



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

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

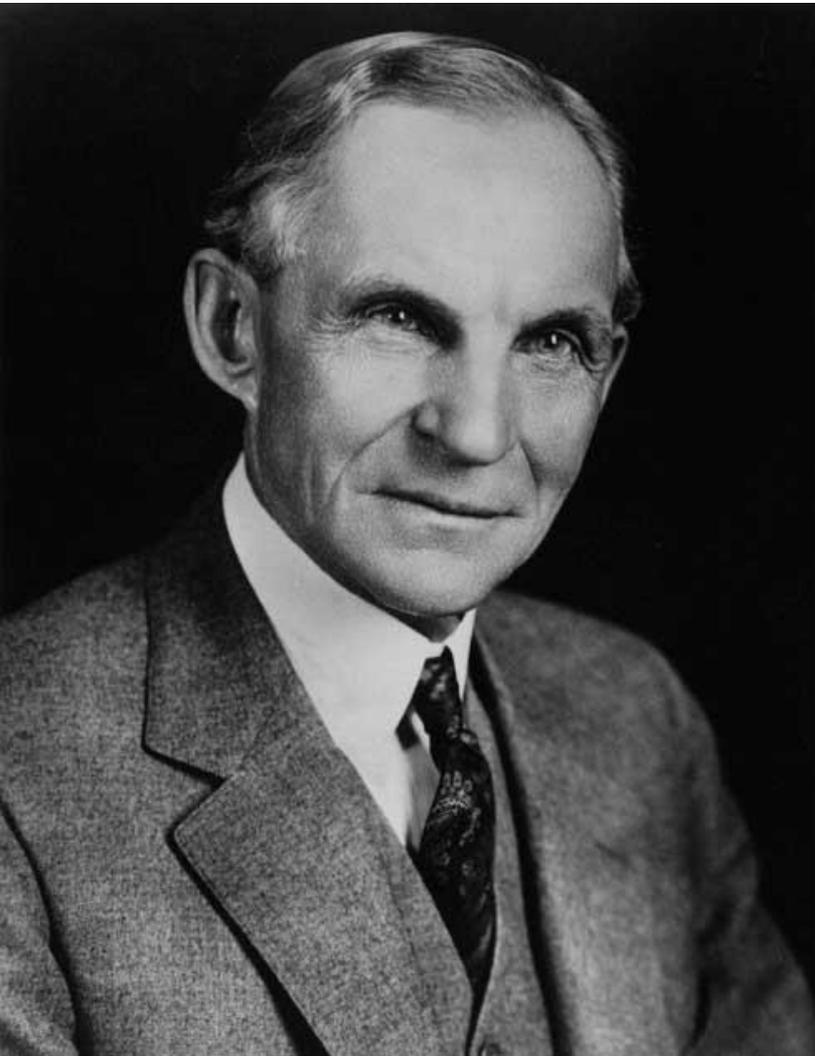
**TEMA: “ANÁLISIS, DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL  
BASTIDOR Y LA CARROCERÍA DEL JEEP WILLYS CJ3A”**

**AUTORES: CASTELLANO MORETA, RODRIGO NEPTALÍ  
PADILLA PADILLA, JONATHAN ALFONSO**

**DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO**

**Latacunga, Febrero 2022**





Los obstáculos son esas cosas espantosas que ves cuando quitas la vista de tus metas.

*- Henry Ford -*



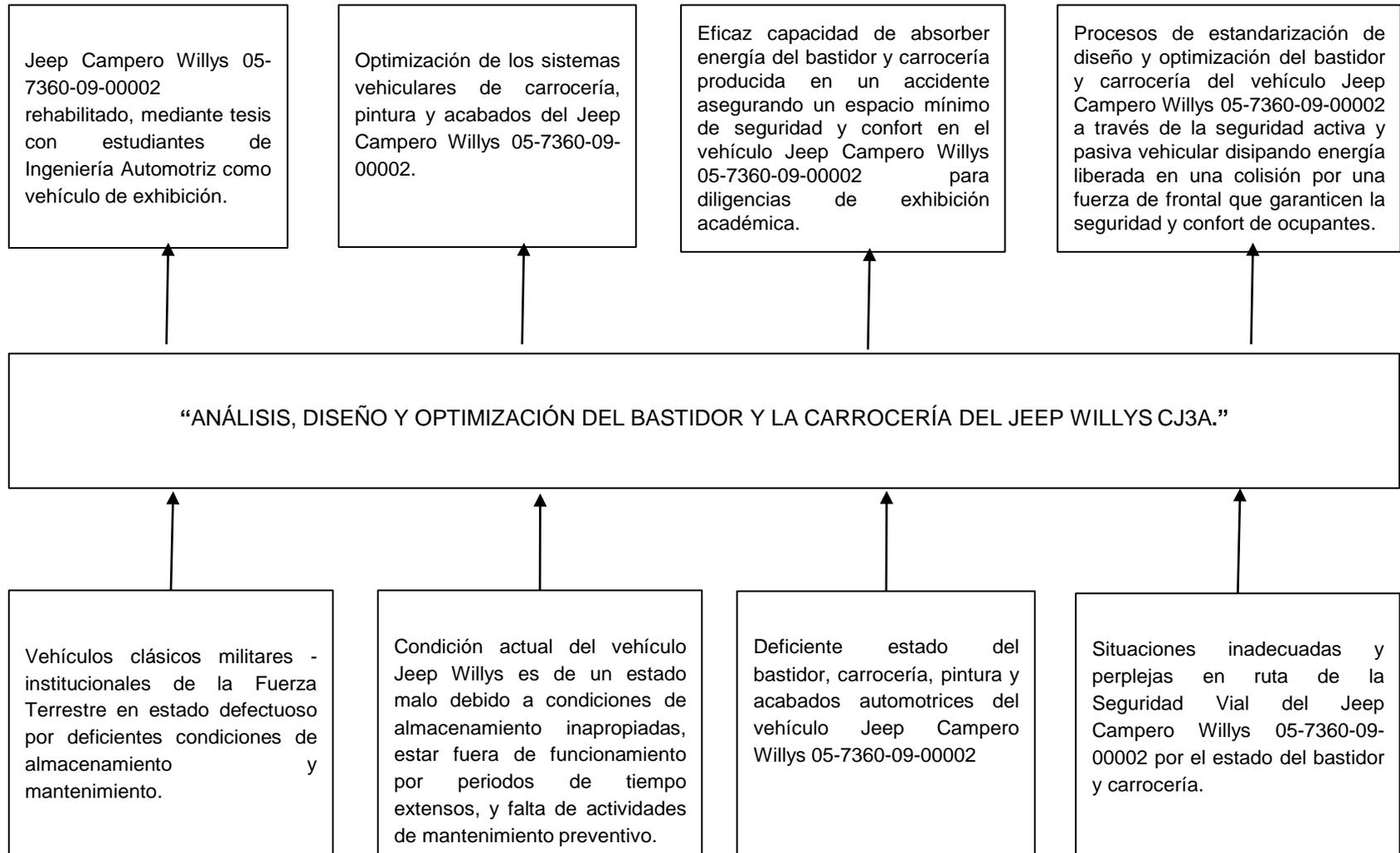
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# CONTENIDO

- **Planteamiento del Problema**
- **Objetivos**
- **Hipótesis**
- **Introducción**
- **Análisis Estático en Largueros del Bastidor**
- **Análisis Estático en el Bastidor**
- **Análisis Dinámico en el Bastidor**
- **Análisis de Impacto Frontal**
- **Optimización de Bastidor y Carrocería**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



# OBJETIVOS

## Objetivo General

- Analizar, diseñar y optimizar el bastidor y la carrocería del vehículo JEEP WILLYS CJ3A.



## Objetivos específicos

- Fundamentar científicamente al análisis de estructuras como la carrocería, bastidor, procesos de pintura y acabados automotrices en el vehículo Jeep Willys CJ3A.
- Realizar la simulación asistida mediante un software CAD de uso libre, que permita el cálculo de las cargas que actúan sobre el chasis de acuerdo a los requisitos generales para el diseño, y fabricación de carrocerías considerando la NTE INEN 1 333.
- Estudiar el comportamiento de cargas de: aceleración brusca, frenado, giro, muerta, viva y resistencia del aire frontal considerada como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales, deformaciones y estados de tensiones en condiciones de carga y restricción de movimiento a través de pruebas de choque frontal.



## Objetivos específicos

- Desarrollar el análisis de datos para determinar la confiabilidad estructural y mecánica en el diseño mecánico lineal, no lineal y dinámico de la carrocería y bastidor
- Optimizar los sistemas vehiculares de carrocería, pintura y acabados automotrices del vehículo Jeep Willys CJ3A de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.



# HIPÓTESIS

¿Por medio del análisis de las deformaciones y estados de tensiones en condiciones de carga y restricción de movimiento a través de pruebas de choque frontal mediante la utilización de un software de elementos finitos se puede determinar la fiabilidad de la estructura del vehículo al impactar contra un muro a 60 km/h?



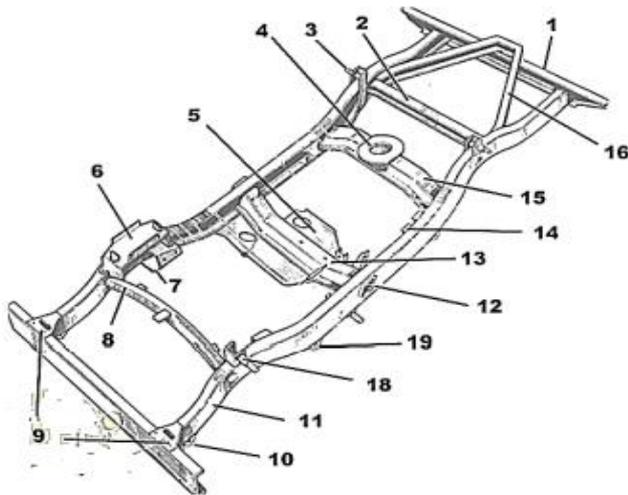
# INTRODUCCIÓN

## Especificaciones JEEP CJ3-A

ítem	Características	Datos
<b>Motor</b>	Modelo	F6-161
	Tipo	En línea
	N° de cilindros	6 cilindros
	Cilindrada	2638 $cm^3$
	Relación de compresión	7,6:1
	Potencia máxima a 4000 RPM	90 C.V.
	<b>Capacidad</b>	Tanque de combustible
Peso del vehículo con los depósitos llenos		1170 $kg$
<b>Rendimiento</b>	Velocidad máxima	65 $km/h$
	Transmisión manual de cuatro posiciones	3 velocidades y retro
<b>Tren Motriz</b>	Multiplicador de potencia (transfer)	Tracción 4x4



## Componentes del bastidor



Descripción	Designación
Travesaño	1 – 2 – 8 – 15
Base de amortiguador	3 – 18
Apoyo de la caja del transfer	5
Base del parachoques	9
Base del puente	12
Travesaño de la caja de velocidades	13
Base de carrocería	14
Brazo de refuerzo	16



## Carrocería



Se encuentra fabricada en su totalidad de chapa de acero, a la cual se le añaden diversas monturas para que pueda fijarse sobre el bastidor



## Normativas

### Reglamento R94

Este reglamento vigente en Europa establece las disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en lo que, respecto a la protección de los ocupantes en caso de una colisión frontal

### INEN 1323

Proporciona las cargas que actúan sobre el bastidor, entre las cuales se tienen: la carga de aceleración brusca, carga de frenado, Carga de giro, Carga por Resistencia del Aire frontal, Carga viva y Carga muerta

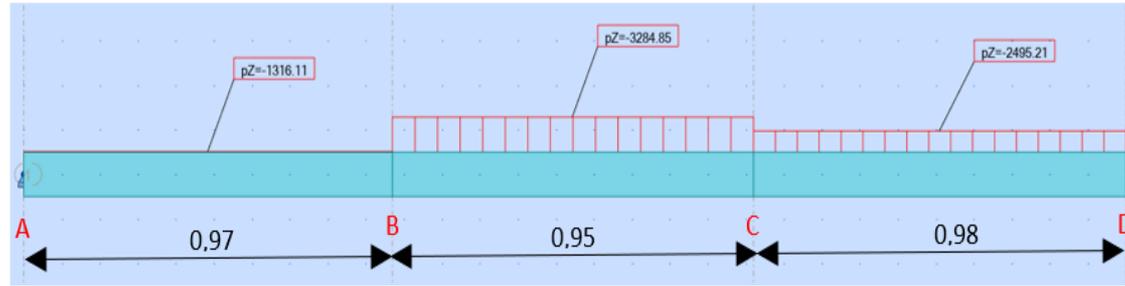


## Factores de Seguridad para materiales Dúctiles

Factor de Seguridad	Aplicación
$N = 1.25$ a $2.0$	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas
$N = 2.0$ a $2.5$	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con confianza promedio en datos de diseño
$N = 2.5$ a $4.0$	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre en los datos.
$N = 4.0$ a más	Diseño de estructuras estáticas o elementos bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en los datos.



# ANÁLISIS ESTÁTICO EN LARGUEROS DEL BASTIDOR



## TRAMO (A – B – C)

$$M_A * L_1 + 2M_B(0,97 + 0,95) + M_C(0,95) = -\frac{6 * 1316,11 * (0,97)^3}{24} - \frac{6 * 3284,85 * (0,95)^3}{24}$$
$$3,84 M_B + 0,95 M_C = -1004.38$$

## TRAMO (B – C – D)

$$0,95 M_B + 2 M_C(0,95 + 0,98) + 0,98 M_D = \frac{6 * 3284,85 * (0,95)^3}{24} - \frac{6 * 2495,21 * (0,98)^3}{24}$$
$$0,95 M_B + 3,86 M_C = -1291.20$$

## RESOLVIENDO

$$M_B = -190,39 Nm$$

$$M_C = -287,64 Nm$$



## Cálculo de reacciones



$$\sum MA = 0$$

$$V_B(0,97) - 190,39 - 1276,62(0,485) = 0$$

$$V_B = 834,591 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$R_A - 1276,62 + 809,55 = 0$$

$$R_A = 442,035 \text{ N}$$

$$\sum MB = 0$$

$$V_C(0,95) + 190,39 - 1479,74 - 394,95 = 0$$

$$V_C = 1772,947 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$V_{B1} + 1772,947 - 3178,96 = 0$$

$$V_{B1} = 1406,13 \text{ N}$$

$$R_B = 2292,63 \text{ N}$$

$$\sum MC = 0$$

$$R_D(0,98) + 269,088 - 1198,258 = 0$$

$$R_D = 929,17 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

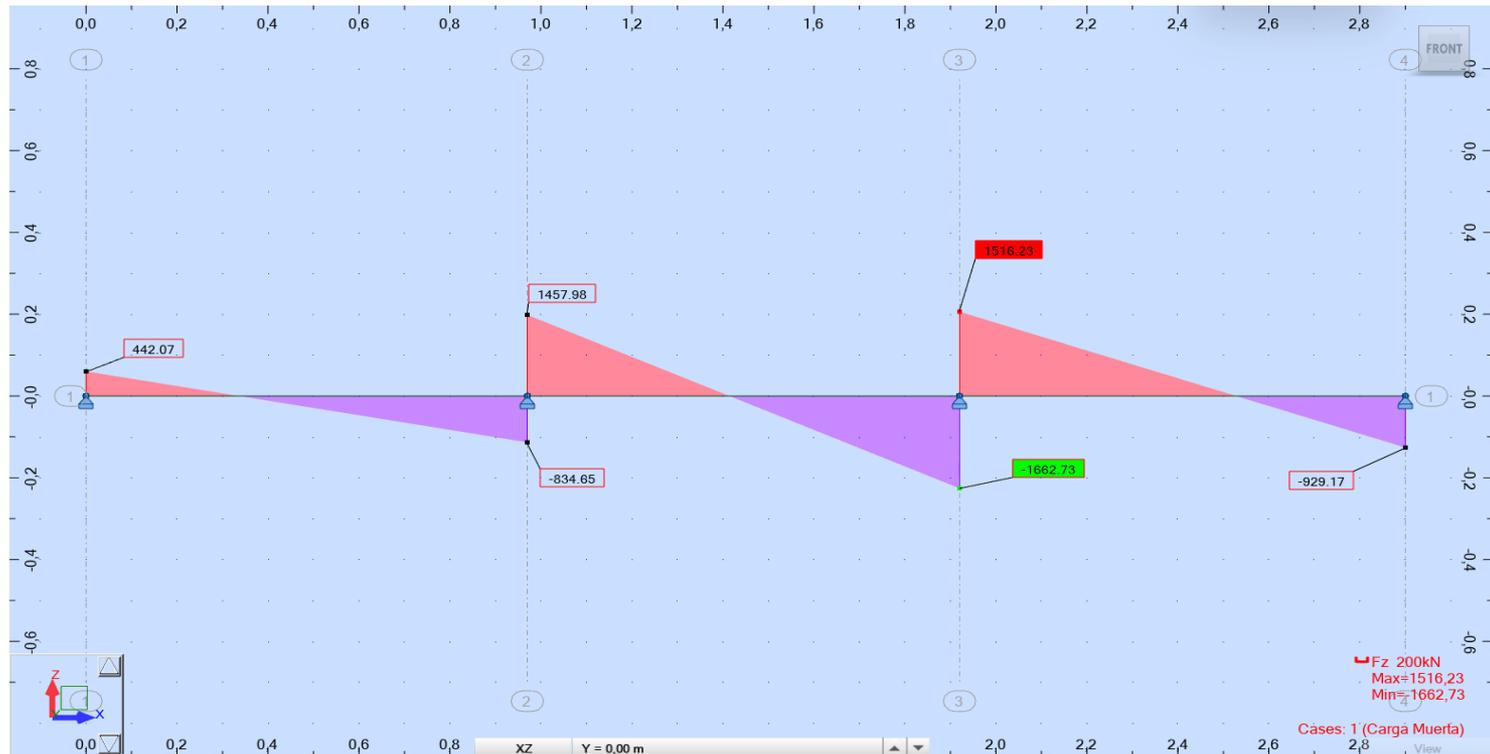
$$V_{C1} + 776,4 - 2292,63 = 0$$

$$V_{C1} = 1516,23 \text{ N}$$

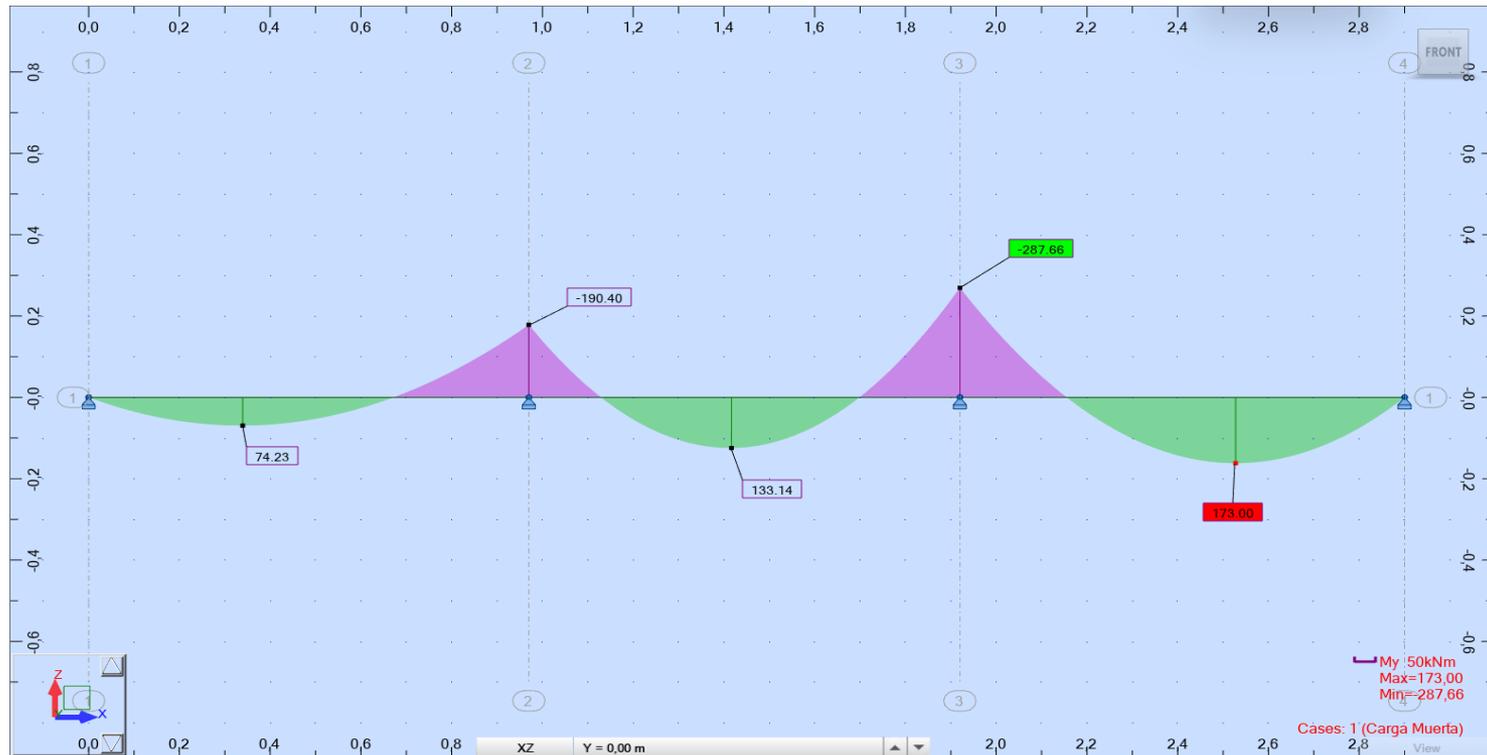
$$R_C = 3178,96 \text{ N}$$



# Diagrama de Esfuerzos Cortantes



# Diagrama de Momentos



# Esfuerzos Aplicados en la Viga

Tipo de esfuerzo	Valores obtenidos	Ecuación	Valor calculado
Esfuerzo de diseño	$S_y = 250 \text{ MPa}$	Ecuación 10	83,333 MPa
	$N = 3$		
Esfuerzo flexionante máximo	$M_{max} = 173 \text{ Nm}$	Ecuación 11	54,06 MPa
	$C = 50 \times 10^{-3} \text{ m}$		
	$I = 1,6 \times 10^{-6} \text{ m}^4$		
Primer momento	$\bar{Y} = 0,048 \text{ m}$	Ecuación 13	$9.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
	$A' = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$		
Esfuerzo cortante máximo	$V = 1516,23 \text{ N}$	Ecuación 12	2.274 MPa
	$Q = 9.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3$		
	$I = 1,6 \times 10^{-6} \text{ m}^4$		
Esfuerzo equivalente de Von Mises	$b = 0.004 \text{ m}$	Ecuación 14	54,204 MPa
	$\sigma_x = 54,06 \text{ MPa}$		
	$\sigma_y = 0$		
	$\tau_{xy} = 2.274 \text{ MPa}$		



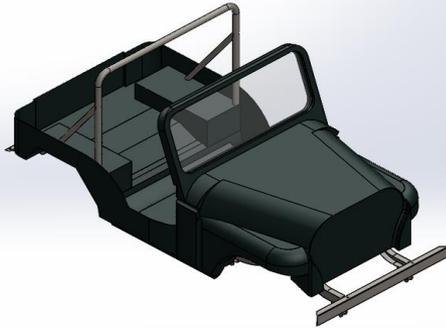
## Factor de Diseño

Descripción	Valores obtenidos	Ecuación	Valor calculado
Factor de diseño	$S_y = 250 \text{ MPa}$ $\sigma' = 54,204 \text{ MPa}$	Ecuación 15	4,61

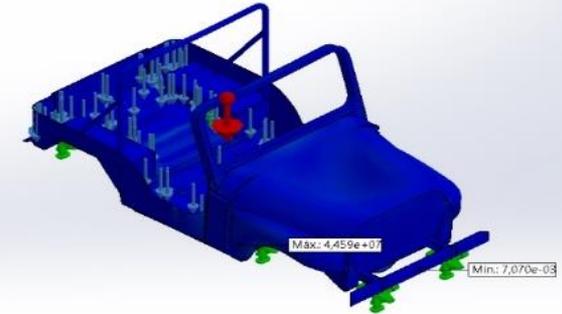


# ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL BASTIDOR

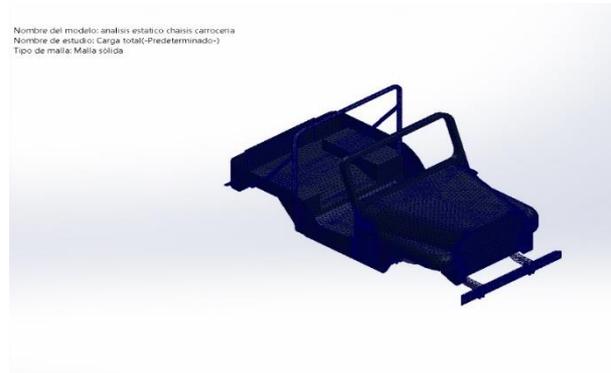
Modelado 3D del bastidor y la carrocería



Aplicación de Cargas



Mallado de la estructura



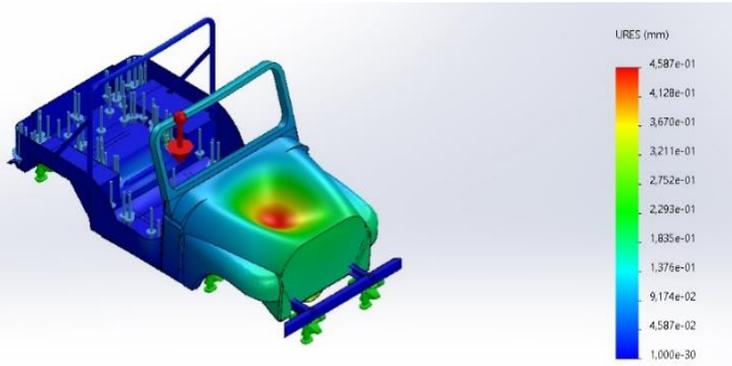
## Cargas que actúan sobre la estructura

<b>Elemento</b>	<b>Valor (kg)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Carga (N)</b>
Bastidor	69,414	1	680,951
Carrocería	583,347	1	5722,634
Elementos varios	450	1	4414,5
Pasajeros	70	4	2746,8
Equipaje	5	4	196,2
<b>Carga Total</b>	-	-	13761,085

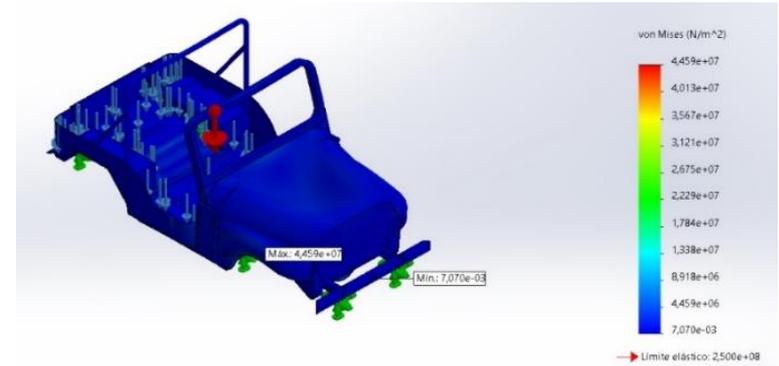


# Simulación

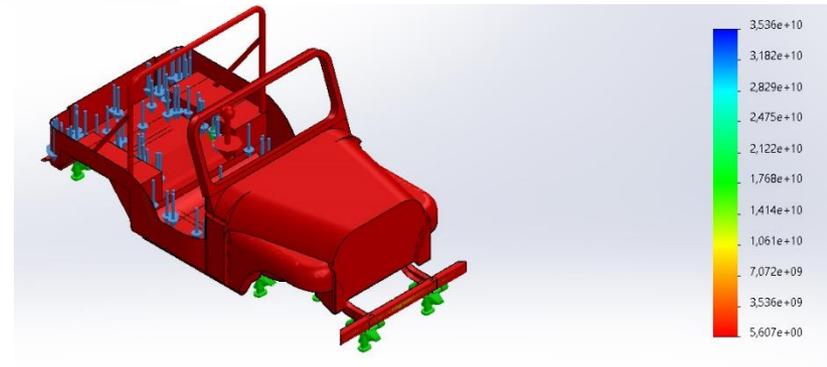
## Deformación por Esfuerzo Máximo



## Esfuerzo de Von Mises



## Factor de Seguridad



### Resultados Obtenidos en el Análisis Estático

Deformación por Esfuerzo máximo

*Min: 0,000 mm – Máx: 0,4587 mm*

Esfuerzo de Von Mises

*Min: 0,00707 (MPa) – Máx: 44,59 (MPa)*

Factor de Seguridad

*Min: 5,607 – Máx. 35,36*



# ANÁLISIS DINÁMICO EN EL BASTIDOR

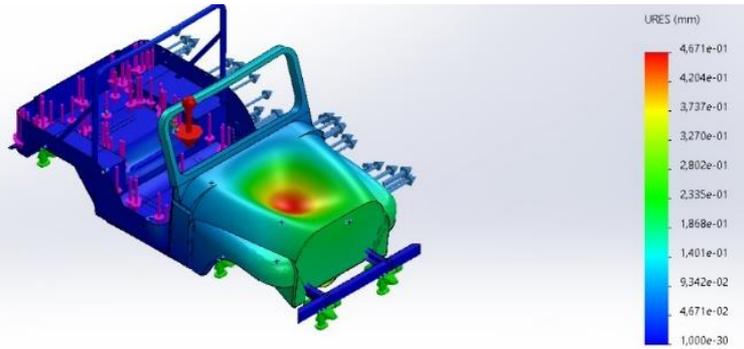
## Carga de Giro

Descripción	Valores obtenidos	Ecuación	Valor calculado
Carga de Giro	$Mt = 1402,761 \text{ kg}$	Ecuación 1	2504,930 N
	$V = 90 \text{ km/h}$		
	$Rc = 350 \text{ m}$		

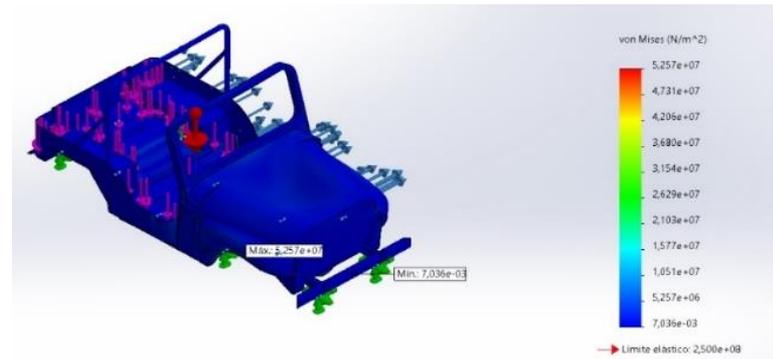


# Simulación

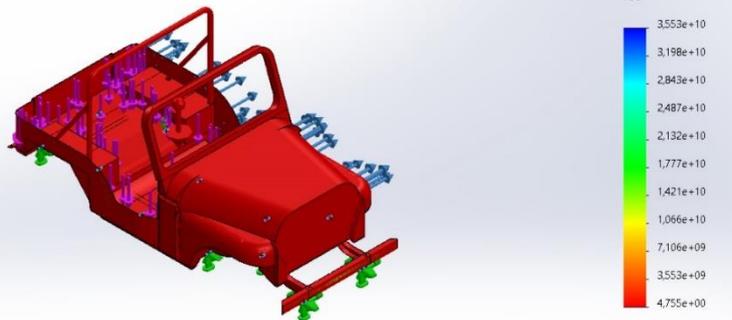
Deformación por Esfuerzo Máximo



Esfuerzo de Von Mises



Factor de Seguridad



## Resultados Obtenidos en la Carga de Giro

Deformación por Esfuerzo máximo

*Min: 0,000 mm – Máx: 0,4761 mm*

Esfuerzo de Von Mises

*Min: 0,07036 (MPa) – Máx: 52,257 (MPa)*

Factor de Seguridad

*Min: 4,755 – Máx. 35,53*



## Carga de Frenado

Descripción	Valores obtenidos	Ecuación	Valor calculado
Carga de Frenado	$Mt = 1402,761 \text{ kg}$ $af = 4 \text{ m/s}^2$	Ecuación 2	5611,044 N

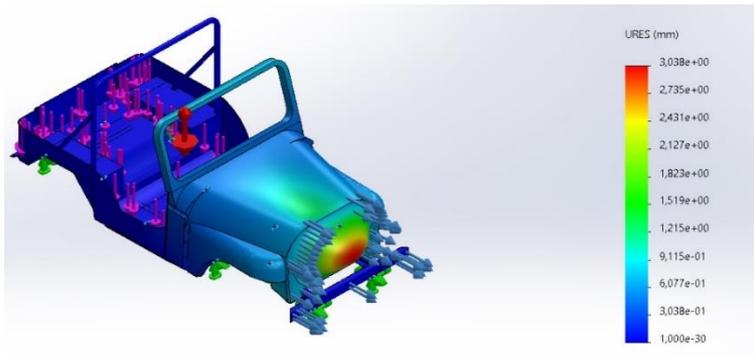
## Carga de Aceleración Brusca

Descripción	Valores obtenidos	Ecuación	Valor calculado
Carga de Aceleración Brusca	$F = 5611,044 \text{ N}$	Ecuación 3	-5611,044 N

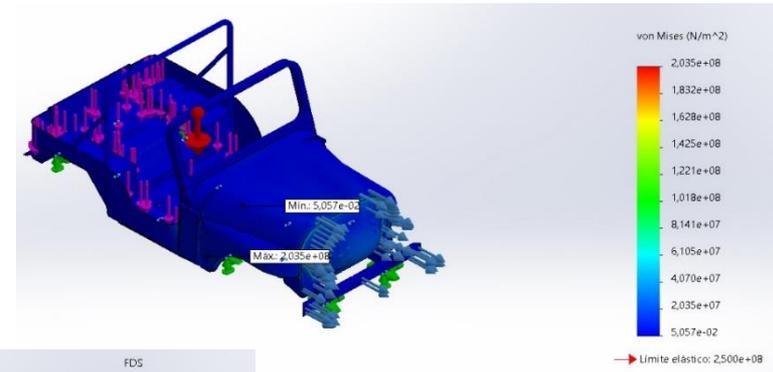


# Simulación

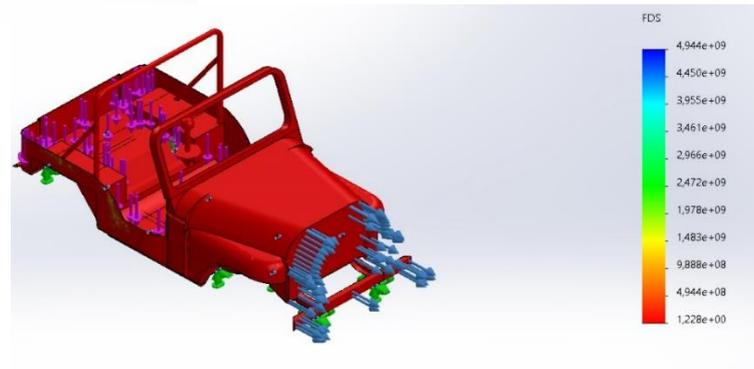
## Deformación por Esfuerzo Máximo



## Esfuerzo de Von Mises



## Factor de Seguridad



### Resultados Obtenidos en la Carga de frenado

Deformación por Esfuerzo máximo

*Min: 0,000 mm – Máx: 3,038 mm*

Esfuerzo de Von Mises

*Min: 0,05057 (MPa) – Máx: 203,5 (MPa)*

Factor de Seguridad

*Min: 1,228 – Máx. 49,44*



# ANÁLISIS DE IMPACTO FRONTAL

FASE I:  
Modelado 3D

FASE II: Revisión  
del Modelo

FASE III:  
Mallado



# Simulación

La simulación del impacto frontal del vehículo se lo realizó haciéndolo chocar contra una estructura rectangular la cual se encuentra a 200 mm sobre la superficie del suelo y sus medidas son 650 x 1000 x 450 mm, esto en base al reglamento No. 94 de La Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.

## Pruebas

Velocidad de 56 km/h en función al reglamento R94

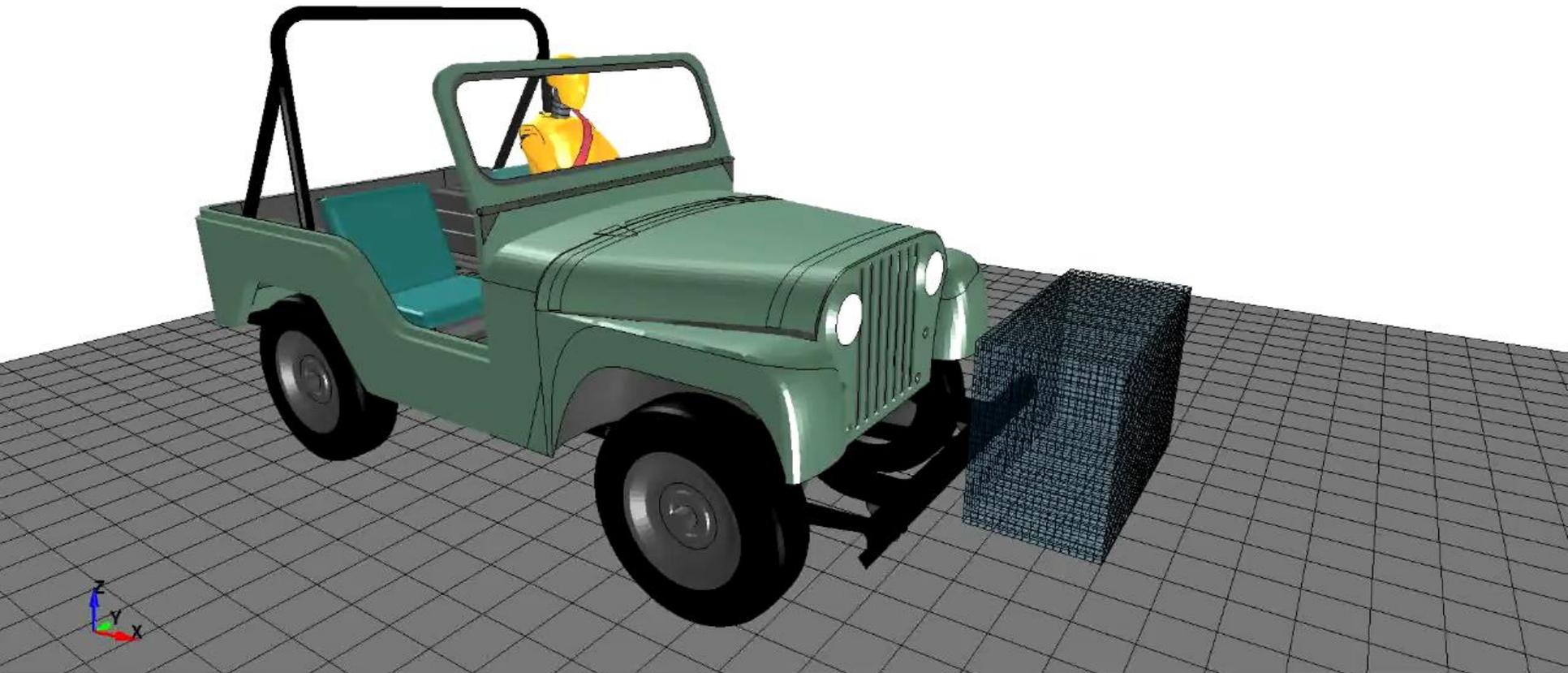
Velocidad de 60 km/h en función de la hipótesis



# Simulación

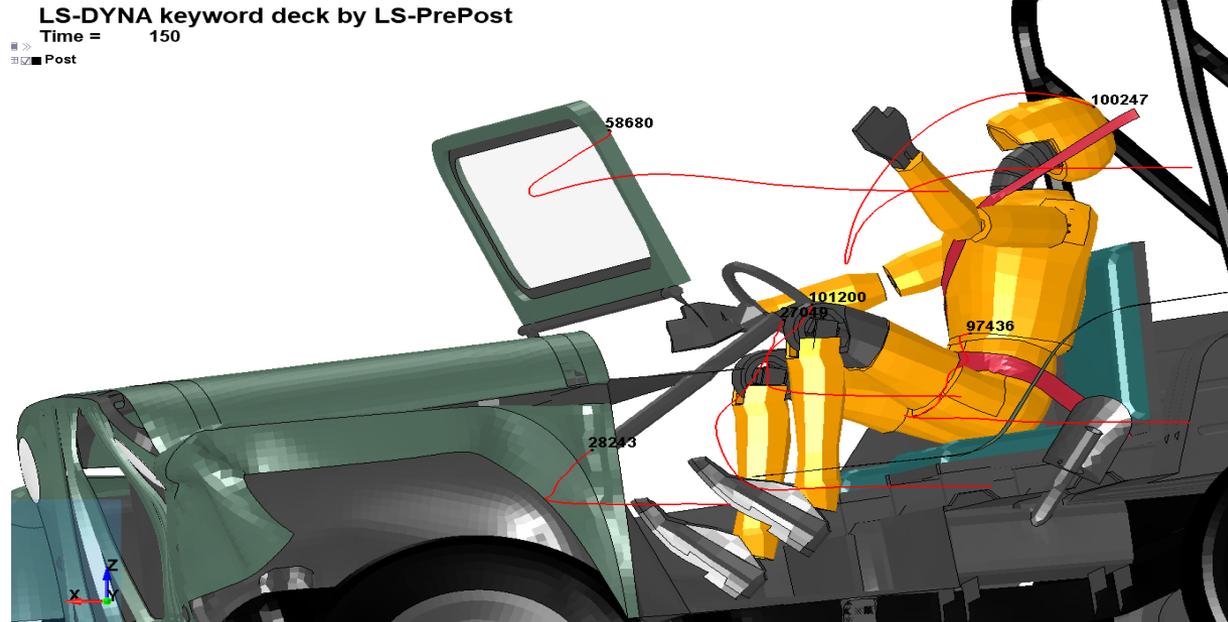
LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Time = 0

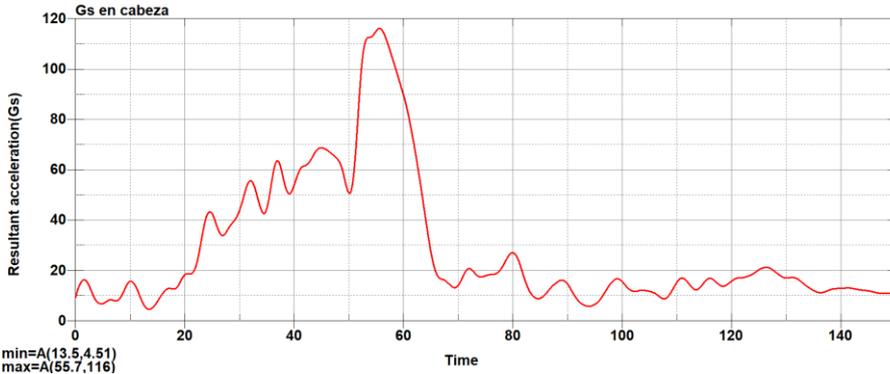


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Simulación

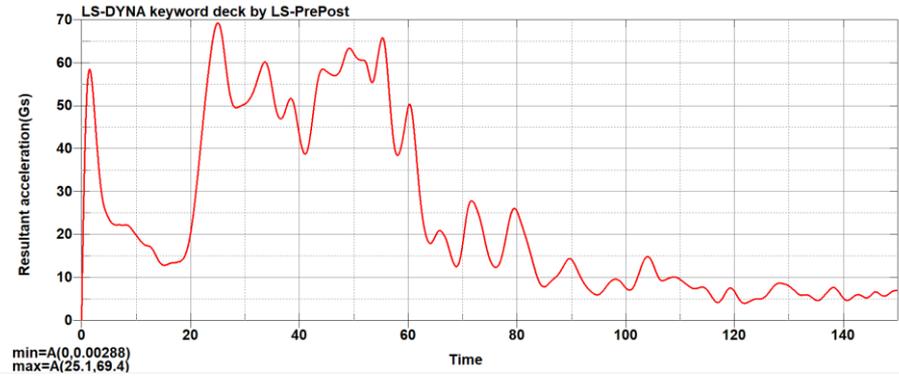


# Análisis de Fuerzas Gs a 56 km/h



Fuerza Gs en la cabeza

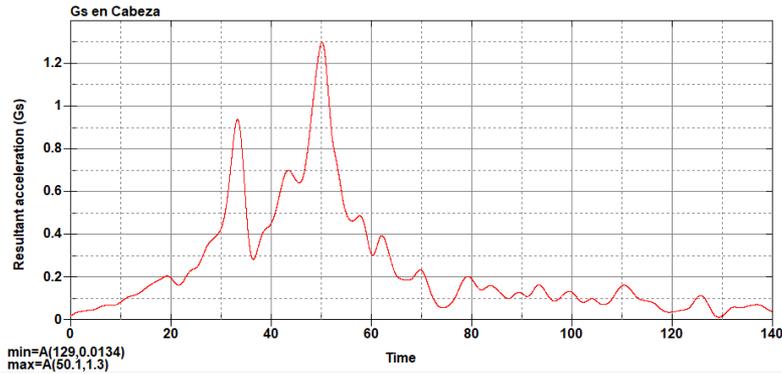
Fuerza Gs en el pecho



Ubicación de la fuerza	Valor permisible (Gs)	Valor obtenido (Gs)
Cabeza	80	116
Pecho	60	69.4

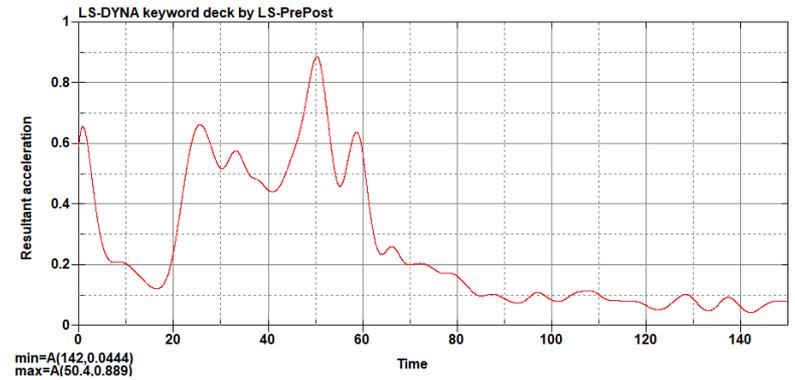


# Análisis de Fuerzas Gs a 60 km/h



Fuerza Gs en la cabeza

Fuerza Gs en el pecho



Ubicación de la fuerza	Valor permisible (Gs)	Valor obtenido (Gs)
Cabeza	80	130
Pecho	60	88.9



# OPTIMIZACIÓN DE BASTIDOR Y CARROCERÍA

Estado inicial de la estructura del vehículo



Estado final de la estructura del vehículo



Proceso de optimización



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

# CONCLUSIONES

- El uso de los modelos 3D a escala 1:1 del Jeep CJ3-A desarrollados en un software CAD permitieron el análisis de las cargas descritas en la normativa INEN 1323, para establecer la fiabilidad del diseño utilizado en este vehículo.
- El estudio del comportamiento de las cargas a través de un análisis estático permitió determinar la influencia que tienen al ser aplicadas en la estructura y como afectan al material de fabricación en función de los valores de deformación, esfuerzo, factor de diseño e impacto frontal en el Jeep.
- La optimización de los sistemas vehiculares, de carrocería y bastidor mediante reparación, sustitución y readaptación de los mismos permitió obtener un vehículo funcional para la Institución (ESPE), brindando la oportunidad de ser utilizado en exhibiciones y/o presentaciones.



# CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de impacto frontal y en base a las fuerzas de aceleración (Gs) obtenidas en la prueba de  $60 \text{ km/h}$  se determinó que el vehículo no es apto para transitar como “vehículo de uso diario” debido a que dichas fuerzas superan el rango permisible establecido en la normativa R94, lo que conlleva a que la seguridad del ocupante se encuentre comprometida.
- Para el análisis se determinó que es necesario el uso de dos softwares CAD, uno enfocado en el análisis estático y dinámico, y otro enfocado al estudio del impacto frontal, facilitando la optimización de los procesos de simulación y obtención de nuevas variables utilizadas para el análisis de bastidores y carrocerías.
- En función del análisis estático realizado mediante el software CAD, y tomando en cuenta las cargas presentes en la estructura del vehículo se obtuvieron diversos resultados en base a la deformación, el esfuerzo de Von Mises y el factor de seguridad, siendo los siguientes: se obtuvo una deformación máxima de  $0,4587 \text{ mm}$ , un esfuerzo máximo de  $44,59 \text{ MPa}$  y un factor de seguridad mínimo de  $5,607$ , demostrando que dichos valores se encuentran dentro de los rangos permisibles validando el diseño del vehículo.



# CONCLUSIONES

- En función del análisis dinámico realizado mediante el software CAD, y tomando en cuenta la carga de frenado presente en la estructura del vehículo se obtuvieron diversos resultados en base a la deformación, el esfuerzo de Von Mises y el factor de seguridad, siendo los siguientes: se obtuvo una deformación máxima  $3,038 \text{ mm}$ , un esfuerzo máximo de  $203,5 \text{ MPa}$  y un factor de seguridad mínimo de  $1,228$ , demostrando que la deformación máxima y el factor de seguridad no cumplen con las condiciones para el diseño del vehículo.
- Durante el análisis del impacto frontal mediante el uso de diferentes softwares considerando la normativa europea R94, a una velocidad de  $56 \text{ km/h}$  se determinó que el conductor del vehículo no llega a sufrir de golpes directos como producto del impacto, debido a que no existe contacto entre la carrocería y el ocupante.
- En conclusión y previo análisis de los resultados obtenidos se determinó que el vehículo Jeep Willys CJ3-A no cumple con las condiciones para su libre circulación, por ende, este vehículo debería ser usado solo para exhibiciones o presentaciones que no involucren mayor riesgo para los ocupantes.



# RECOMENDACIONES

- Para el estudio del impacto frontal se recomienda disponer de un computador que posea las siguientes características: memoria RAM mínimo 8GB, procesador de 8 núcleos y una tarjeta de video, para obtener mayor eficiencia y menor tiempo de procesamiento.
- Para el desarrollo de pruebas de impacto frontal es necesario trabajar el modelado 3D del Jeep CJ3-A con elementos de tipo superficie y no como sólidos, debido a que el programa presenta mayor cantidad de interferencias al momento de generar el mallado en la estructura.
- Para continuar el desarrollo del estudio de impacto frontal se recomienda realizar el análisis en función de diagramas que determinen la energía liberada durante el impacto, esto se puede profundizar con el uso de normativas extranjeras.



# RECOMENDACIONES

- Implementar nuevos sistemas de seguridad activa y pasiva, tales como cinturones de seguridad, nuevos asientos que estén adecuados con apoyacabezas y un sistema de airbag para salvaguardar la integridad de los ocupantes, mismos que se podrían utilizar para un nuevo análisis mediante el uso de software CAD.
- Diseñar y construir una jaula de seguridad en función a nuevos diseños que se presentan en los diferentes medios de investigación orientados al sector automotriz, que permitan aumentar la seguridad de los ocupantes.

