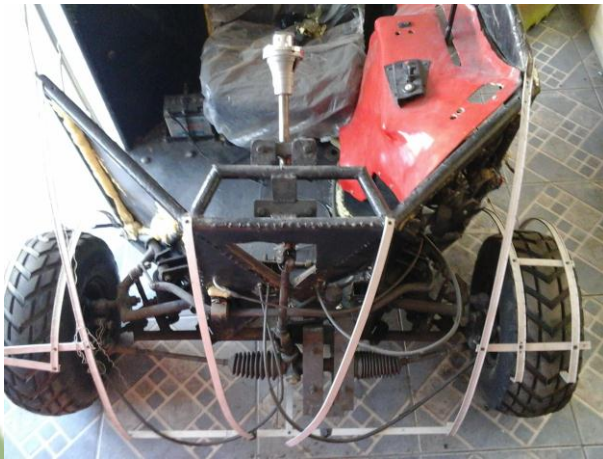
Para el soporte del volante, se construyó una base soldada al bastidor con el fin de conseguir la correcta fijación.

El volante es desmontable, para conseguir ergonomía al momento de ingresar o salir del vehículo.



# Construcción de la carrocería

Basado en el diseño ya realizado en el software se construyó la carrocería.



Realizar una estructura en perfil de aluminio, que sirva como soporte y guía para la fibra de vidrio.



# Construcción de la carrocería



Con cartón prensado, se procede a elaborar el diseño de la carrocería, teniendo como base los perfiles de aluminio.



# Construcción de la carrocería

Mezcla estequiométrica entre:

- Resina
- Acelerante
- Catalizador

Temperatura ambiente, °C	Gramos de acelerante por 1000 gramos de resina
De 5° C hasta 10° C	4 a 3
10° C hasta 15° C	3 a 2
15° C hasta 20° C	2 a 1,5
20° C hasta 30° C	1,5 a 1

Temperatura Ambiente	Gramos de peróxido por 1000 gramos de resina
15°C	30
20°C	20
30°C	10



# Construcción de la carrocería







# Construcción de la carrocería





# Construcción de la carrocería





# Construcción de la carrocería





# Costo de construcción

<b>COSTOS DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL</b>		
<b>Bastidor</b>	6 Tubo Redondo 3/4" X 2 mm X 6 m	66
	1 Platinas de 5 mm X 3 m	5
	1 Platinas de 3 mm X 3 m	5
	Tol Negro de 1/32" X 1.22 m X 2.44 m	18
<b>SUBTOTAL</b>		<b>94</b>
<b>Suspensión</b>	2 Tubo Redondo 3/4" X 2 mm X 6 m	22
	Tubo Rectangular ASTM 2500, 3 mm X 30 mm X 70 mm	10
	3 Amortiguadores	120
	Bocines	10
	Silentblocks	5
	Rótulas	40
<b>SUBTOTAL</b>		<b>207</b>
	2 Ejes de transmisión AISI 4340	180
<b>Transmisión</b>	Cadena de transmisión	6
	Piñones	3
	Chumaceras	9
<b>SUBTOTAL</b>		<b>198</b>



# Costo de construcción

6	perfil de aluminio	1345	36
Carrocería	Cartón prensado		5
	13m de fibra de vidrio		20
	15kg de resina cobaltada		70
	120ml de peróxido de metil-etil-cetina		3
	Masilla polyester		30
	Masilla 100% catalizada		10
	Lunas delanteras		20
	Lunas traseras		10
	Pintura al horno		250
	Tubo estructural negro cuadrado 1,2mm x 1" x 1"		30
	Acrílico		250
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>734</b>
	Cremallera Suzuki Forsa		59
Dirección	Rótulas		20
	Columna de dirección		40
	Chumaceras		9
	Volante		40
	Acople volante desmontable		80



# Costo de construcción

??	<b>Cuadrón Ranger</b>	<b>550</b>
??	Pernos, Modelas	50
??	Cable Acelerador	2
<b>Varios</b>	Cable Embrague	2
??	Cable Freno	2
??	Cañería de Freno	22
??	Cable Choque	2
??	Direccionales	5
??	Asiento	50
??	Cinturón de Seguridad	30
??	Tapizado Interior	200
??	Retrovisores	3
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>918</b>
<b>Suministros</b>	Sierras	5
??	Discos de Corte	15
??	Disco de Desbaste	6
??	Alambre MIG	40
??	Brocas	5
??	Cuchillas para Tornear	6
??	Brochas	4
??	Lijas	8
??	Amarras Plásticas	2,5

El costo total para la construcción del vehículo automotor personal es de 2490,50 dólares americanos, en este valor no incluye tiempo invertido en investigación, diseño, y construcción.

# FICHA TÉCNICA DEL VEHÍCULO AUTOMOTOR PERSONAL.

## FICHA TÉCNICA.

<b>MOTOR</b>	Tipo	4 tiempos refrigerado por aire
	Cilindrada	200cc
	No. Cilindros	1
	Potencia	11.5 Kw @ 7000rpm
	Torque máx.	15 N.m @ 6000rpm
	Velocidad máx.	70 km/h
	Arranque	Eléctrico
<b>BASTIDOR</b>	Estructura tubular	Tubo AISI 1020 3/4" X 2,3mm
	Distancia al piso	28 cm
<b>SUSPENSION</b>	Delantera	Independiente, doble A, Conjunto resorte- amortiguador
	Posterior	Basculante Conjunto resorte- amortiguador
<b>TRANSMISIÓN</b>	Tipo	Cadena
	Marchas	4 marchas y reversa
	Embrague	Mecánico
<b>DIRECCIÓN</b>	Mecánica	Piñón-Cremallera
<b>FRENO</b>	Delantero	Tambor
	Posterior	Disco
<b>CARROCERÍA</b>	Fibra de vidrio, acrílico	





## PRUEBA DE VELOCIDAD.

Para prueba de velocidad se realiza en una distancia de 50 metros a 2750 msnm y a una temperatura promedio de 12 grados Celsius.



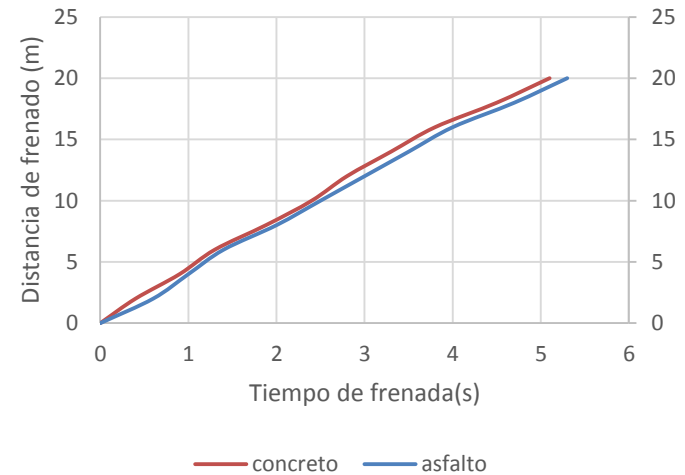
Prueba de velocidad			
	Tiempo(s)	Distancia(m)	Velocidad Final(Km/h)
Prueba 1	7.6	50	23.68
Prueba 2	7.4	50	24.32
Prueba 3	7.8	50	23.07
Promedio	7.6	50	23.69



# PRUEBA DE FRENADO

Para la prueba de frenado se establece una distancia de 30 m a recorrer con el motor a máxima revolución antes de frenar, con lo que se obtuvo los siguientes resultados.

Distancia de frenado vs Tiempo de frenado



Prueba de frenado			
	Velocidad Promedio(km/h)	Distancia de frenado(m)	3 ruedas bloqueadas simultáneamente
Concreto	20	5,3	Ok
Asfalto	20	5,1	Ok



## PRUEBAS DE ESTABILIDAD.

Consiste en colocar 10 conos en línea recta separados cada uno por 10 metros los resultados obtenidos son los siguientes.

El vehículo automotor personal tiene mucha agilidad debido a la corta distancia entre ejes que tiene, presenta una estabilidad óptima.

<b>Maniobrabilidad</b>			
	Tiempo (s)	# Conos derribados	Tiempo total
<b>Prueba 1</b>	16,5	0	16,5
<b>Prueba 2</b>	17.2	0	17,2
<b>Prueba 3</b>	16,3	0	16,3

## PRUEBA DE AUTONOMÍA



### PRUEBA DE AUTONOMÍA

<b>Volumen del depósito</b>	4200 cc.
<b>Volumen ocupado</b>	390 cc.
<b>Distancia urbana recorrida</b>	11 Km.
<b>Autonomía</b>	118 Km.
<b>Combustible utilizado extra</b>	87 octanos

1. Se determina la capacidad del depósito de combustible, la cual es de 4200 cc.
2. Recorrer una distancia recorrida de 11 Km urbanos, el consumo de combustible es de 390 cc.

Se determina que el vehículo automotor personal puede recorrer una distancia de 118 Km, con el depósito de combustible al máximo de la capacidad.

El consumo de combustible depende de las condiciones de manejo por parte del conductor.



# Conclusiones

- Se diseñó y construyó un vehículo automotor personal con estructura tubular, carrocería en fibra de vidrio y acrílico que cumple con los parámetros de diseño establecidos.
- El diseño del bastidor del vehículo automotor personal es seguro, los valores de tensiones generados están por debajo del límite elástico del material, obteniendo así un factor de seguridad mínimo de 2,2.
- El material AISI 4340 con el que se mecanizó los ejes de transmisión del vehículo automotor personal, se seleccionó adecuadamente, el factor de seguridad mínimo es de 3,23 en eje de transmisión delantero y 3,2 en el eje de transmisión trasero.



# Conclusiones

- En el vehículo automotor personal se logró conseguir una adecuada y correcta visibilidad que permite al conductor un manejo cómodo, seguro, además con gran agilidad y maniobrabilidad.
- Se ha logrado conseguir un comportamiento satisfactorio y desplazamiento adecuado de la suspensión del vehículo automotor personal para la conducción en zonas urbanas.
- El vehículo automotor a pesar de sus cortas dimensiones, tiene una fácil accesibilidad para el conductor debido a su parabrisas inclinable, puerta de acceso y volante desmontable.
- Las pruebas de funcionamiento realizadas en el vehículo automotor personal permitieron determinar el eficiente trabajo realizado en el diseño y la construcción, logrando así fiabilidad y eficiencia en el manejo.



# Recomendaciones

- Es recomendable realizar el cambio de aceite de motor cada 1500 km de recorrido, con la finalidad que exista la correcta lubricación en los elementos mecánicos, de esta manera también se evita la pérdida de propiedades del lubricante.
- El mantenimiento al sistema de dirección que se debe realizar consiste en engrase de la caja de dirección, esto es piñón y cremallera, además de verificar el estado de las juntas universales de la columna de la dirección.
- Se recomienda tener una adecuada presión de aire en los neumáticos del vehículo automotor personal, especialmente en el neumático de tracción trasera, de esta manera no existirá desgaste excesivo.



# Recomendaciones

- El sistema eléctrico del vehículo debe estar protegido los empalmes con un tubo de aplicación térmica polyolefin, y la masa de cables con un tubo plástico corrugado.
- El mantenimiento para el sistema de frenos, el cual es de vital importancia para la seguridad del ocupante se debe realizar cada 2000 km de recorrido, de esta manera evitamos que existan desperfectos mecánicos, y aseguramos un correcto frenado del vehículo automotor personal.
- El límite máximo de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares en sector urbano es de 50 km/h y el rango moderado de 50 a 60 Km/h.



GRACIAS