

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA
MAESTRÍA DE DISEÑO MECÁNICO**

**“Diseño mediante Simulación de la estructura
para una motocicleta eléctrica”**

UISEK



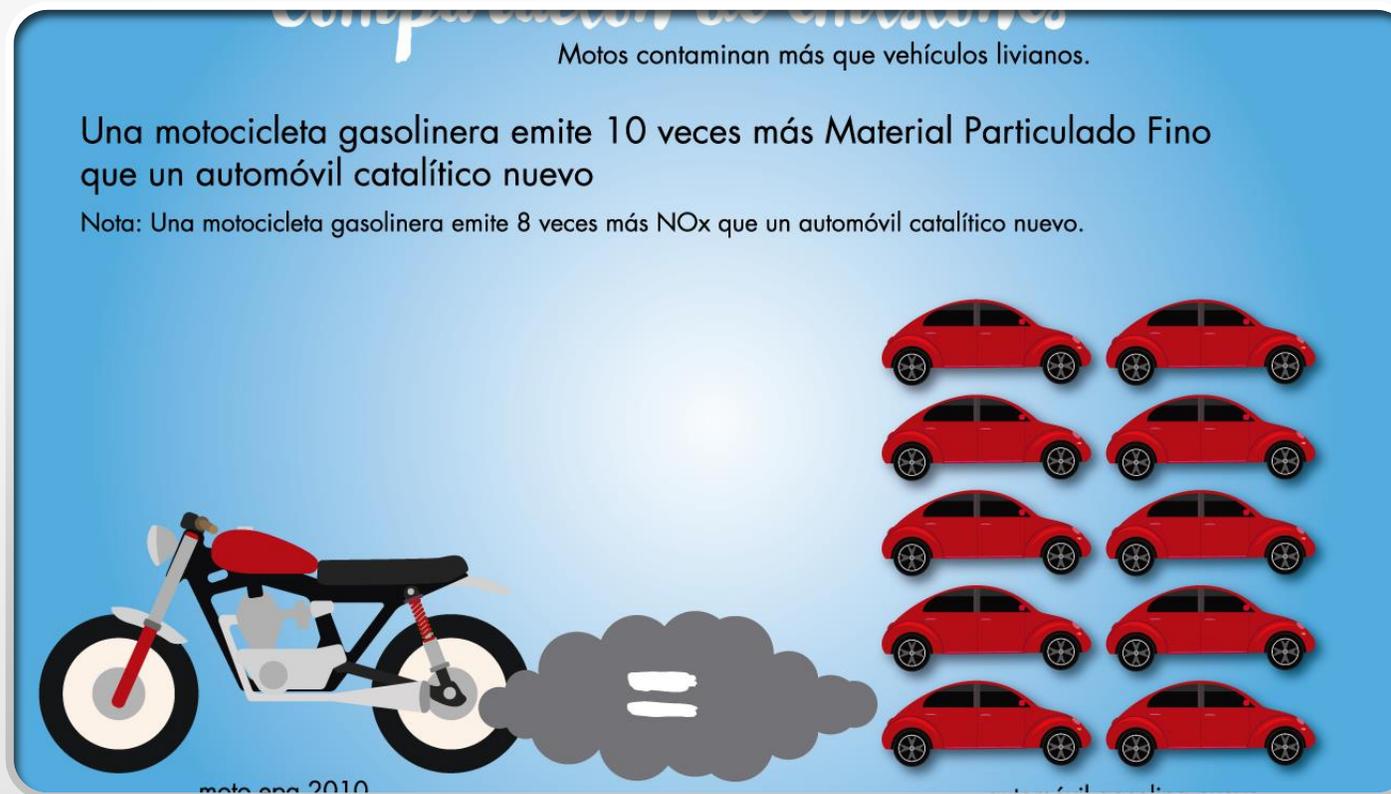
25 AÑOS

**Autores:
Ing. Rodrigo Molina**

Quito, Marzo 2019

PROBLEMÁTICA

El problema radica por el aumento de la contaminación que generan los motores de combustión interna, la carencia de empresas que se dediquen al diseño y construcción de vehículos eléctricos.



JUSTIFICACIÓN

- En el presente estudio se propone diseñar un chasis para una motocicleta eléctrica y cumpla con los estándares de calidad confort y seguridad establecidas en las normativas de transito ecuatorianas.
- La importancia de esta investigación no solo radica en la problemática medioambiental sino en la contribución por parte del sector manufacturero, con el aumento del producto nacional para motocicletas eléctricas



INTRODUCCIÓN

Objetivo General: Diseñar mediante simulación una estructura de motocicleta eléctrica.



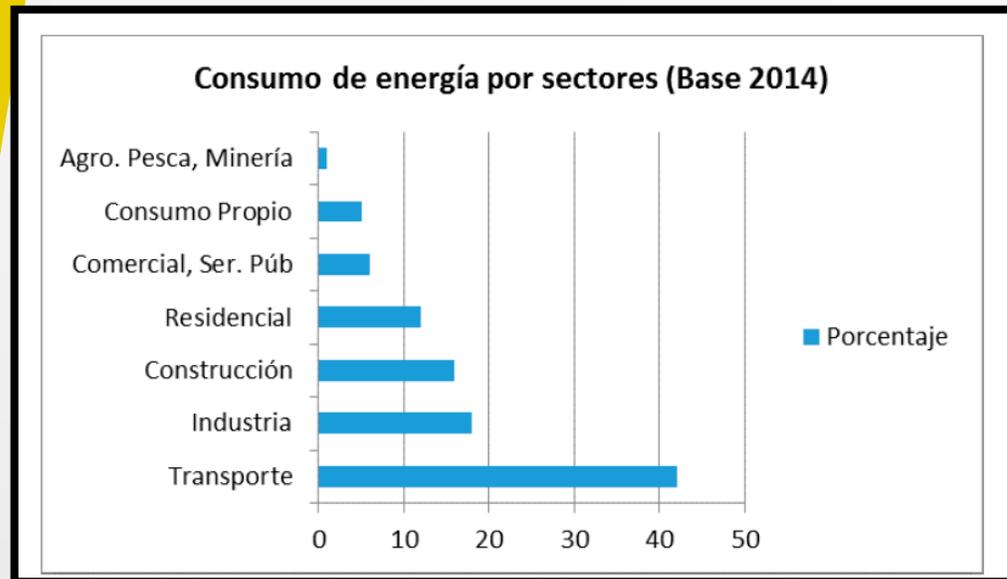
INTRODUCCIÓN

Objetivos Específicos:

- Analizar el comportamiento estructural mediante el software de simulación NX para observarse los esfuerzos producidos por las cargas de motor, pasajero y pack de baterías.
- Realizar la construcción de un chasis para motocicleta eléctrica a través de materiales del mercado local para satisfacerse sus rendimientos en su elaboración.
- Aportar a la reducción de emisiones de CO₂ mediante el desarrollo de una motocicleta eléctrica para aportarse al cambio de matriz productiva en el Ecuador.

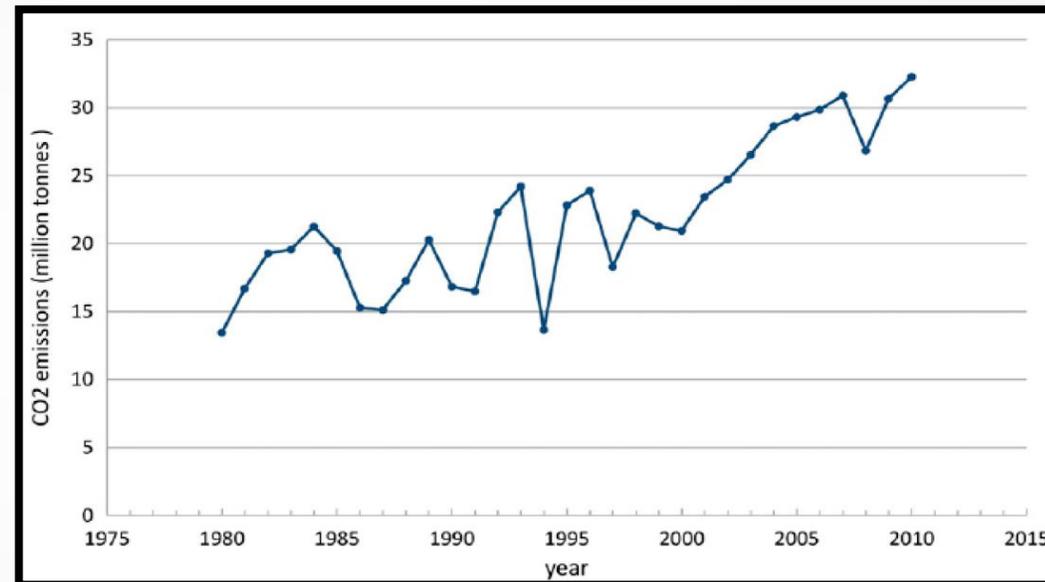


CONSUMO DE ENERGÍAS



SECTOR DEL TRANSPORTE

- El transporte posee el 42 % de la demanda en el sector Ecuatoriano

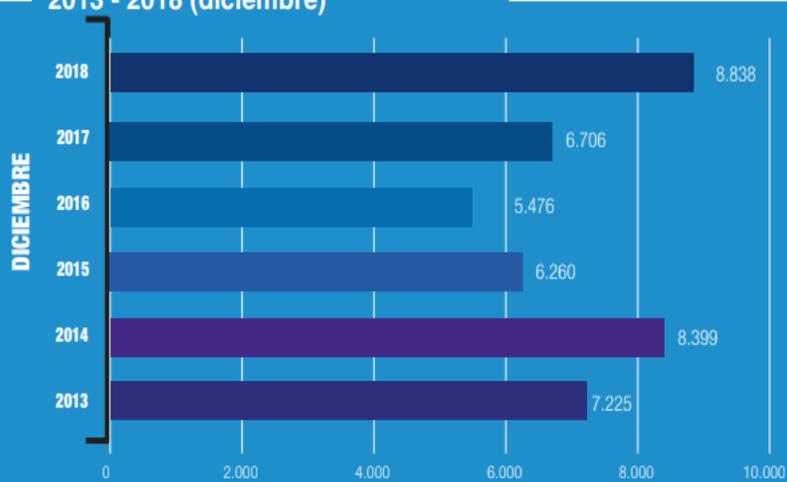


Emisiones de CO₂ en el Ecuador

Las emisiones de CO₂ han tenido una tendencia al incremento

EMISIONES POR MOTOS EN EL ECUADOR

Ventas históricas de motos (unidades)
2013 - 2018 (diciembre)



(AEADE
2018)



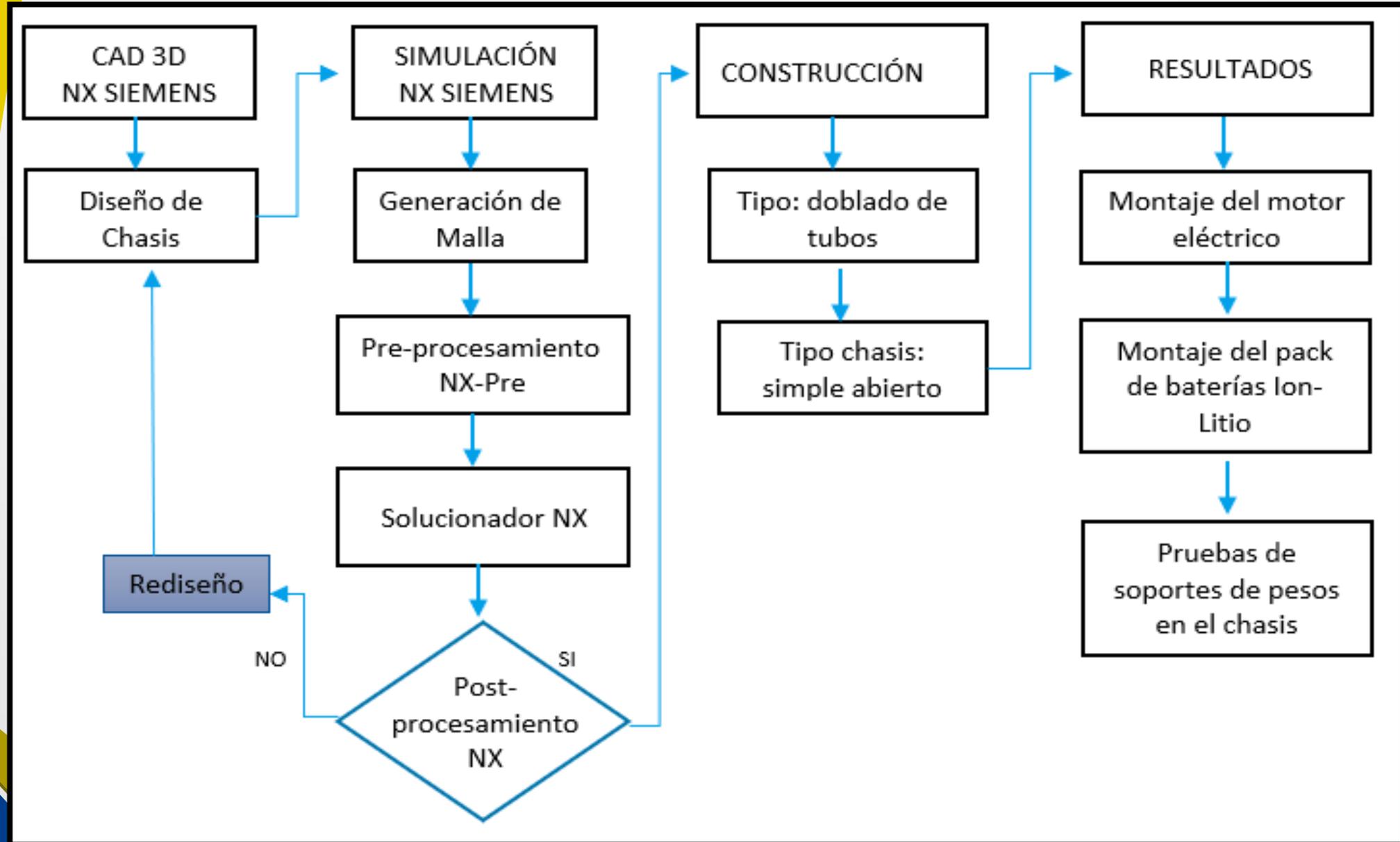
**1 MOTO*día = 2,16 Ton CO y
0,04Ton de HC.**

**8,838 motos al mes = 572,702 Ton de
CO y 10,605 Ton de HC.**

**100 Motos(EV) reducen = 6,480 Ton
de CO y 12 Ton de HC al mes.**

Estudios relacionados:
(Toledo 2018)

METODOLOGÍA



SELECCIÓN DEL CHASIS



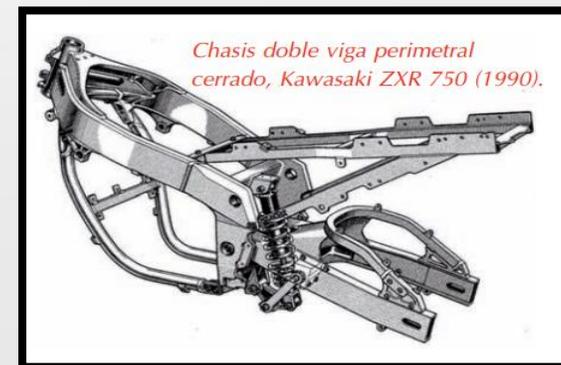
TUBULAR

MONOCASCO



SIMPLE ABIERTO

DOBLE VIGA



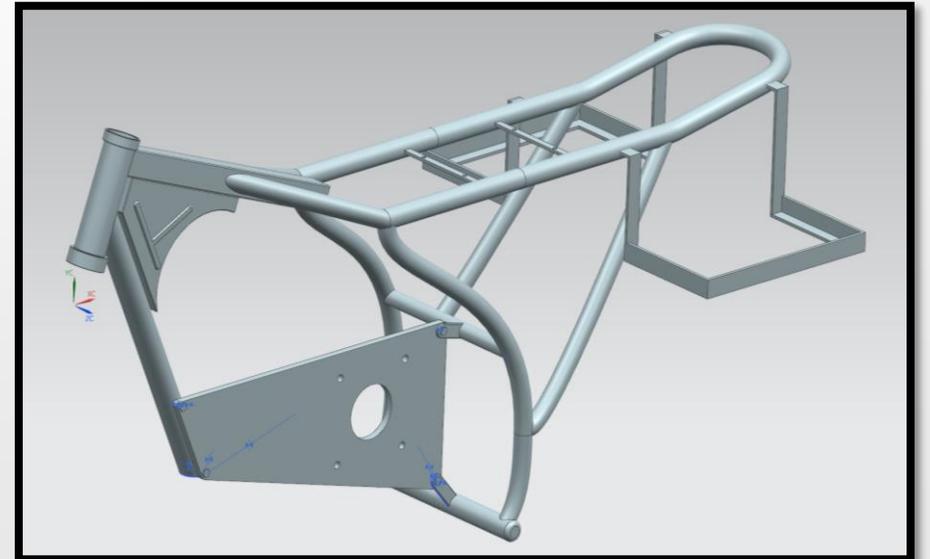
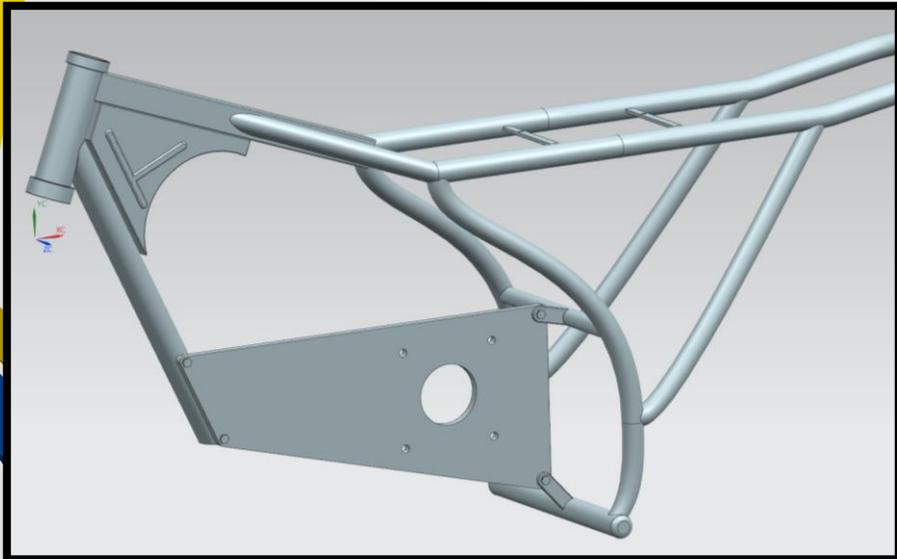
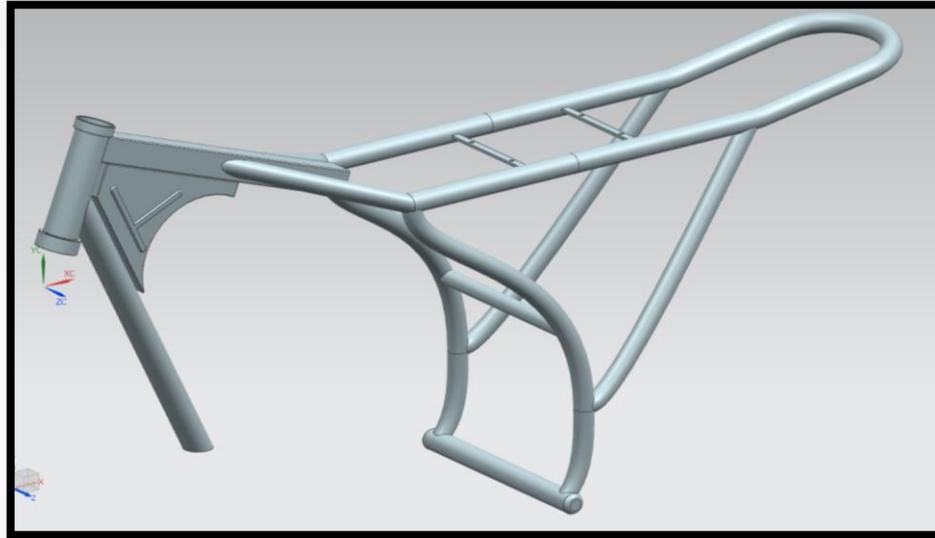
METODOLOGÍA

QFD 1

- Fuerte
- Media
- △ Débil

Qué	Cómo					
	Resistencia	Peso	Espacio	Material	Fabricación	Coste
Tubular	○	○	○	○	△	△
Simple Abierto	○	●	○	○	●	●
Monocasco	○	○	●	○	△	△
Doble Viga	●	△	●	○	△	△

Diseño del Chasis



SELECCIÓN DEL MATERIAL

Norma INEN 2415 propiedades para aceros estructurales

Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)
B	180	270
C	205	340
D	250	365
E	345	450

Fuente: INEN

Propiedades del acero ASTM A36

Propiedades del material	referencias del acero
Tipo de modelo	isométrico elástico
Límite elástico	250 MPa
Resistencia a la tracción	400 MPa
Módulo elástico	200 GPa
densidad	7.85g/cm ³
Módulo cortante	79.300 MPa
Costo c/u	6.80\$

Fuente: IPAC.

Propiedades del acero galvanizado ASTM A500

Propiedades del material	referencias del acero
Tipo de modelo	isométrico elástico
Límite elástico	300 MPa
Resistencia a la fluencia	317 MPa
Esfuerzo último	4.348kg/cm ²
densidad	7.87g/cm ³
Esfuerzo de fluencia	3.241kg/cm ²
Costo c/u	13.25\$

Fuente: IPAC.

Propiedades del acero Inoxidable

Propiedades del material	referencias del acero
Tipo de modelo	isométrico elástico
Límite elástico	210 MPa
Resistencia a la tracción	460 MPa
Módulo elástico	190 GPa
densidad	7.93g/cm ³
Módulo cortante	85.500 MPa
Costo c/u	33.30 \$

Fuente: IPAC.

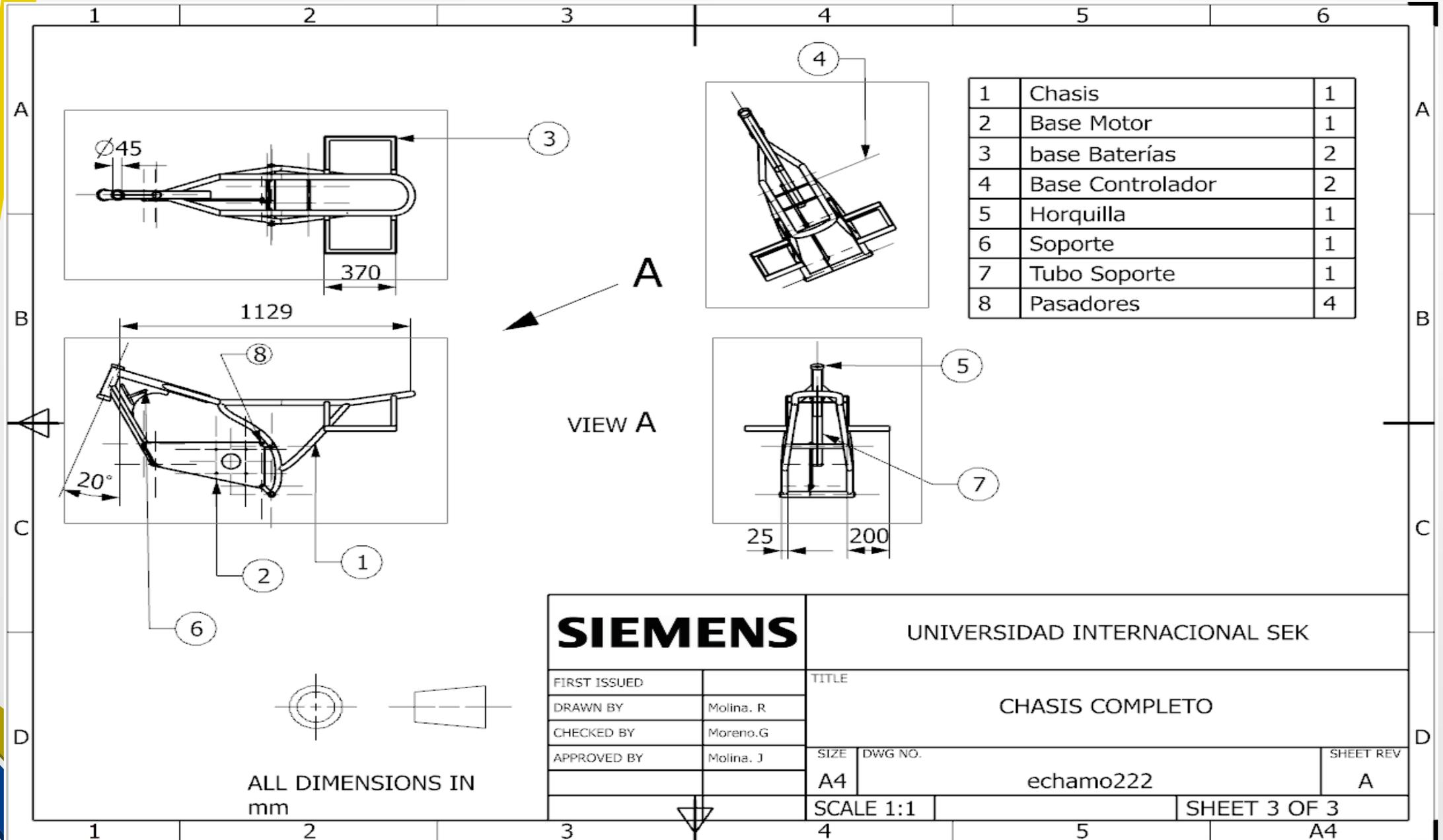
METODOLOGÍA

QFD 2

- Fuerte
- Media
- △ Débil

Qué	Cómo				
	Limite Elástico	Dimensiones	Resistencia a la Tracción	Precio	Espesor
Acero A 36	○	○	○	●	●
Acero Galvanizado	●	○	○	△	●
Acero Inoxidable	△	●	●	△	●

PLANOS

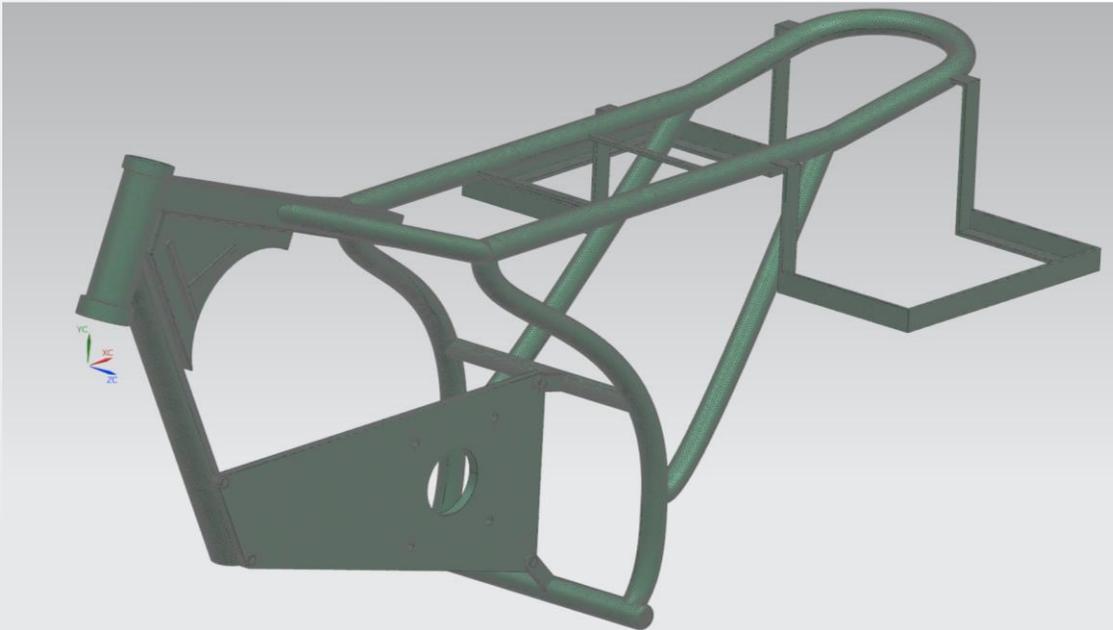


1	Chasis	1
2	Base Motor	1
3	base Baterías	2
4	Base Controlador	2
5	Horquilla	1
6	Soporte	1
7	Tubo Soporte	1
8	Pasadores	4

SIEMENS		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK		
		TITLE		
FIRST ISSUED		CHASIS COMPLETO		
DRAWN BY	Molina. R			
CHECKED BY	Moreno.G	SIZE	DWG NO.	SHEET REV
APPROVED BY	Molina. J	A4	echamo222	A
		SCALE 1:1	SHEET 3 OF 3	
			5	A4

ALL DIMENSIONS IN mm

Pre - Procesamiento



Estudios relacionados:
Noriega&Pantoja (2014)

INFORMACIÓN SOBRE LA MALLA

Nombre : 3d_mesh(1)
Tipo de malla : 3D
Número de elementos en la malla : 507784
Número de nodos en la malla : 942184
Tetra10 elementos : 507784

==== Orientación del material

Método por orientación del material : Tabla de propiedades físicas

Capa : 1
Material heredado : ASTM A366

INFORMACIÓN SOBRE RECOLECTOR DE MALLAS

Nombre : Solid(1)
Tipo : Solid

==== Propiedad física

Propiedad del cuerpo sólido : PSOLID1
Nombre : PSOLID1
Tipo : PSOLID
Etiqueta : 1
Material : Inherited from geometry.
Material heredado de 3d_mesh(1) : ASTM A366
Definición de CORDM : Definido por el usuario
CORDM : Absoluto
Red de integración : Valor predeterminado
Ubicación de la salida del esfuerzo : Valor predeterminado
Esquema de integración : Valor predeterminado

INFORMACIÓN SOBRE FÓRMULA DE MALLA

Element Type : CTETRA(10)

==== Parámetros de la malla

Tamaño del elemento : 3 mm
Intento de mallado con mapeo libre : true
Intento con cilindros multibloque : false
Transición con elementos piramidal : false

==== Opciones de la calidad de la malla

Método del nodo medio : Lineal
Tolerancia en geometría : false
Jacobiano : 10

Pre - Procesamiento

Pesos estimados para el chasis de la motocicleta eléctrica

Descripción	Peso
Chasis	12.5 kg
Motor eléctrico Brushless	11 kg
Controlador y accesorios	3.5 kg
Baterías Ion – Litio	10 kg
Persona promedio	70 kg
Total	107 kg

Fuerza

masa:100kg (piloto, baterías y motor)

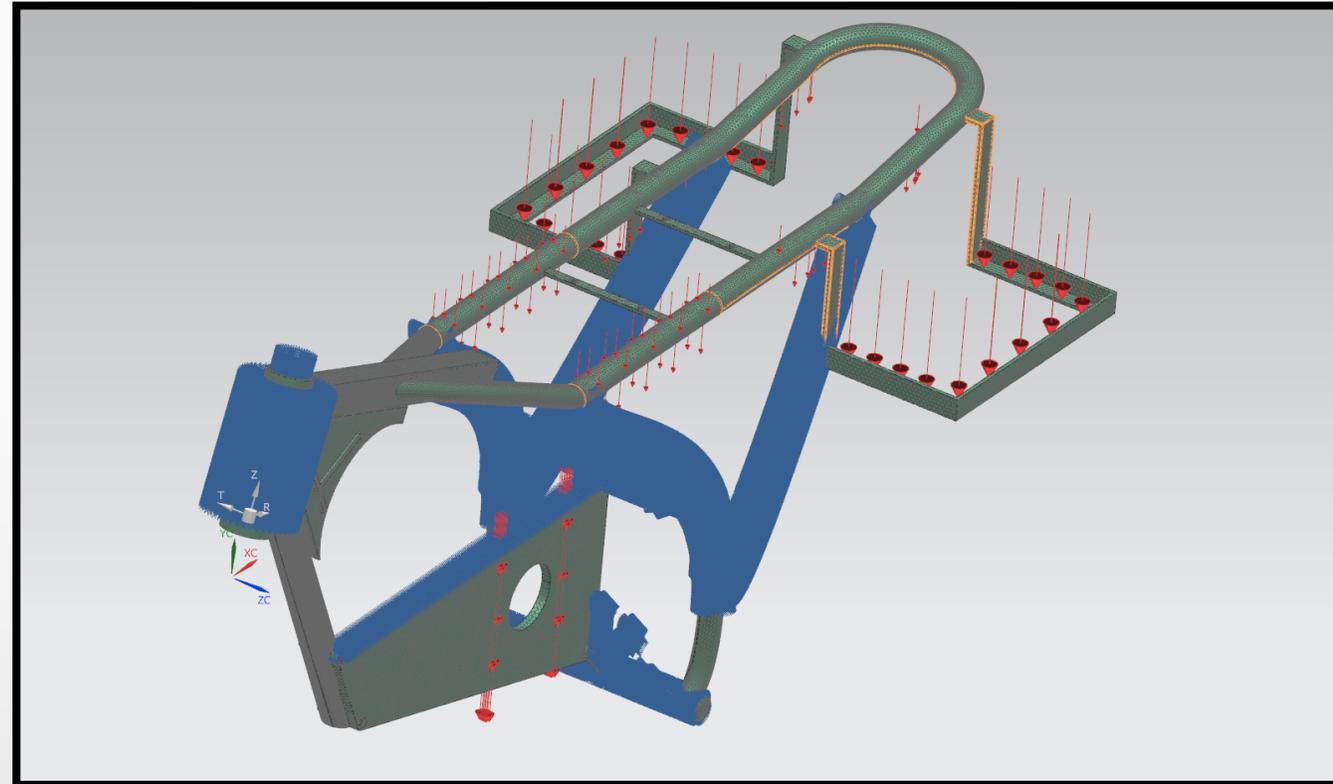
gravedad:9.8m/s²

$$W = m * g$$

$$W = 100kg * 9.8m/s^2$$

$W = 980 N$ fuerza externa generada por

las cargas del piloto, motor y baterías.



Estudios relacionados

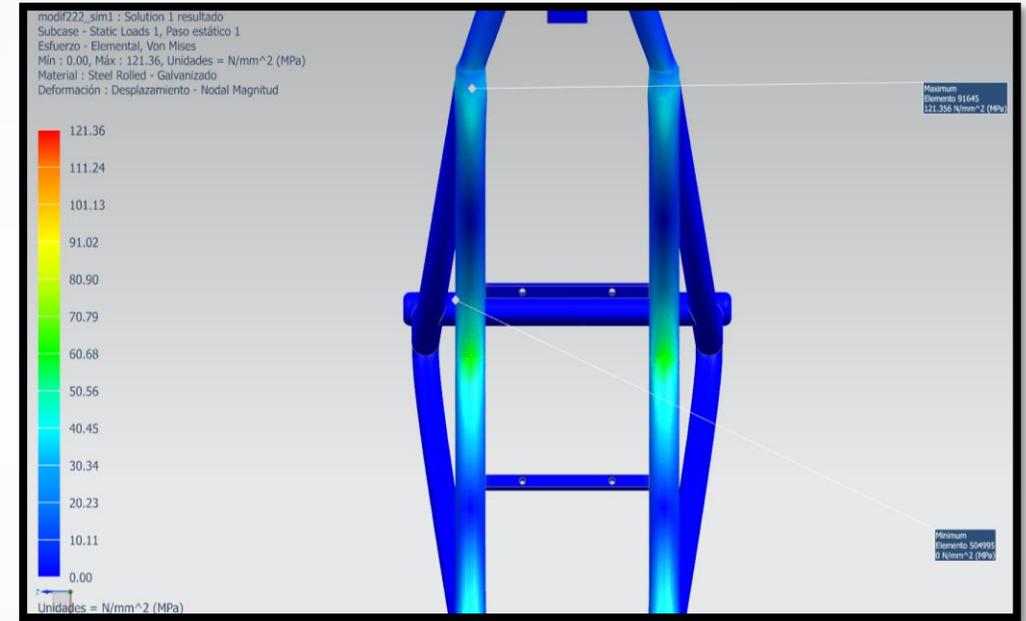
(Valencia, 2018)

Post - Procesamiento

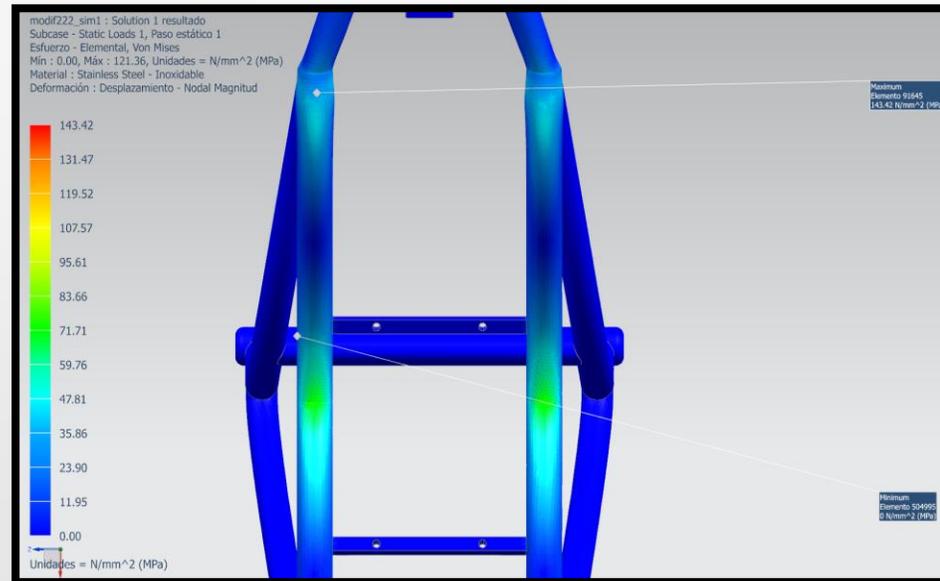
Acero A36



Acero A500



Acero Inoxidable



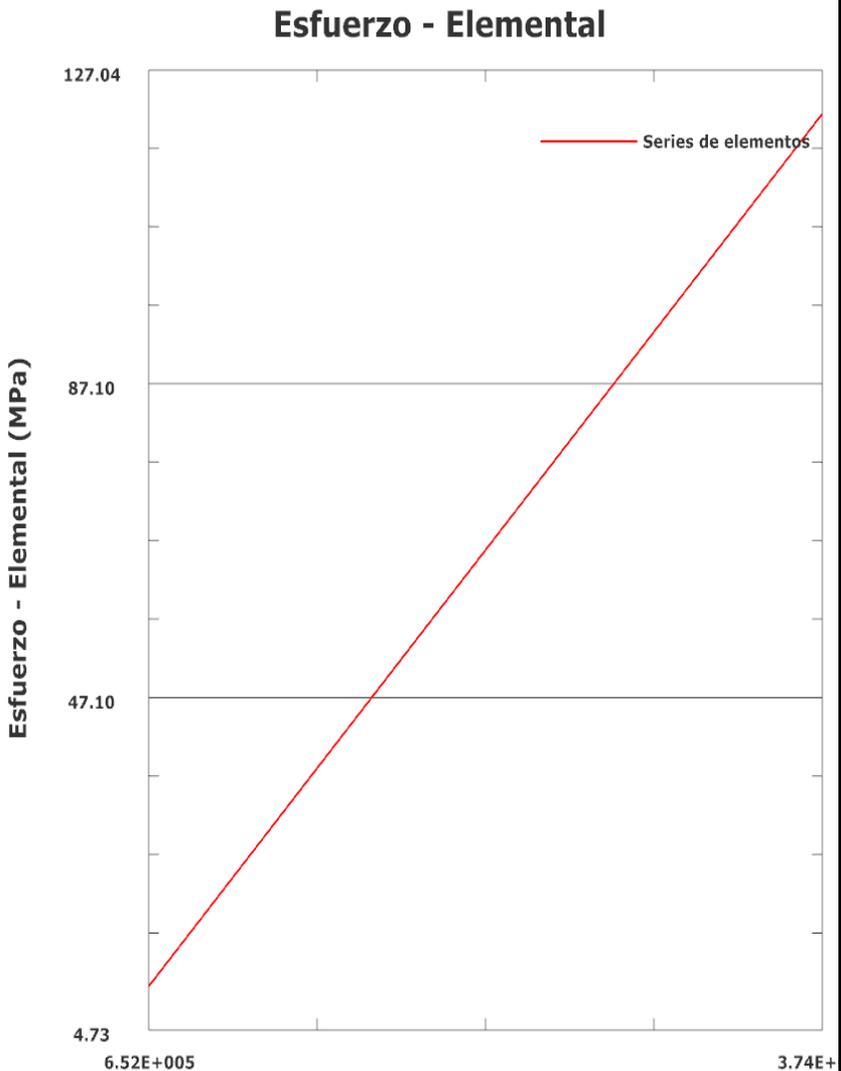
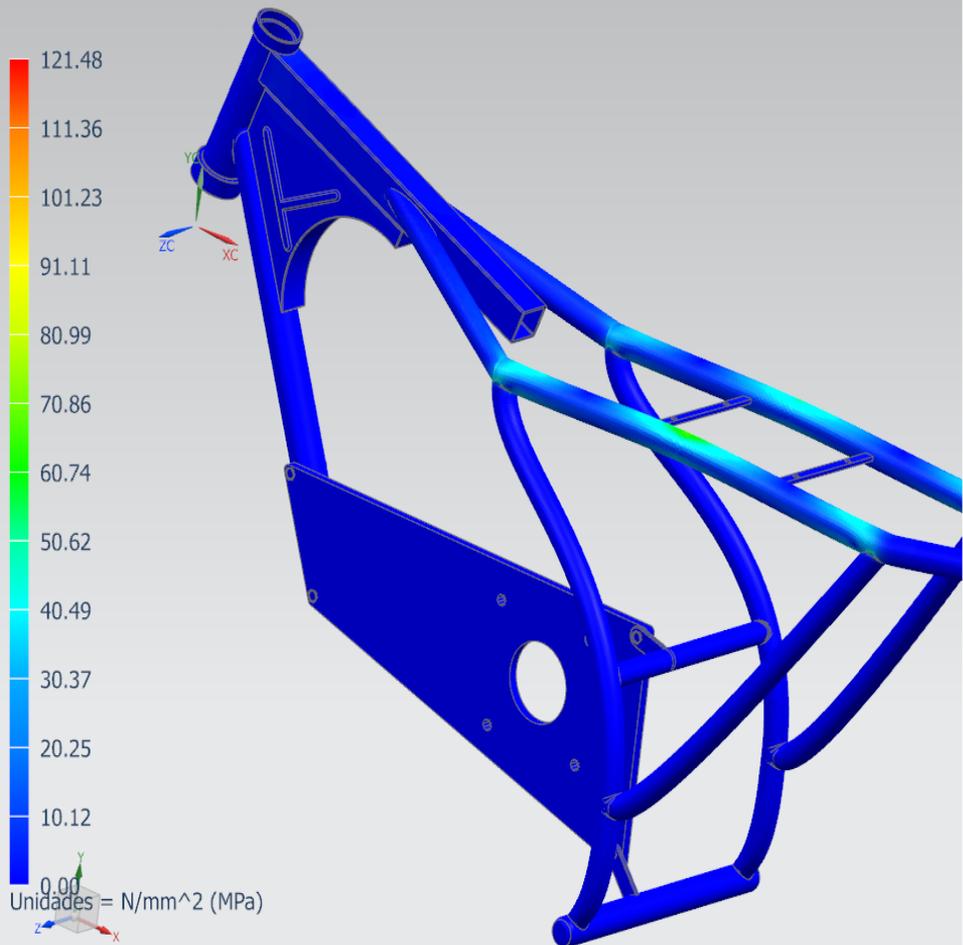
RESULTADOS



RESULTADOS

Acero A36

ECHAMO1_sim2 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Esfuerzo - Elemental, Von Mises
Mín : 0.00, Máx : 121.48, Unidades = N/mm² (MPa)
Material : Acero A36
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud



$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

Fs = factor de seguridad

Sy = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

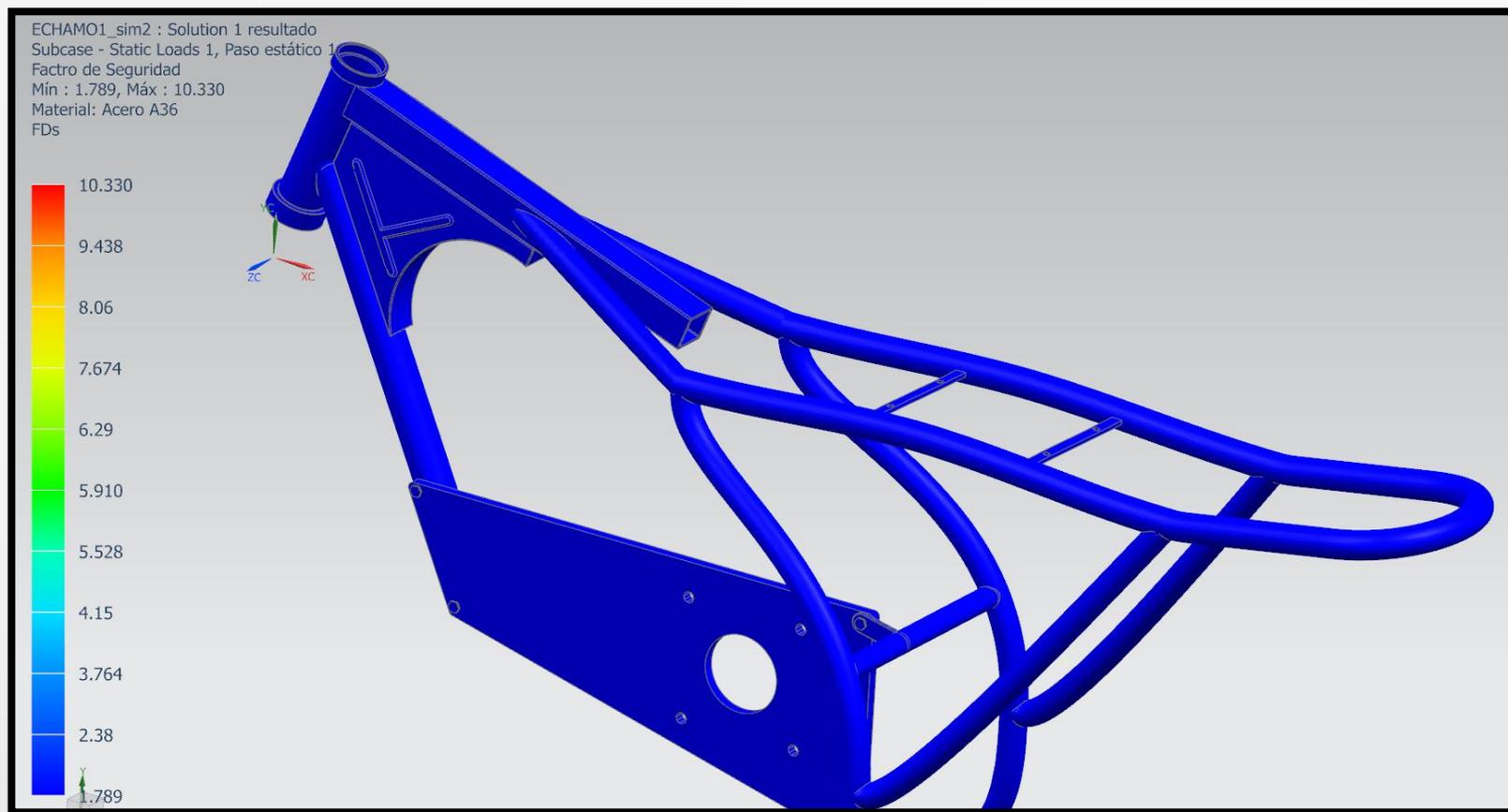
$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{121,48 \text{ MPa}} = 2$$

Estudios relacionados

(Valencia, 2018)

RESULTADOS

Factor de seguridad Acero A36



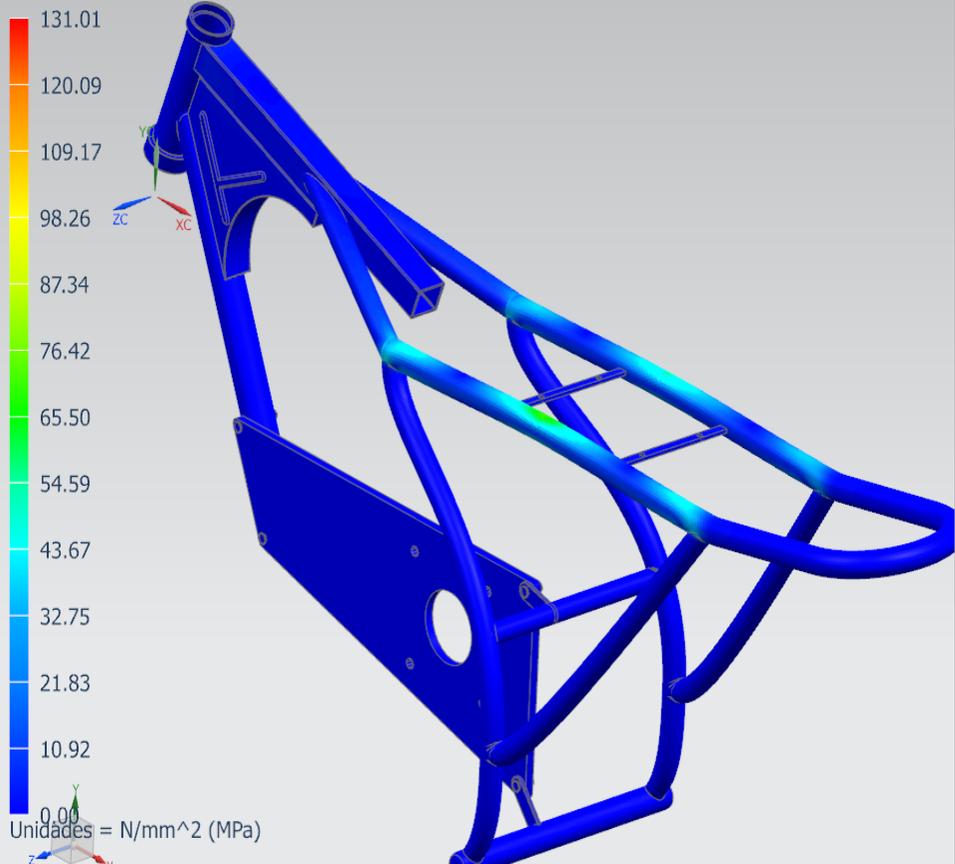
Factor de seguridad en la simulación es de 1.789 mientras que la cantidad calculada matemáticamente es de 2 por lo cual hay una diferencia del 11%

comprobando así que la estructura esta correctamente diseñada, simulada y se encuentra dentro de la tolerancia de error de diseño.

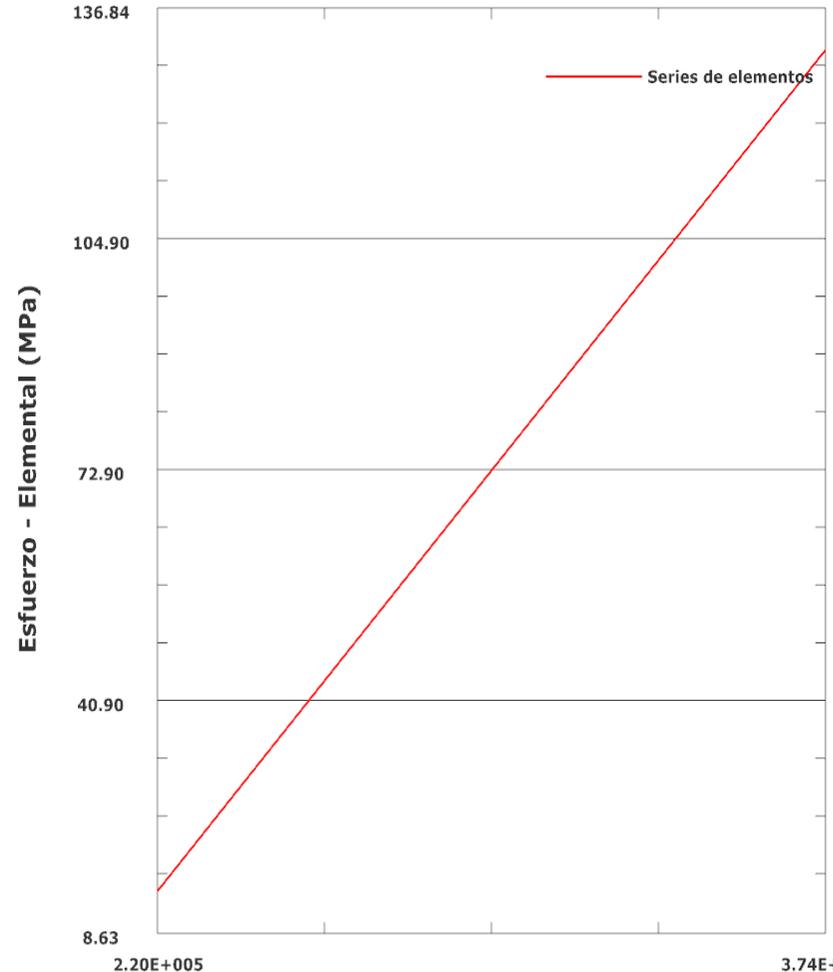
RESULTADOS

Acero A500 Galvanizado

ECHAMO1_sim2 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Esfuerzo Elemental : Von Mises
Mín : 0.00, Máx : 131.01, Unidades = N/mm²(MPa)
Material : Steel Rolled
Esfuerzo - Nodal Magnitud



Esfuerzo - Elemental



$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{\max}}$$

F_s = factor de seguridad

S_y = límite de elasticidad

σ_{\max} = esfuerzo máximo

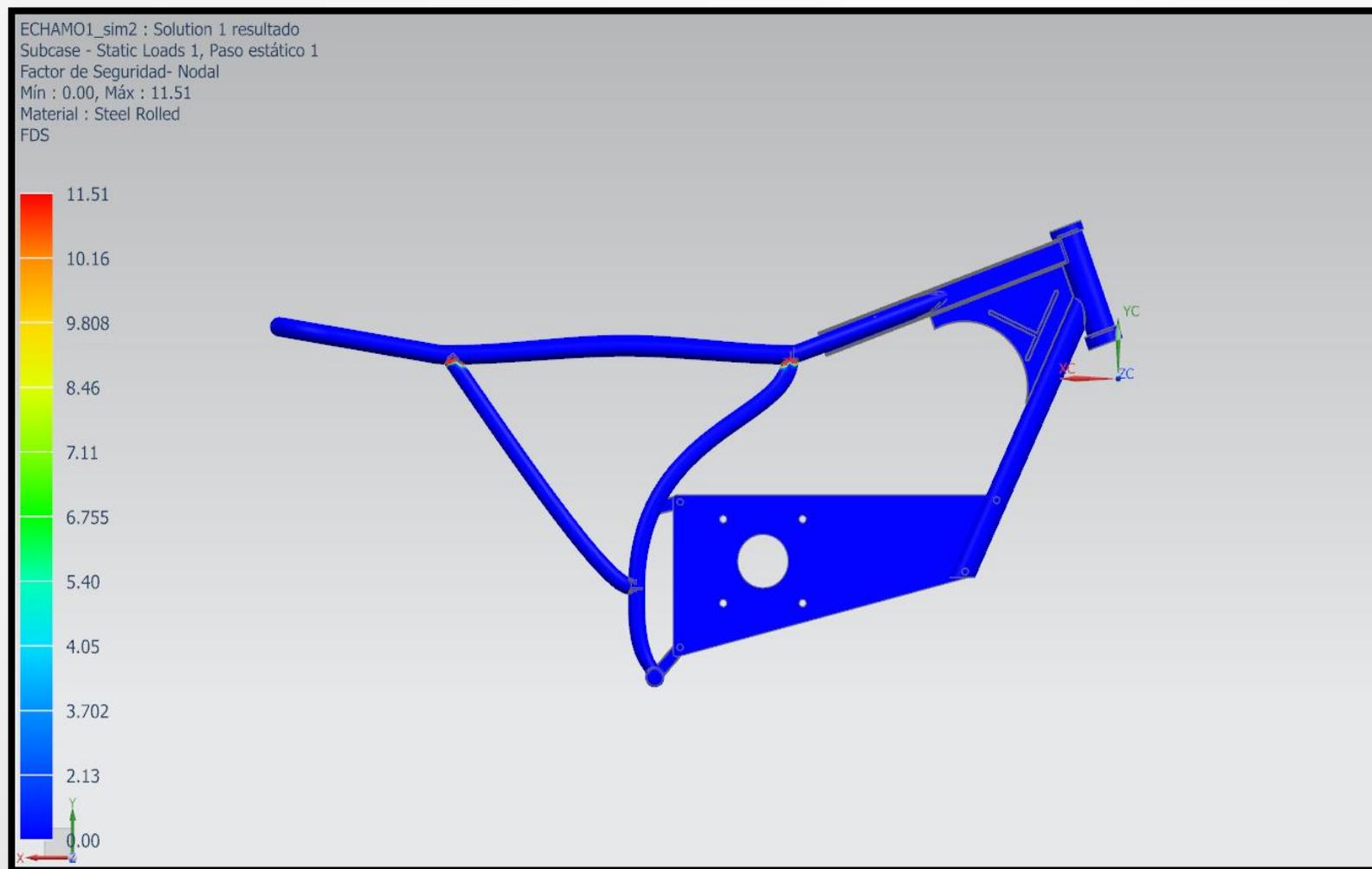
$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{131,01 \text{ MPa}} = 1,9$$

Estudios relacionados

(Valencia, 2018)

RESULTADOS

Factor de seguridad Acero A500



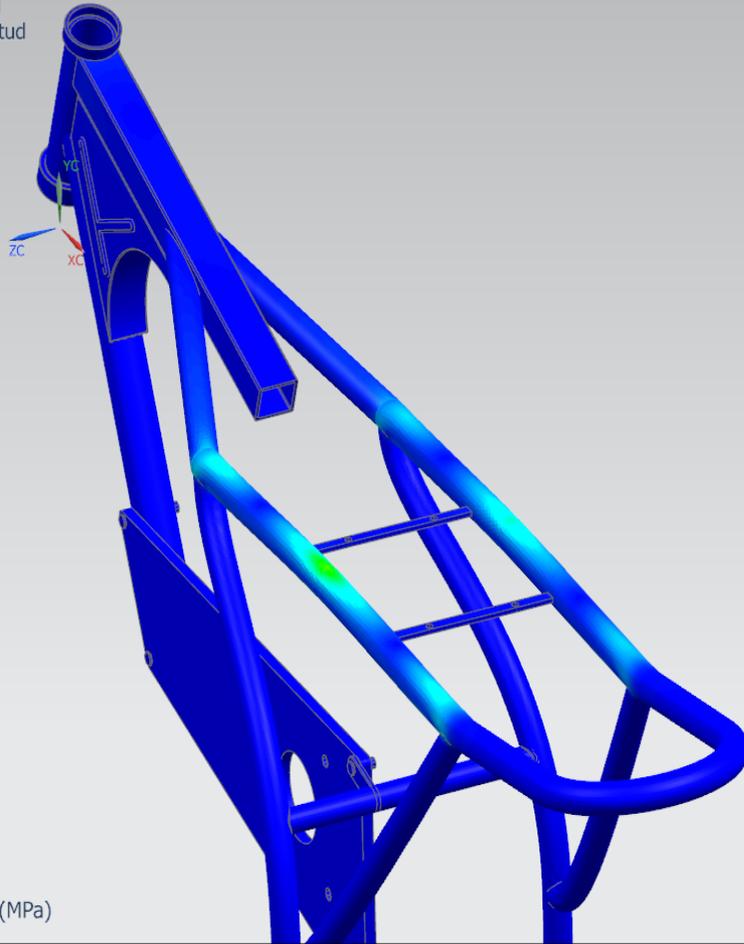
Factor de seguridad en la simulación es de 2,13 mientras que la cantidad calculada matemáticamente es de 1,9 por lo cual hay una diferencia del 12,10% comprobando así que la estructura esta correctamente diseñada, simulada y se encuentra dentro de la tolerancia de error de diseño.

RESULTADOS

Acero Inoxidable

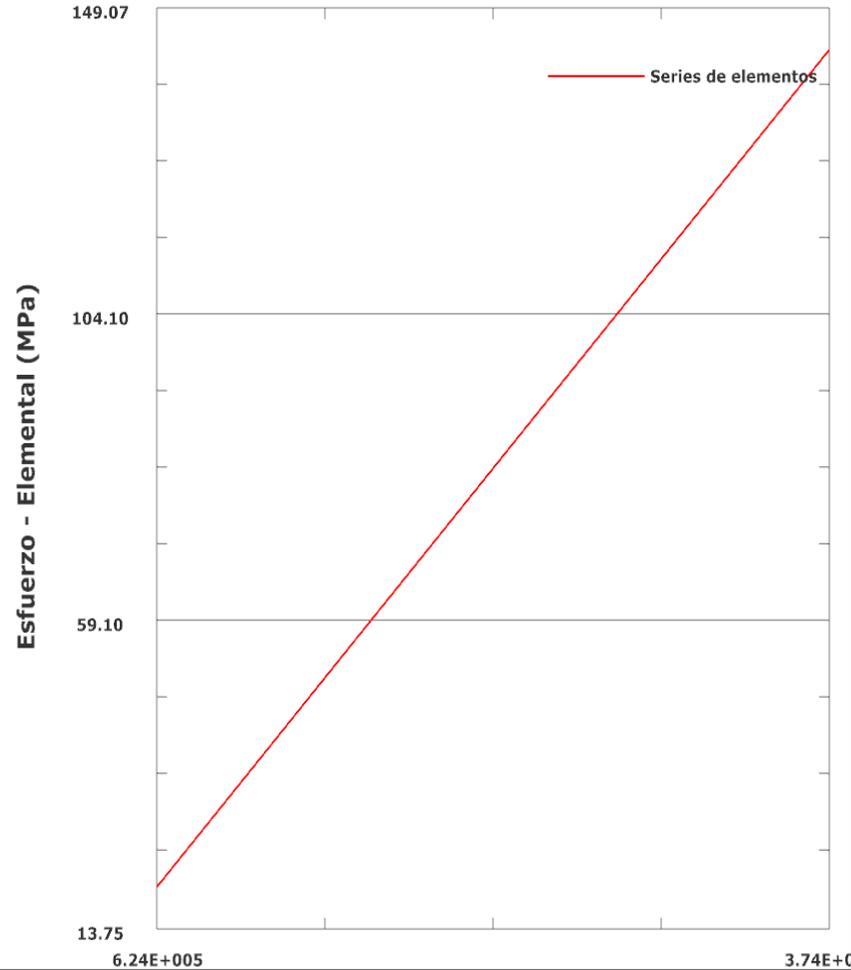
ECHAMO1_sim2 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Esfuerzo Elemental : Von Mises
Mín : 0.00, Máx : 142.92, Unidades = N/mm²(MPa)
Material : Stainles Steel
Esfuerzo - Nodal Magnitud

142.92
131.01
119.10
107.19
95.28
83.37
71.46
59.55
47.64
35.73
23.82
11.91



Unidades = N/mm² (MPa)

Esfuerzo - Elemental



$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

Fs = factor de seguridad

Sy = límite de elasticidad

σ_{max} = esfuerzo máximo

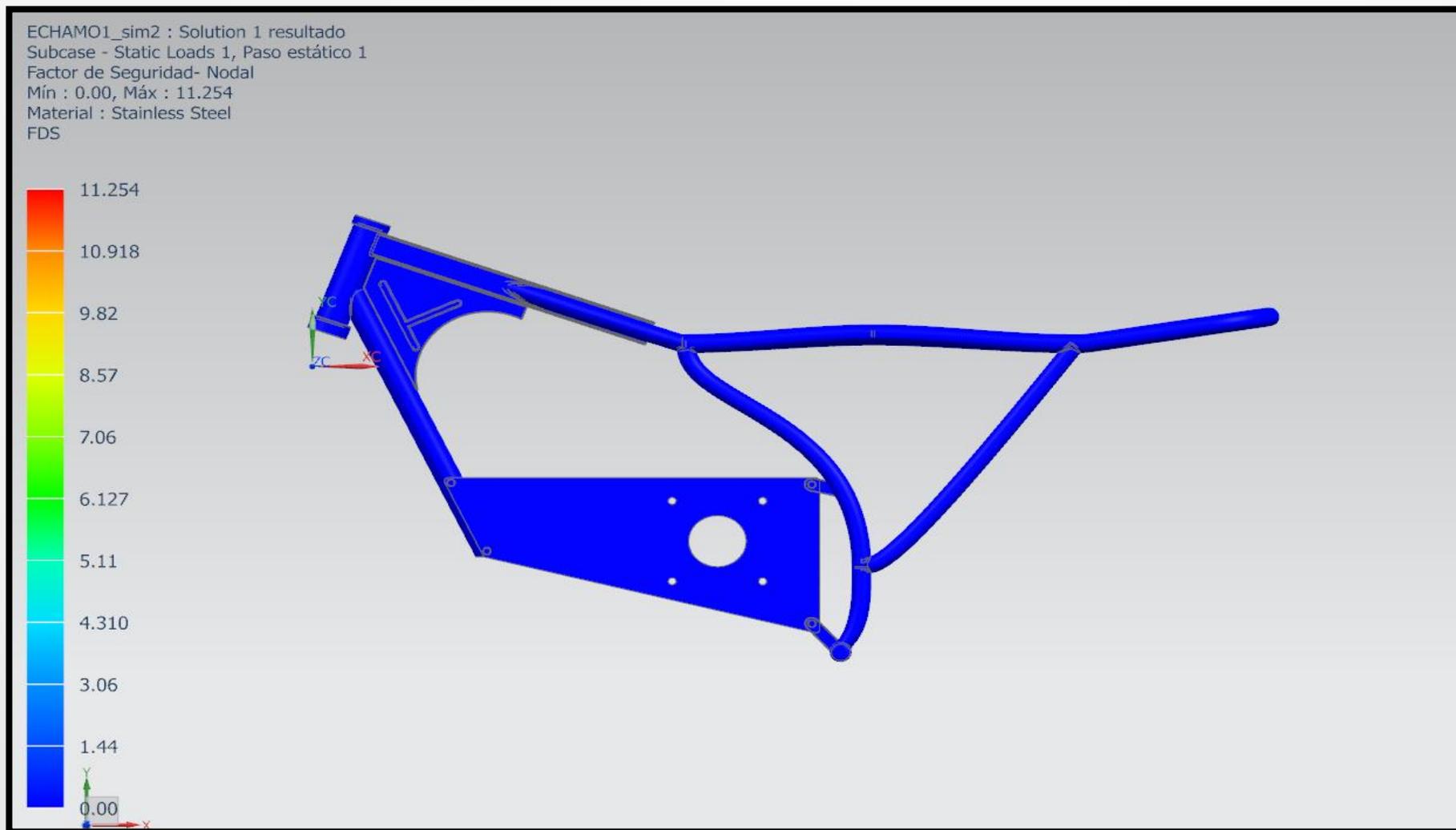
$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{142,92 \text{ MPa}} = 1,7$$

Estudios relacionados

(Valencia, 2018)

RESULTADOS

Factor de seguridad Acero Inoxidable

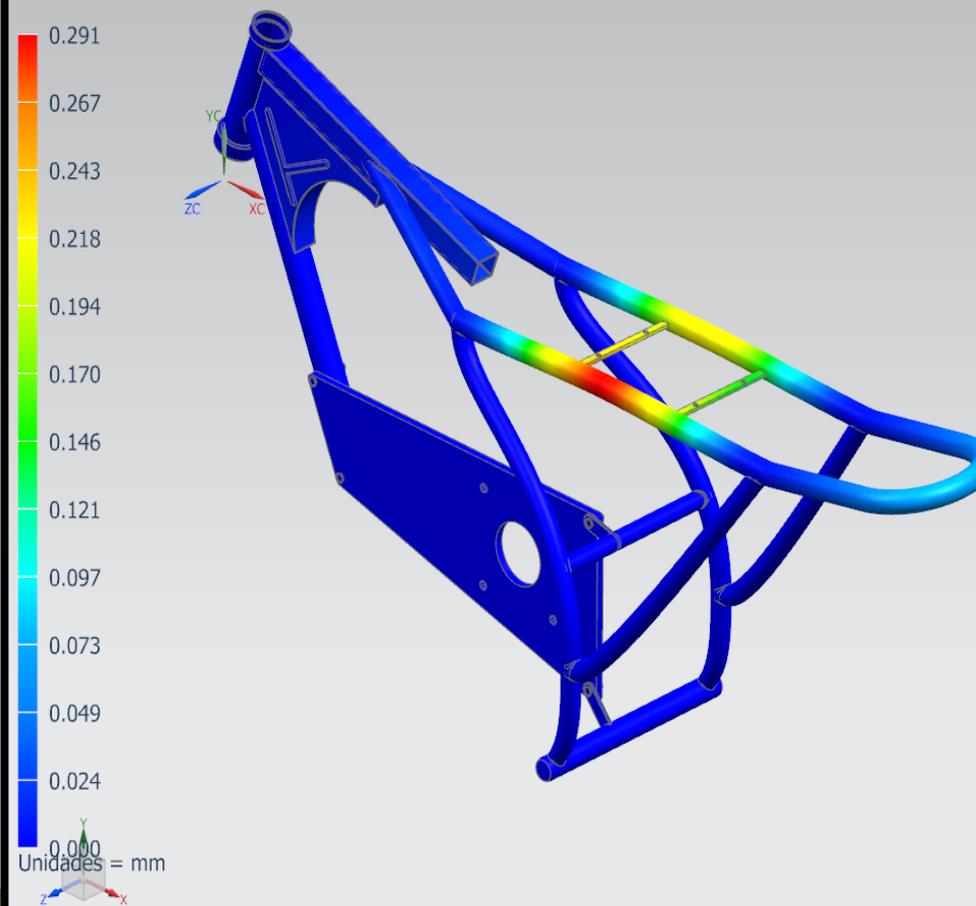


Factor de seguridad en la simulación es de 1,44 mientras que la cantidad calculada matemáticamente es de 1,7 por lo cual hay una diferencia del 15,29% comprobando así que la estructura esta correctamente diseñada, simulada y se encuentra dentro de la tolerancia de error de diseño.

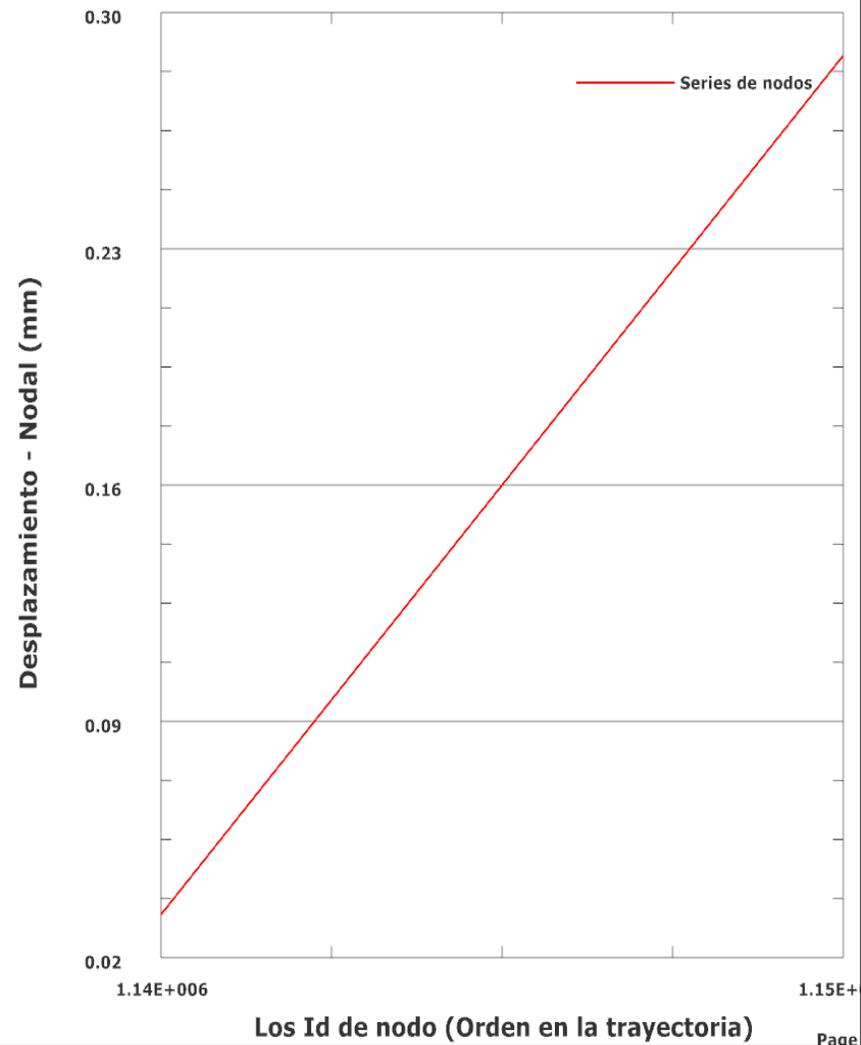
RESULTADOS

DESPLAZAMIENTOS

ECHAMO1_sim2 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Desplazamiento - Nodal, Magnitud
Mín : 0.000, Máx : 0.291, Unidades = mm
Material : Acero A36
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud

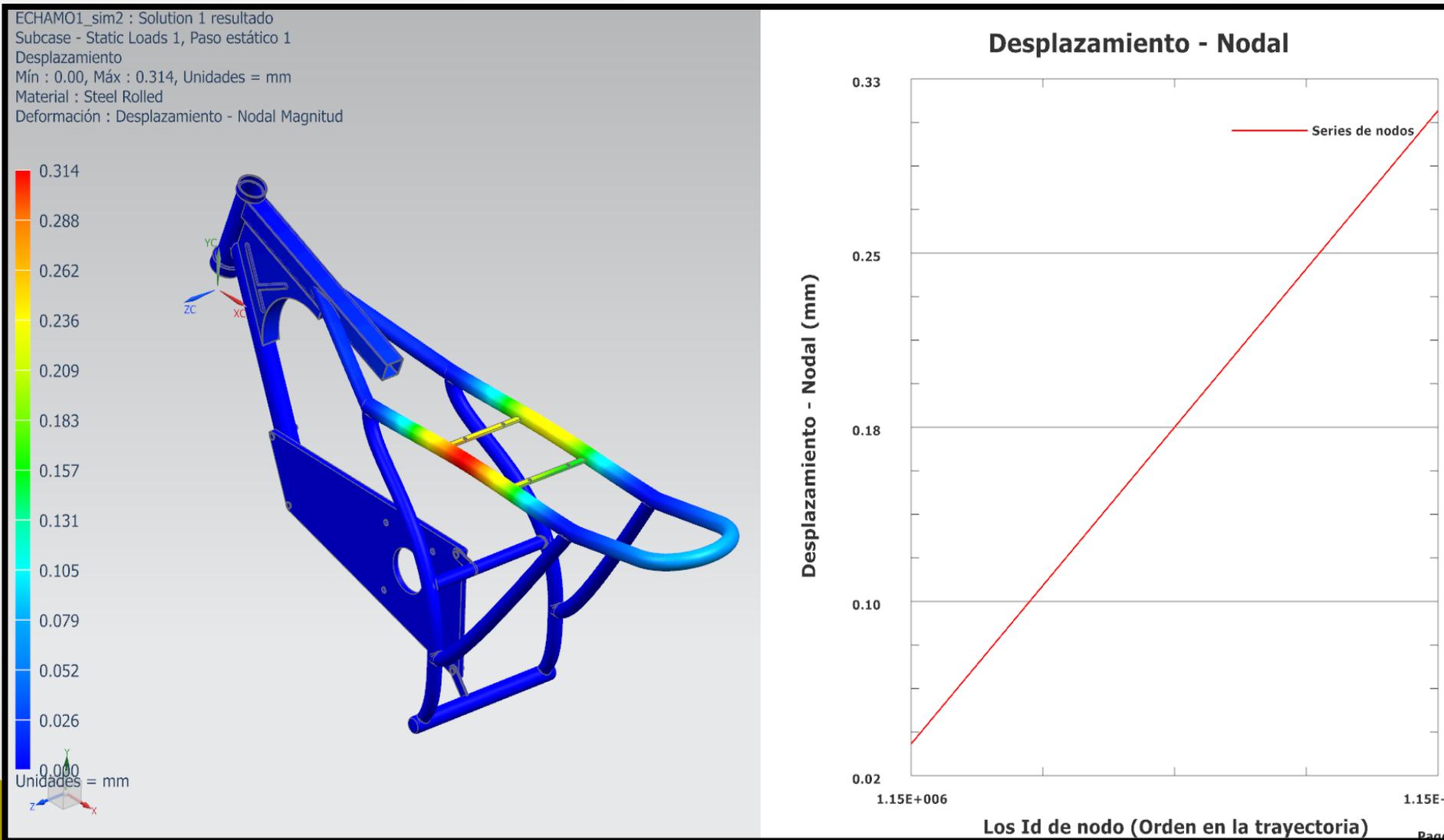


Desplazamiento - Nodal



RESULTADOS

DESPLAZAMIENTOS



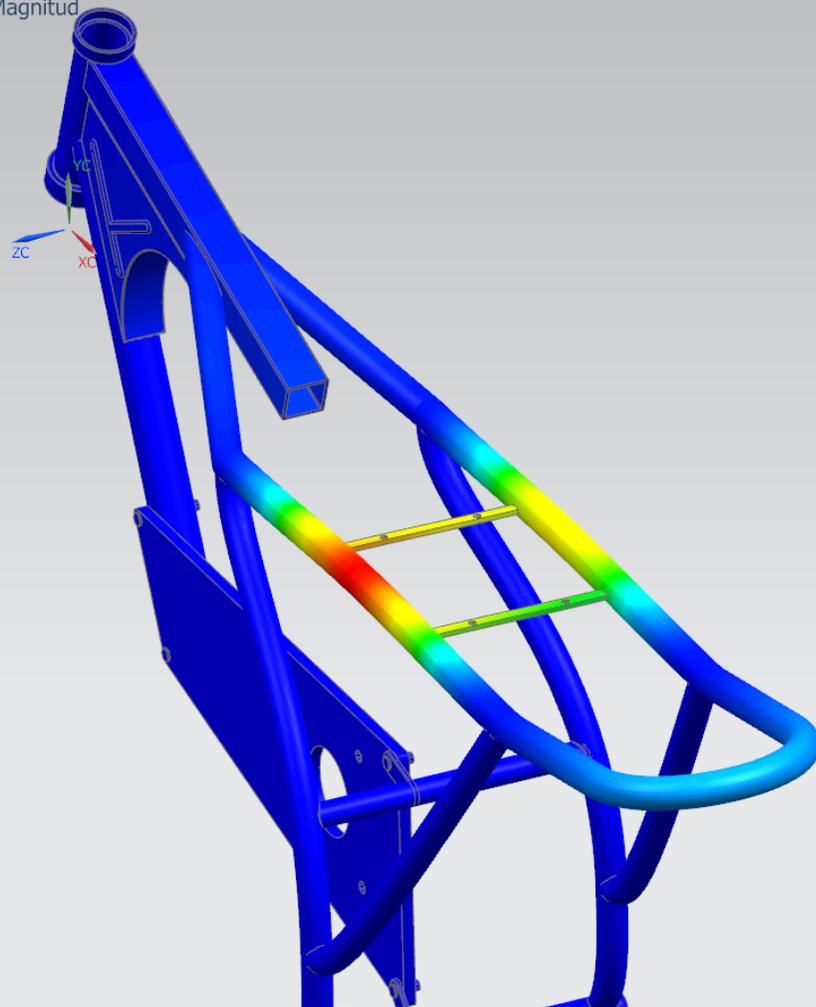
RESULTADOS

DESPLAZAMIENTOS

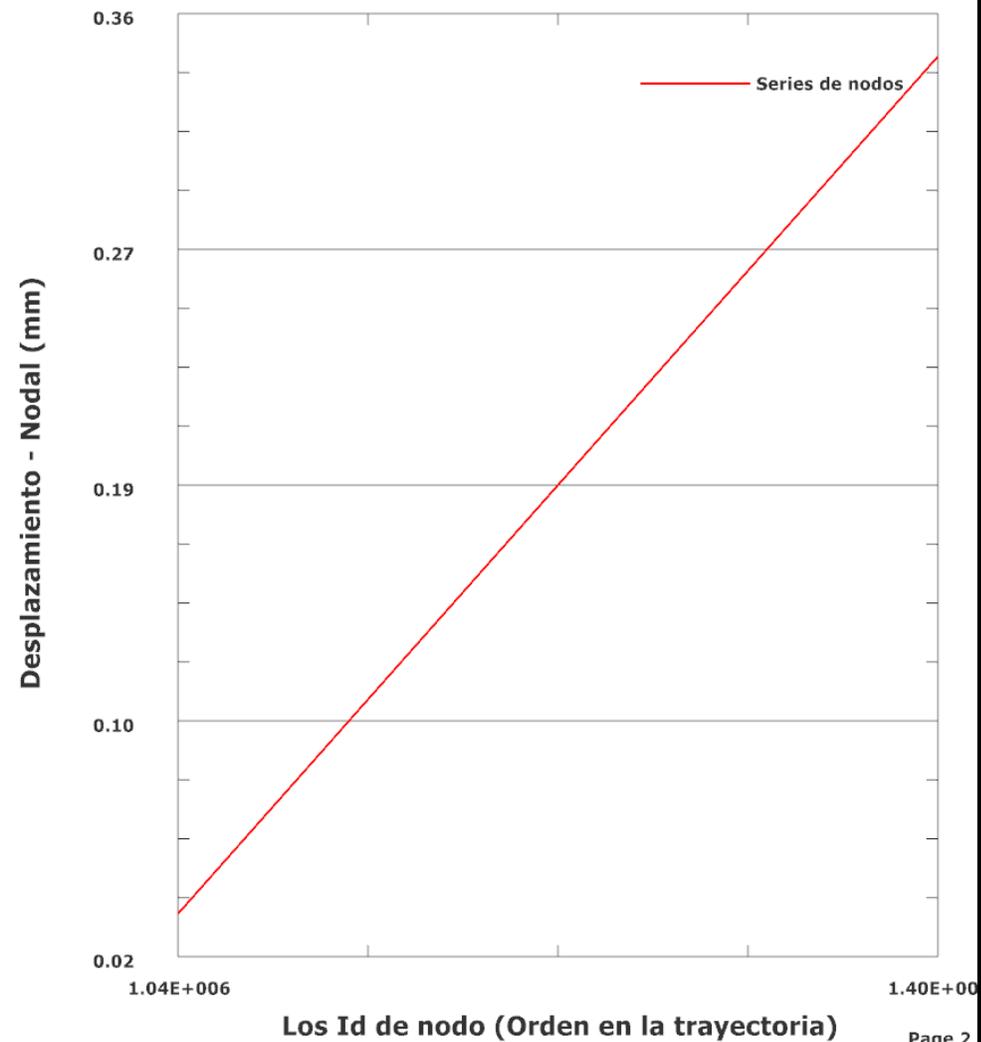
ECHAMO1_sim2 : Solution 1 resultado
 Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
 Desplazamineto
 Mín : 0.00, Máx : 0.343, Unidades = mm
 Material : Staines Steel
 Desplazamiento- Nodal Magnitud

0.343
 0.314
 0.286
 0.257
 0.228
 0.200
 0.171
 0.143
 0.114
 0.086
 0.057
 0.029
 0.000

Unidades = mm



Desplazamiento - Nodal



RESULTADOS

Esfuerzos en la Frenada

F1= cargas de la moto

A= distancia del eje de la rueda

P= fuerza requerida

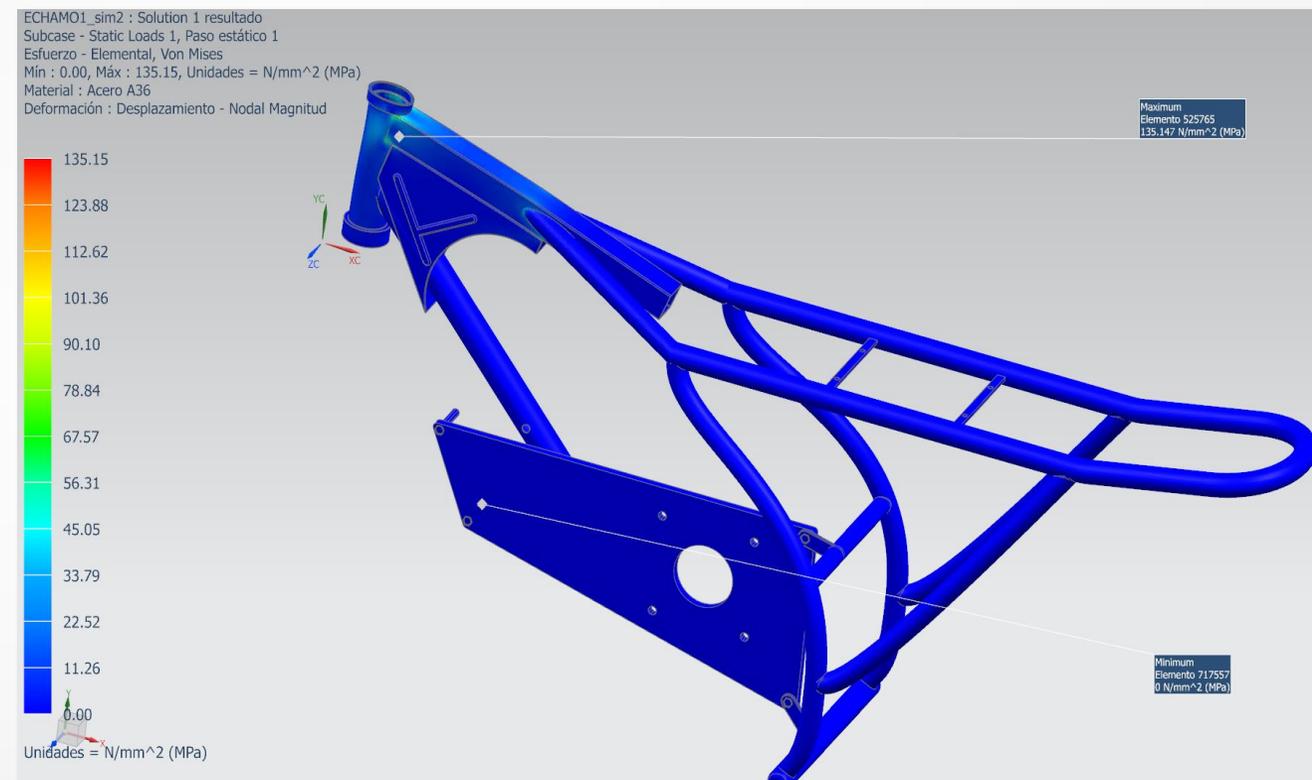
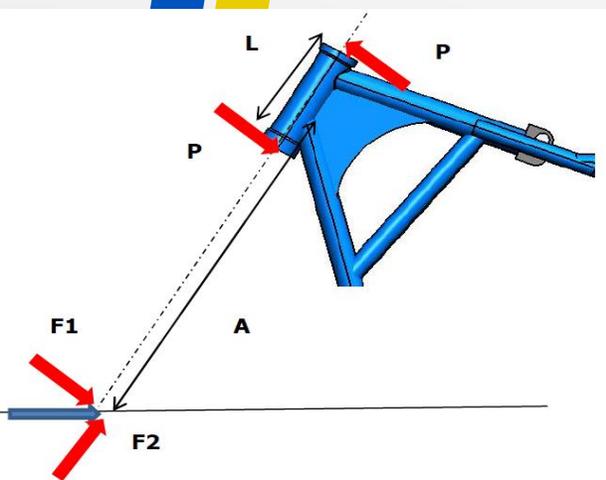
L= longitud de la pipa

$$F1 * A = P * L$$

$$1000N * 470mm = P * 172mm$$

$$P = \frac{1000N * 470mm}{172mm}$$

$$P = 2732.5N$$



$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

σ_{max} = *esfuerzo máximo*

$$F_s = \frac{250 \text{ Mpa}}{135,15} = 1,85$$

Estudios relacionados

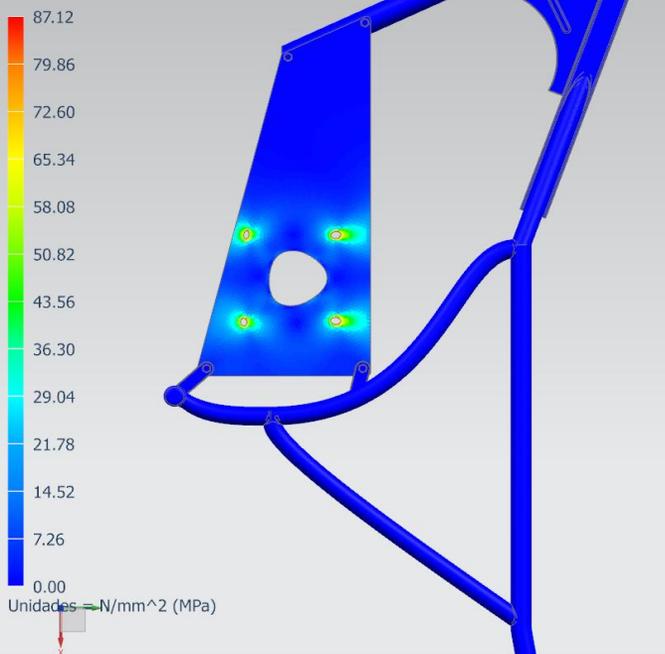
(Valencia, 2018)

(Larrauri A. , 2012)

RESULTADOS

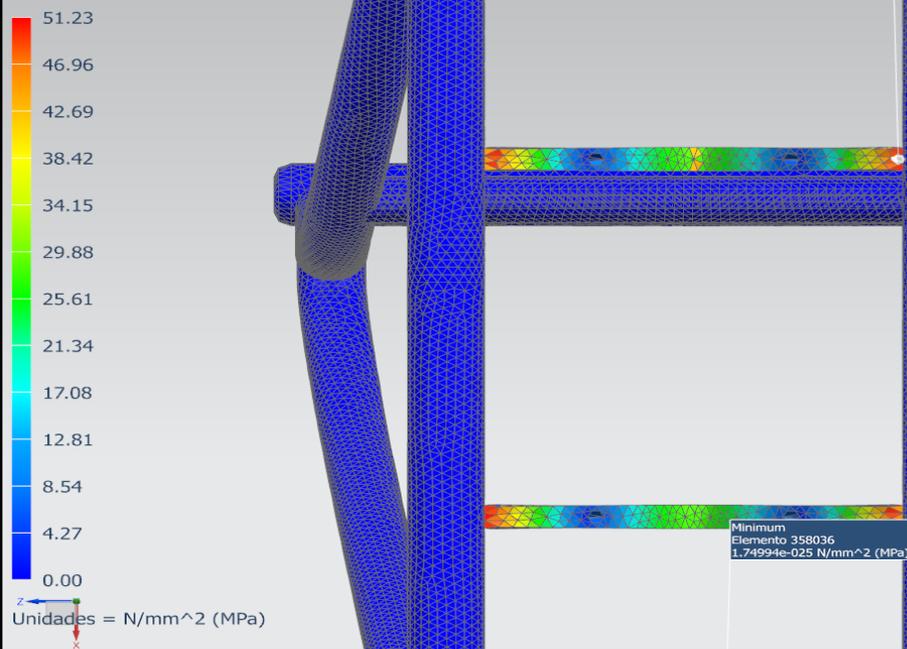
Base del Motor

ECHAMO1_sim2 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Esfuerzo - Elemental
Mín : 0.0000, Máx : 87.12, Unidades = N/mm²(MPa)
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud



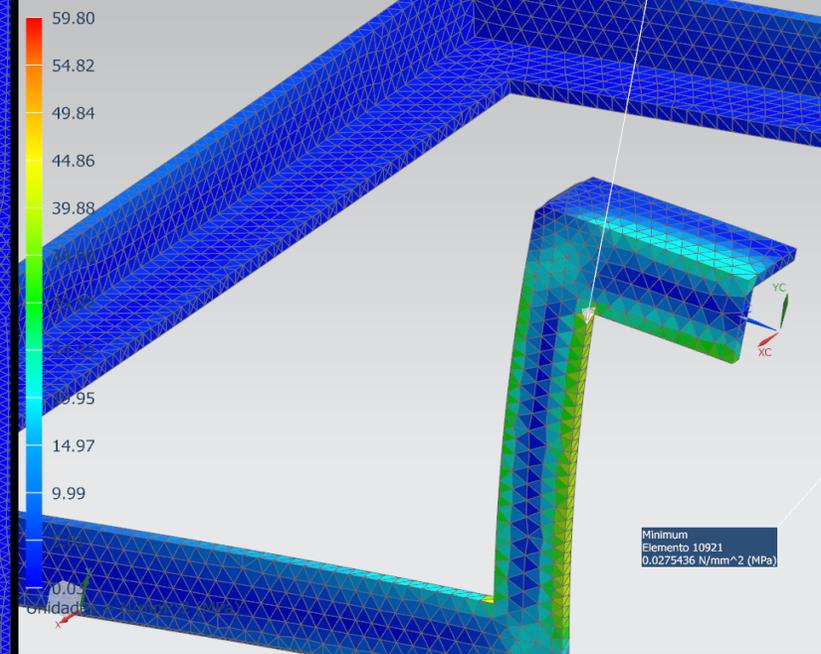
Base del Controlador

modif222_sim2 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Esfuerzo - Elemental, Von Mises
Mín : 0.00, Máx : 51.23, Unidades = N/mm²(MPa)
Escala : 1.000e+001
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud



Base de las Baterías

base baterias_sim1 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Esfuerzo - Elemental, Von Mises
Mín : 0.03, Máx : 59.80, Unidades = N/mm² (MPa)
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud



$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

σ_{max} = *esfuerzo máximo*

$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{87,12} = 2,87$$

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

σ_{max} = *esfuerzo máximo*

$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{51,23} = 4,9$$

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

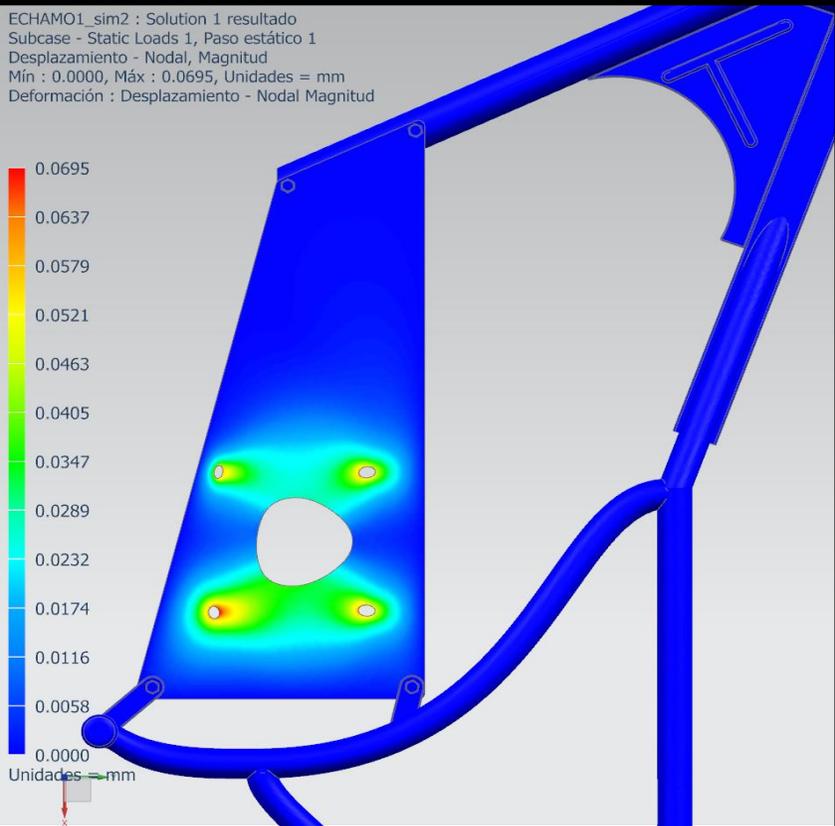
σ_{max} = *esfuerzo máximo*

$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{59.80} = 4.1$$

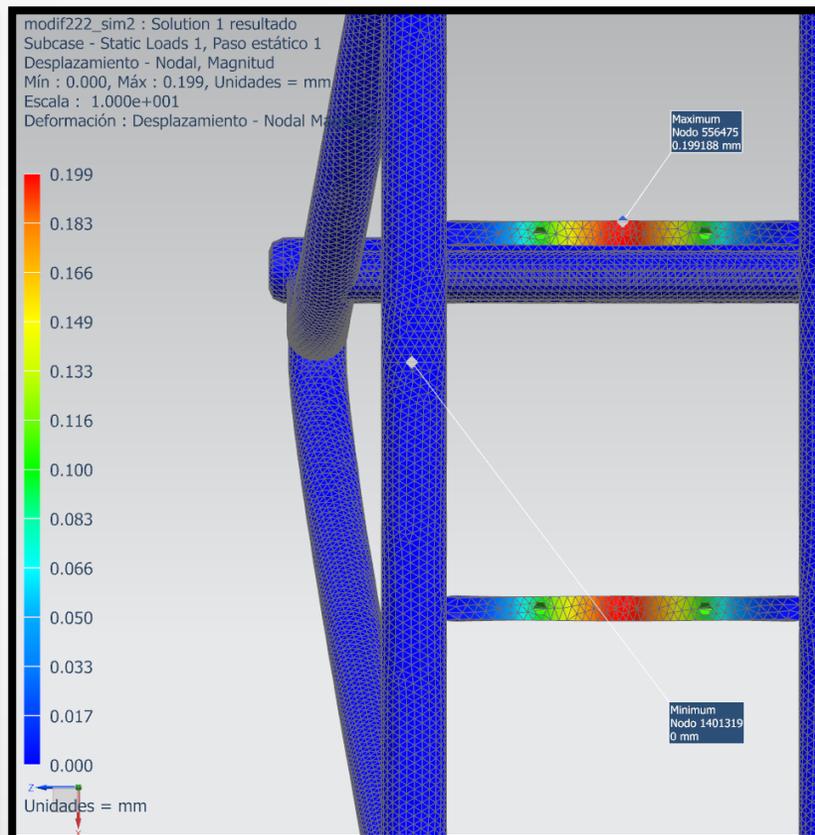
RESULTADOS

Desplazamientos

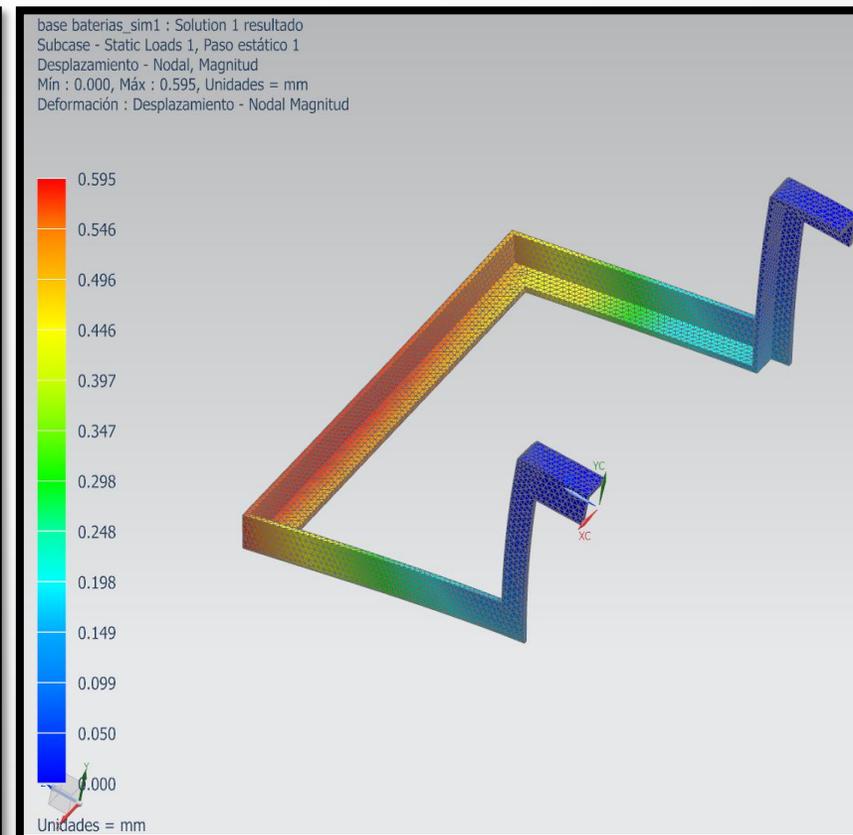
Base del Motor



Base del Controlador



Base de las Baterías



Estudios relacionados

(Valencia, 2018)

(Larrauri A., 2012)

(Remache, 2018)

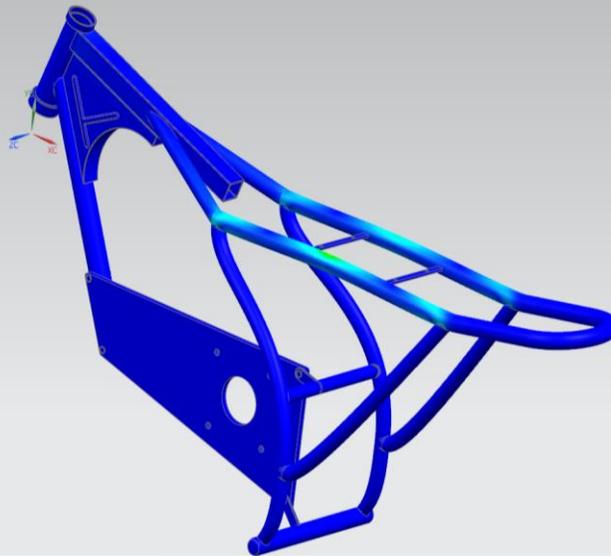
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

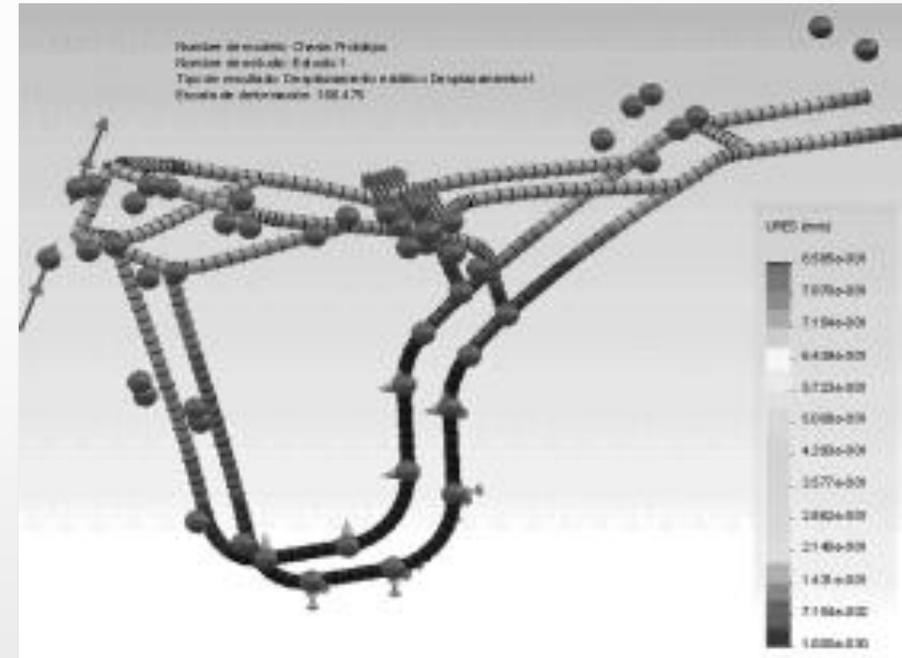
Resultados obtenidos del Chasis

Datos	Acero ASTM A36	Acero ASTM A500	Acero Inoxidable
Esfuerzo Max.	121.48 MPa	131.01 MPa	142.92 MPa
desplazamiento	0.291mm	0.314 mm	0.342 mm
Factor de seguridad	2	2.13	1.44

ECHAM01_sim2 : Solution 1 resultado
Subcase - Static Loads 1, Paso estático 1
Esfuerzo - Elemental, Von Mises
Mín : 0.00, Máx : 121.48, Unidades = N/mm² (MPa)
Material : Acero A36
Deformación : Desplazamiento - Nodal Magnitud



Estudios relacionados

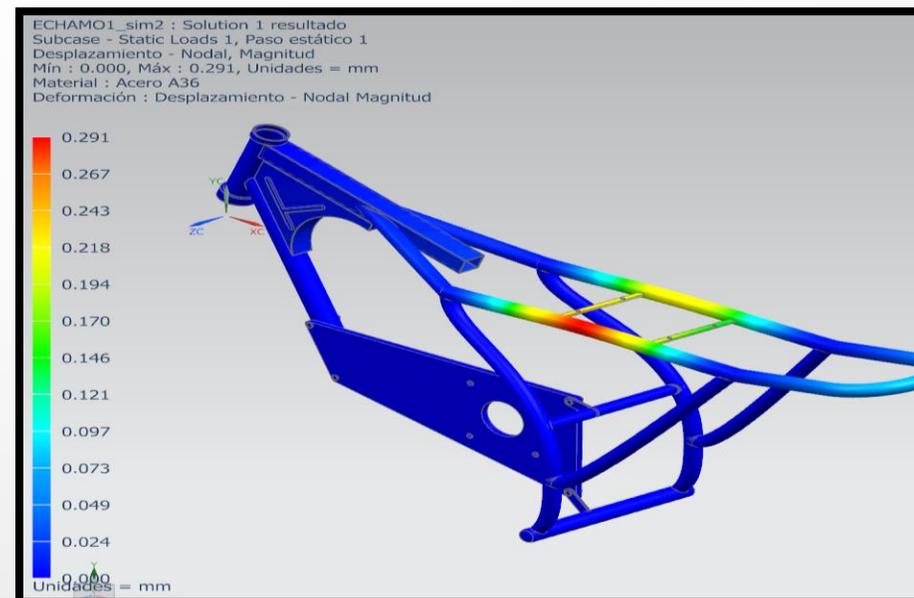


60,7 Mpa y FDs 2,8 Noriega & Pantoja
2014

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Resultados obtenidos del Chasis

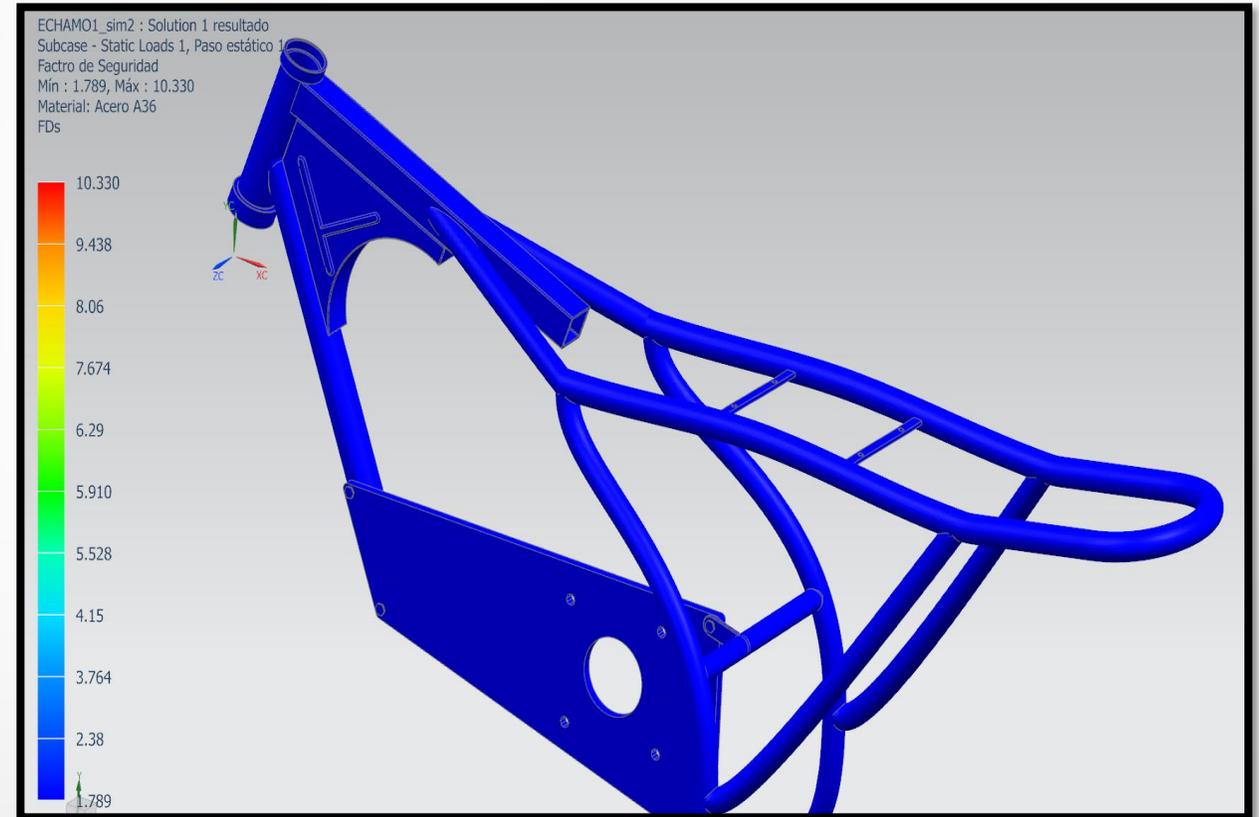
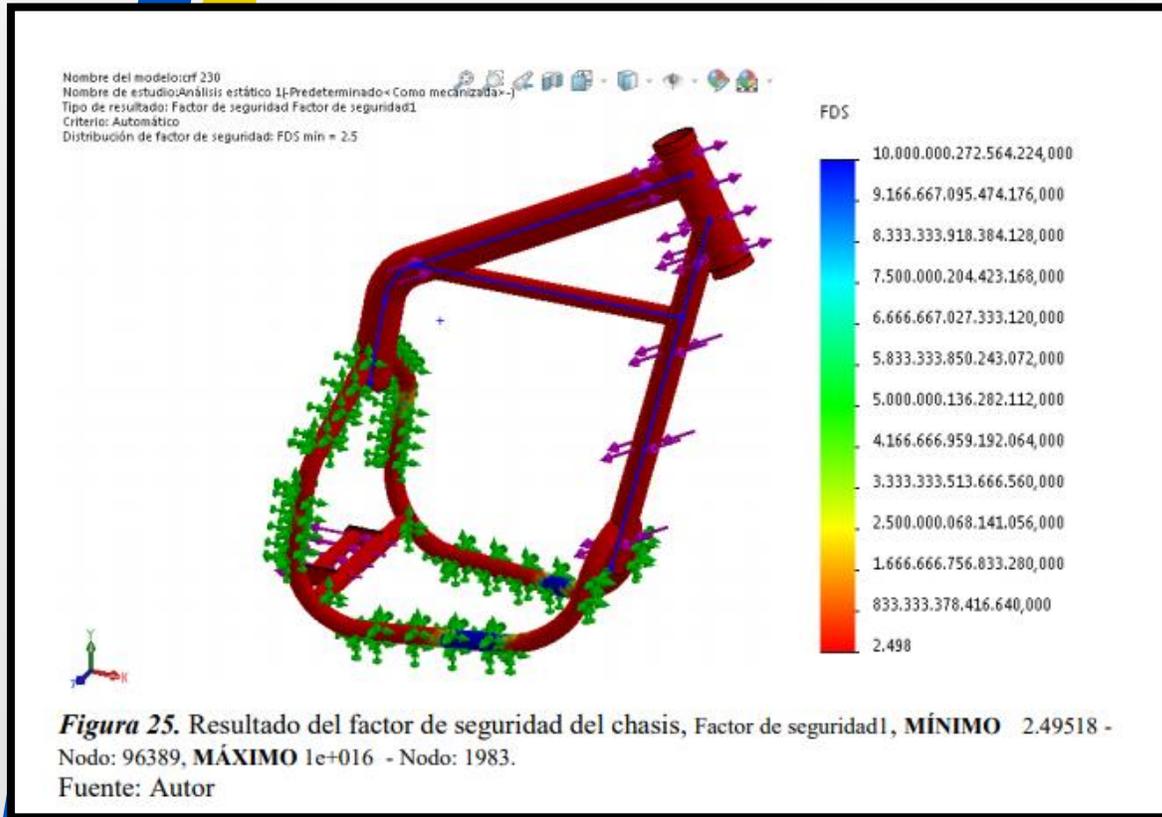
Datos	Acero ASTM A36	Acero ASTM A500	Acero Inoxidable
Esfuerzo Max.	121.48 MPa	131.01 MPa	142.92 MPa
desplazamiento	0.291mm	0.314 mm	0.342 mm
Factor de seguridad	2	2.13	1.44



Estudios relacionados

(Larrauri A. , 2012) Desplazamiento =0,468

DISCUSIÓN DE RESULTADOS



Estudios relacionados

(Remache, 2018) FDS = 2,4

DISCUSIÓN DE RESULTADOS



Estudios relacionados

(Valencia, 2018) Peso de chasis 25,5 kg

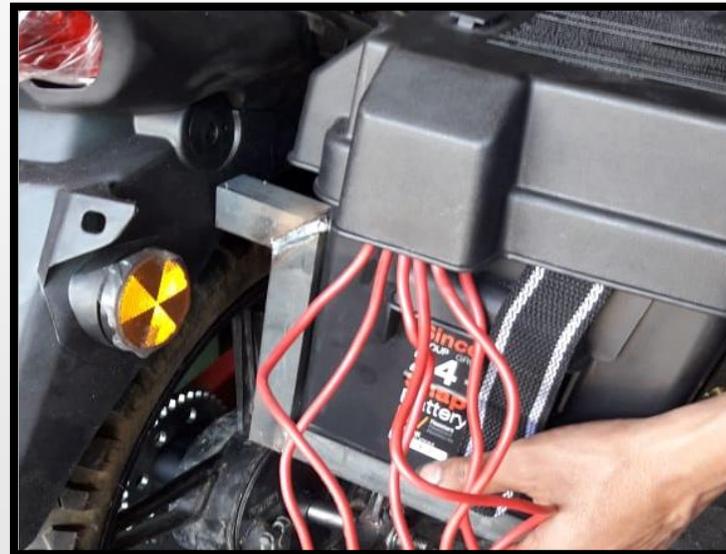


Peso de chasis 12,5 kg

Construcción del Chasis y Moto eléctrica

Tabla de operaciones para la fabricación del chasis.

Nº	Operación	Longitud de trabajo	Tiempos
1	Corte de la plancha de acero base del motor 8mm	392*224 mm	12 min
2	Corte del perfil para la espina central	370 mm	2 min
3	Corte del perfil para el tubo soporte	410 mm	3 min
4	Cilindrado interior en la pipeta de dirección	16 mm	1.5 min
5	Cilindrado exterior de la pipeta de dirección	146mm	2 min
6	Soldadura MIG del soporte con la espina centra	205mm	10 min
7	Corte del perfil tubular Acero A36	6000 m	15 min
8	Dobladora CNC de tubos	-	2 min
9	Ensamble final de la estructura	-	47 min



CENTRO DE GRAVEDAD

Pesos de los Ejes

- Eje delantero aprox: 70 kg
- Eje trasero aprox: 120 kg
- Peso total aprox: 190 kg
- (FOALE, 2013)

Para el tren delantero:

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{70\text{kg} \cdot 100\%}{190\text{kg}} = 36.84\%$$

Para el tren trasero:

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{120\text{kg} \cdot 100\%}{190\text{kg}} = 63.15\%$$

Estudios relacionados:
Noriega & Pantoja (2014)

Distancia entre ejes

- $1300 * 0.36 = 468$ mm del eje trasero.
- $1300 * 0.63 = 819$ mm del eje delantero.
- Altura
650mm

CENTRO DE GRAVEDAD



Estudios relacionados:

- (Noriega & Pantoja, 2014)

CONCLUSIONES

- Se demostró que el chasis simulado y fabricado con el Acero A36 cumple con los objetivos de reducir el peso mejorar su estética y cumplir con los parámetros de resistencia ya que el límite elástico del A36 es de 250 MPa y el esfuerzo máximo obtenido en la simulación es de 121.48 MPa manteniéndose dentro de los parámetros de seguridad.
- Se determinó que el Acero ASTM A36 es el material con mejores características de las tres propuestas presentadas por su factor de seguridad de 1.8 ya que así se llega a determinar que la moto eléctrica soportara mayores cargas a las propuestas en este proyecto.
- Se determinó que introduciendo al mercado 100 unidades de motos eléctricas al mes reemplazando a las de combustión se obtendrá una reducción de 0.216 TON de CO y 0.004 TON de HC.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, debido a las bondades del uso de este tipo de vehículos, en el Ecuador es necesario desarrollar proyectos de ley para la promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica. Sin embargo, los costos de importación se mantienen elevados.
- Se recomienda que para el diseño de la motocicleta eléctrica se inicie con la identificación de las necesidades y de las características deseables por el usuario, las cuales determinan la viabilidad del proyecto.
- Se debería fomentar a los estudiantes de la Universidad SEK, sobre las nuevas formas de energías renovables en el campo automotriz, dado que este tipo de motos eléctricas requieren un menor mantenimiento requieren de menos partes móviles y por ende no requieren cambios de aceite ni generan emisiones al medio ambiente.

REFERENCIAS

- Alarcón. (2006). *Introducción a la física Universitaria*. Trillas.
- Cano. (2013). 2013. *Cano, J. A. (2013). Diseño y fabricación de un chasis de una motocicleta de 125cc 2T: Universidad Politécnica de Cartagena.*
- FOALE. (2013). *FOALE, Tony: MOTOCICLETAS. Comportamiento diánico y diseño de chasis*. Madrid: Tony Foale.
- García, G. (2013). *Diseño y desarrollo de un chasis de una motocicleta de 250cc “II Competición Internacional MotoStudent”*. Obtenido de repositori upct.es.
- Larrauri. (2012). *DISEÑO Y ESTUDIO DE MODIFICACIÓN DE CHASIS Y BASCULANTE DE UNA MOTOCICLETA*. Pamplona.
- Noriega & Pantoja. (2014). Diseño y construcción de una motocicleta eléctrica: una alternativa para el transporte sostenible. *El Hombre y la Máquina*, (45), 88-97. *Redalyc*, 11.
- Pontiveros. (2011). *Pontiveros Bermejo, V. M. (2011). Diseño de la transmisión y anclajes del sistema de propulsión de una motocicleta eléctrica de altas prestaciones (Bachelor's thesis).*

GRACIAS UISEK

