

INTRODUCCIÓN

- Los vehículos eléctricos están en crecimiento , por situaciones de contaminación ambiental generados por los autos de combustión.
- Los vehículos de dimensiones pequeñas que optimice los sitios de aparcamiento es una alternativa reducir congestión y espacios .
- Con todos estos requerimientos se va a diseñar sistemas de confort y seguridad (sistema de frenos, suspensión dirección y plegado) optimizando pesos.

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE

AUTORES: ALEX P. DE LA CRUZ S.
RICARDO J. INGA C.

DIRECTOR: ING. JUAN CASTRO
CODIRECTOR: ING. RAMIRO SANTILLÁN

LATACUNGA, SEPTIEMBRE 2014

UNIONES DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Unión	Descripción
1	Resorte helicoidal
2	Amortiguador hidráulico
3	Barra estabilizadora
4	Amortiguador neumático
5	Amortiguador mecánico
6	Amortiguador eléctrico
7	Amortiguador neumático
8	Amortiguador mecánico
9	Amortiguador eléctrico
10	Amortiguador neumático
11	Amortiguador mecánico
12	Amortiguador eléctrico

Análisis Estructural

Resultado del Analisis Transiente

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE

AUTORES: ALEX P. DE LA CRUZ S.
RICARDO J. INGA C.

DIRECTOR: ING. JUAN CASTRO
CODIRECTOR: ING. RAMIRO SANTILLÁN

LATACUNGA, SEPTIEMBRE 2014

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE



AUTORES: ALEX P. DE LA CRUZ S.
RICARDO J. INGA C.

DIRECTOR: ING. JUAN CASTRO

CODIRECTOR: ING. RAMIRO SANTILLÁN

LATACUNGA, SEPTIEMBRE 2014

INTRODUCCIÓN

- Los vehículos eléctricos están en crecimiento , por situaciones de contaminación ambiental generados por los autos de combustión.
- Los vehículos de dimensiones pequeñas que optimice los sitios de aparcamiento es una alternativa reducir congestión y espacios .
- Con todos estos requerimientos se va a diseñar sistemas de confort y seguridad (sistema de frenos, suspensión dirección y plegado) optimizando pesos.

SISTEMA DE DIRECCIÓN MECÁNICA.

Función: Orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor.



SISTEMA DE FRENOS DE DISCO

Los Frenos de disco tiene la ventaja de un menor tiempo de frenado que se traduce en una menor distancia de parada.



SISTEMA DE PLEGADO

Función: Reducir la distancia entre el eje delantero y posterior, permitiendo que el vehículo se contraiga reduciendo el tamaño del auto.



DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE SUSPENSIÓN, FRENOS, DIRECCIÓN Y PLEGADO

Requerimientos técnicos de carrocería, chasis, motor, baterías, tren motriz.

Tabla Datos Técnicos Del Vehículo Eléctrico

Potencia máxima	7.5 Kwatts/3000 r.p.m
Tracción	Trasera
Neumáticos	130/90 – 1667H TLM/C
Largo	2700mm
Ancho	1800 mm
Alto	1220 mm
Distancia entre ejes	2400 mm
Masa del vehículo	410 kg
Velocidad máxima	60 km/h
Aceleración 0-60 Km/h	12 seg manual controlador

DISEÑO DE LA SUSPENSIÓN

Objetivo: Minimizar peso.




REQUISITOS.

- Masa de auto (410 kg)
- Vibraciones (0-25 Hz)
- Tipo de amortiguador (hidraulico)
- Lugar donde transitará. (centro de ciudad)
- Distribución de pesos (55% eje delantero y 45 % posterior)

LIMITACIONES.

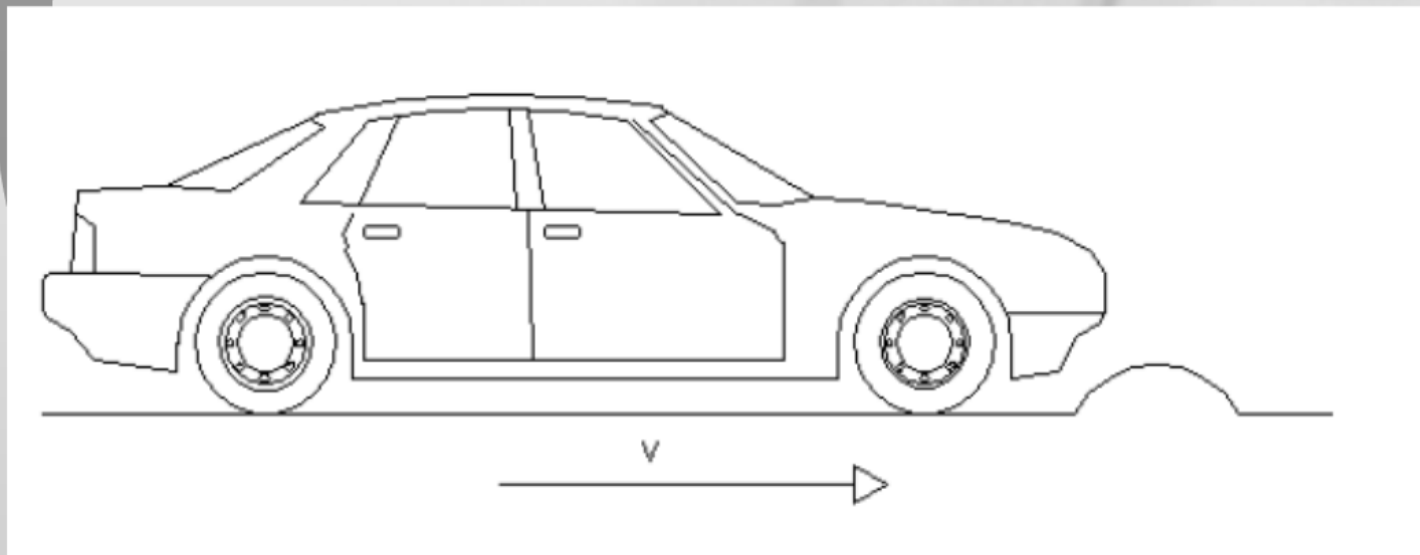
- Longitud del Amortiguador.(35 mm)
- Longitud del resorte. (30 mm)

SISTEMA DE SUSPENSIÓN PUSH- ROD

	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3
Tipo de suspensión	Ballestas	McPherson	<u>Pushrod</u>
Característica			
Aplicación	Camioneta	Automóvil	Buggies
Espacio Ocupacional	Alto	Considerable	Bajo
Peso de los componentes.	Elevado	Medio	Bajo
Tamaño de los componentes	Grande	Pequeño	Pequeño
Costo de los elementos	Elevado	Considerable	Considerable
Transmite energía como fuerza y desplazamiento	Lento	Moderado	Rápido
Disipa energía almacenada.	Lento	Rápido	Rápido
Tiempo de restauración	Lento	Moderado	Rápido

Fuerzas que actúan sobre el sistema de suspensión

El vehículo se encuentra transitando a una velocidad de $V=25$ Km/h, cuando se enfrenta a un obstáculo en la vía, el cual se asume que tiene una forma triangular de “altura 20 cm y un ángulo de 30° ”



$$V_x = 25 \text{ Km/h} = 6,95 \text{ m/s}$$

$$V_y = V_x \cdot \tan(30) = 4 \text{ m/s}$$

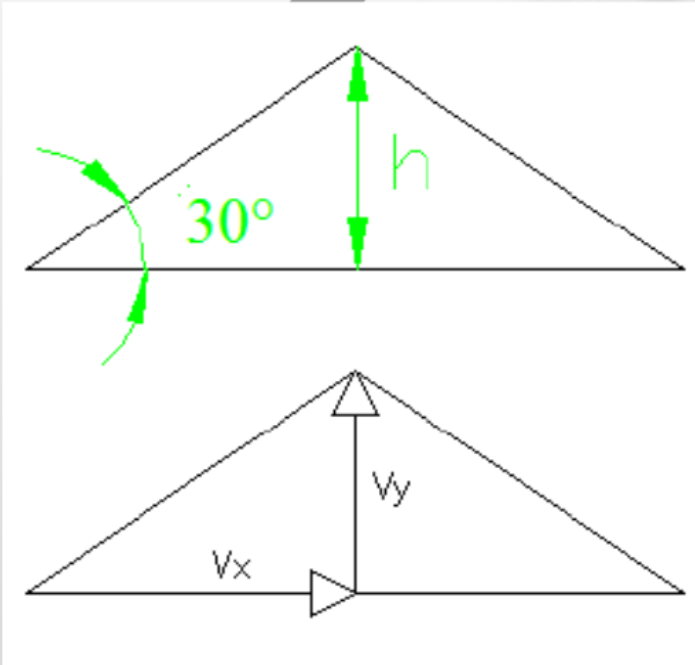
$$V_{y2}^2 = V_{y1}^2 + 2a$$

$$a = (V_{y2}^2 / 2h) = 40,1877 \text{ m/s}^2$$

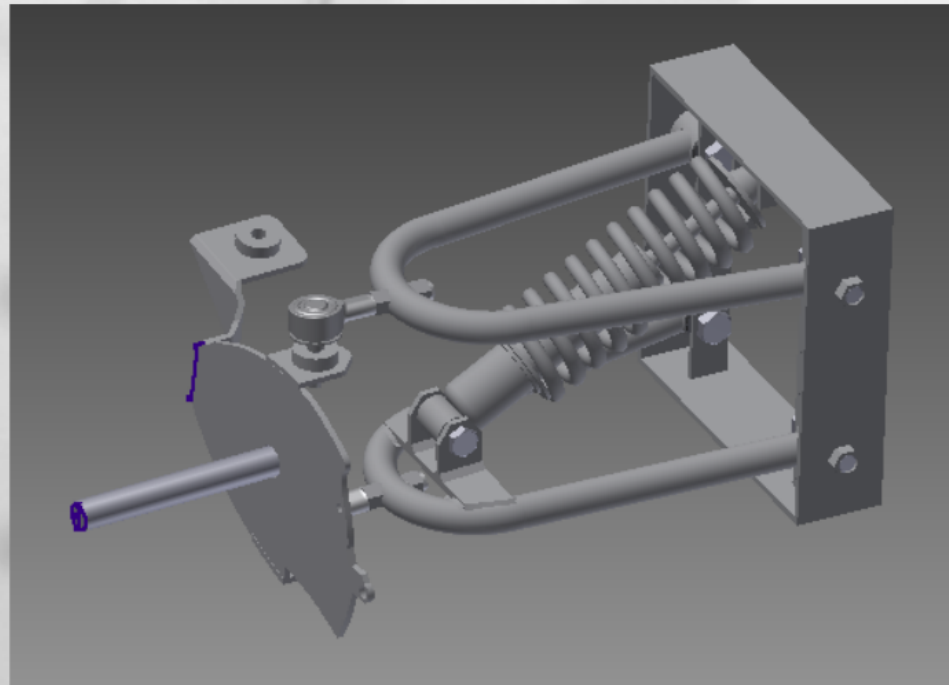
$$F = m \cdot a.$$

$$F = 110 \text{ Kg} \cdot 40,1877 \text{ m/s}^2$$

$$F = 4420,65 \text{ N}$$



Configuración Geométrica de la Suspensión

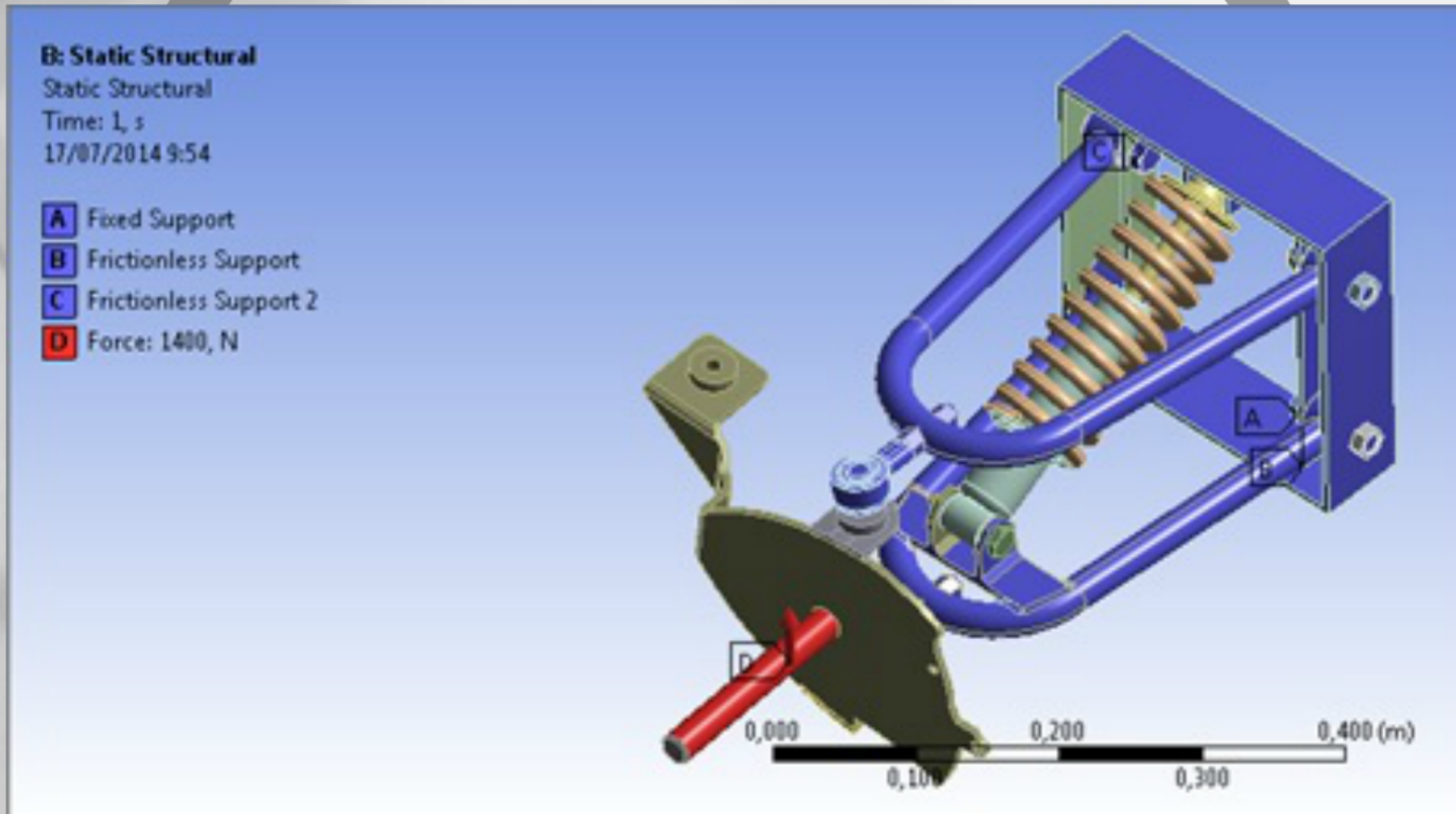


UNIONES DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

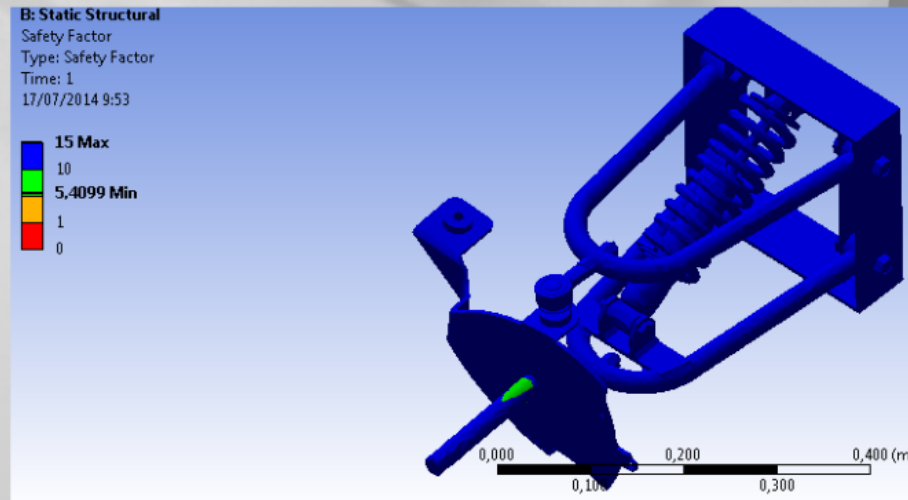
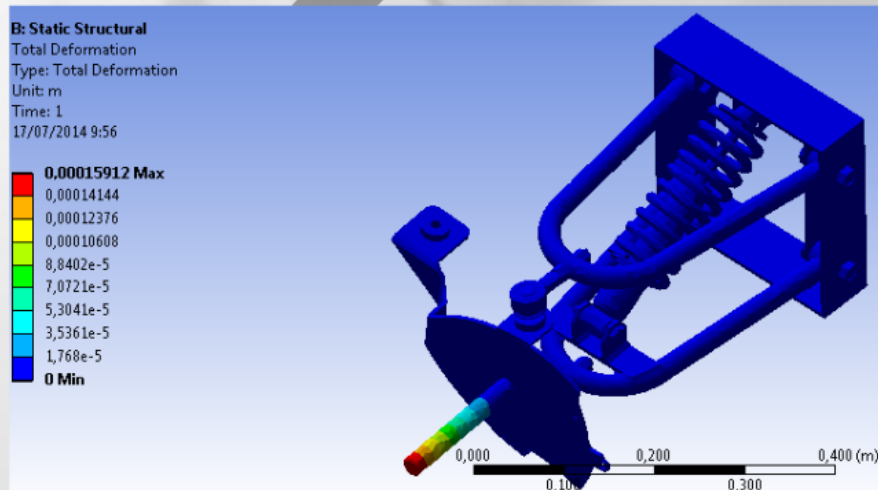
Tabla 2 Uniones utilizadas en el Sistema de Suspensión.

Unión	Elementos
Revolute	Tapa del resorte – Resorte
Revolute	Resorte- Soporte del resorte
Traslational	Amortiguador parte 1 – Amortiguador parte 2
Spherical	Acople Rótula – Rótula
General (Rotación en Z)	Cápsula de Mesa – Mesa
Spring (Amortiguador)	Pistón – Base del cilindro Amortiguador.

Simulación CAE de la Suspensión



Análisis Estructural



Análisis Transiente

C: Transient Structural

Force

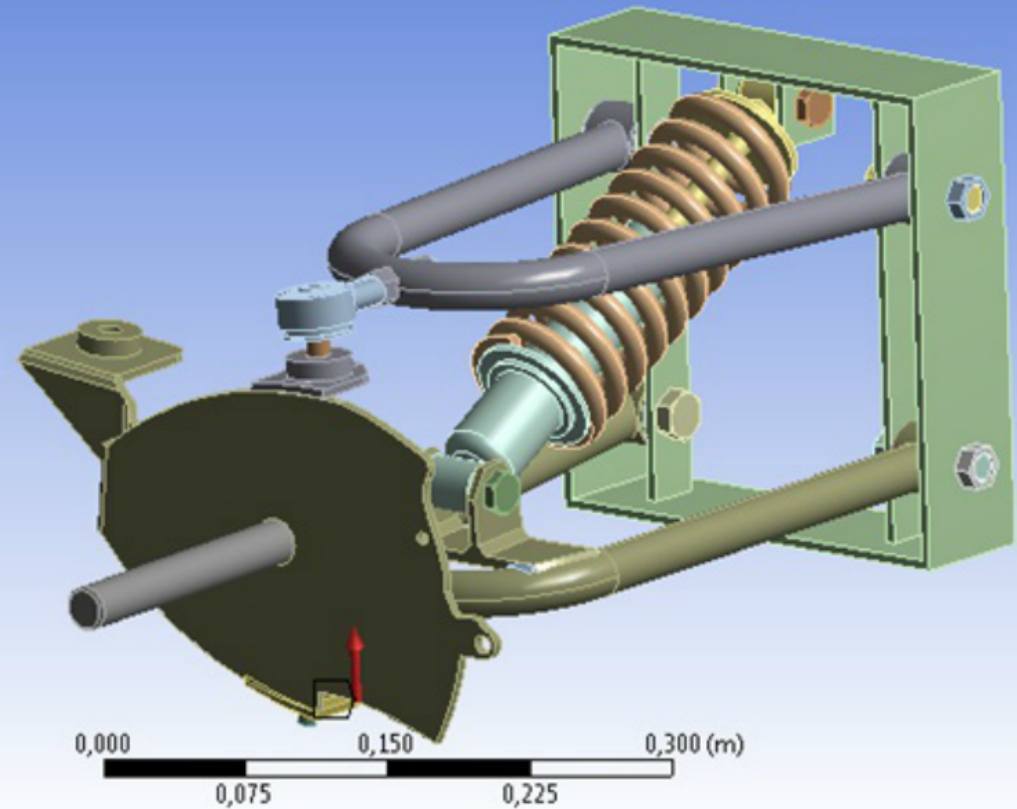
Time: 2,1954e-005 s

25/07/2014 14:53

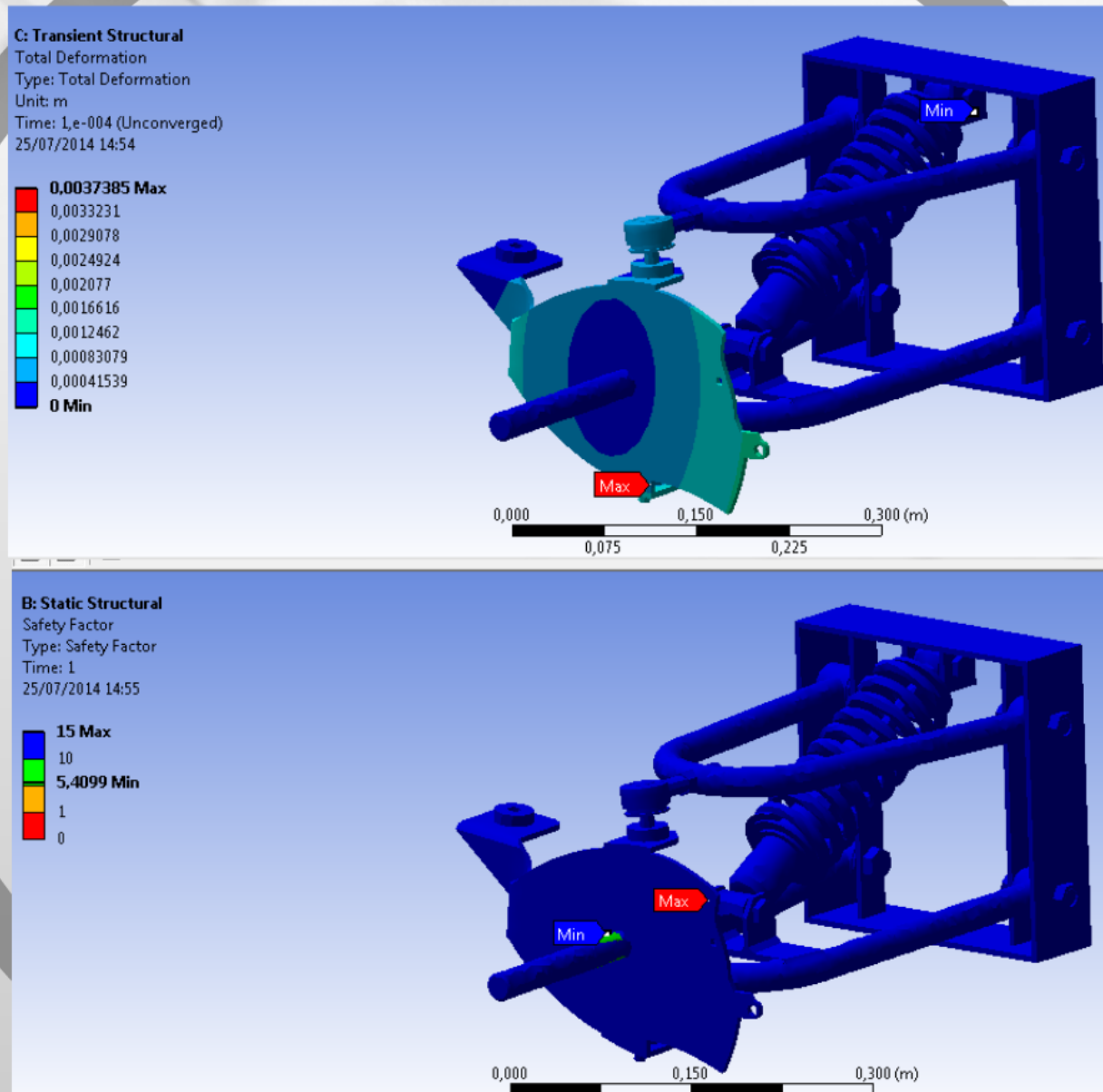


Force: 4420, N

Components: 0,, -4420,, 0, N



Resultado del Análisis Transiente



DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENOS

RESTRICCIONES:

- Característica de la bomba
- Característica de las mordazas

LIMITACIONES:

- Distancia de frenado.
- Tiempo de frenado.

Mapa Morfológico del Sistema de Frenos

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Tipo de Frenos	DISCO	TAMBOR	AIRE
Característica			
Transmisión de calor	Buena	Mala	Regular
Area de contacto pastillas o zapatas.	Menor	Mayor	Mayor
Peso de los componentes.	Liviano	Pesado	Pesado
Tamaño de los componentes	Pequeños.	Medianos	Grandes
Costo de los elementos	Alto	Considerable	Alto
Regulación	Automática	Manual	Manual
Reacción al Frenar	Rápida	Normal	Rápida
Desgaste de elementos	Rápido	Lento	Rápido

Cálculo de la fuerza de frenado

$$F_r + F_{xa} - F_g + F_f = m \cdot a$$

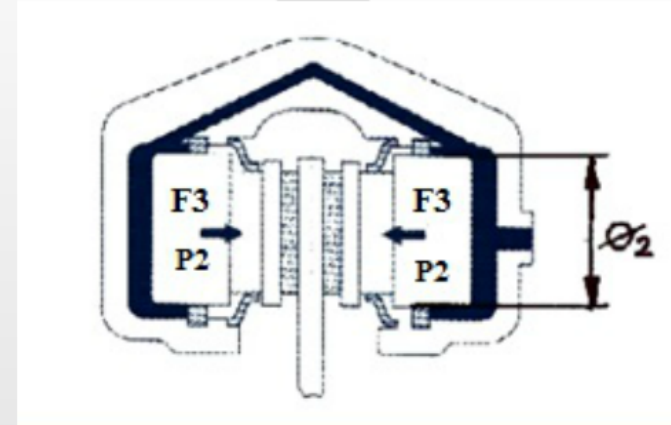
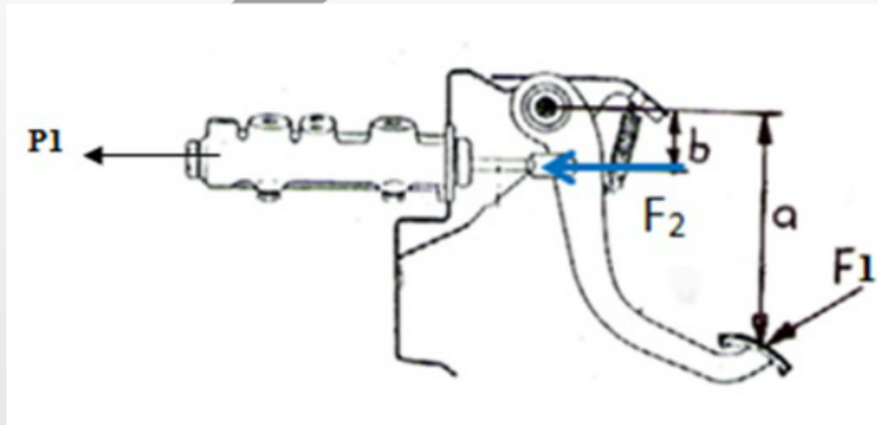
$$F_f = (m \cdot a) - F_r - F_{xa} + F_g$$

$a = A_x = 1,137 \text{ m/s}^2$ cálculos de la suspensión.

$$F_f = (410 \text{ Kg} \cdot 1,137 \text{ m/s}^2) - 78,351 \text{ N} - 157,68 \text{ N} + 3479,6 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_f = 3709,74 \text{ N}}$$

Cálculo de la fuerza de la bomba



$$P=F/A$$

$$F_2/A_1=F_3/A_2$$

$$F_3=1457,85 \text{ N} \cdot 3$$

$$F_3=4373,55 \text{ N}$$

$$F_3 > F_f$$

$$4373,55 \text{ N} > 3709,74 \text{ N}$$

$$F_2=441 \text{ N}$$

$$D_1=22 \text{ mm}$$

$$D_2=40 \text{ mm}$$

TIEMPO Y DISTANCIA DE FRENADO

$$t_{v1-0} = m * \frac{V_1}{F_f + F_g + F_r} + t_{reacción}$$

$$t_{v1-0} = 410 \text{ Kg} * \frac{1,38 \frac{m}{s}}{(3709,74 + 3479,6 + 78,35) \frac{\text{Kg m}}{s^2}} + 3 \text{ s}$$

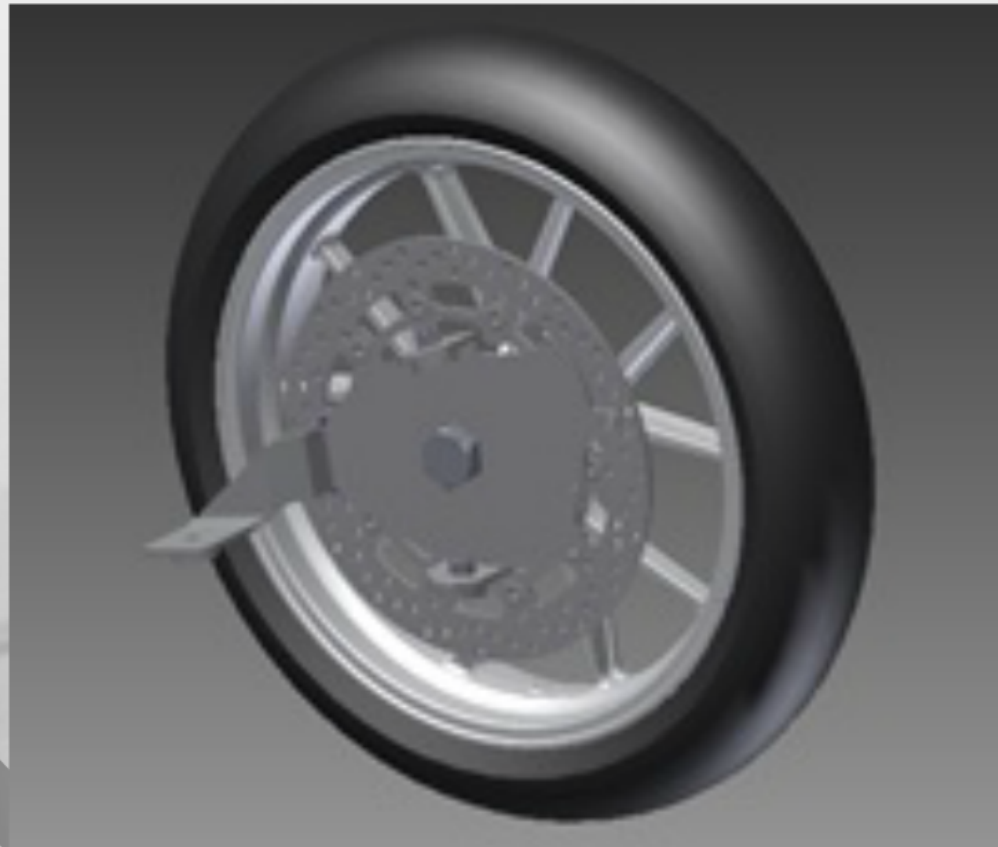
$$t_{v1-0} = 3,7 \text{ s} \approx 4 \text{ s} \text{ (Tiempo de frenado).}$$

$$d = \frac{m}{\rho * C_x * A_f} \ln \left(1 + \frac{0,5 * \rho * C_x * A_f}{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * f_r} \right)$$

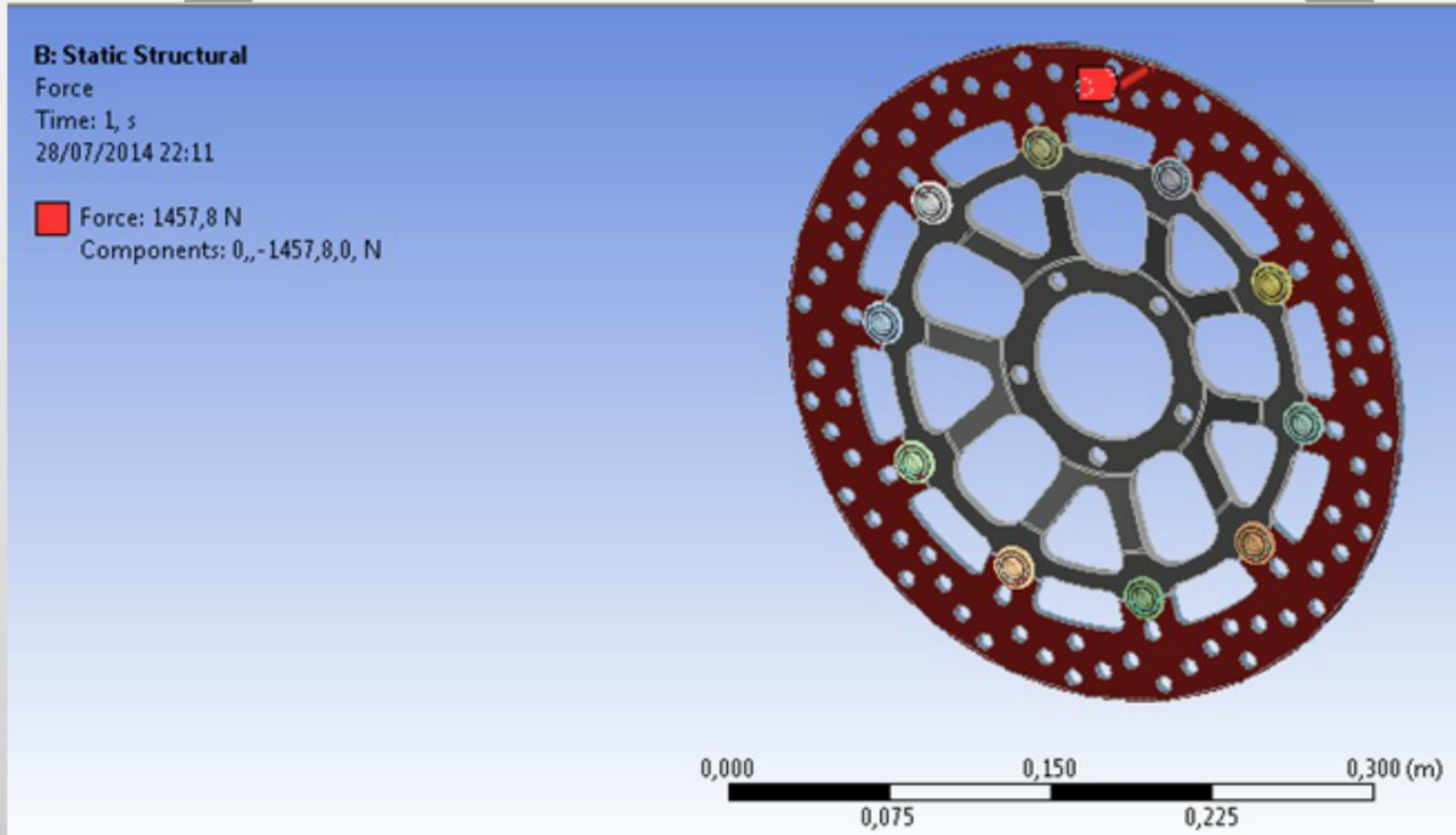
$$d = \frac{410 \text{ Kg}}{2,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,4 * 1,7672 \text{ m}^2} \ln \left(1 + \frac{151,68 \text{ N}}{7267,57 \text{ N} + 3479,67 \text{ N} + 78,36 \text{ N}} \right)$$

$$d = 2,1 \text{ m} \text{ (Distancia de frenado en 4 seg.)}$$

Configuración geométrica del disco de frenos

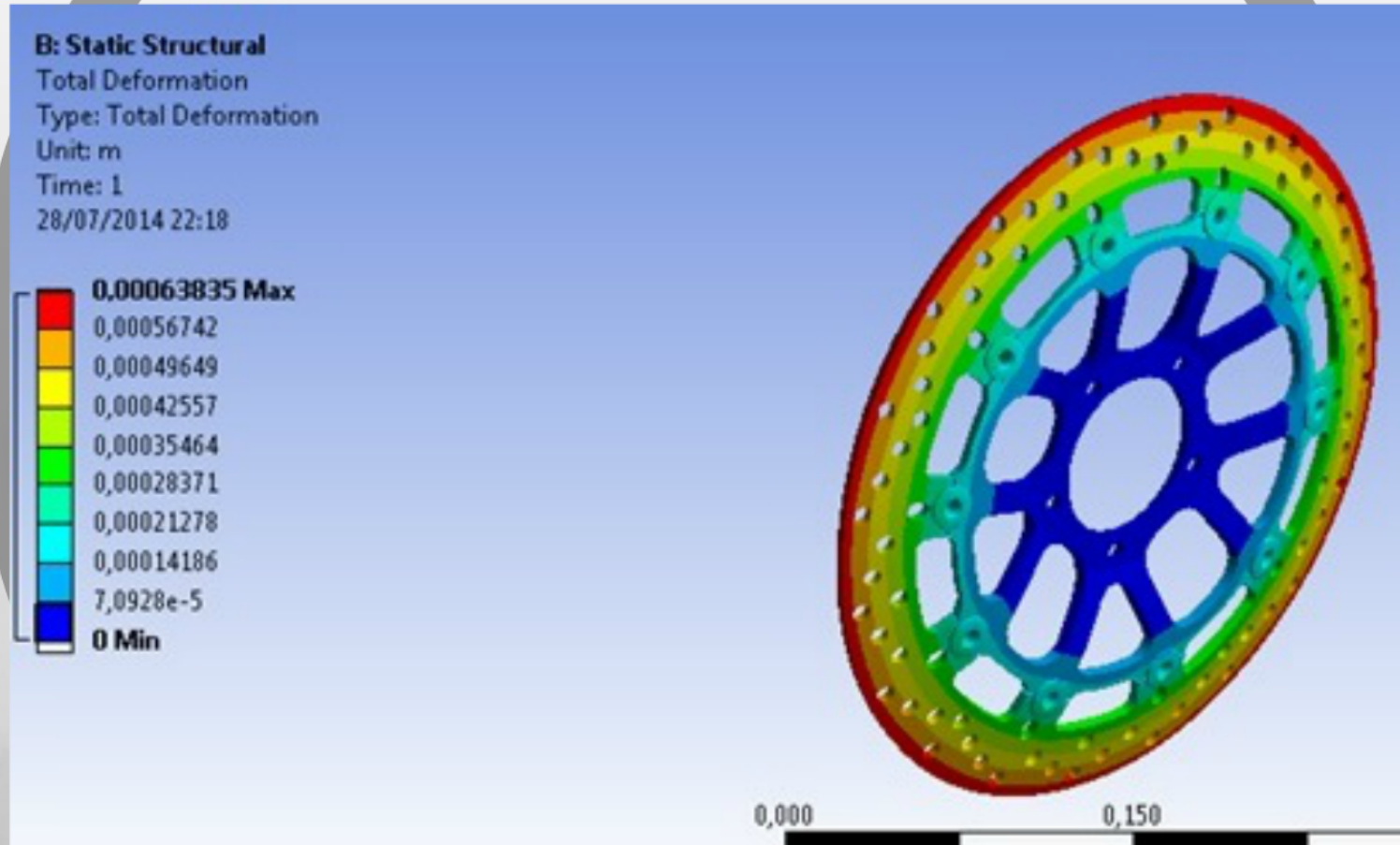


Simulación CAE

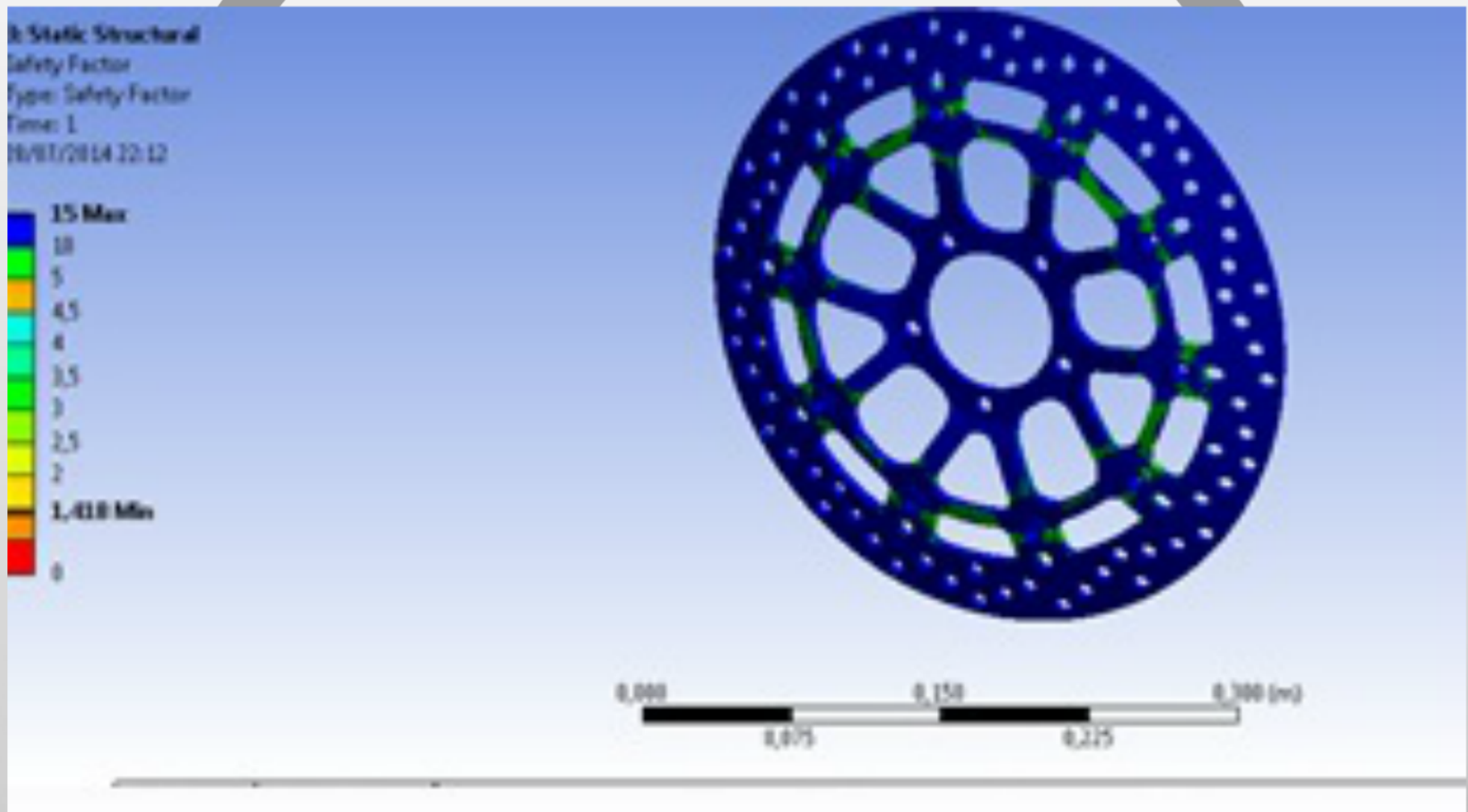


RESULTADO DE ANÁLISIS

Deformación del disco de frenos



Factor de seguridad disco de frenos



Análisis Térmico

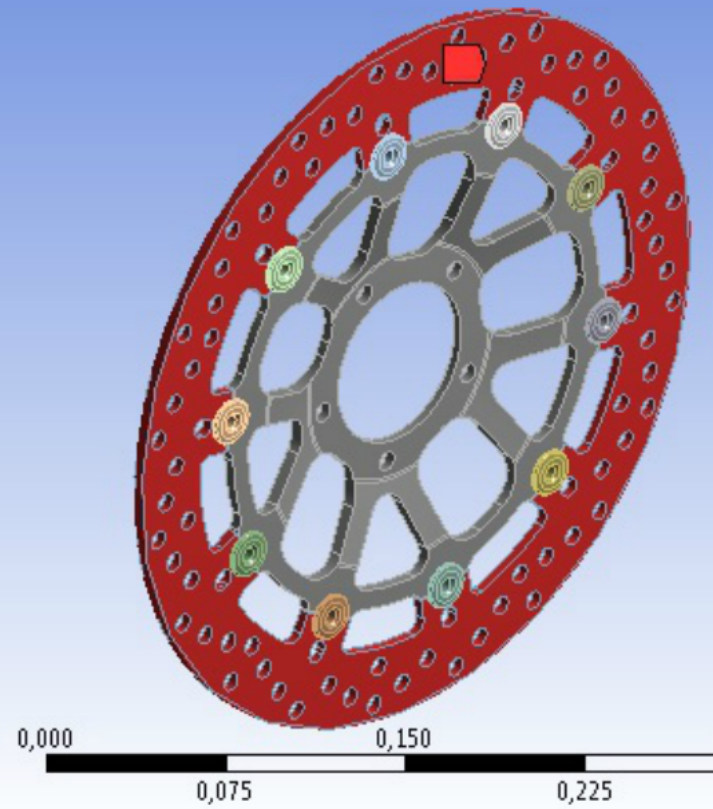
B: Static Structural

Thermal Condition

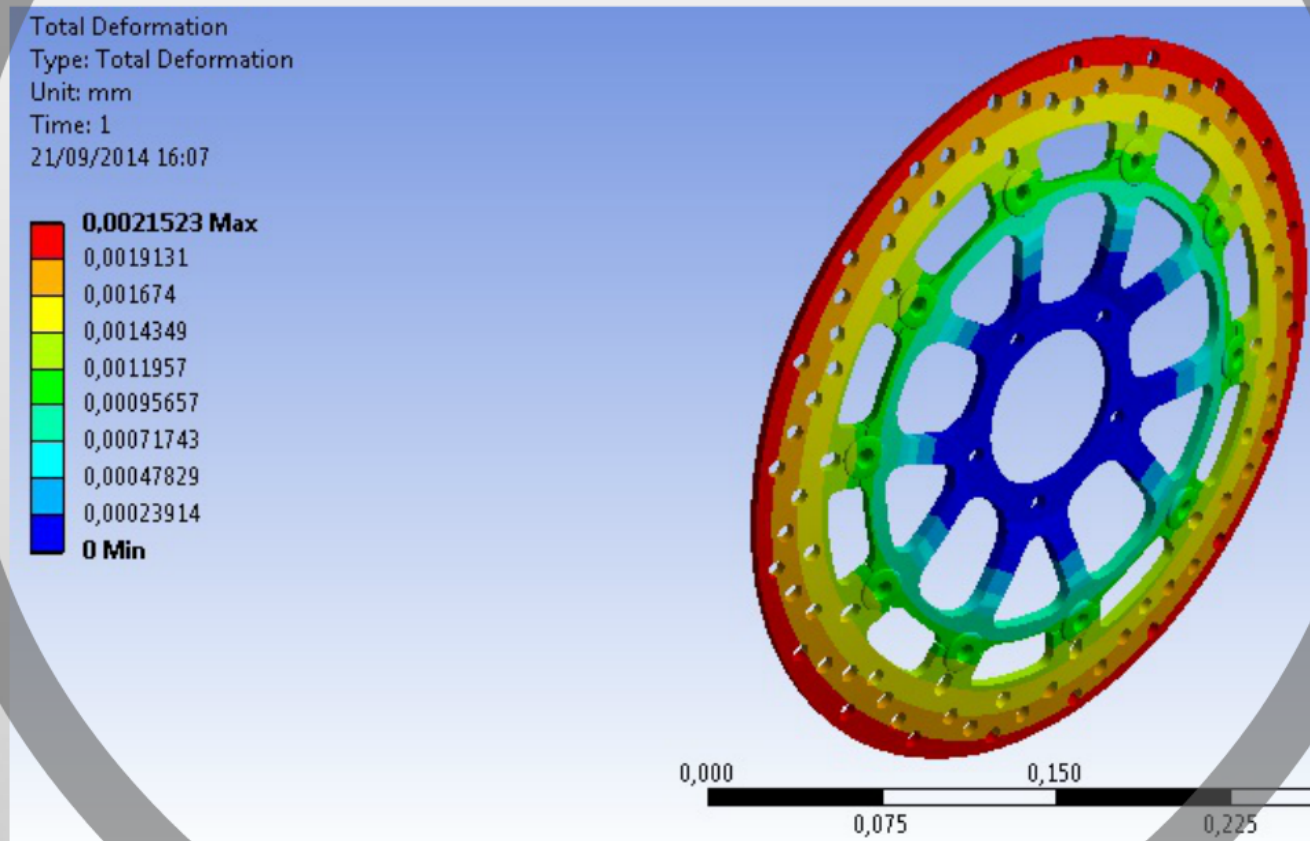
Time: 1, s

21/09/2014 15:59

Thermal Condition: 200, °C



Análisis de Resultado






DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

REQUISITOS

- R: Radio de giro (9m)
- L: distancia entre ejes (2,4 m)
- B: el ancho de la vía (1,4 m)

LIMITACIONES

Distancia entre ejes delanteros (1,4 m)

	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3
Tipo de dirección	MECANICA	HIDRAULICA	ELECTRONICA
Característica			
Tipo alimentación	Ninguna	Giro motor	Electricidad
Consumo de energía	No	Si	Si
Peso de los componentes.	Moderado	Moderado	Liviano
Tamaño de los componentes	Normal	Normal	Normal
Costo de los elementos	Bajo	Considerable	Elevado
Componente Adicional	Ninguno	Bomba, Fluido	Batería
Disminuye potencia motor eléctrico	No	Si	Si

$$\Sigma F_y = F_{yf} + F_{yr} = M \cdot V^2 / R$$

$$F_{yr} = M \cdot a / L \cdot (V^2 / R)$$

$$F_{yf} = F_{yr} \cdot c/a$$

Cuando el vehículo realiza un giro en un radio de 9m a una velocidad de $V = 10 \text{ Km/h} = 2,77 \text{ m/s}$

$$F_{yr} = 187,58 \text{ N}$$

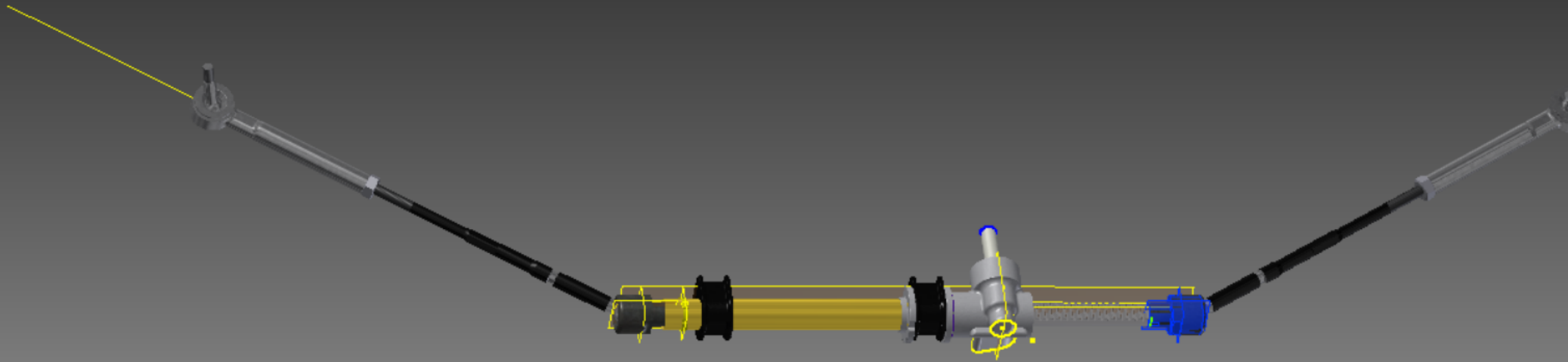
$$F_{yf} = 161,95 \text{ N}$$

Cuando el vehículo realiza un giro en un radio de 30m a una velocidad de $V = 30 \text{ Km/h} = 8,33 \text{ m/s}$

$$F_{yr} = 508,92 \text{ N}$$

$$F_{yf} = 439,38 \text{ N.}$$

Configuración Geométrica del sistema de dirección



Simulación CAE

B: Static Structural

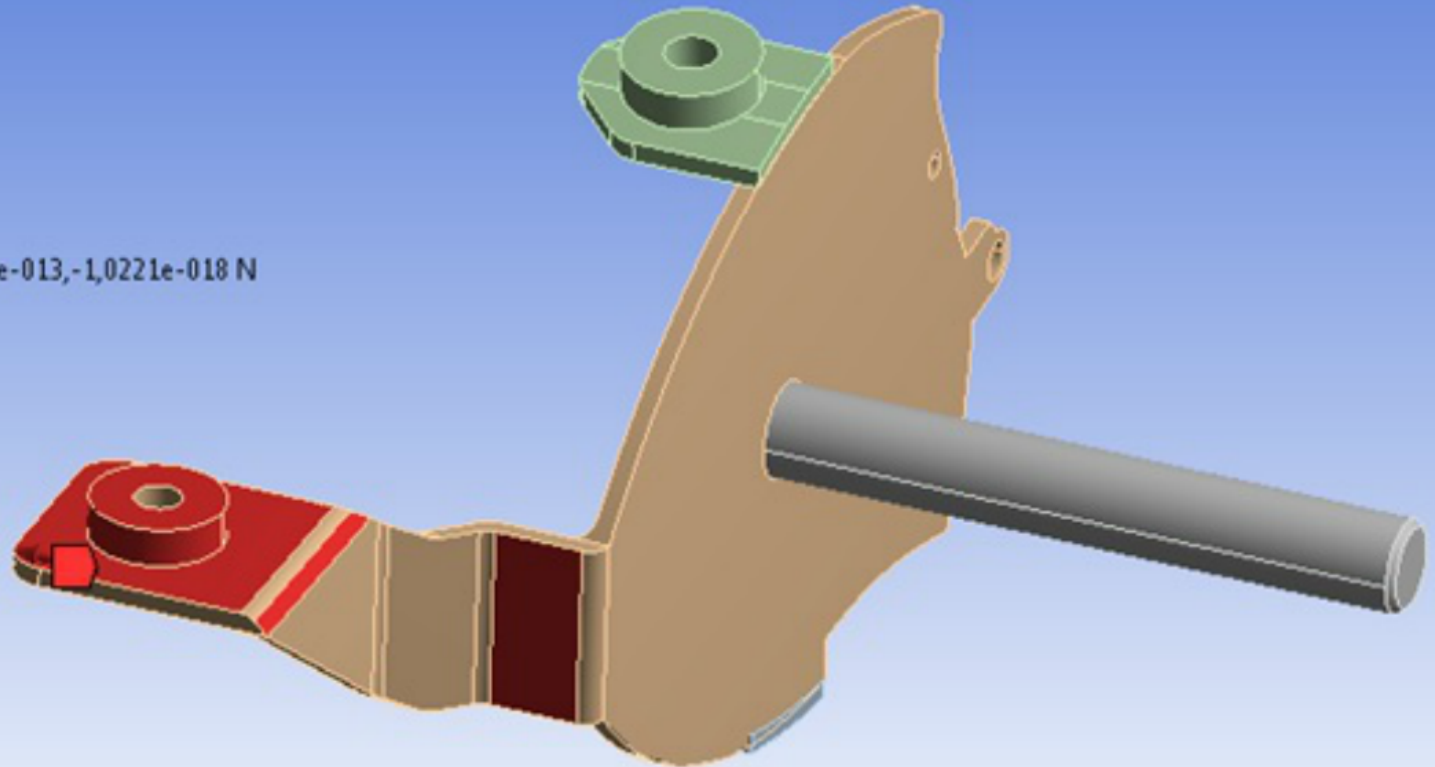
Force

Time: 1, s

29/07/2014 9:35

Force: 439, N

Components: -439,,1,267e-013,-1,0221e-018 N



RESULTADO DE ANÁLISIS

Factor de seguridad de la mangueta

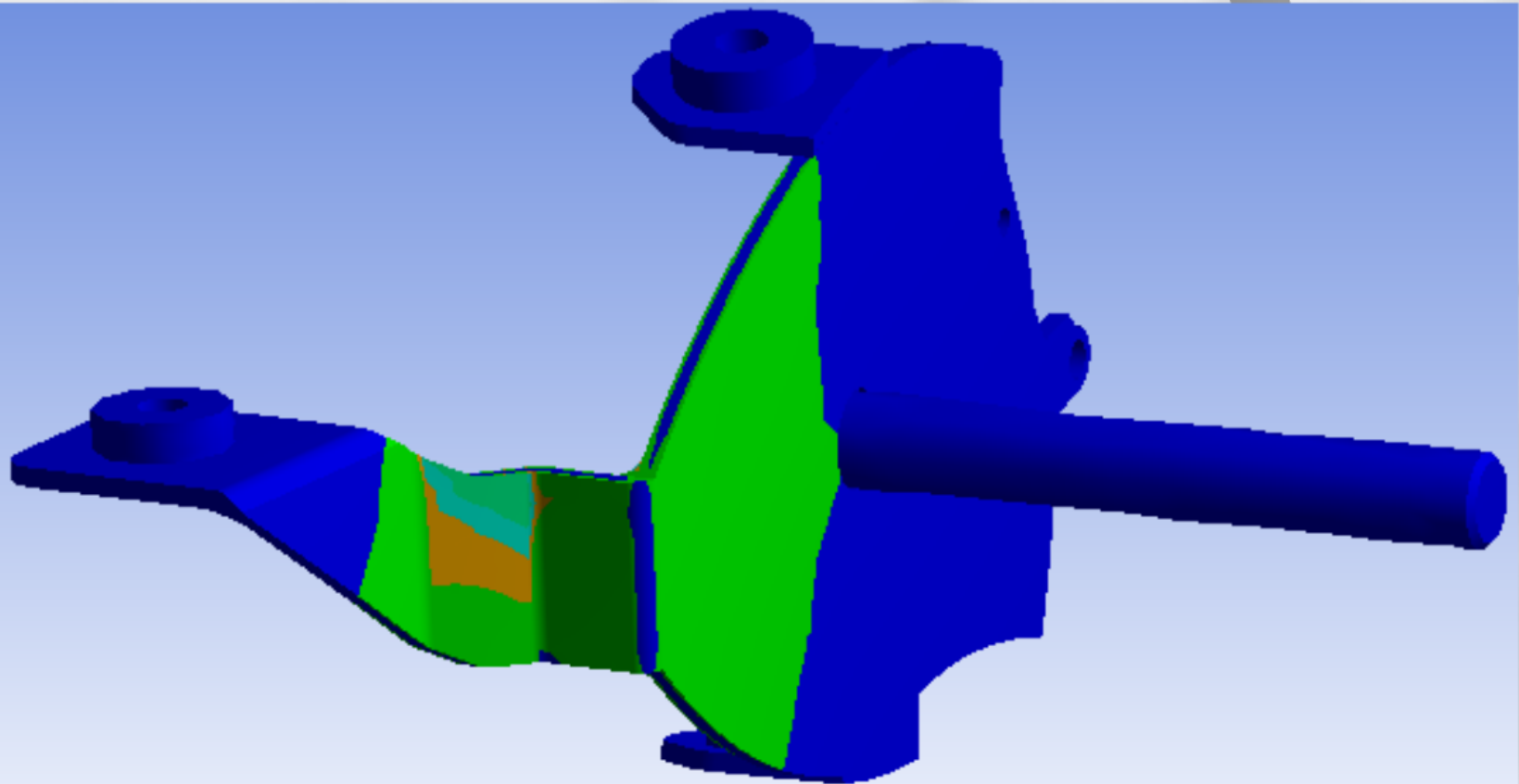
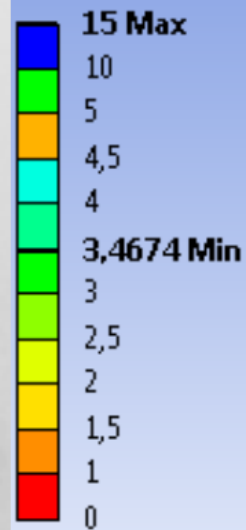
B: Static Structural

Safety Factor

Type: Safety Factor

Time: 1

28/07/2014 16:42



Deformación de la mangueta

B: Static Structural

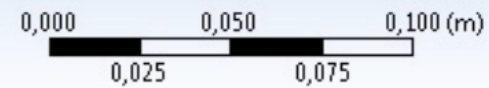
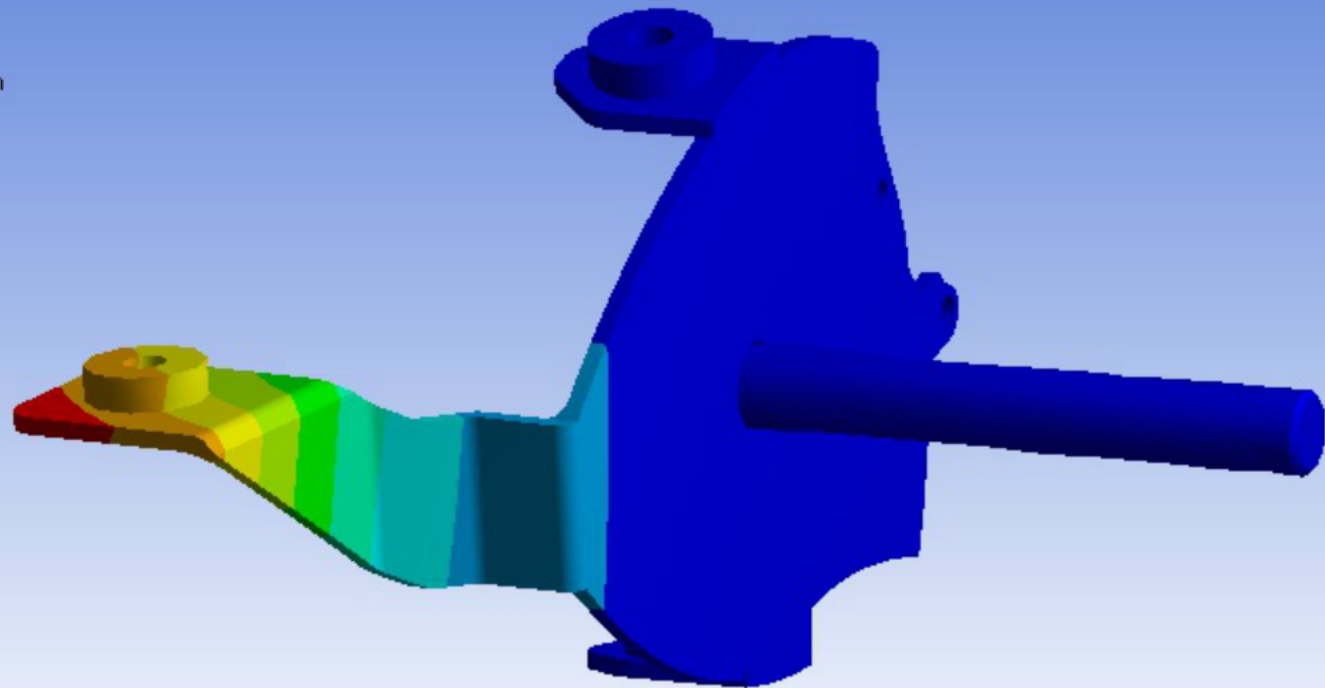
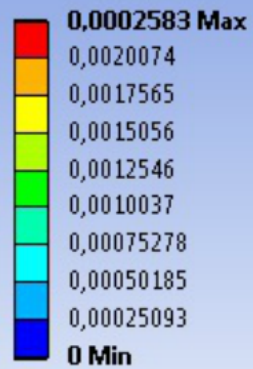
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

Time: 1

28/07/2014 16:50




DISEÑO DEL SISTEMA DE PLEGADO

RESTRICCIONES.

- Peso del eje posterior 2156 N
- Consumo Energía (2A/h)
- Acceso rápido a componentes.
- Carrera del actuador (40 cm)

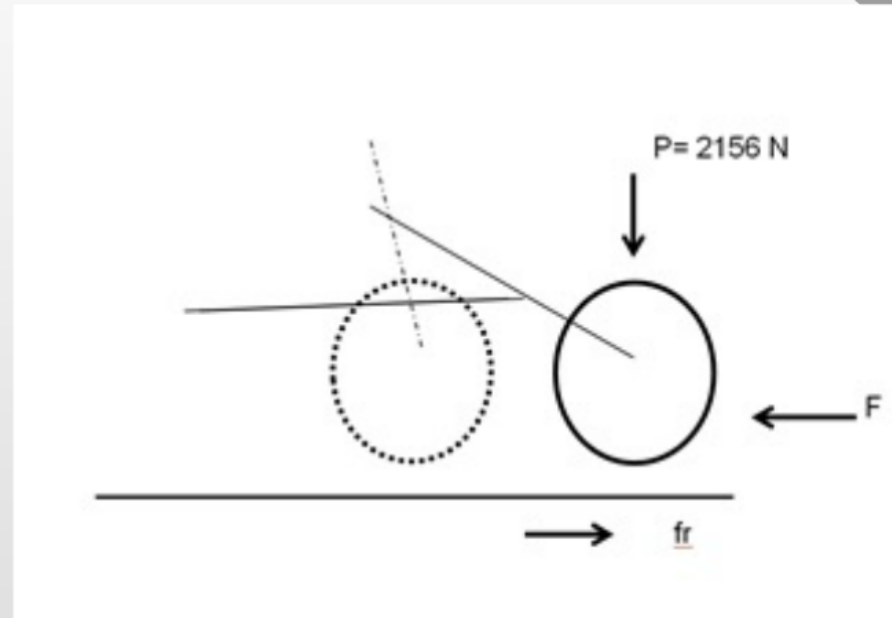
LIMITACIONES.

- Espacio Estructural (80 cm)
- Dimensiones del basculante.
- Condición de frenos.
- Disposición del amortiguador.

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Tipo de Mecanismo	MECÁNICA	HIDRAULICA	ELÉCTRICO
Característica			
Consumo de energía (Batería)	Moderado	Alto	Bajo
Pérdida de Potencia.	Baja	Alta	Baja
Peso de los componentes.	Liviano	Pesado	Insignificante
Tamaño de los componentes	Pequeños.	Grandes	Pequeño
Costo de los elementos	Bajo	Elevado	Moderado
Mantenimiento	Fácil	Complicado	Complicado
Disposición de espacio	Reducido	Considerable	Normal

Cálculo de fuerza para el plegado

$$\begin{aligned}\sum F &= 0 \\ F - fr &= 0 \\ fr &= N * u\end{aligned}$$



$$u = 0,0085 + 0,018/P + ((1,59 * 10^{-6})/P) * v^2$$

$$u = 0,0085 + 0,018/2\text{bar} + (1,59 * 10^{-6})/2\text{bar} * (0 \text{ km/h})^2$$

$$u = 0,094$$

$$fr = P(\text{eje posterior}) * u$$

$$fr = 2156 \text{ N} * 0,094$$

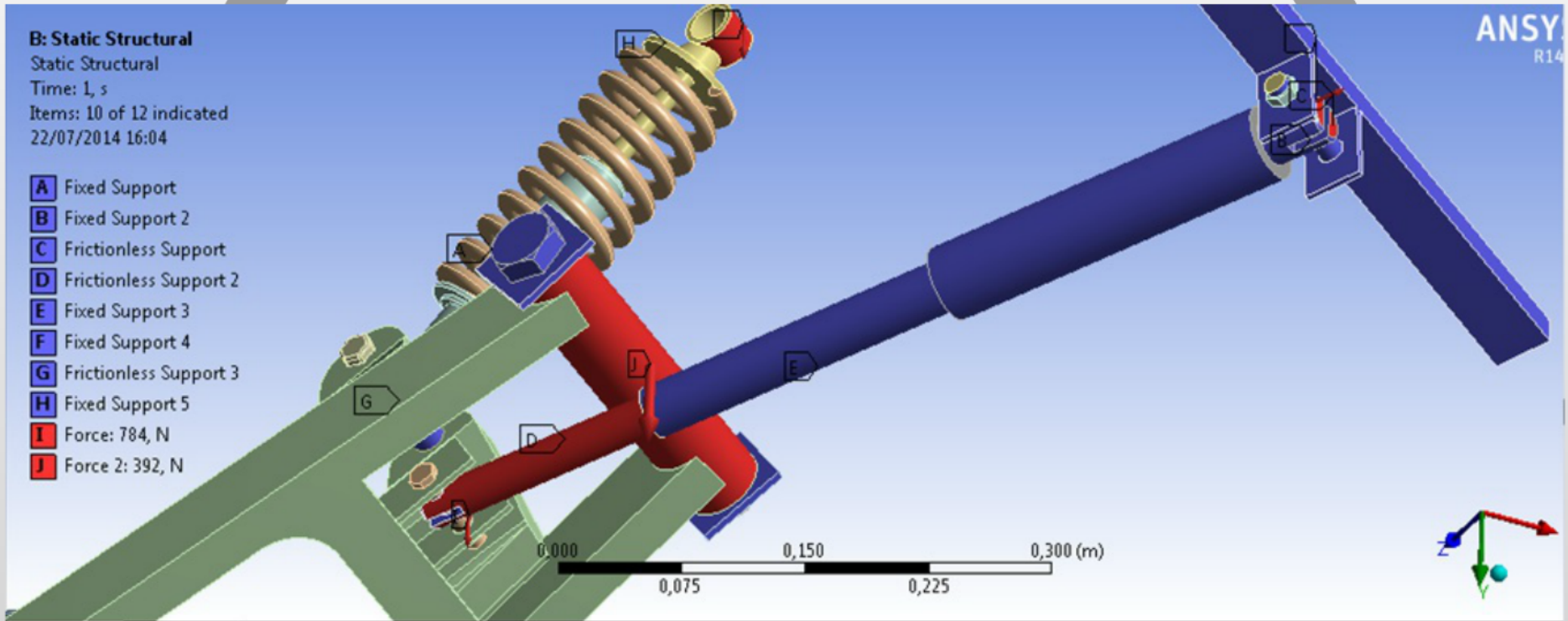
$$fr = 202,669 \text{ N}$$

$$\mathbf{F = fr = 202,669 \text{ N}}$$

Configuración geométrica del sistema de plegado

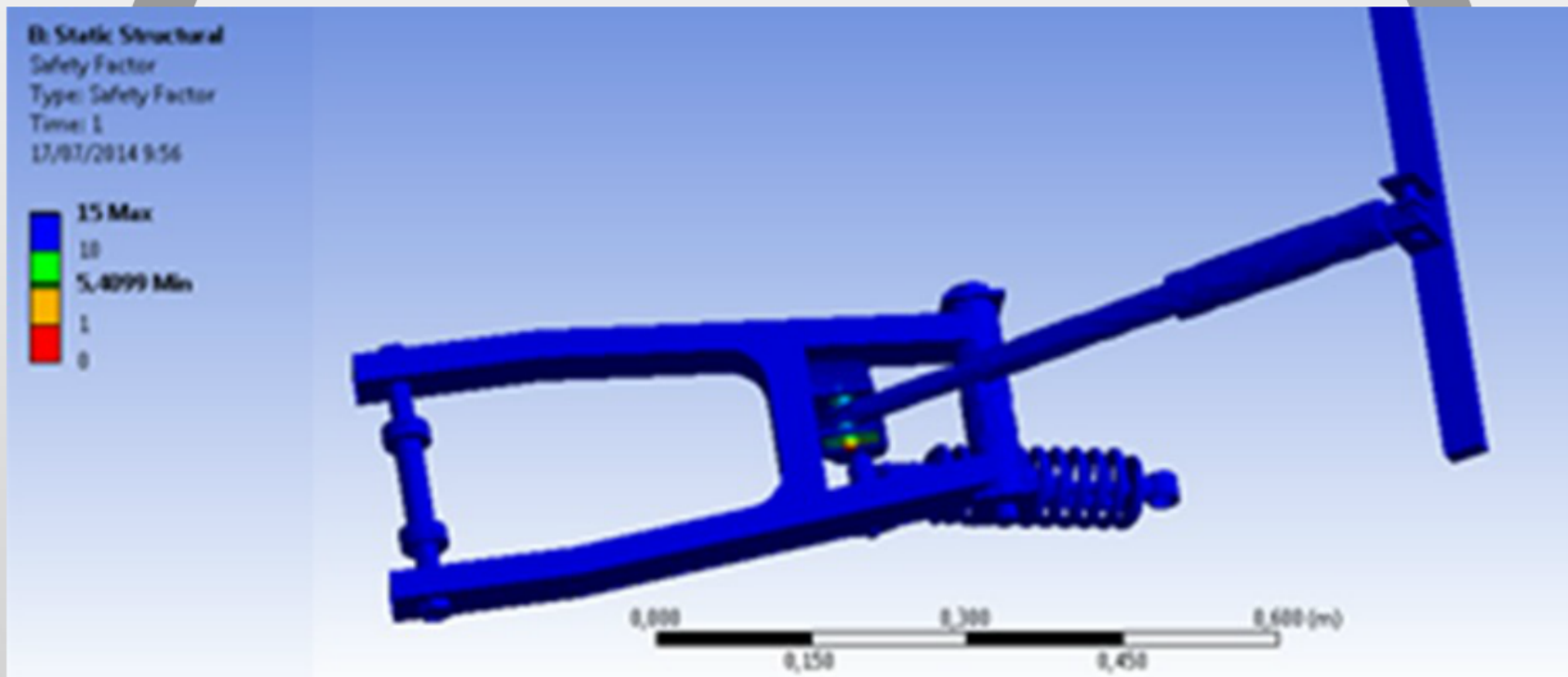


Simulación CAE



Resultado de Análisis

Factor de Seguridad



Deformación Total

B: Static Structural

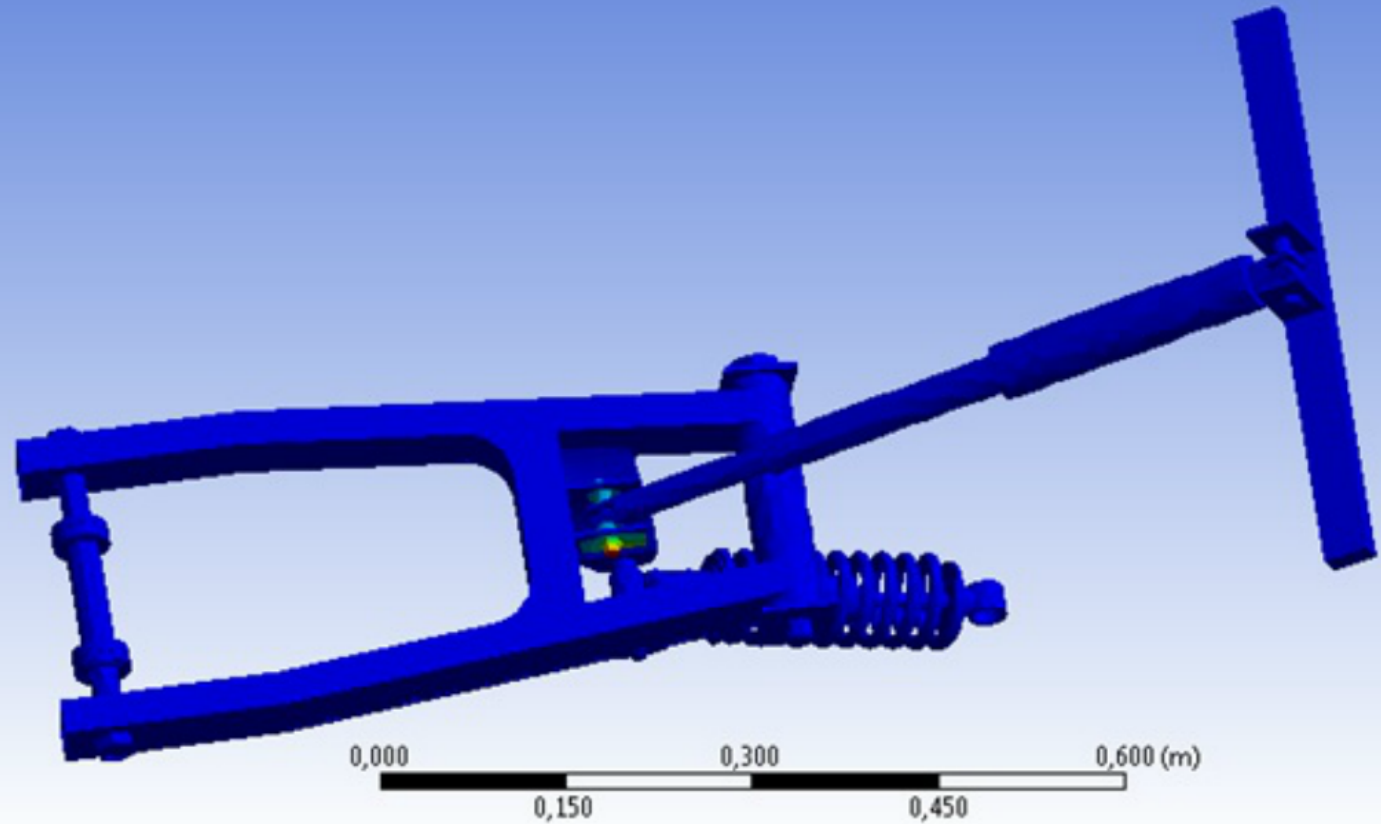
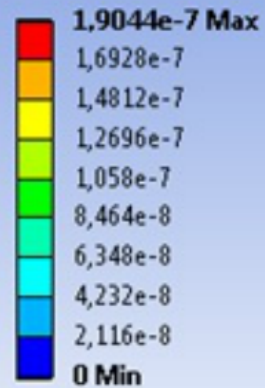
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

Time: 1

22/07/2014 17:36



CONCLUSIONES

- Se eligió un sistema de dirección acorde a la necesidad, una dirección mecánica, está por sus características es económica, liviana y sin consumo de energía eléctrica.
- El porta manguetas, elemento que sujeta al sistema de suspensión, dirección y mordaza de frenos fue construida en una lámina de Acero estructural de 6mm de espesor.
- El tipo de suspensión utilizada para el vehículo eléctrico biplaza plegable fue el denominado Pushrod, la cual mediante pruebas en carretera fue favorable cumpliendo los resultados esperados.

- En conclusión, el vehículo se detendrá, debido a que la fuerza ejercida en los pistones de los cilindros de las ruedas es mayor la fuerza de frenado, $4373,55 \text{ N} > 3709,74 \text{ N}$.
- El sistema de plegado utiliza un actuador eléctrico de 4000 N , 24 V DC , cumpliendo con los requerimientos, debido a que este actuador vence la fuerza de resistencia de 203 N del eje posterior.
- Se determinó que el sistema de plegado no es la mejor opción para reducir la distancia de aparcamiento, debido a que este reduce 20 cm siendo un porcentaje mínimo del tamaño total del vehículo.

RECOMENDACIONES

- Todos los elementos que componen los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, deben ser de fácil mantenimiento y rápido acceso.
- Construir los componentes con materiales más sofisticados que permitan reducir sus pesos, de esta manera optimizar el rendimiento del vehículo eléctrico biplaza plegable.
- Se recomienda diseñar vehículos de menor dimensión, en vez de implementar un sistema de plegado, teniendo una mejor optimización en el aparcamiento.
- Se debe realizar un diseño de los sistemas tratados, acorde a los materiales y repuestos existentes en el mercado.

**GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN**