



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN PARA UN VEHÍCULO TRIMOTO”

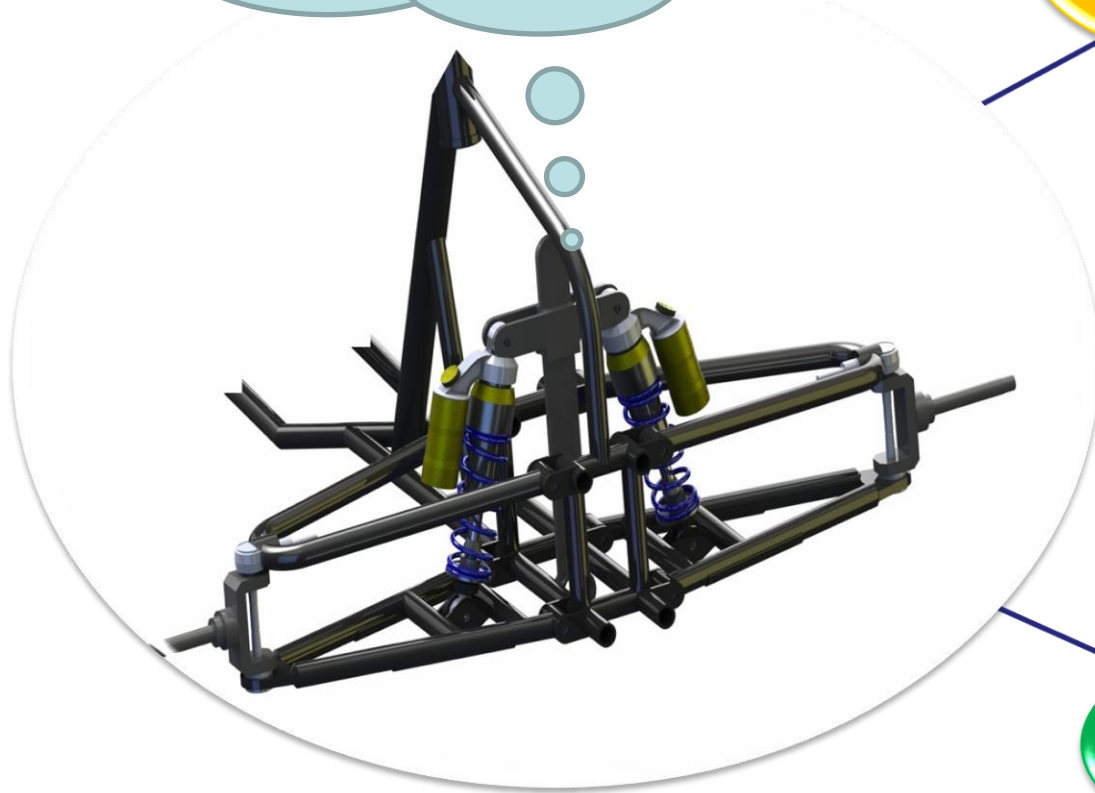
AUTOR: CARLOS SUNTAXI

DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES

CODIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS.



“SISTEMA DE DIRECCIÓN PARA VEHÍCULO TRIMOTO”

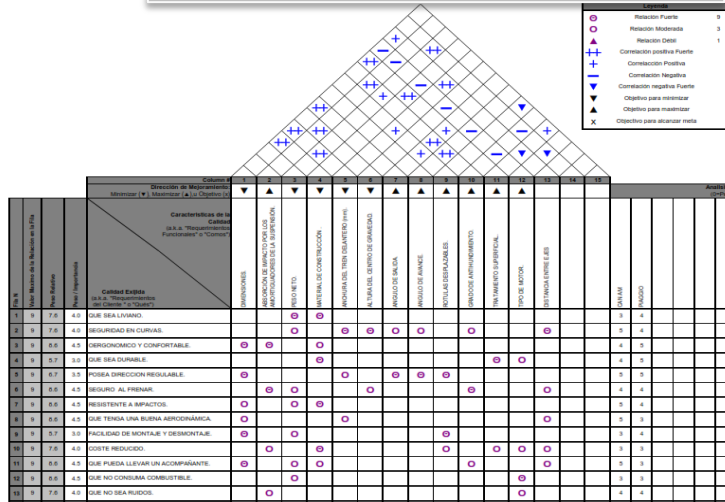


Alternativo

Maniobrable

Seguro

CASA DE LA CALIDAD



MODULACIÓN

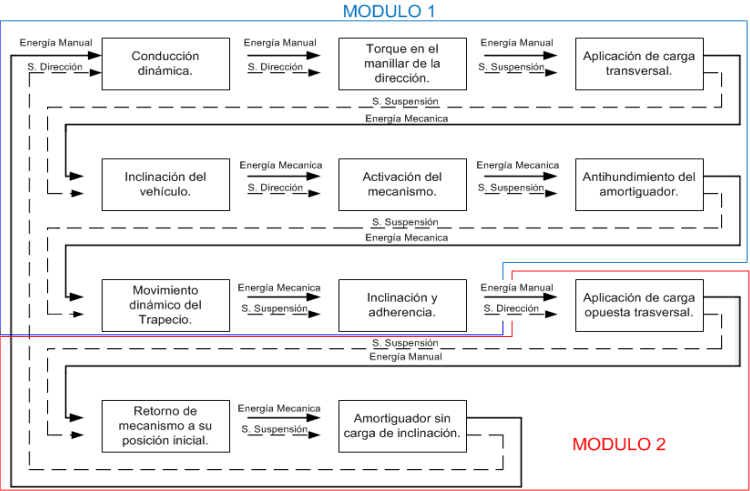


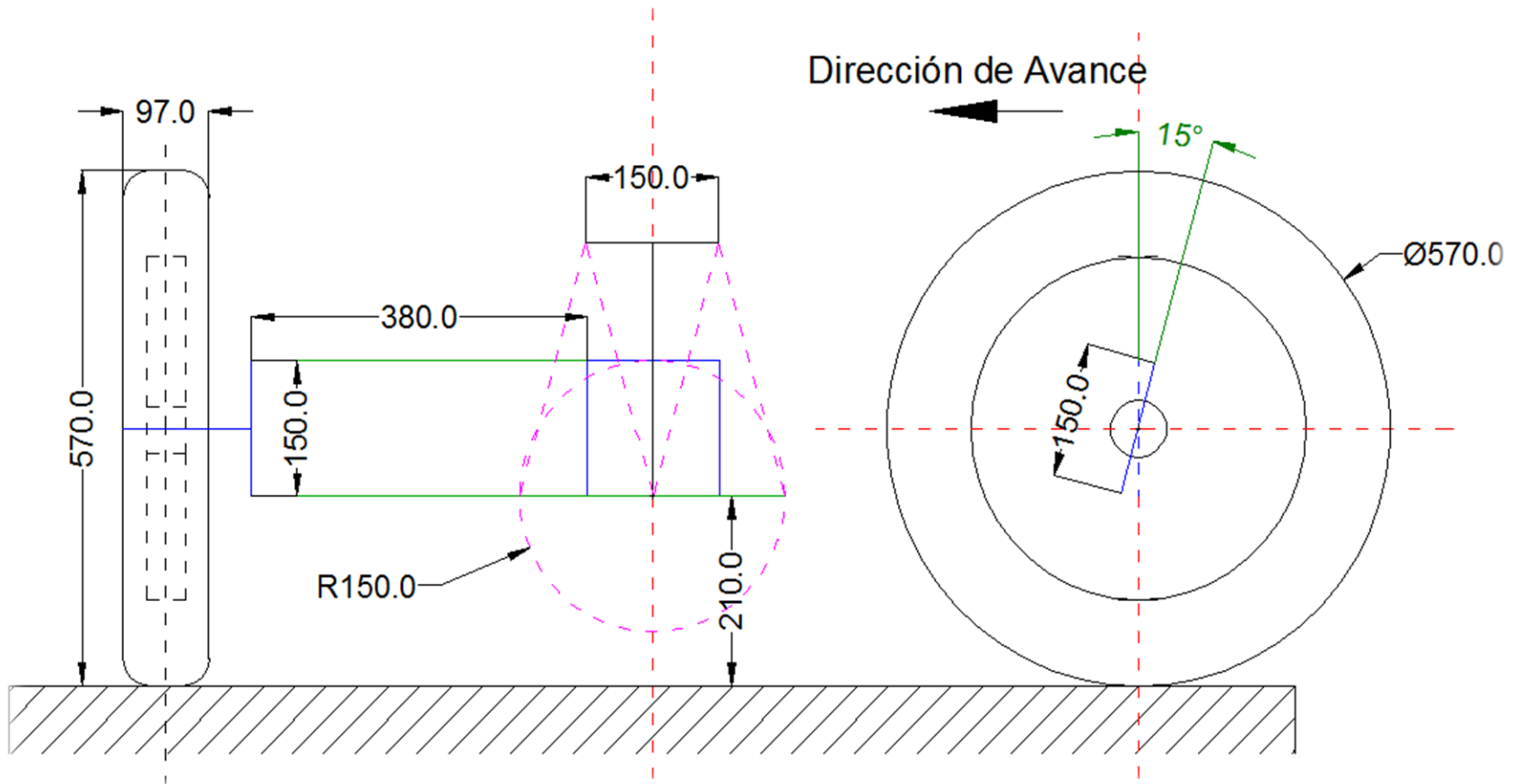
DIAGRAMA MORFOLÓGICO

	Solución Hotchkiss	Solución Mcpherson	Solución doble trapecio
Transmitir energía como fuerza y desplazamiento			
Amplificar fuerza y disminuir desplazamiento			
Almacenar energía			
Disipar energía			
Estabilizar el vehículo			
	ALTERNATIVA S1	ALTERNATIVA S2	ALTERNATIVA S3

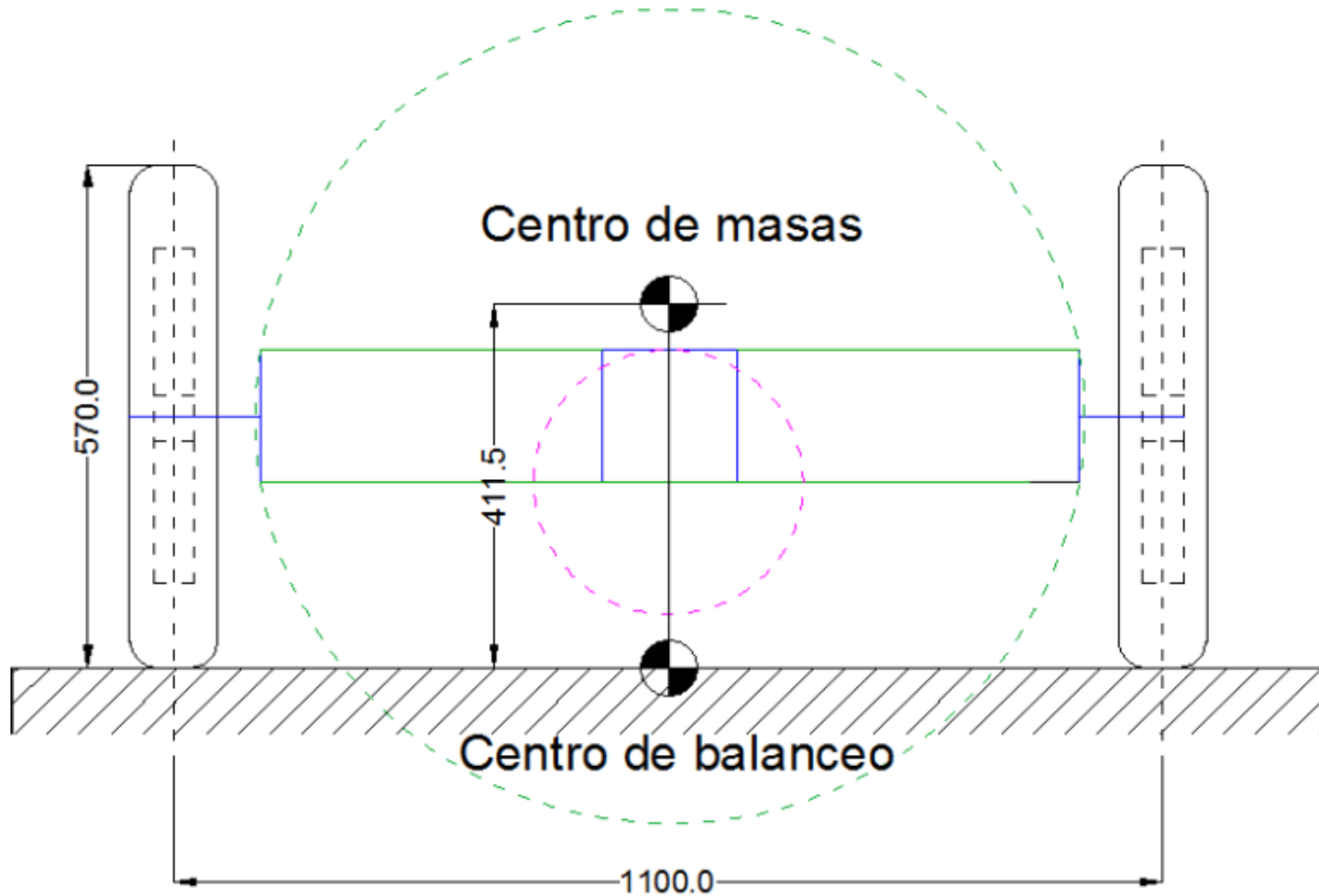
MODELACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR



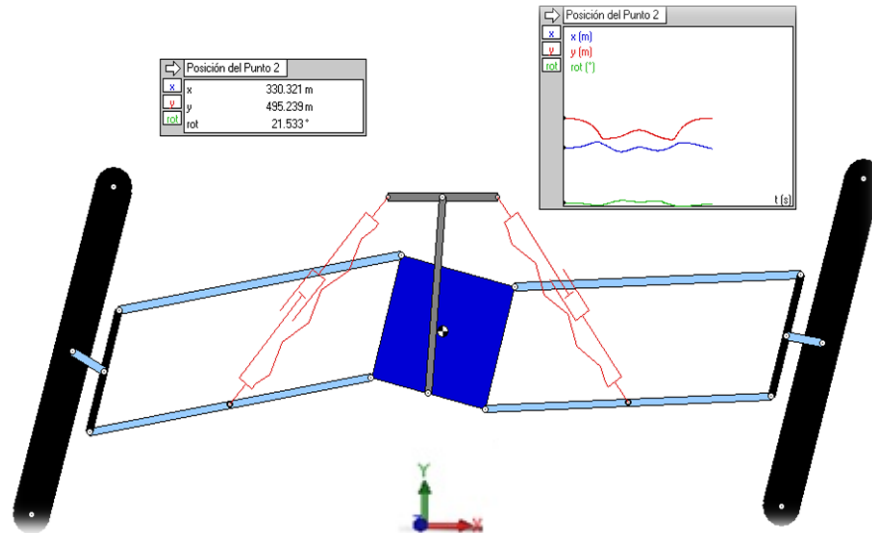
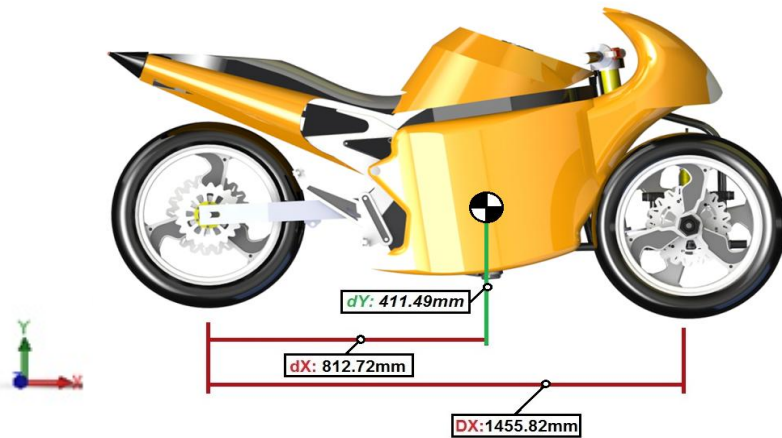
GEOMETRÍA Y COTAS APLICADAS



DISTANCIA DEL CENTRO DE MASAS- CENTRO DE BALANCEO



POSICIÓN DEL CENTRO DE MASAS 3D – 2D



UBICACIÓN DEL CENTRO DE MASAS		
Rot (Grados)	x (mm)	y (mm)
0	0	411.49
5	6.591	411.216
10	13.058	410.361
15	19.426	408.947
25	31.742	404.458
30	37.526	401.443



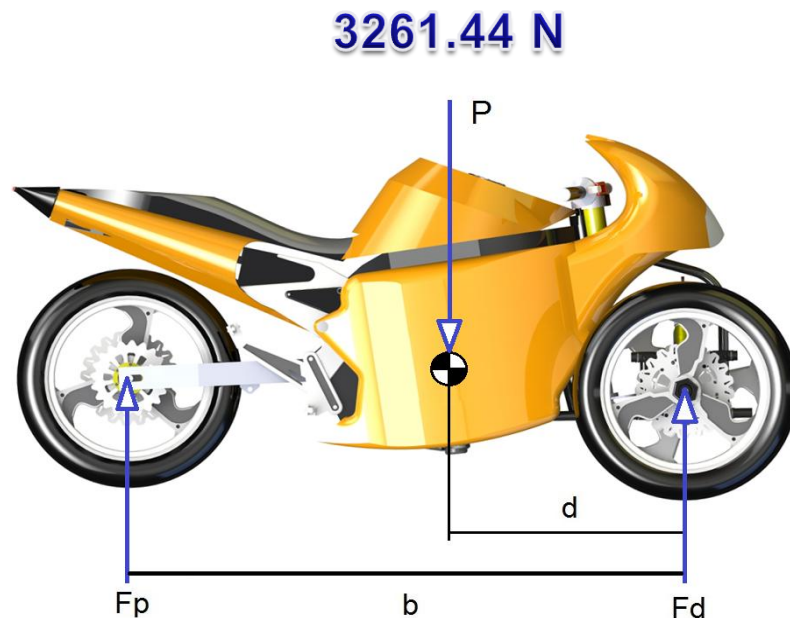
DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS CON RESPECTO AL CENTRO DE MASAS

CARGA VIVA	MASA (kg)
Persona promedio del 95% percentil x 2	140
Motor mono cilíndrico 4 Tiempos	30
Total	170



CARGA MUERTA	MASA (kg)
Estructura tubular	40
Bastidor	20
Transmisión	15
Carrocería	5
Llanta y frenos	30
Suspensión	10
Dirección	5
Sistema eléctrico	5
Pedales y sistemas de cambios	5
Total	116

286 kg



$$F_d = F_t * \frac{d}{b}$$

$$F_p = F_t * \frac{b - d}{b}$$

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS RESPECTO AL CENTRO DE MASAS		
	Fuerza (N)	Porcentaje (%)
Eje delantero	1440.74	44.17
Eje posterior	1825.19	55.83



TRANSFERENCIA DE MASAS EN ACELERACIÓN BRUSCA

$$W_a = \frac{a * m_t * h_{CG}}{b}$$

$$w_a = \frac{2.18 \frac{m}{s^2} * 286 \text{ kg} * 0.41149 \text{ m}}{1.45 \text{ m}}$$

$$w_a = 176.93 \text{ N}$$

$$w_{a(30\%)} = w_a + 0.3(w_a)$$

$$w_{a(30\%)} = 176.93 \text{ N} + 0.3(176.93 \text{ N})$$

$$w_{a(30\%)} = 230.01 \text{ N}$$

$$m_{ac}^d = (m_{st}^d * \gamma_P) + \left(\frac{w_{a(30\%)}}{g} * \gamma_v \right)$$

γ_P = Factor de carga permanente (1.33)

γ_v = Factor de carga variable (1.50)

$$m_{ac}^d = (126.34 \text{ kg} * 1.33) + \left(\frac{230.01 \text{ N}}{9.8 \frac{m}{s^2}} * 1.50 \right)$$

$$m_{ac}^d = (168.03 \text{ kg}) + (35.20 \text{ kg})$$

Eje Delantero \Rightarrow $m_{ac}^d = 203.23 \text{ kg}$

Eje Posterior \Rightarrow $m_{ac}^p = 247.2 \text{ kg}$



TRANSFERENCIA DE MASAS EN FRENADA BRUSCA

$$V_o = 27.8 \frac{m}{s} = 100 \frac{Km}{h}$$

$$V_f = 0$$

$$\text{Tiempo de frenada} = t = 3s$$

$$V_f = V_o + a \cdot t$$

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

$$a = \frac{-27.8 \frac{m}{s}}{3 s}$$

$$a = -9.26 \frac{m}{s^2}$$

$$W_f = \frac{a_f * m_t * h_{CG}}{b}$$

$$w_f = \frac{9.26 \frac{m}{s^2} * 286 kg * 0.41149m}{1.45 m}$$

$$w_f = 751.56 N$$

$$w_{f(30\%)} = w_f + 0.3(w_f)$$

$$w_{f(30\%)} = 751.56 N + 0.3(751.56 N)$$

$$w_{f(30\%)} = 977.03 N$$

$$m_f^d = (m_{st}^d * \gamma_P) + \left(\frac{w_{f(30\%)}}{g} * \gamma_v\right)$$

$$\gamma_P = \text{Factor de carga permanente (1.33)}$$

$$\gamma_v = \text{Factor de carga variable (1.50)}$$

$$m_f^d = (126.34 kg * 1.33) + \left(\frac{977.03 N}{9.8 \frac{m}{s^2}} * 1.50\right)$$

$$m_f^d = (168.03 kg) + (149.54 kg)$$

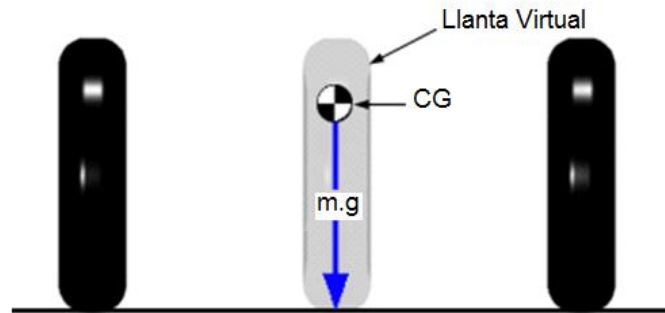
Eje Delantero → $m_f^d = 317.54 kg$

Eje Posterior → $m_f^p = 361.54 kg$



TRANSFERENCIA DE MASAS EN CURVA

UBICACIÓN CENTRO DE MASAS	
X(m)	Y(m)
0	0.41



$$A_n = \frac{v^2}{r}$$

v (Km/h)	r (m)
40	60
60	100
80	150

$$W_c = \frac{A_n * m_t * h_{CG}}{A_v}$$

DELANTERO

POSTERIOR

$$W_{cd} = \frac{A_n * m_t * h_{CG} * 0.44}{A_v}$$

$$W_{cp} = \frac{A_n * m_t * h_{CG} * 0.56}{A_v}$$

$$m_f^i = (m_{st}^d * \gamma_P * 0.22) + \left(\frac{W_{cd}}{g} * \gamma_v\right)$$

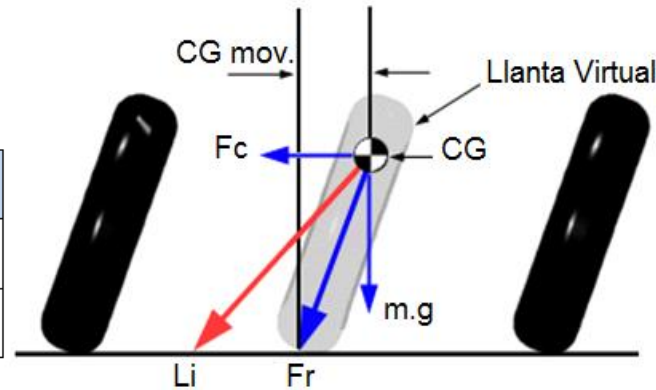
$$m_f^d = (m_{st}^d * \gamma_P * 0.22) - \left(\frac{W_{cd}}{g} * \gamma_v\right)$$



TRANSFERENCIA DE MASAS EN CURVA

25 GRADOS

UBICACIÓN CENTRO DE MASAS	
X(m)	Y(m)
0.31	0.40



30GRADOS

UBICACIÓN CENTRO DE MASAS	
X(m)	Y(m)
0.37	0.40

$$W_c = \frac{A_n * m_t * h_{CG}}{A_v}$$

$$W_{c(x)} = \frac{A_n * m_t * h_{CG(x)}}{A_v}$$

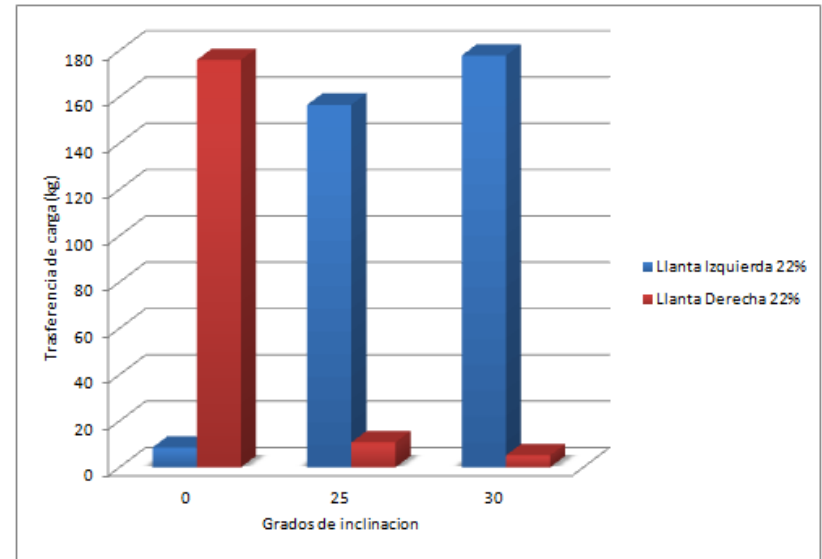
$$W_{c(y)} = \frac{A_n * m_t * h_{CG(y)}}{A_v}$$

$$W_c = \sqrt{W_{c(x)}^2 + W_{c(y)}^2}$$



ANÁLISIS DE RESULTADOS

TRANSFERENCIA DE CARGAS EN CURVA			
GRADO	Wcx	Wcy	[Wc]
S	(N)	(N)	(N)
0	-	-	1370.11719
25	663.2418	855.7958	1082.7171
30	791.6112	855.7958	914.7765



No	Grados	DISTRIBUCIÓN DE CARGAS		CARGA EJE DELANTERO 44%	
		Eje Delantero 44%(kg)	Eje Posterior 66%(kg)	Llanta Izquierda 22%(kg)	Llanta Derecha 22%(kg)
1	0	602.8515	767.2656	8.5895	175.9567
2	25	476.3955	606.3215	156.6012	10.7659
2	30	512.9416	402.8348	177.8950	5.1721

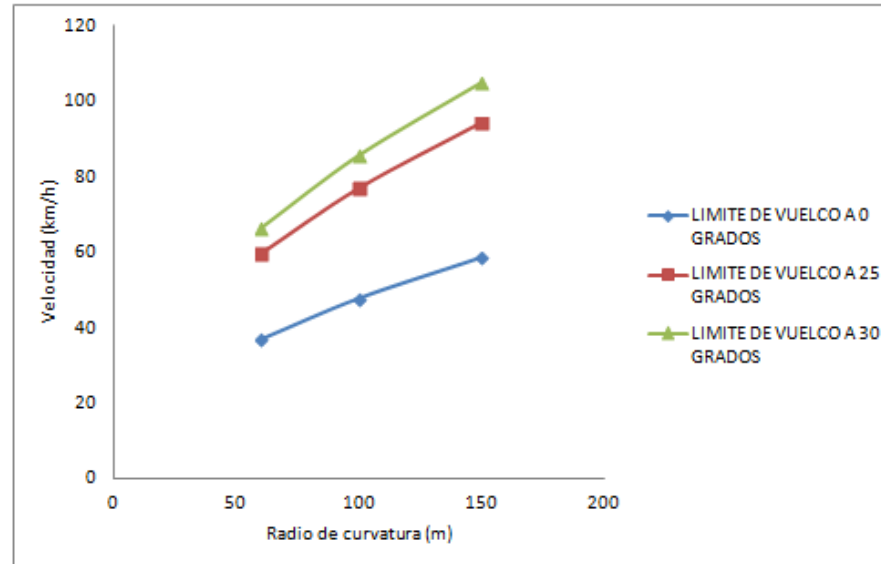


RANGO DE VELOCIDAD SEGURA DE CONDUCCIÓN





$$V = \sqrt{g * r * \frac{Av}{2h_{CG}}}$$

$$V = \sqrt{g * r * \tan(\theta)}$$

r(m)	LIMITE A 0 GRADOS		LIMITE A 25 GRADOS		LIMITE A 30 GRADOS	
	V(m/s)	V(km/h)	V(m/s)	V(km/h)	V(m/s)	V(km/h)
60	10.28	37.00	16.55	59.58	18.42	66.31
100	13.28	47.80	21.37	76.93	23.78	85.60
150	16.26	58.53	26.18	94.26	29.13	104.86



TRANSFERENCIA DE MASAS

EN REPOSO	ACELERACIÓN BRUSCA
<p data-bbox="426 265 533 291">63.17 kg</p> <p data-bbox="749 265 855 291">63.17 kg</p>  <p data-bbox="562 639 681 665">160.05 kg</p>	<p data-bbox="1083 265 1190 291">101.61 kg</p> <p data-bbox="1425 265 1532 291">101.61 kg</p>  <p data-bbox="1251 639 1371 665">247.20 kg</p>
FRENADO BRUSCA	CURVA INCLINACIÓN 30 GRADOS
<p data-bbox="432 768 558 793">158.77 kg</p> <p data-bbox="749 768 875 793">158.77 kg</p>  <p data-bbox="600 1186 720 1212">361.54 kg</p>	<p data-bbox="1083 768 1209 793">177.89 kg</p> <p data-bbox="1416 768 1522 793">5.17 kg</p>  <p data-bbox="1248 1160 1367 1186">402.83 kg</p>



PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIALES

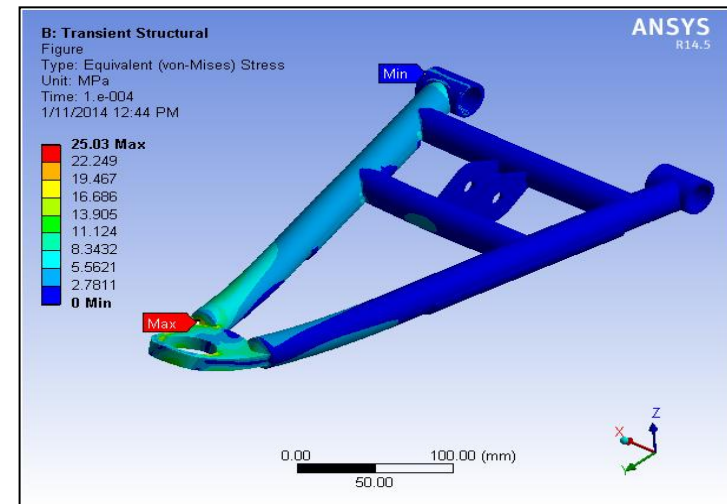
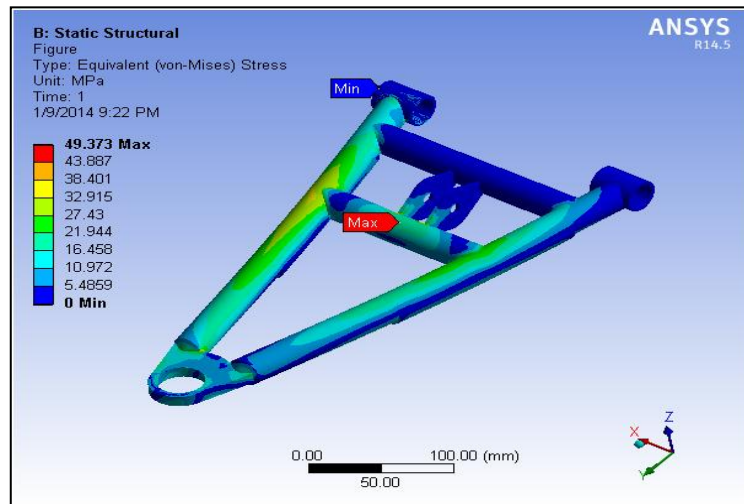
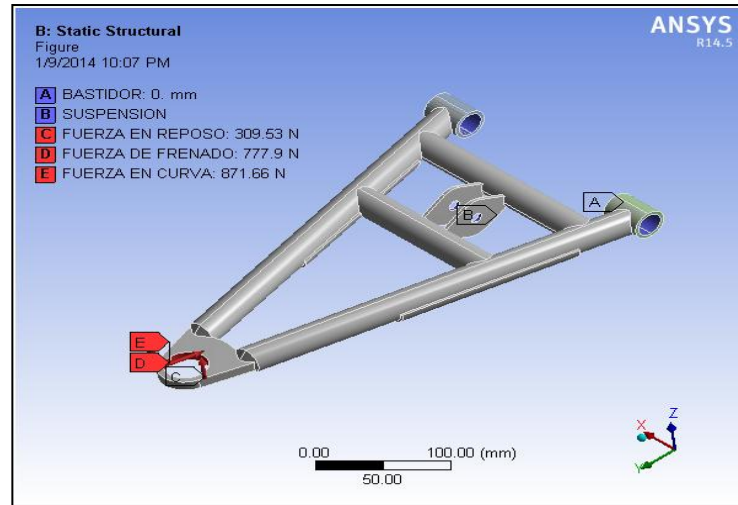
Componente del mecanismo	Designación del material	Grado, producto o geometría	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia	
			(ksi)	(MPa)	(Ksi)	(MPa)
Bastidor, Trapecio superior e inferior	ASTM A-500	Tubo Redondo, grado B	58	400	42	290
Conjunto mangueta-punta de eje	ASTM A36	Barra, eje	58	400	36	250
Barra de inclinación	ASTM A36	Plancha	58	400	36	250



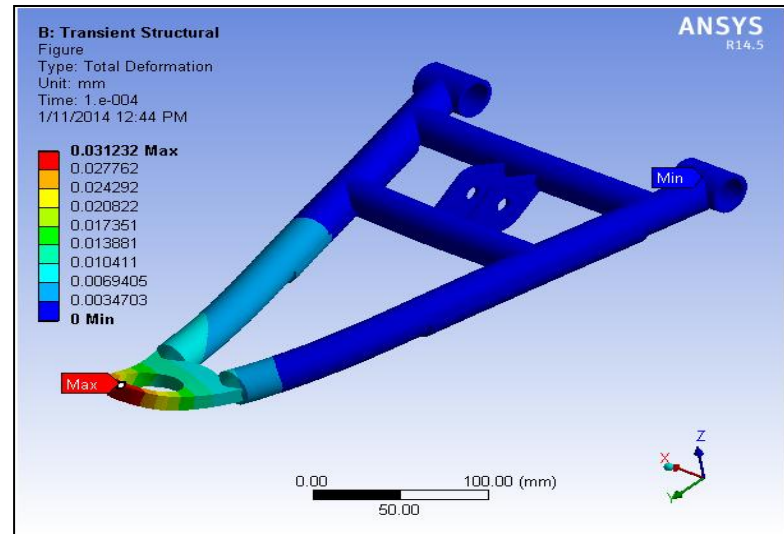
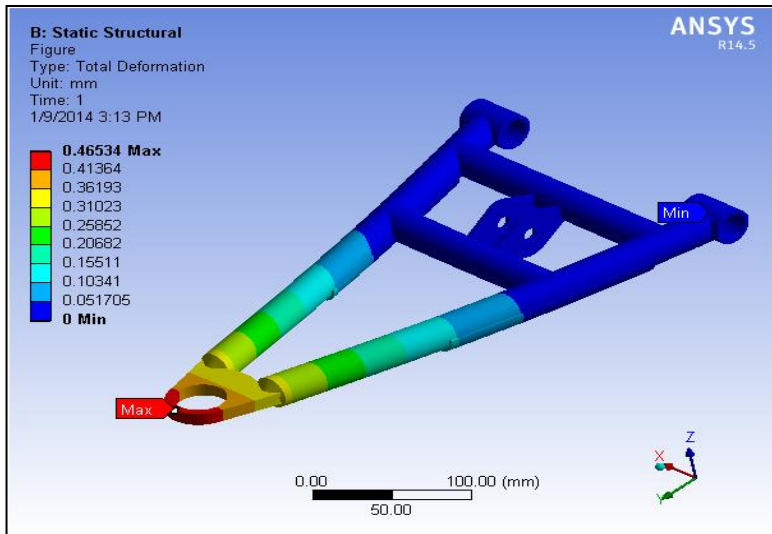
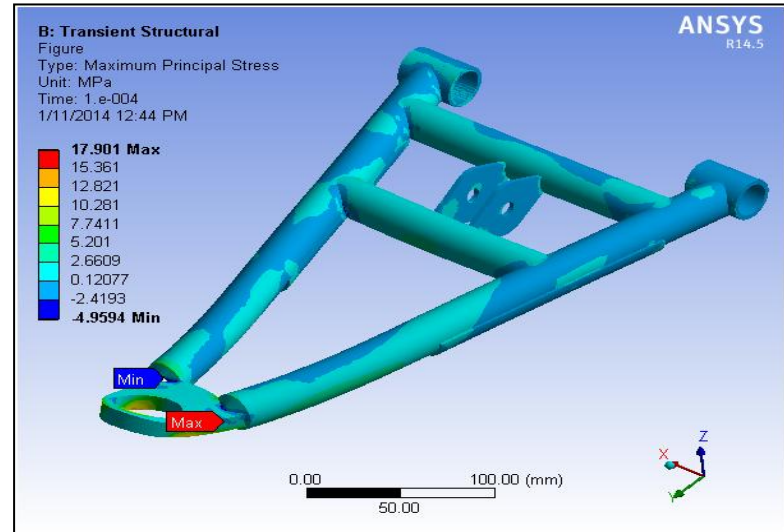
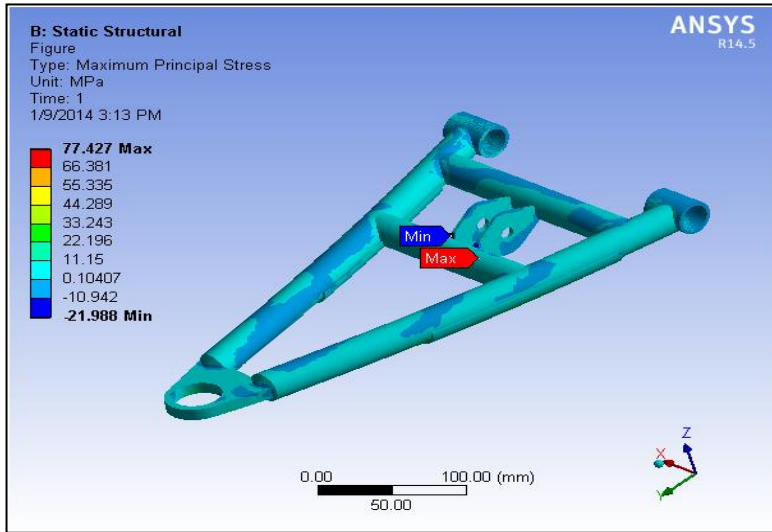
OPTIMIZACIÓN Y DESARROLLO DE ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS



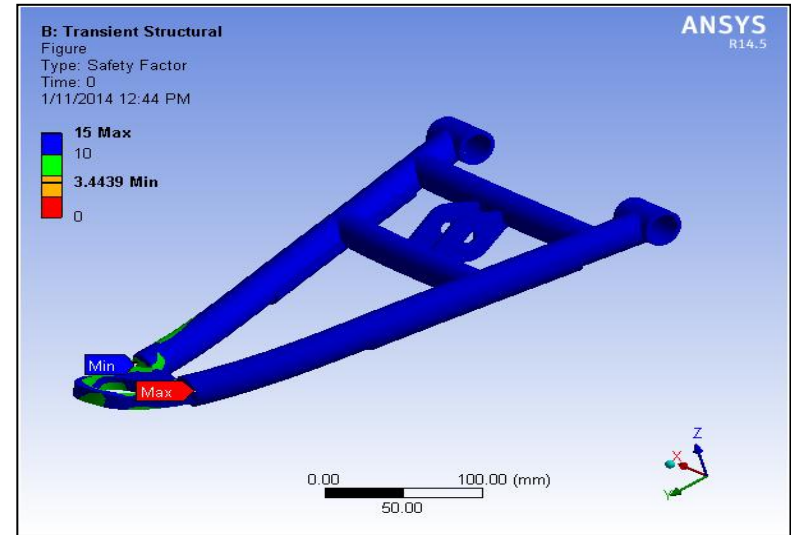
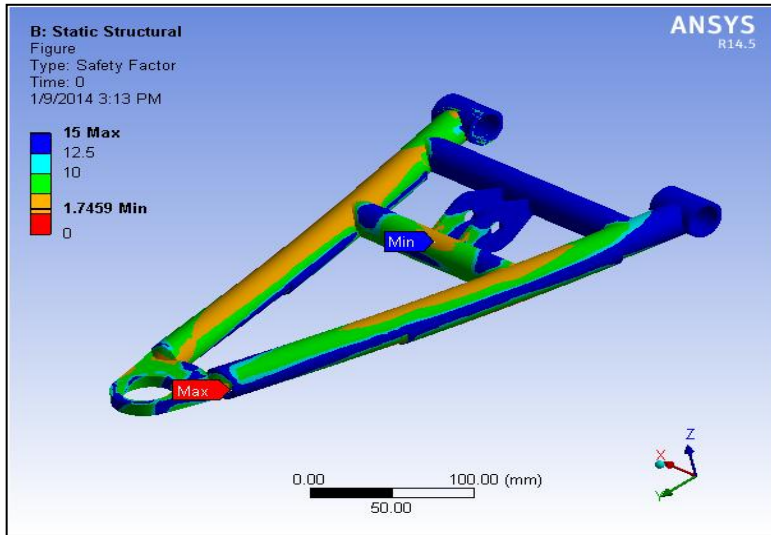
ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN TRAPECIO INFERIOR



TRAPECIO INFERIOR



TRAPECIO INFERIOR



RESULTADO ANÁLISIS ESTÁTICO

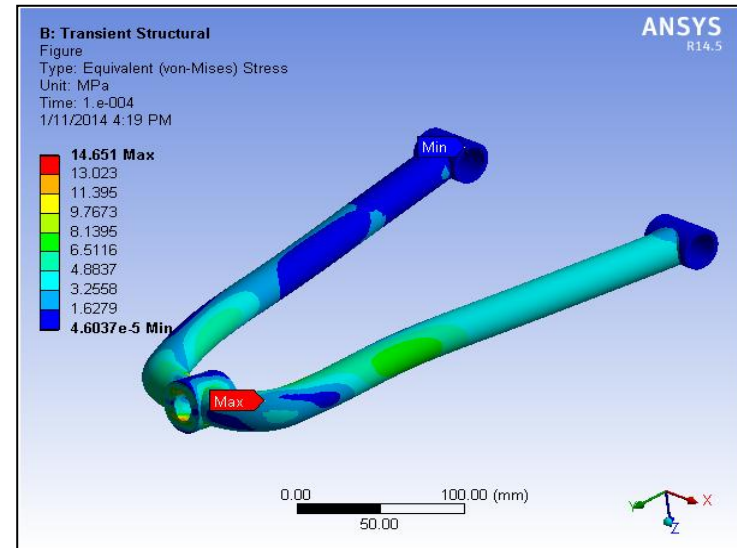
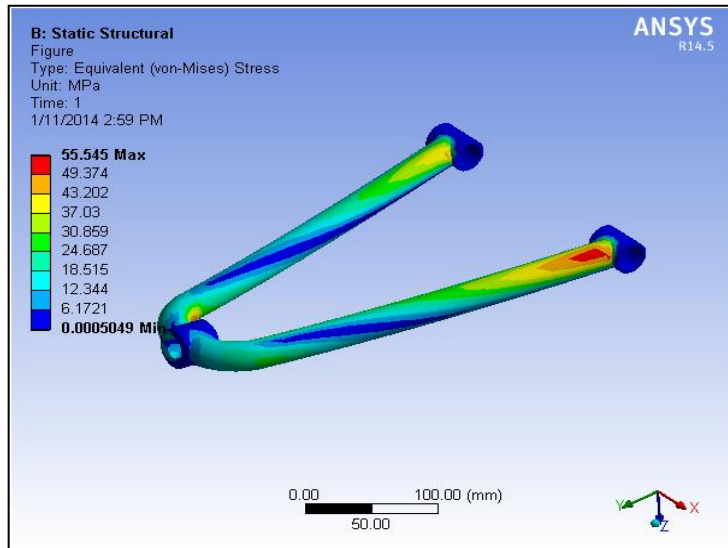
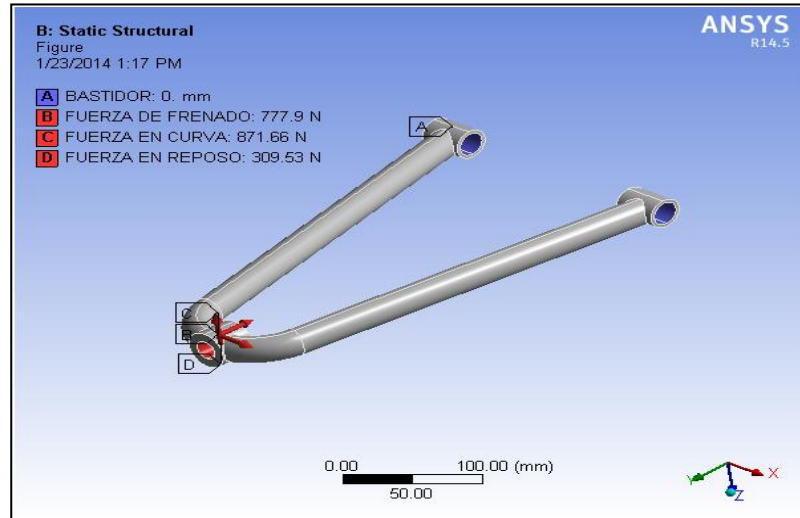
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-21.988 MPa	0. mm	1,74
Máximo	77.427 MPa	0.46534 mm	15

RESULTADO ANÁLISIS TRANSITORIO

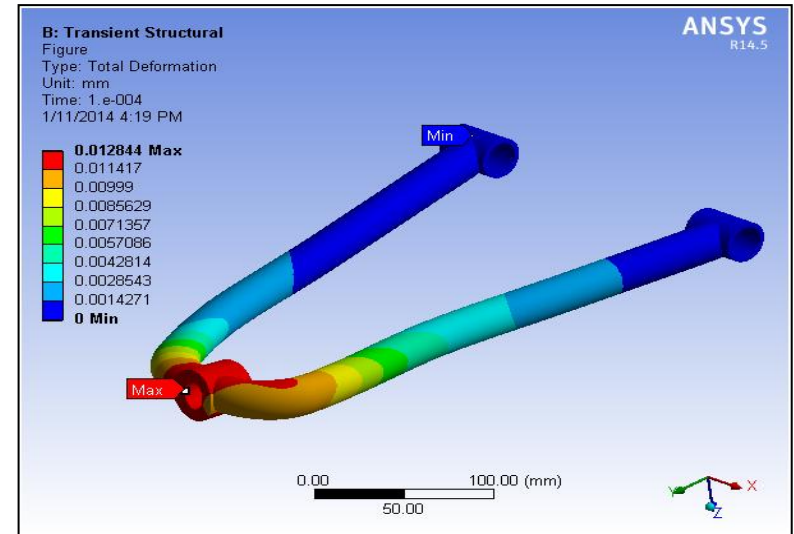
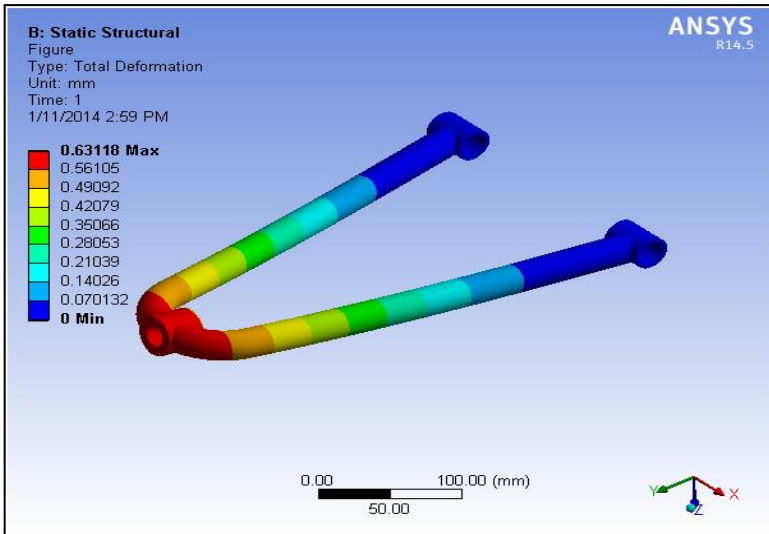
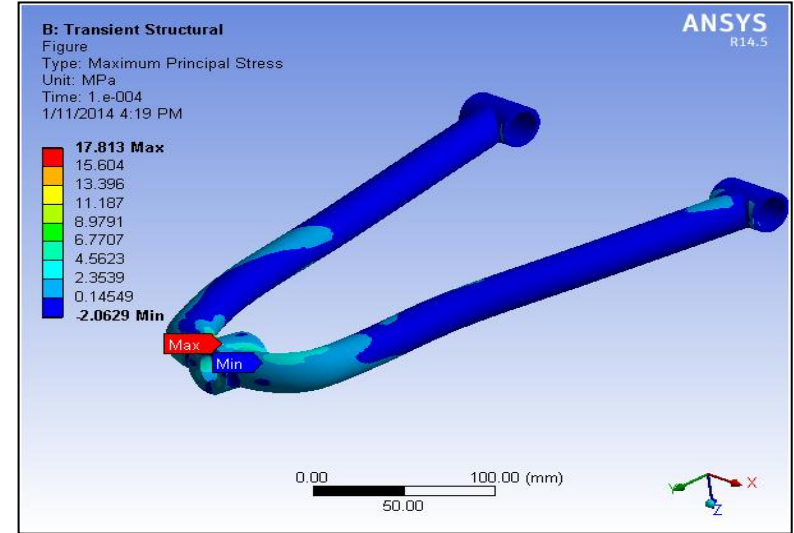
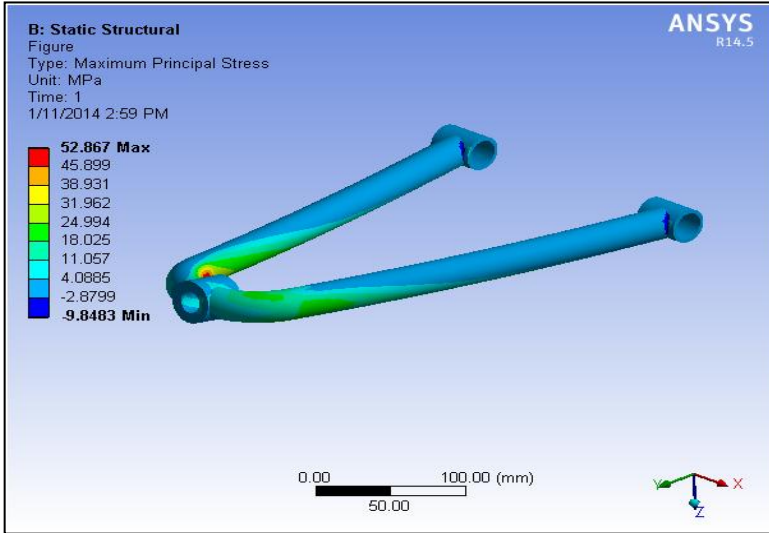
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-4.9594 MPa	0. mm	3.44
Máximo	17.901 MPa	3.1232e-002 mm	15



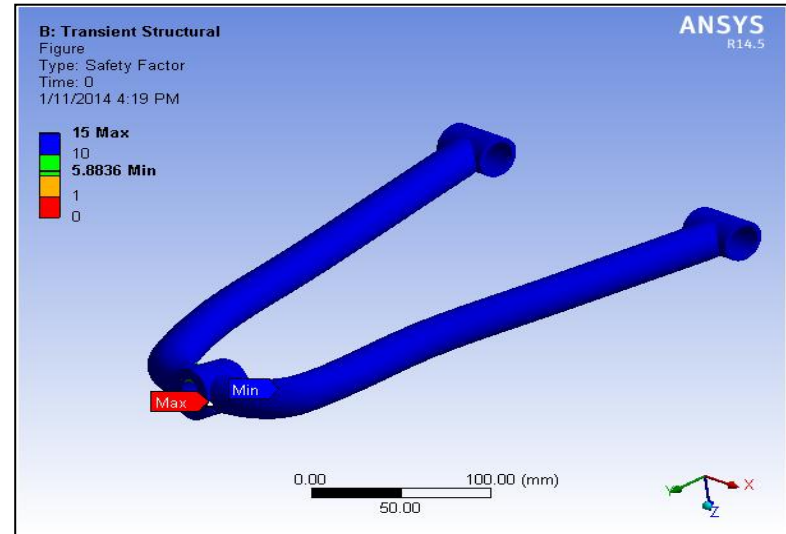
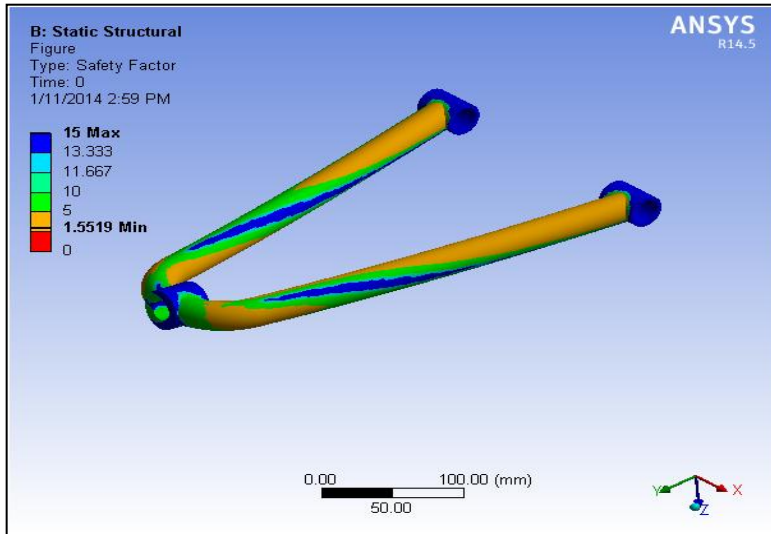
TRAPECIO SUPERIOR



TRAPECIO SUPERIOR



TRAPECIO SUPERIOR



RESULTADO ANÁLISIS ESTÁTICO

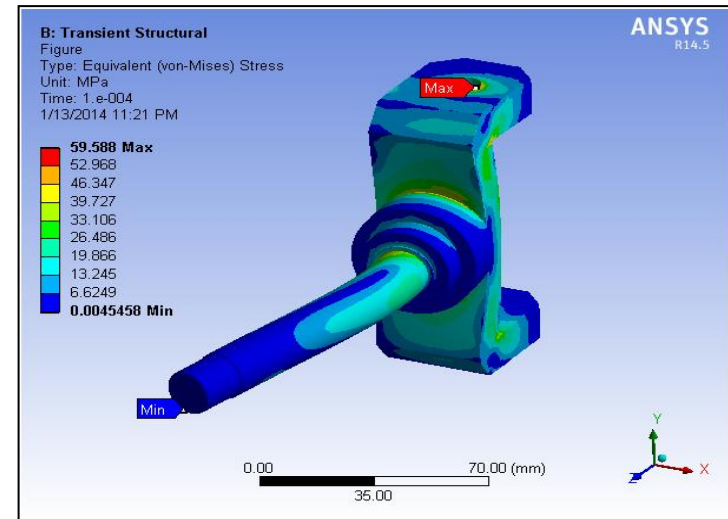
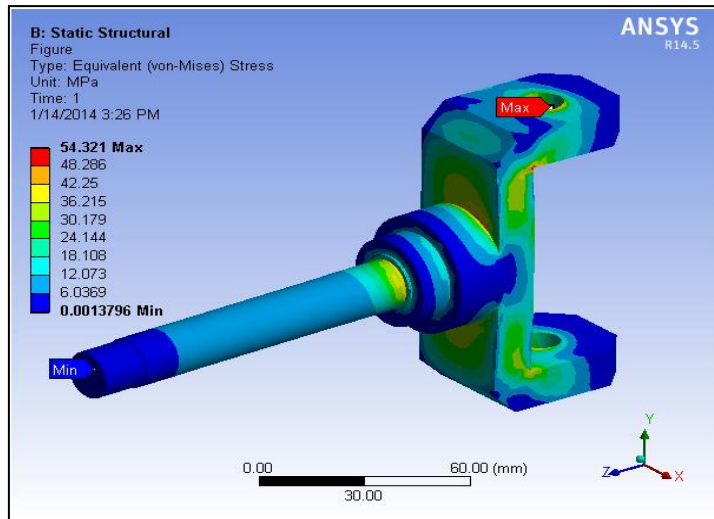
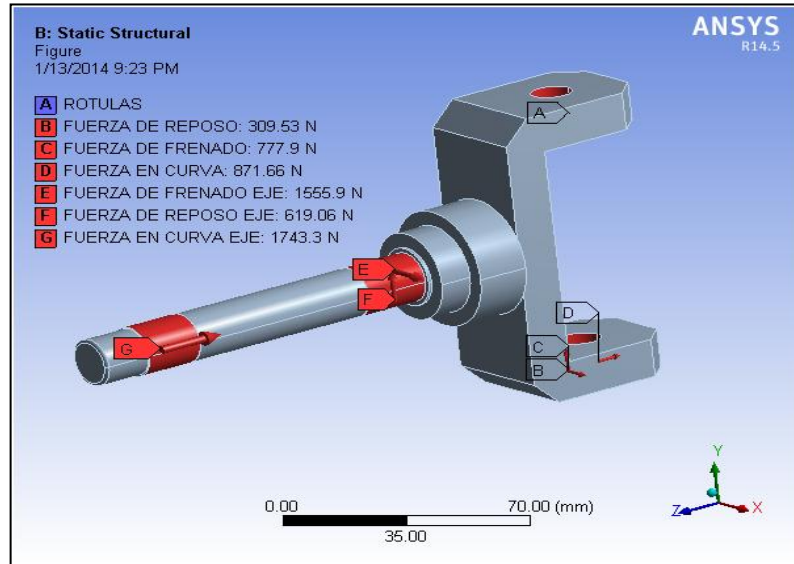
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-9.8483 MPa	0. mm	1,55
Máximo	52.867 MPa	0.63118 mm	15

RESULTADO ANÁLISIS TRANSITORIO

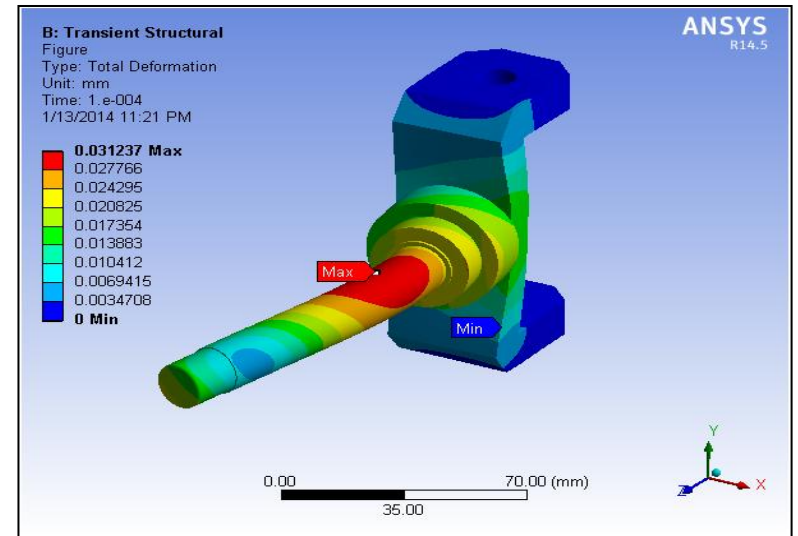
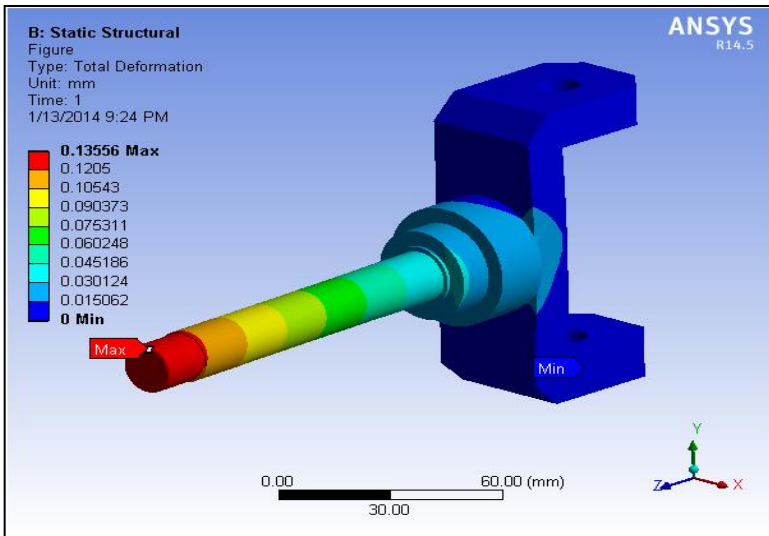
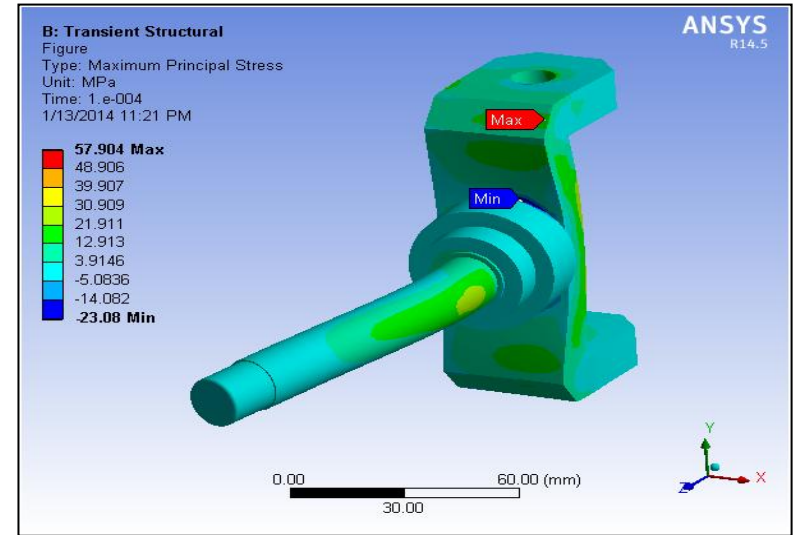
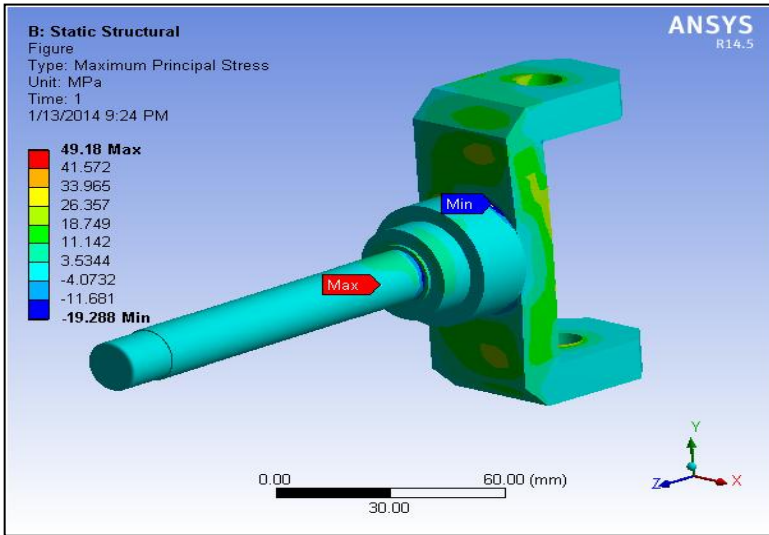
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-2.0629 MPa	0. mm	5.88
Máximo	17.813 MPa	1.2844e-002 mm	15



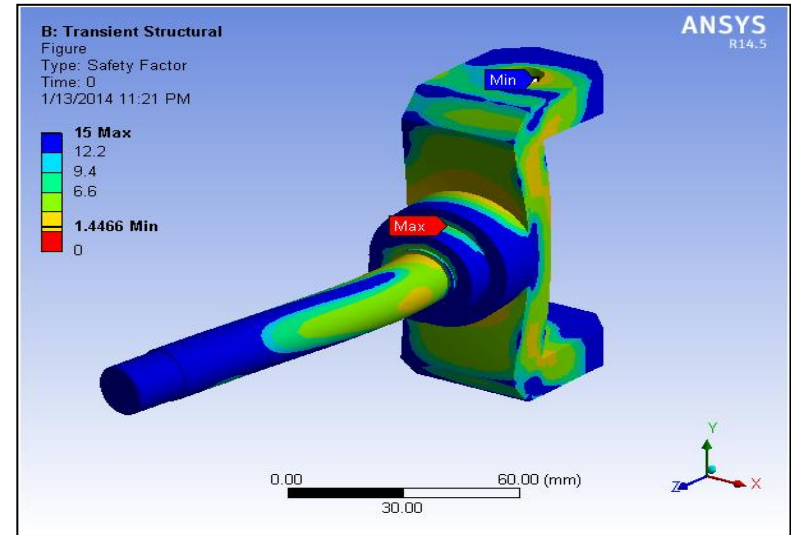
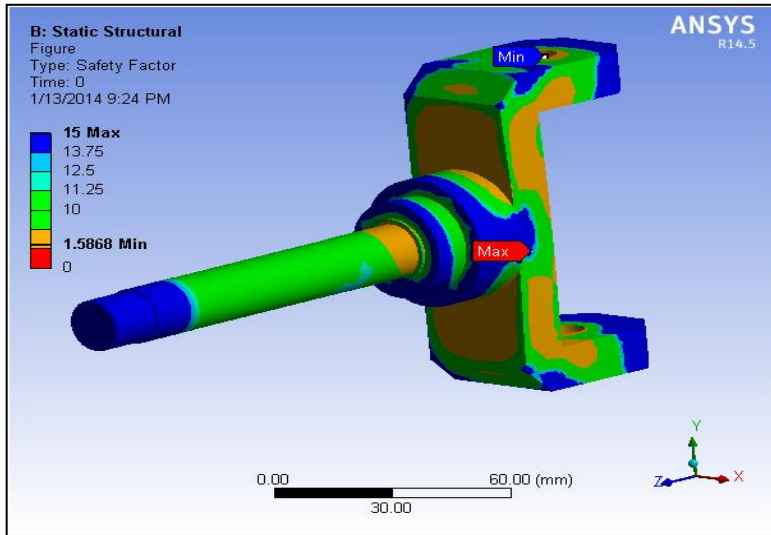
CONJUNTO MANGUETA-EJE



CONJUNTO MANGUETA-EJE



CONJUNTO MANGUETA-EJE



RESULTADO ANÁLISIS ESTÁTICO

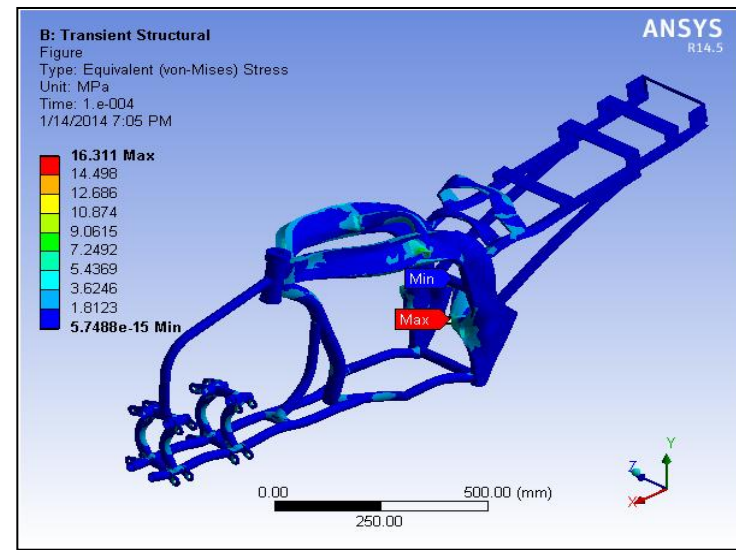
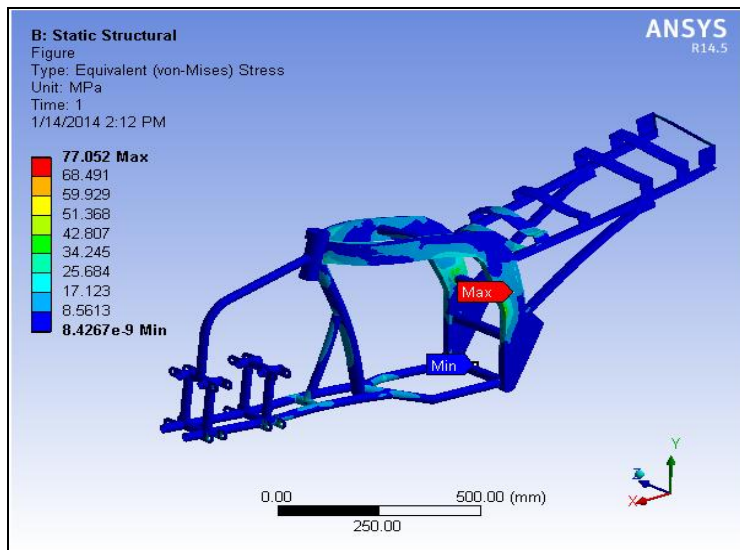
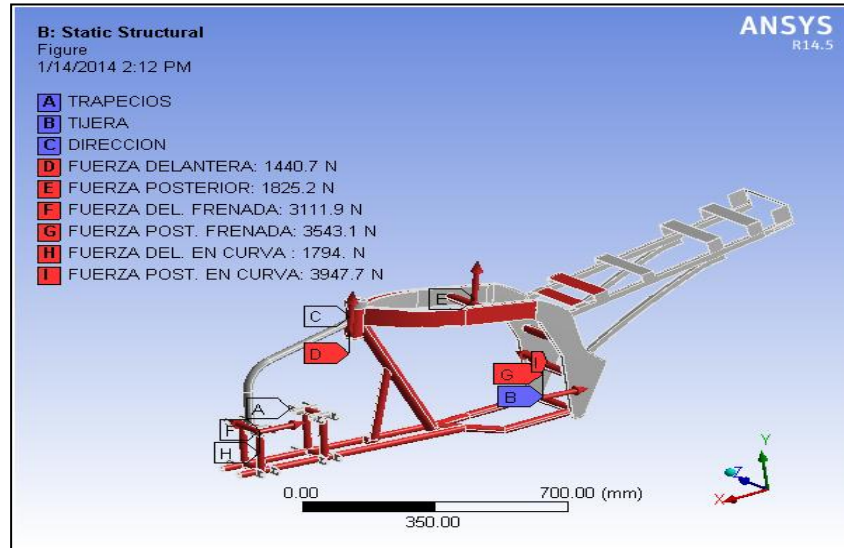
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-19.288 MPa	0. mm	1,58
Máximo	49.18 MPa	0.13556 mm	15

RESULTADO ANÁLISIS TRANSITORIO

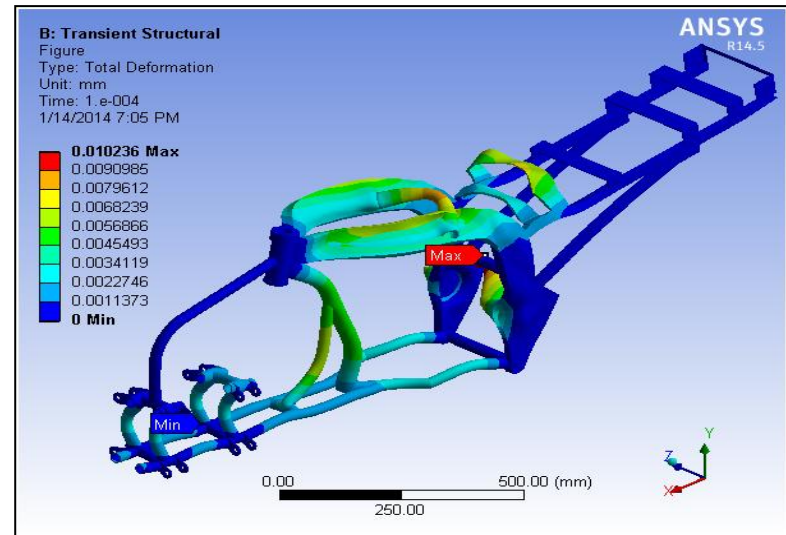
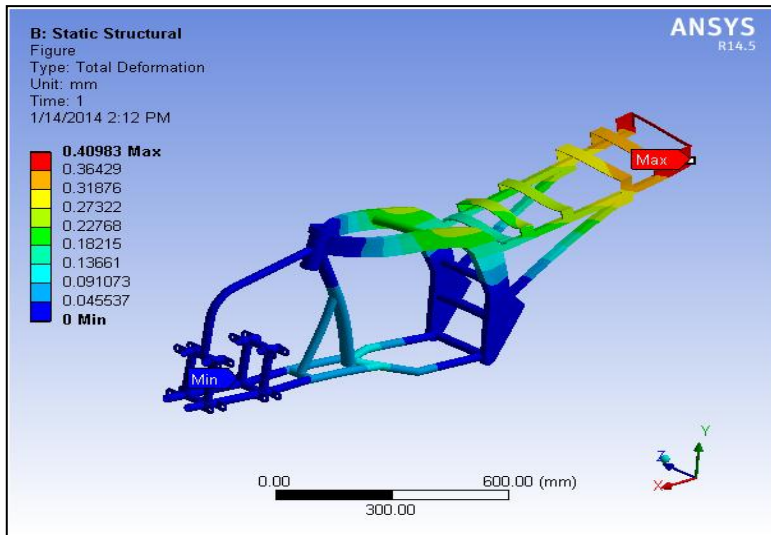
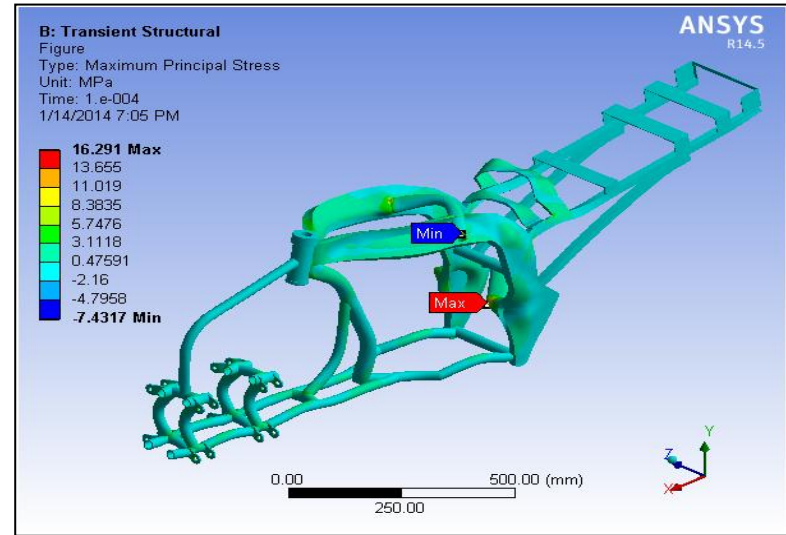
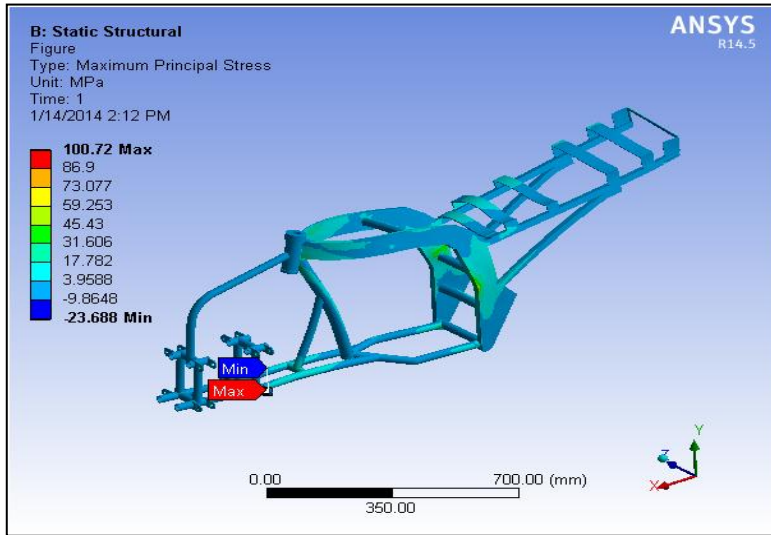
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-23.08 MPa	0. mm	1.44
Máximo	57.904 MPa	3.1237e-002 mm	15



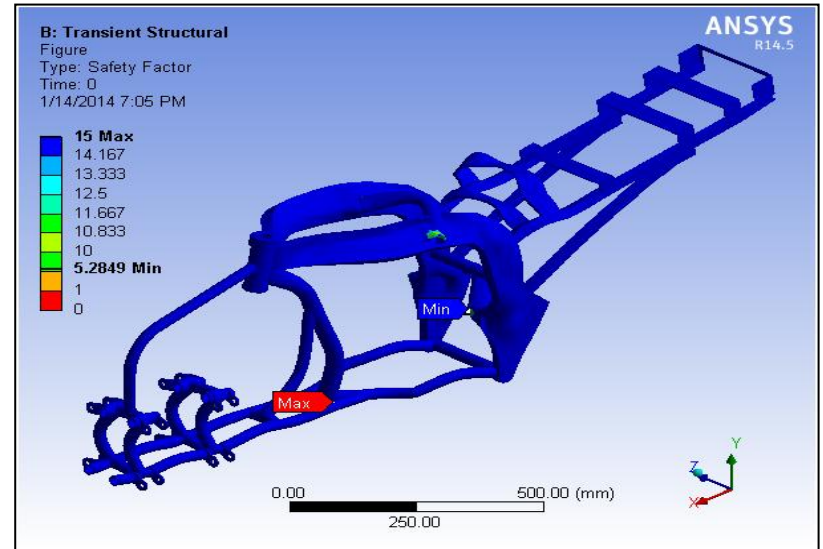
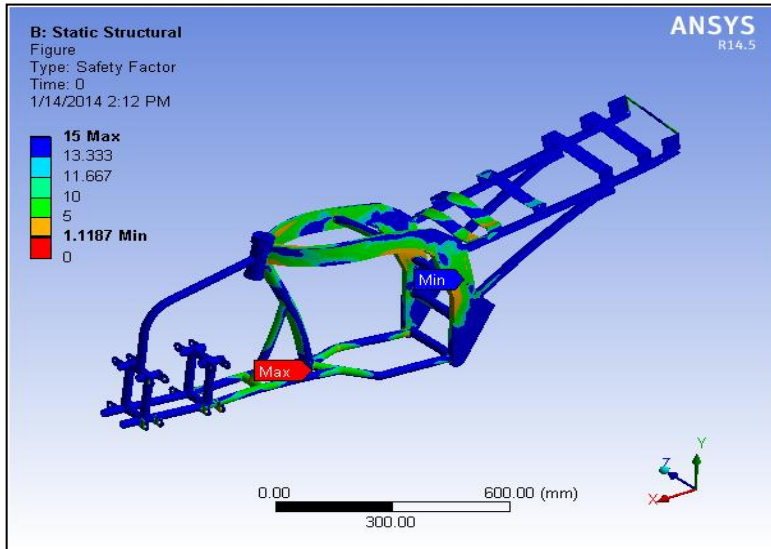
BASTIDOR



BASTIDOR



BASTIDOR



RESULTADO ANÁLISIS ESTÁTICO

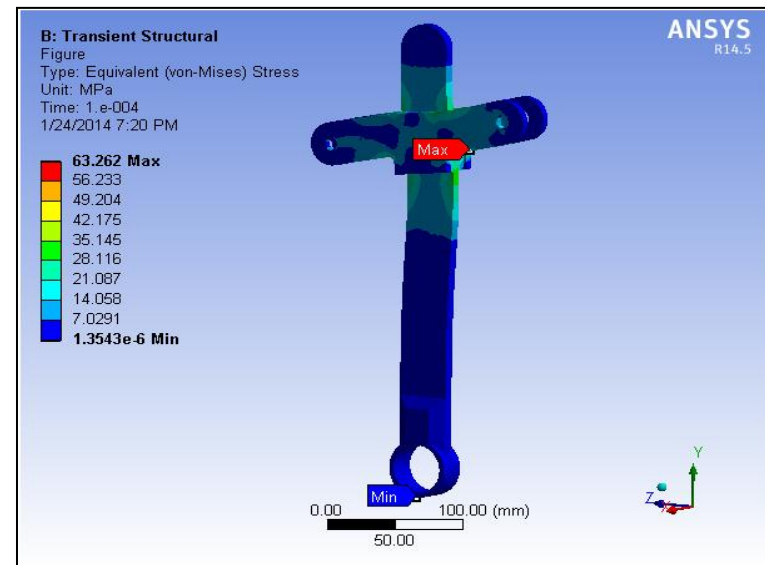
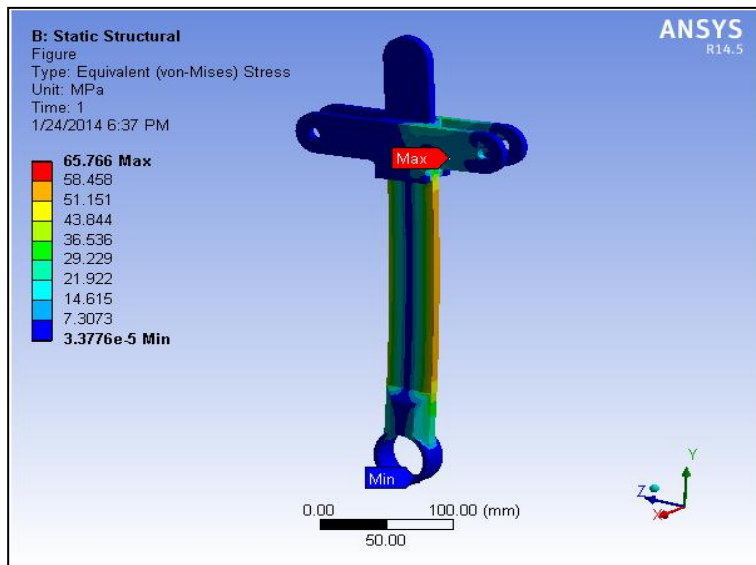
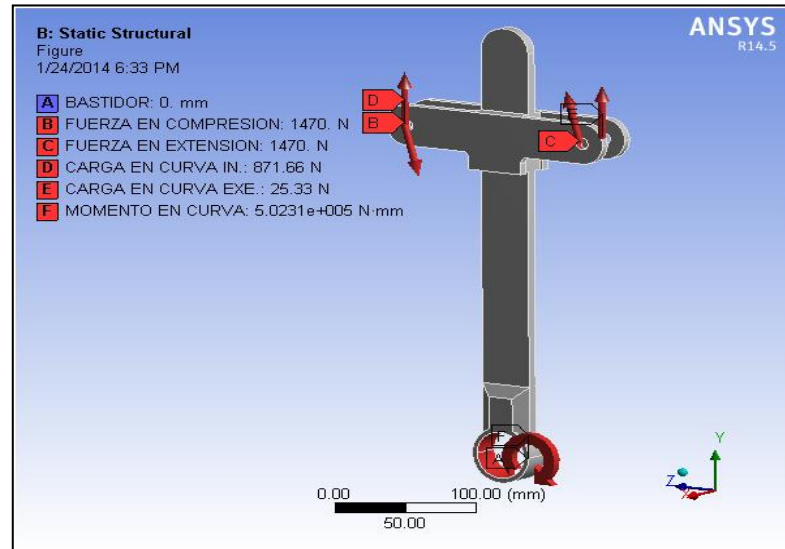
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-23.688 MPa	0. mm	1,11
Máximo	100.72 MPa	0.40983 mm	15

RESULTADO ANÁLISIS TRANSITORIO

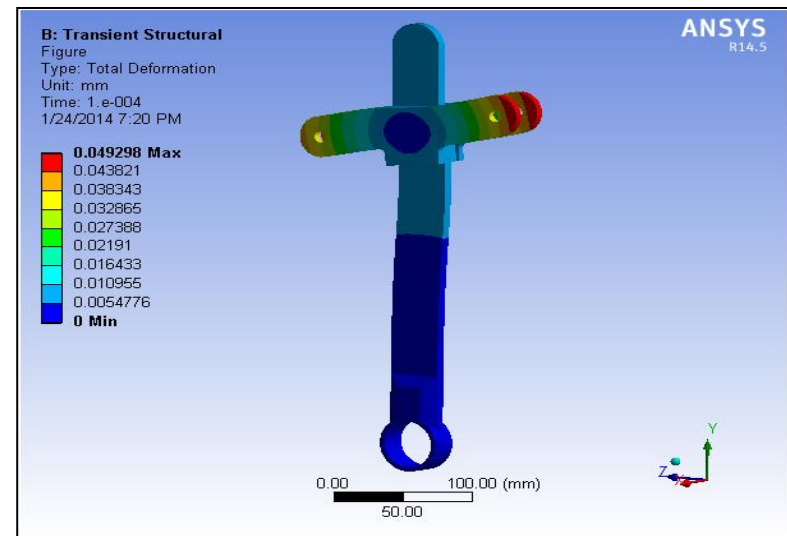
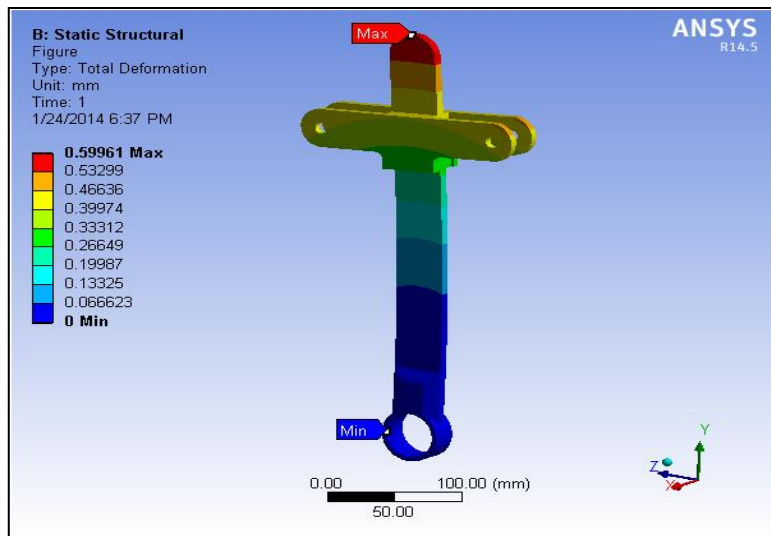
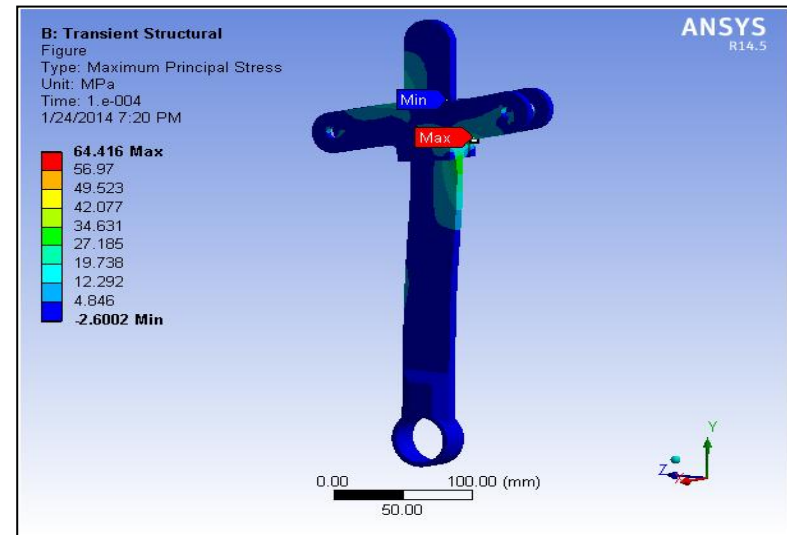
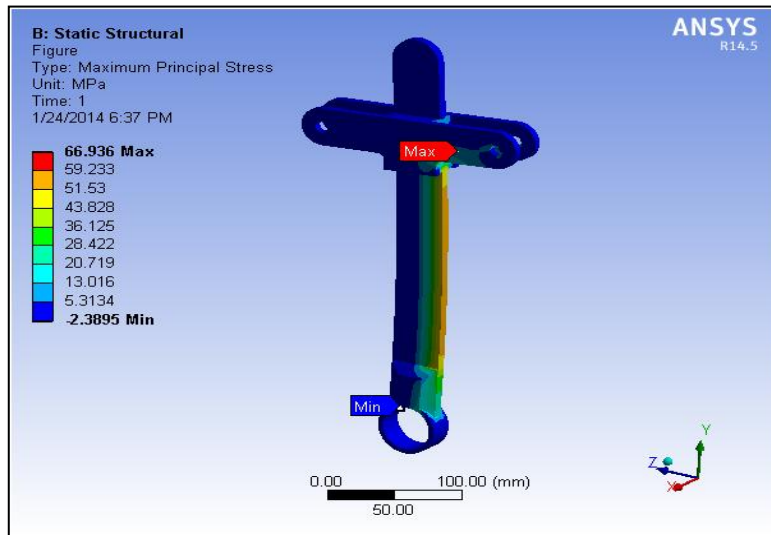
Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-7.4317 MPa	0. mm	5.28
Máximo	16.291 MPa	1.0236e-002 mm	15



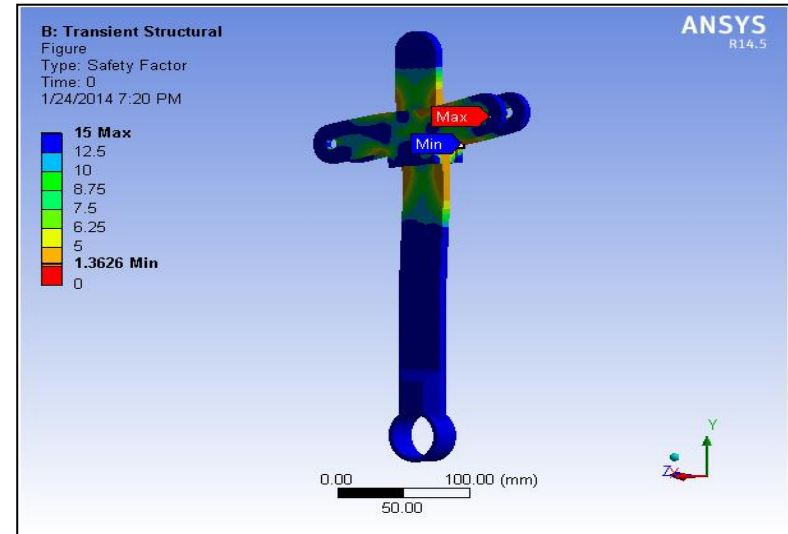
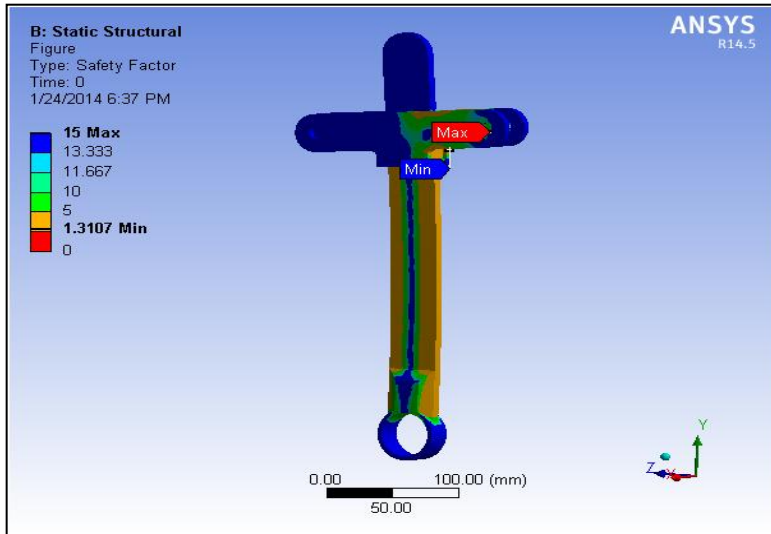
BARRA DE INCLINACIÓN



BARRA DE INCLINACIÓN



BARRA DE INCLINACIÓN



RESULTADO ANÁLISIS ESTÁTICO

Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-2.3895 MPa	0. mm	1,31
Máximo	66.936 MPa	0.59961 mm	15

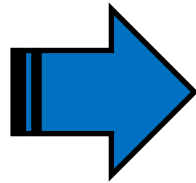
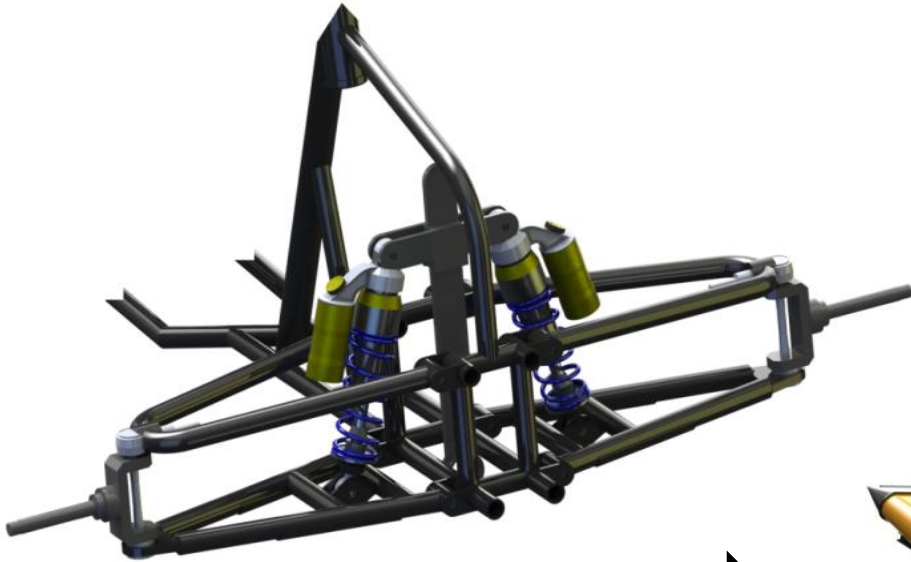
RESULTADO ANÁLISIS TRANSITORIO

Parámetro	Esfuerzo principal máximo	Deformación Total	Factor de seguridad
Mínimo	-2.6002 MPa	0. mm	1.36
Máximo	64.416 MPa	4.9298e-002 mm	15



MANUFACTURA, ENSAMBLAJE Y MONTAJE DEL SISTEMA



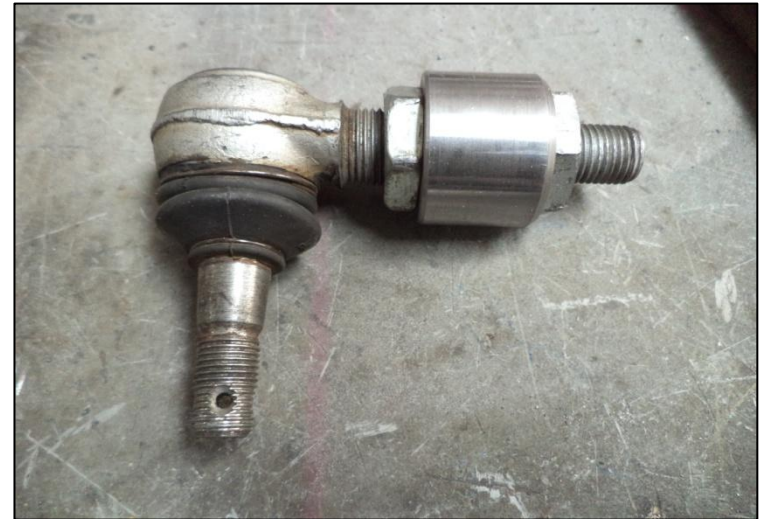


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SOLDADURA BASTIDOR PROCESO GMAW



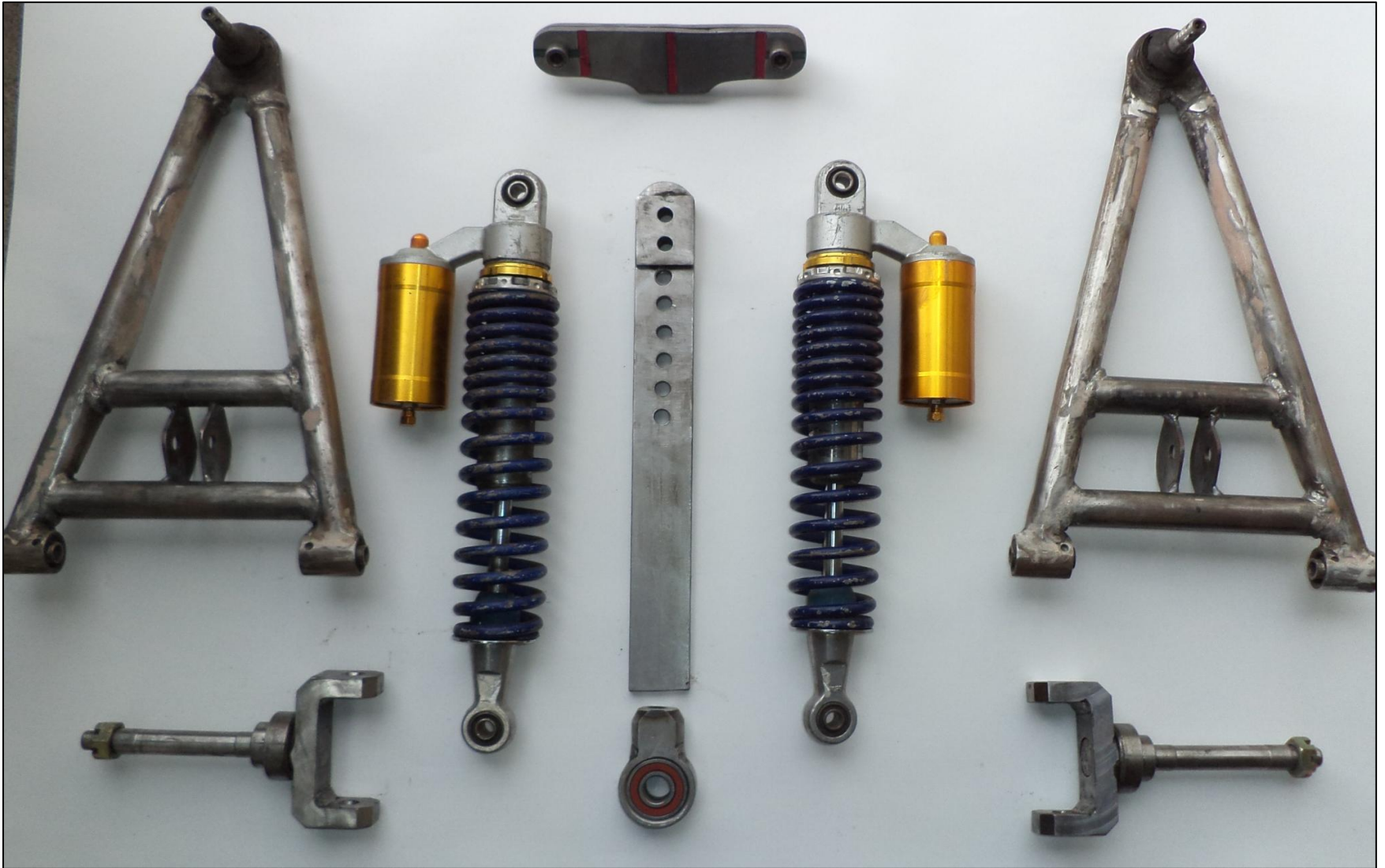
TRAPECIO INFERIOR-SUPERIOR



CONJUNTO MANGUETA - EJE



ELEMENTOS DEL MECANISMO



ENSAMBLE DEL MECANISMO



MECANISMO MONTADO EN EL VEHÍCULO TRIMOTO

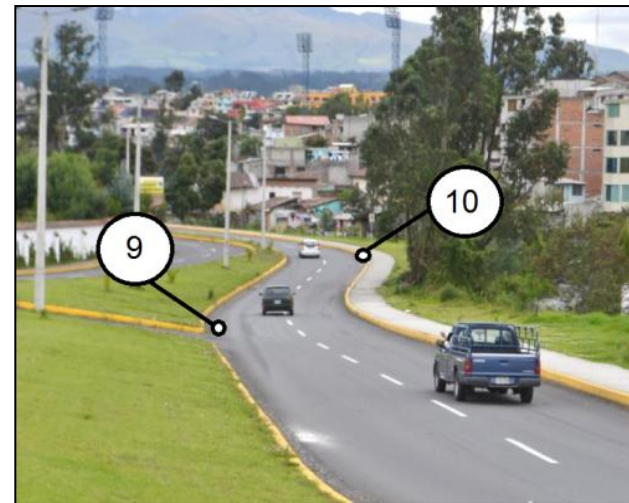


MECANISMO MONTADO EN EL VEHÍCULO TRIMOTO



ESCENARIO DE PRUEBA VEHÍCULO TRIMOTO

Realizada por:	Carlos Alfredo Suntaxi Llumiquinga		
Localización:	Pichincha, Cantón Rumiñahui, Avenida Bulevar.		
	Utilidad	Longitud (km)	Curvas
	Transito urbano	2,6	10
Fecha/ Hora:	5 de Enero 2014 / 14H00		



MANIOBRABILIDAD EN CURVAS

Escenarios			Velocidad promedio (km/h)		
Curva.	Radio (m)	Inclinación	40	60	80
1	60	Izquierda	E	ME	R
2	60	Derecha	E	ME	R
3	15	Derecha	R	R	R
4	70	Izquierda	E	E	ME
5	80	Derecha	E	E	ME
6	120	Izquierda	E	E	E
7	120	Derecha	E	E	E
8	100	Izquierda	E	ME	R
9	90	Derecha	E	ME	R
10	130	Izquierda	E	E	E

E: Estable, **ME:** Marginalmente estable **R:** Reducción de velocidad, **I:** Inestable, **P:** Peligro.



FICHA TÉCNICA VEHÍCULO TRIMOTO



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tipo	Monocilindrico, 4T, Refrigerado por aire.
Cilindrada	250 cc.
Potencia	10,3kw @ 7500 rpm.
Torque máximo	15 N.m @ 600 rpm.
Velocidad máxima	80 km/h.
Sistema de encendido	CDI.
Sistema de Arranque	Eléctrico.
Sistema de transmisión	Toma constante, 5 velocidades.
Trasmisión final	Cadena.

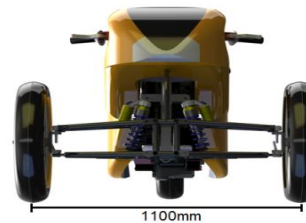
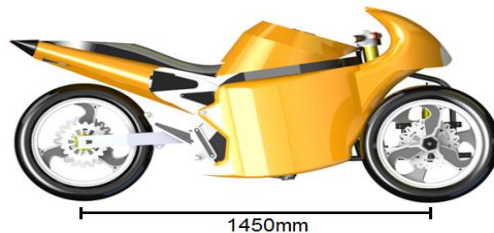


ESTRUCTURA DE LA TRIMOTO

Bastidor	Multitubular, cuna simple.
Suspensión Delantera	Independiente, doble trapecio con sistema de inclinación activo a 30 grados, conjunto resorte- amortiguador.
Suspensión posterior	Brazo basculante, conjunto resorte- amortiguador.
Freno delantero	Disco.
Freno posterior	Disco.
Neumáticos delanteros	110/70/R17.
Neumático posterior	140/70/R17.

DATOS GENERALES

Distancia al piso	210 mm.
Ancho de vía	1100mm.
Distancia entre ejes	1450mm.
Masa-Peso	143 kg.- 1430.8N



CONCLUSIONES

- Una geometría de suspensión de brazos paralelos permite el cambio de posición del sistema en forma armónica para la inclinación del vehículo, el cual permite seguir una trayectoria en forma segura dentro de una curva.
- El comportamiento dinámico del vehículo permite que las cargas generadas por transferencia de masas en curvas, sean distribuidas de tal forma que tienda a tener un equilibrio por acción de movimiento del centro de masas.
- El comportamiento dinámico del centro de masas en curvas permite que la velocidad de conducción segura, aumente en consideración al grado de inclinación del vehículo.

CONCLUSIONES

- Los elementos del mecanismo los cuales fueron expuestos a cargas críticas de maniobrabilidad del vehículo trimoto, tiene una alta fiabilidad en análisis de falla mecánica.
- El vehículo trimoto dotado del sistema de dirección, tiene un rango de maniobrabilidad segura de conducción máxima de 80 km/h en carreteras de un buen trazado, cuidando los radios de curvaturas inferiores a 70 metros.
- Mecanismo de dirección puede ser adaptado a un una motocicleta comercial previo a un análisis de comportamiento de todo el vehículo para determinar los rango de conducción segura así como la fiabilidad de los elementos.



RECOMENDACIONES

- Utilizar un software de diseño para obtener dimensiones y resultados de análisis con altas precisión y rapidez, pudiendo modificar y efectuar cambios con facilidad.
- La construcción y adaptación del mecanismo de dirección se debe realizarse bajo normas de seguridad y procesos de calidad de manufactura.
- No se debe exceder la velocidad máxima promedio de conducción recomendada para el prototipo de dirección montado en el vehículo trimoto.

RECOMENDACIONES

- Se debe realizar una inspección visual periódica y de mantenimiento adecuado del mecanismo, así como de los diferentes sistemas del vehículo trimoto para brindar seguridad al conductor.
- Revisar daños en los terminados superficiales de los diferentes elementos del mecanismo y repáralos para evitar la corrosión de los mismos.

ESPE



**¡Mucho
mejor!**
si es hecho en
ECUADOR