

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

## CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

### TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

“ANALISIS Y RECONSTRUCCION ESTRUCTURAL DEL BASTIDOR DE UN  
VEHICULO JEEP MODELO WILLYS DEL AÑO 1952 POR ELEMENTOS FINITOS”

**Autores:** Bohorquez David

Christian Carranza

**Director:** Ing. Guido Torres. Mgs.



# Objetivo General

- Analizar y reconstruir el bastidor del vehículo Jeep modelo Willys basado en simulación por elementos finitos para garantizar la seguridad de los ocupantes con la geometría actual.

# Objetivos Específicos

- Investigar en bases digitales, escritas y artículos científicos información para el desarrollo del proyecto.
- Determinar y aplicar, en las zonas donde descansan los componentes, las cargas estáticas y dinámicas que actúan sobre el chasis.
- Realizar la modelación a través de software para simular el chasis mediante la aplicación de elementos finitos y determinar características de seguridad del vehículo.

- Identificar los puntos más críticos del chasis para seleccionar el perfil adecuado según el estudio realizado.
- Seleccionar el material a utilizar en el bastidor que cumplan con las características de resistencia para soportar un fenómeno de colisión frontal y lateral.
- Configurar el impacto frontal para la ejecución de la simulación virtual por el método de elementos finitos con los parámetros definidos en reglamentación con ensayos de impacto.
- Reconstruir el bastidor con sus partes de apoyo y sujeción para implementar los sistemas mecánicos utilizando.



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

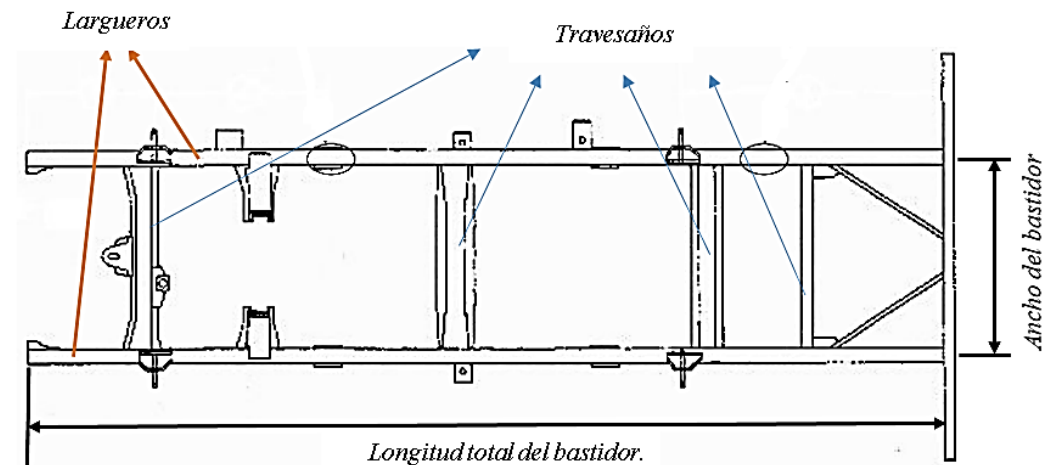


# BASTIDOR



## GENERALIDADES

- El bastidor del vehículo Jeep Willys es la base y centro estructural. Además de soportar el peso y mantener fijo el grupo propulsor del vehículo.
- Asegura correctas distancias entre las diferentes partes del vehículo Jeep Willys, independientemente del desgaste, flexiones y torsiones. El bastidor tiene un diseño robusto y está constituido por dos largueros laterales y cinco traviesas. Estas traviesas mantienen la correcta posición relativa entre los dos largueros y confieren al bastidor una resistencia a esfuerzos de flexión y torsión.





## ESTUDIO MECANICO DEL BASTIDOR

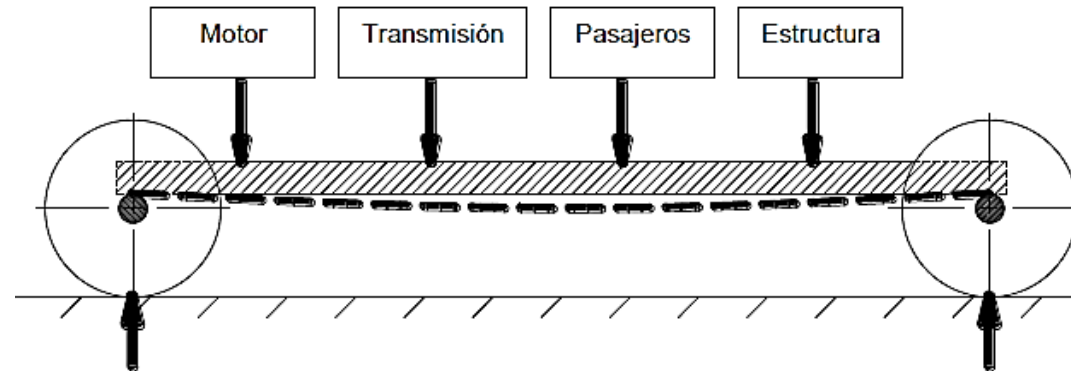
- Una vez que el vehículo esté en funcionamiento los estados de cargas que debe soportar son incontables, las cuales va a ser recibidas por el chasis direccionándolas a los principales elementos de suspensión y a los demás elementos de fijación que se encuentran montados en el bastidor.
- Las cargas internas y los efectos que estas producen a la estructura son provocadas en mayor parte por las condiciones de desplazamiento y por el terreno por el cual circula el vehículo. Del conjunto de cargas se debe decir que solo algunas en realidad afectan considerablemente al bastidor por cual se debe discernir teniendo bien claro la función que realiza este elemento.



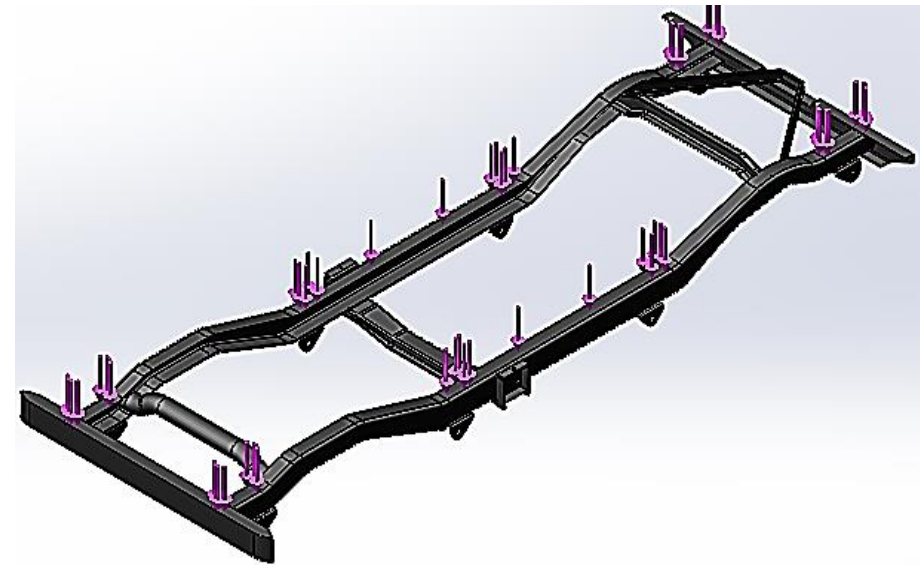


## CARGA DE FLEXIÓN

- La carga de flexión se genera por los pesos de los elementos principales del vehículo y también por la carga útil. Para determinar esta carga lo primero que se realiza es la distribución de las fuerzas a lo largo del bastidor con la condición estática. Las reacciones se van a obtener mediante el equilibrio de fuerzas y momentos.

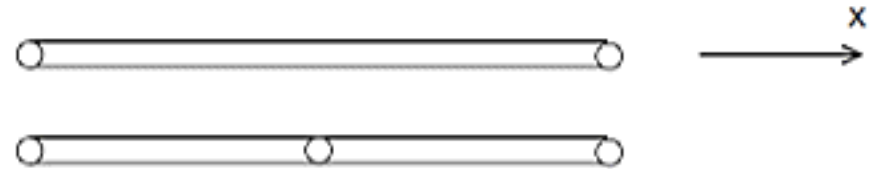


- Por otra parte, la carga dinámica se va a considerar cuando el vehículo este atravesando por áreas irregulares dl la carretera. Un ejemplo de aquello es cuando al pasar por encima de un bache de la carretera a una velocidad tal que los neumáticos dejen el suelo, la colisión resultante es amortiguado por el sistema de suspensión, pero de igual forma causa un aumento muy significativo en la carga sobre la condición estática.

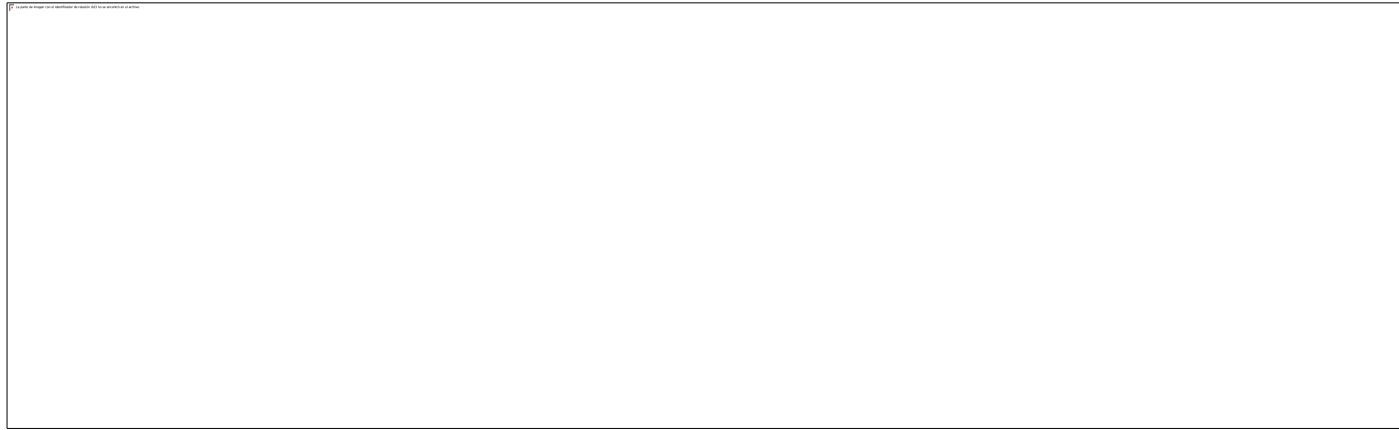


## ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA DEL BASTIDOR

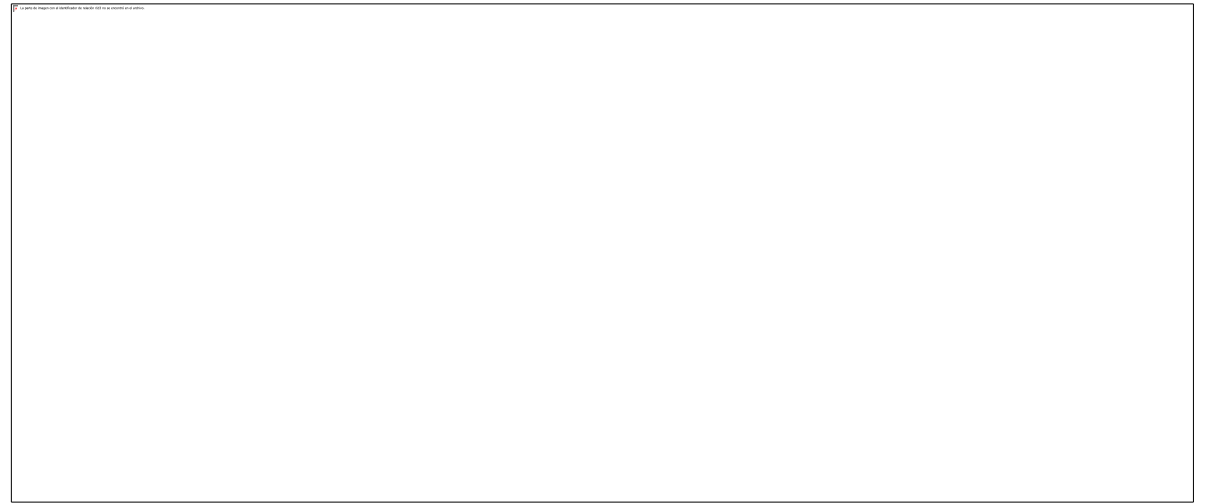
- Para el análisis estático sobre los largueros del bastidor vamos a colocar las cargas previamente calculadas para distribuirlas por su correspondiente punto de acción, con lo que obtendremos los momentos flexionantes y cortantes máximos.
- A continuación, vamos a observar en la figura el diagrama de cuerpo libre al colocar las cargas en el largue de la viga “C”. Estas cargas se van a distribuir de igual manera en los dos largueros por esta razón y para el análisis se dividió entre dos las cargas totales.



## Diagrama de cuerpo libre en la viga



- Este análisis lo realizamos con la ayuda del programa computacional CAE, el cual nos permitió representar los casos de cargas y visualizar la forma de la viga en 3D, figura (28). Además de mostrarnos los diagramas de esfuerzo cortante y momentos.



## Resolución Viga Hiperestática

$$M_1 * L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3(L_2) = -\frac{6 * A_1 * d_1}{L_1} - \frac{6 * A_2 * d_2}{L_2}$$

- *Donde:*
- $A_1 =$  Área del diagrama de momento en el primer tramo.
- $d_1 =$  Distancia del centroide al primer apoyo
- $L_1 =$  Distancia entre apoyos.

$$\text{Area } V_1 = \frac{W * L^2}{8}$$

- El diagrama de momento va a hacer un arco parabólico cuadrático, para lo cual el área va a estar definida de la siguiente manera:

$$A_1 = \frac{2}{3} * L * \frac{W * L^2}{8}$$

$$A_1 = \frac{W * L^3}{12}$$

$$d_1 = \frac{L}{2}$$



## TRAMO (A – B – C)

|  |
|--|
|  |
|--|

|  |
|--|
|  |
|--|





## TRAMO (B – C – D)

Empty rectangular box for content.

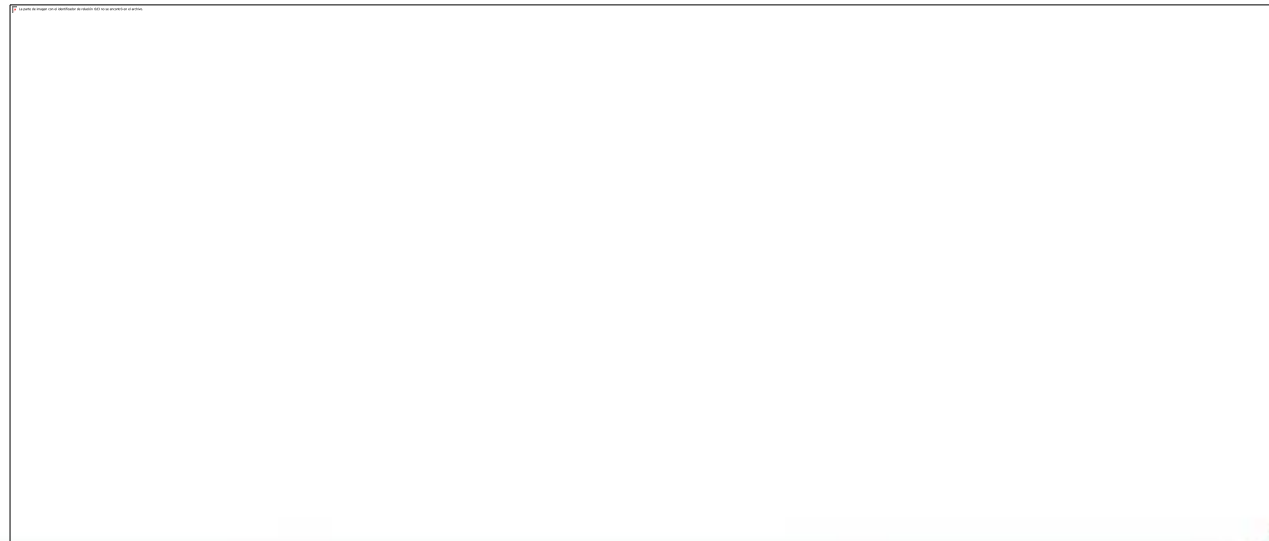
Empty rectangular box for content.

Empty rectangular box for content.

Empty rectangular box for content.

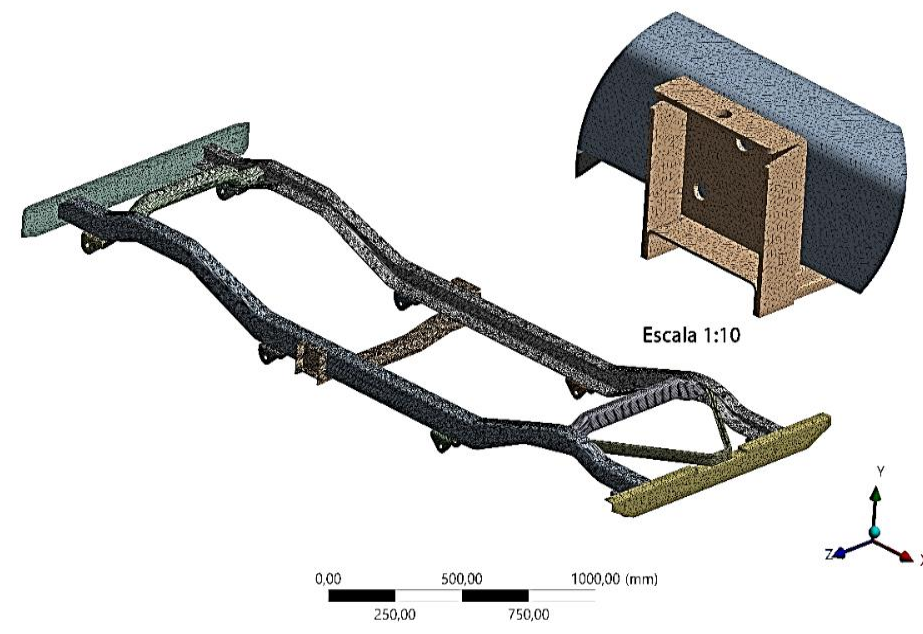
## Asignación de cargas.

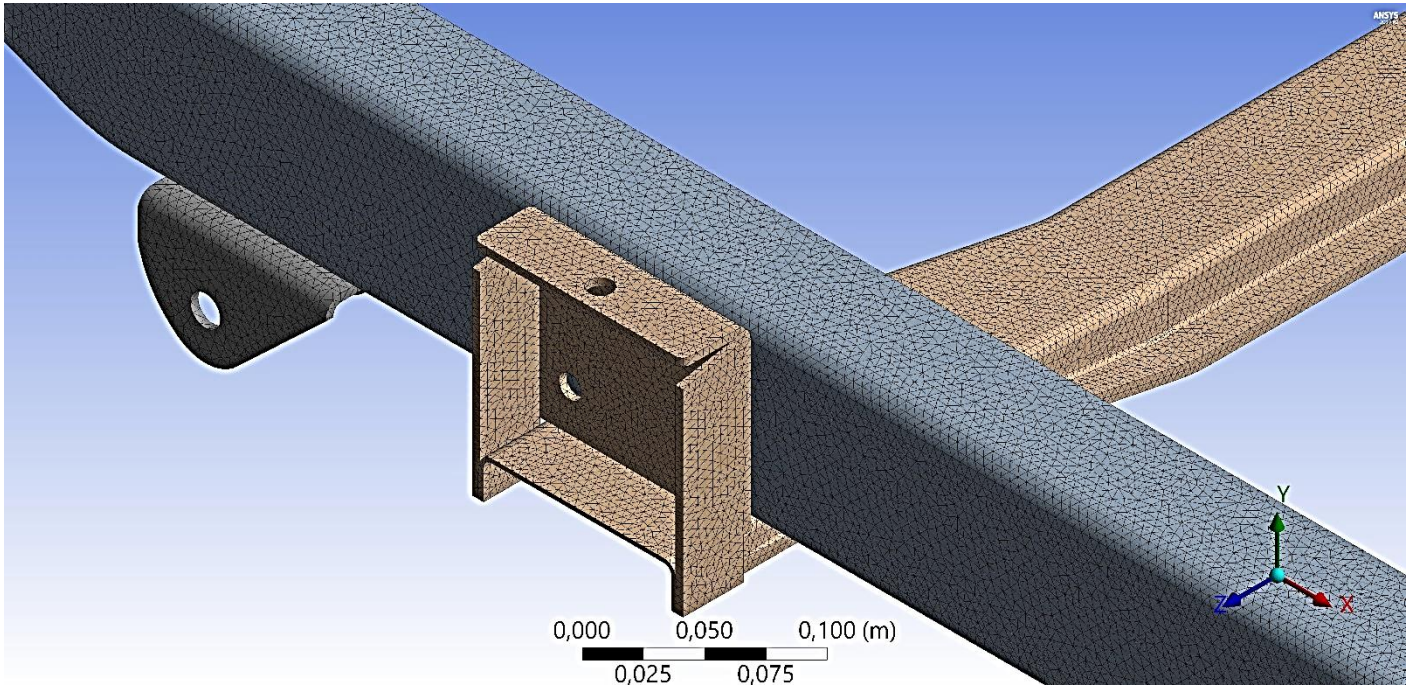
- Las cargas que se van a distribuir por todo el bastidor se obtuvieron mediante el cálculo realizado con anterioridad los cuales son de tres orígenes distintos. En primer lugar, se tiene la carga puntual ejercida por el motor y el radiador en la parte delantera del vehículo, por otro lado, se generó la carga presupuestada para cuatro pasajeros con su respectivo equipaje de mano y por último vamos a obtener la carga útil y de accesorios del Jeep. El valor de las cargas se detalla en la figura de la siguiente forma:



## Determinación del mallado.

- En esta parte del análisis, se generara la malla adecuada para el tipo de carga considerando los tramos más importantes del bastidor.
- Por la geometría del bastidor la cual está compuesta por perfiles y láminas que tienen sección transversal constante por lo que se tomó los elementos hexaédricos para mallar la estructura ya que estos presentan la ventaja de ser distribuidas y organizadas homogéneamente ocupando todas las partes del ensamble y asegurando que todo el sistema se encuentre mallado para proceder al estudio estático.



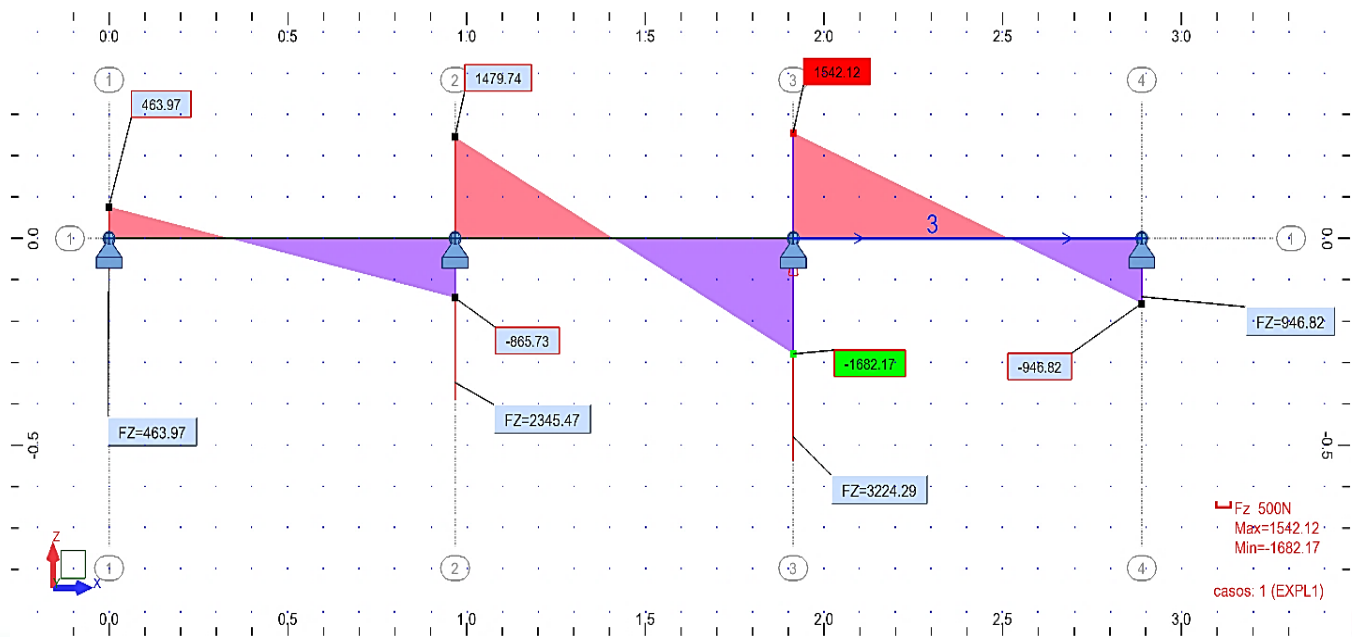


- La malla que se estableció para el bastidor, consta de 1193733 nodos, 605768 elementos y la calidad de malla está en promedio de 0.76 el cual es un parámetro lo más cercano a 1 el valor de Jacobiano, esto nos indica que los resultados del análisis van hacer lo más cercano a la realidad.

| MODELO BASTIDOR JEEP (C2) > Mesh |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| Object Name                      | MALLADO              |
| State                            | Solved               |
| Display                          |                      |
| Display Style                    | Use Geometry Setting |
| Quality                          |                      |
| Check Mesh Quality               | Yes, Errors          |
| Error Limits                     | Standard Mechanical  |
| Mesh Metric                      | None                 |
| Statistics                       |                      |
| Nodes                            | 1193733              |
| Elements                         | 605768               |
| Model Assembly                   |                      |
| Read Only                        | Yes                  |

# Deformación direccional en el eje Y

- El resultado de la deformación respecto al eje “Y” nos indica que la zona que sufre la máxima deformación se encuentra en la parte del travesaño central, donde se asienta la carrocería y de forma perpendicular la caja de cambios del vehículo. En la figura se puede observar que la deformación máxima que sufre el travesaño es de 0.1183 (mm).



### C: ESTUDIO ESTÁTICO CHASIS JEEP

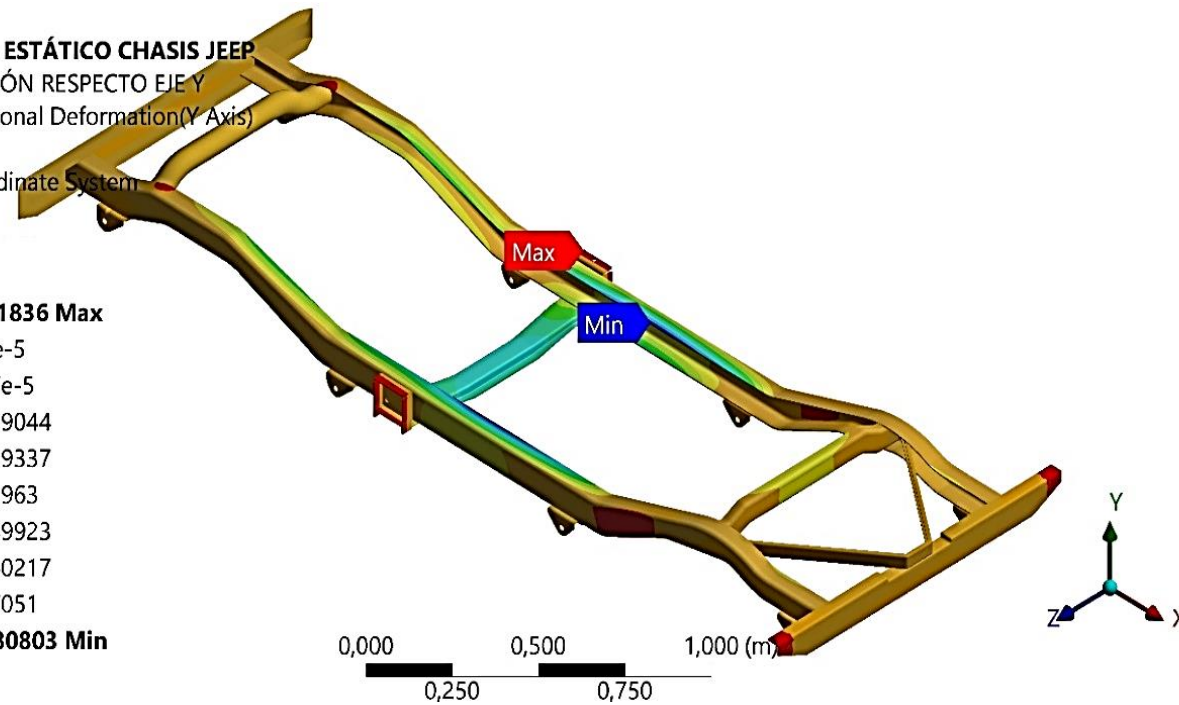
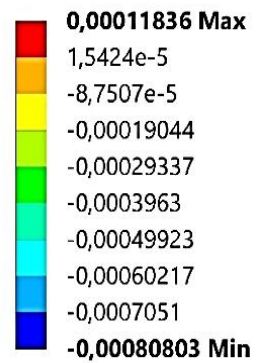
DEFORMACIÓN RESPECTO EJE Y

Type: Directional Deformation(Y Axis)

Unit: m

Global Coordinate System

Time: 1

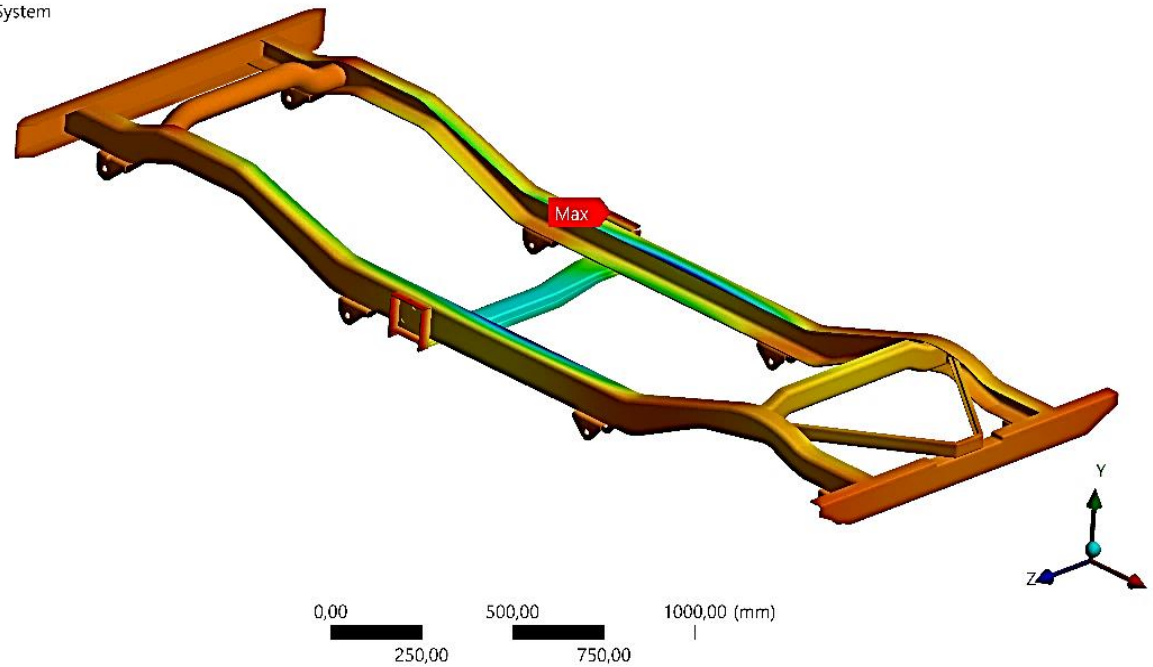
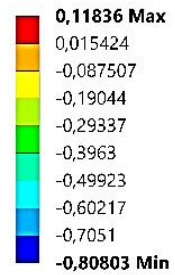






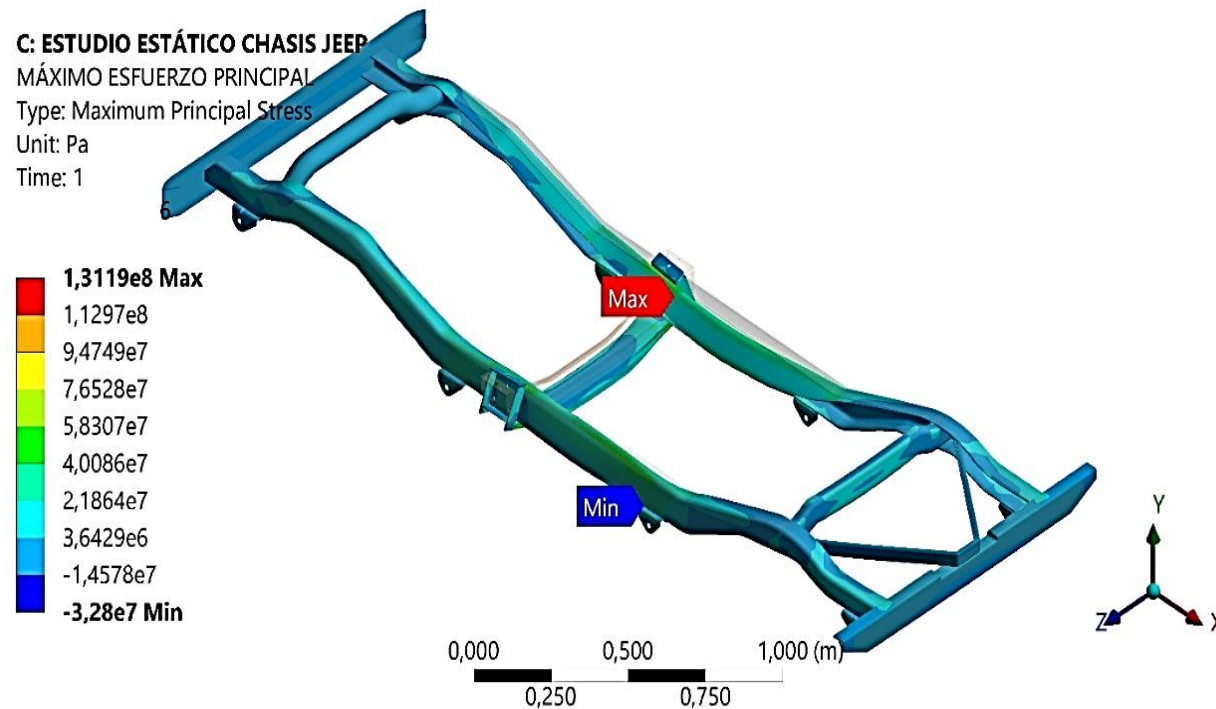
La deformación mínima con respecto al eje “Y” que va a tener el bastidor es imperceptible dando un valor de 0.015 (mm) ubicada en la parte central de los largueros.

**C: ESTUDIO ESTÁTICO CHASIS JEEP**  
DEFORMACIÓN RESPECTO EJE Y  
Type: Directional Deformation(Y Axis)  
Unit: mm  
Global Coordinate System  
Time: 1  
9/7/2019 12:18



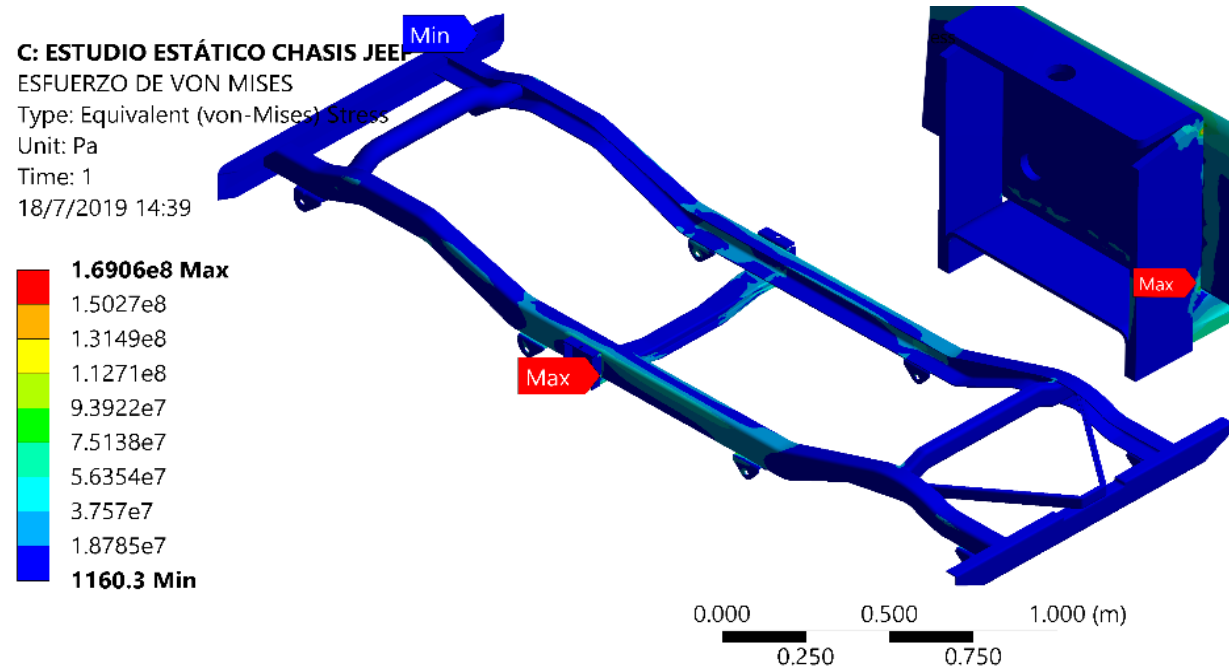
## Determinación del máximo esfuerzo Principal.

- El máximo esfuerzo que va a tener que soportar el bastidor se encuentra en la parte inferior donde se conecta el travesaño central con el larguero, como se observa en la figura (41) el bastidor tiende a deformarse en la parte plana del larguero torciéndose para el interior de la estructura.

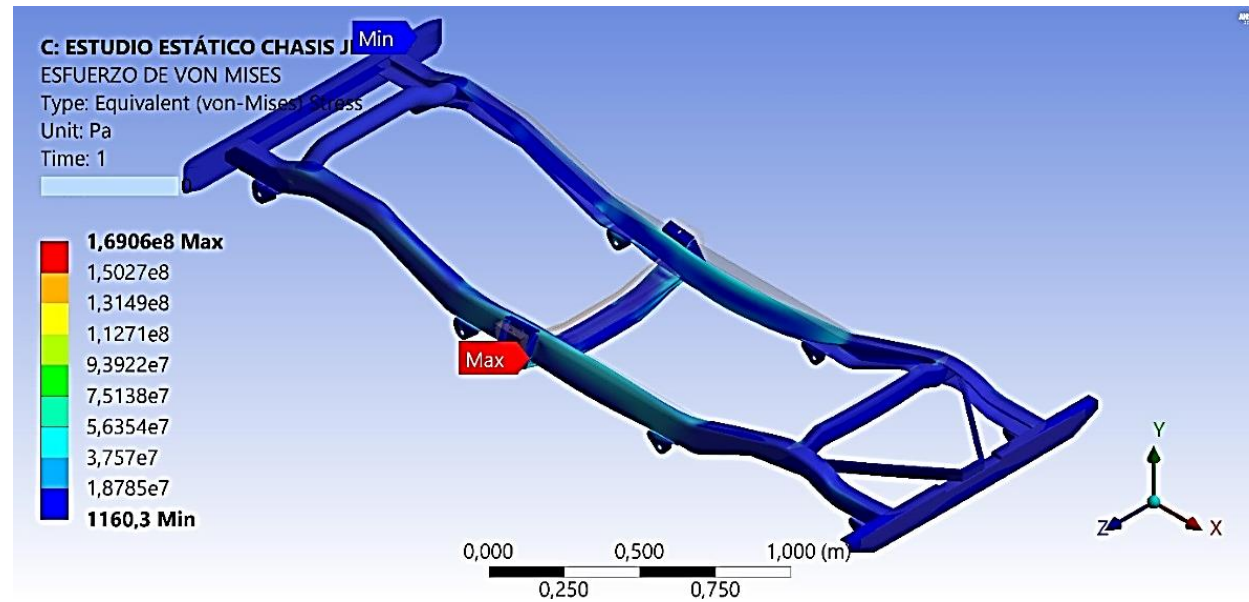


## Esfuerzos máximos de Von Mises

- Como se observa en la figura (42) el resultado obtenido para el análisis de esfuerzo máximo de Von Mises que nos entregó el programa es de 169.06 (MPa) como valor máximo y de 18.785 (MPa) como el valor mínimo. Estos valores no superan el esfuerzo último de fluencia del material que es 250 (MPa).

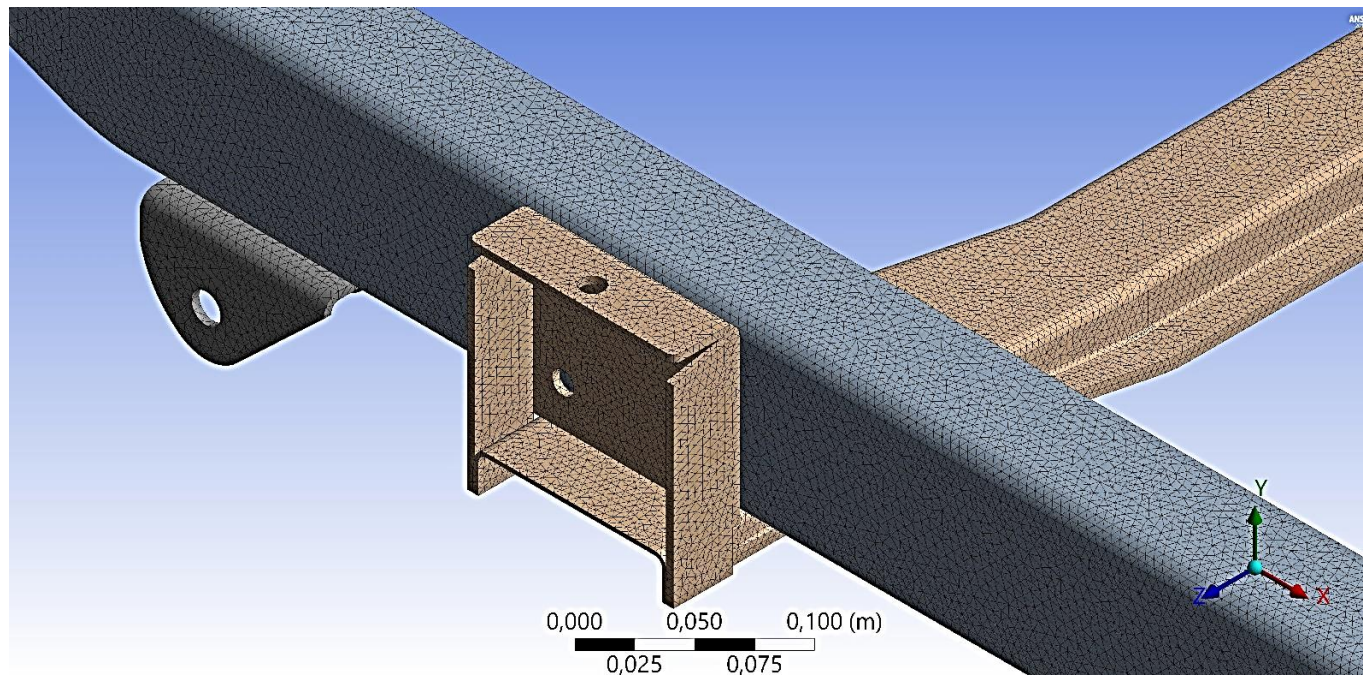


- De igual manera la deformación que presentaría el bastidor sería hacia el interior de la estructura ya que el esfuerzo máximo se encuentra en la parte inferior en el centro del larguero donde se une el travesaño.



## Factor de Seguridad en el bastidor.

- Se puede observar en la figura que el programa a determinado un factor de seguridad máximo de 15 y de 1.478 como factor mínimo.



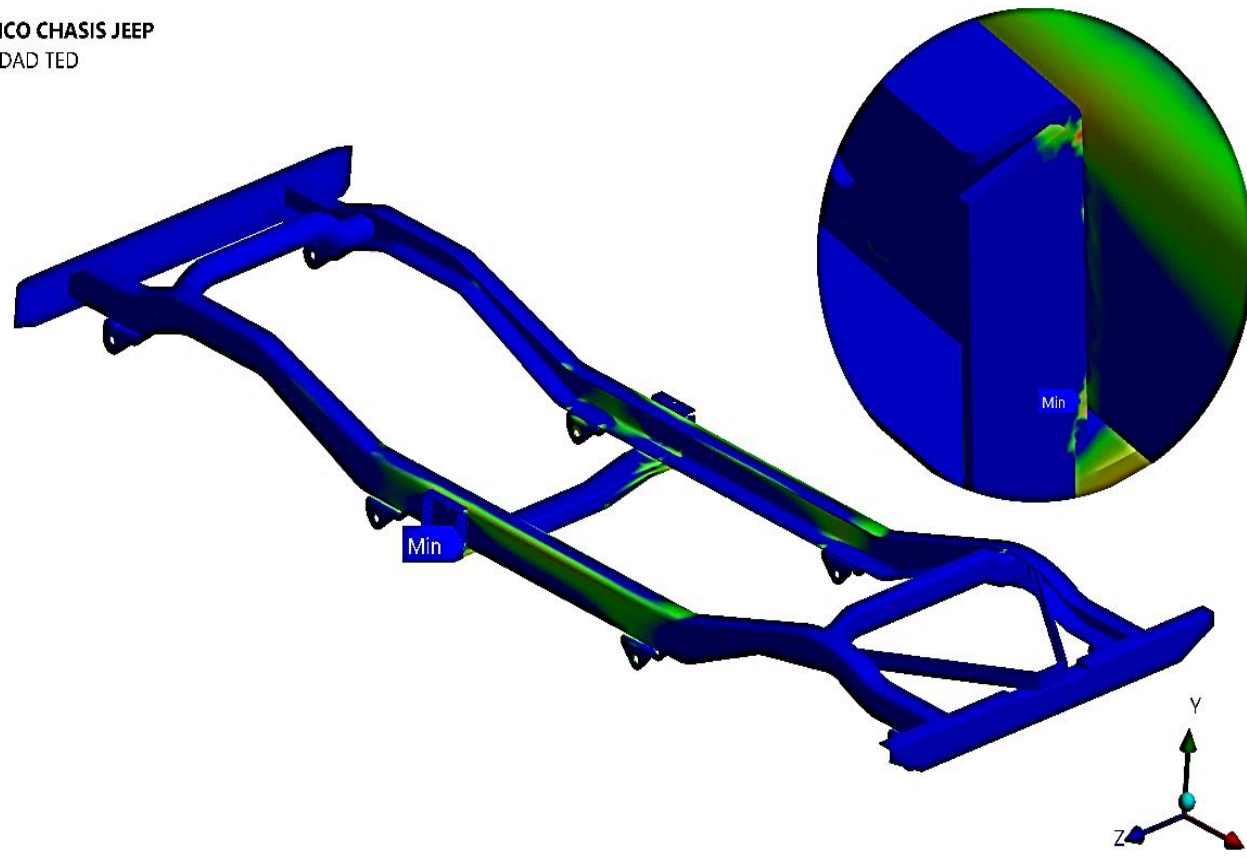
### C: ESTUDIO ESTÁTICO CHASIS JEEP

FACTOR DE SEGURIDAD TED

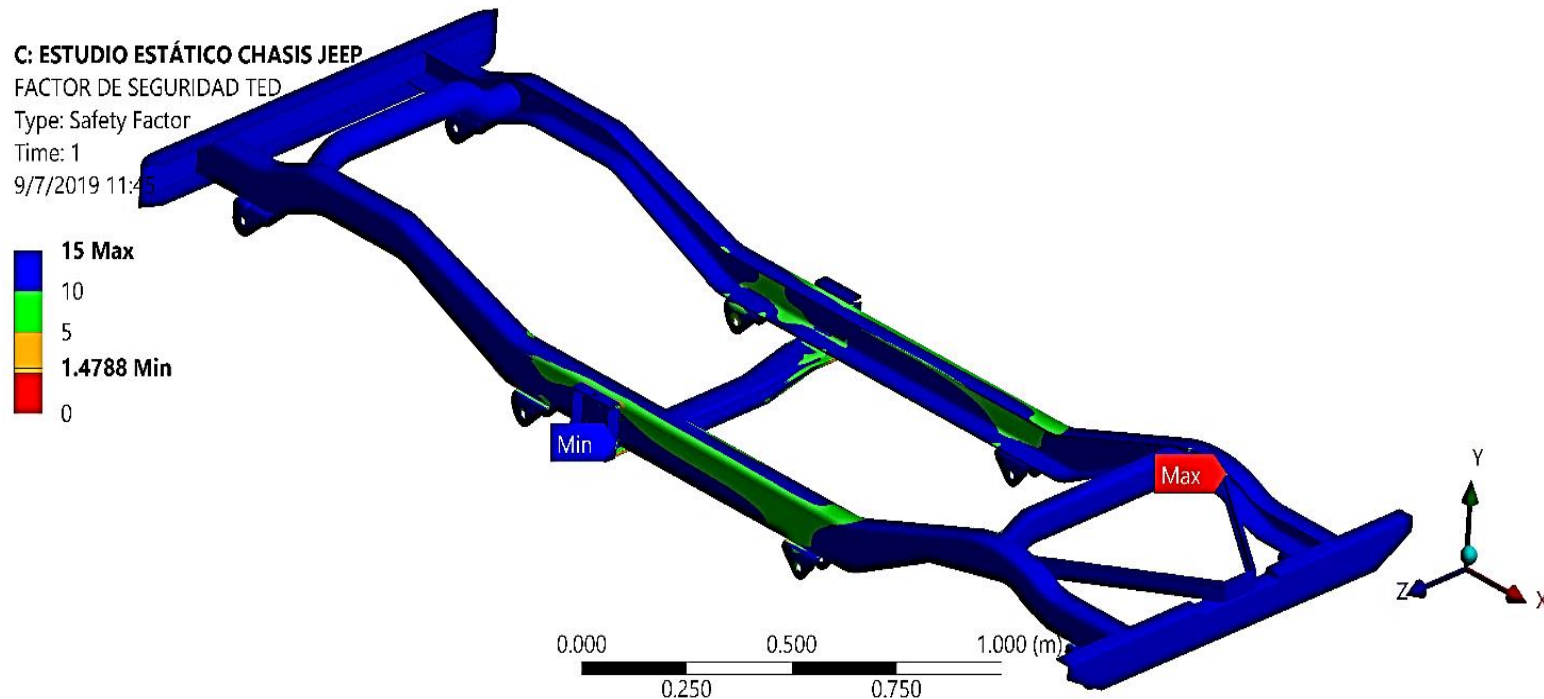
Type: Safety Factor

Time: 1

9/7/2019 12:21



- Estos resultados son favorables para el tipo de diseño, puesto que las partes que están de color azul son más resistentes a los esfuerzos provocados por las cargas estáticas, teniendo así en la parte del travesaño central una mayor concentración de esfuerzos producidas por las cargas lo que reduce el factor de seguridad.



## ANÁLISIS DINÁMICO DEL BASTIDOR Y LA CARROCERÍA.

- **Fallas producidas por cargas dinámicas**
- Las fallas producidas en máquinas se deben en su mayoría a cargas que varían según el tiempo y no a cargas ejercidas estáticamente. Estas fallas en los materiales ocurren a niveles de esfuerzo por debajo del límite elástico.
- Los elementos para maquinas se tienen que fabricar con materiales dúctiles, sobre todo a los componentes que se los somete a cargas que producen fatiga, a choque e impacto.



## Cargas por fatiga.

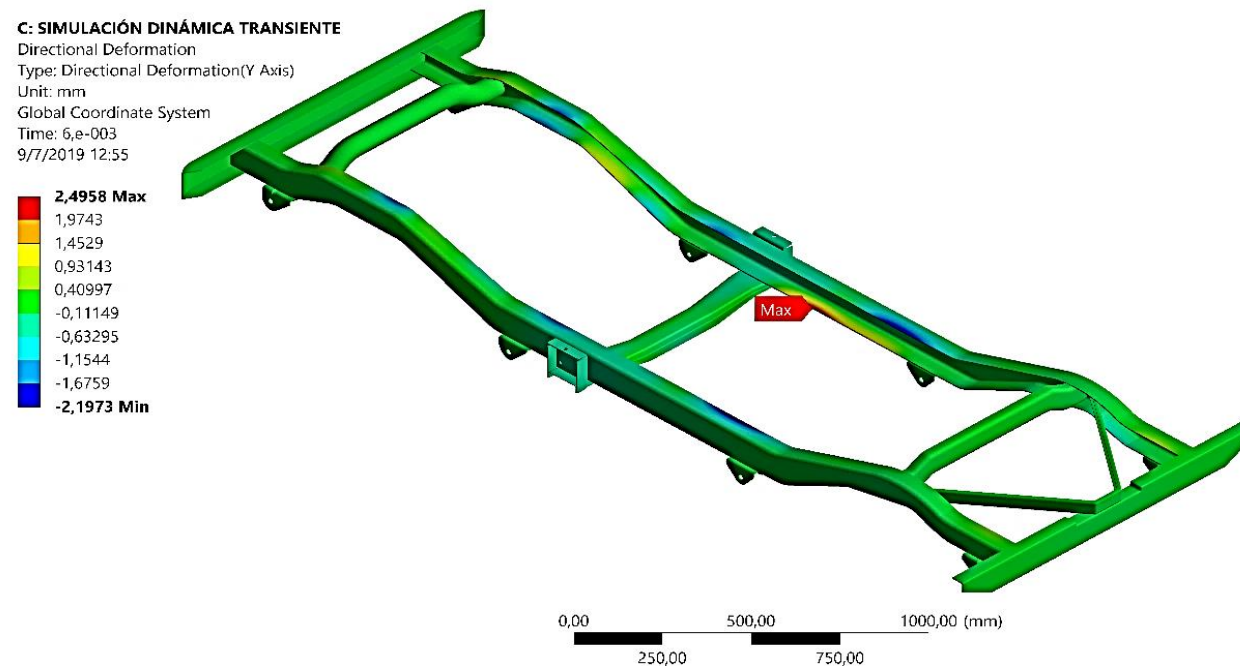
- Las cargas cíclicas o repetitivas varían según el tiempo las cuales van a causar falla por fatiga. Este tipo de cargas pueden ser diferentes e influenciar de manera importante dependiendo la aplicación para la cual está destinada la máquina.

## Análisis dinámico del bastidor

- Para el estudio dinámico del bastidor se generó un mallado conforme las cargas cíclicas aplicadas por toda la estructura. El material utilizado fue el mismo que en el análisis estático ya que este no puede variar sus límites de resistencia.

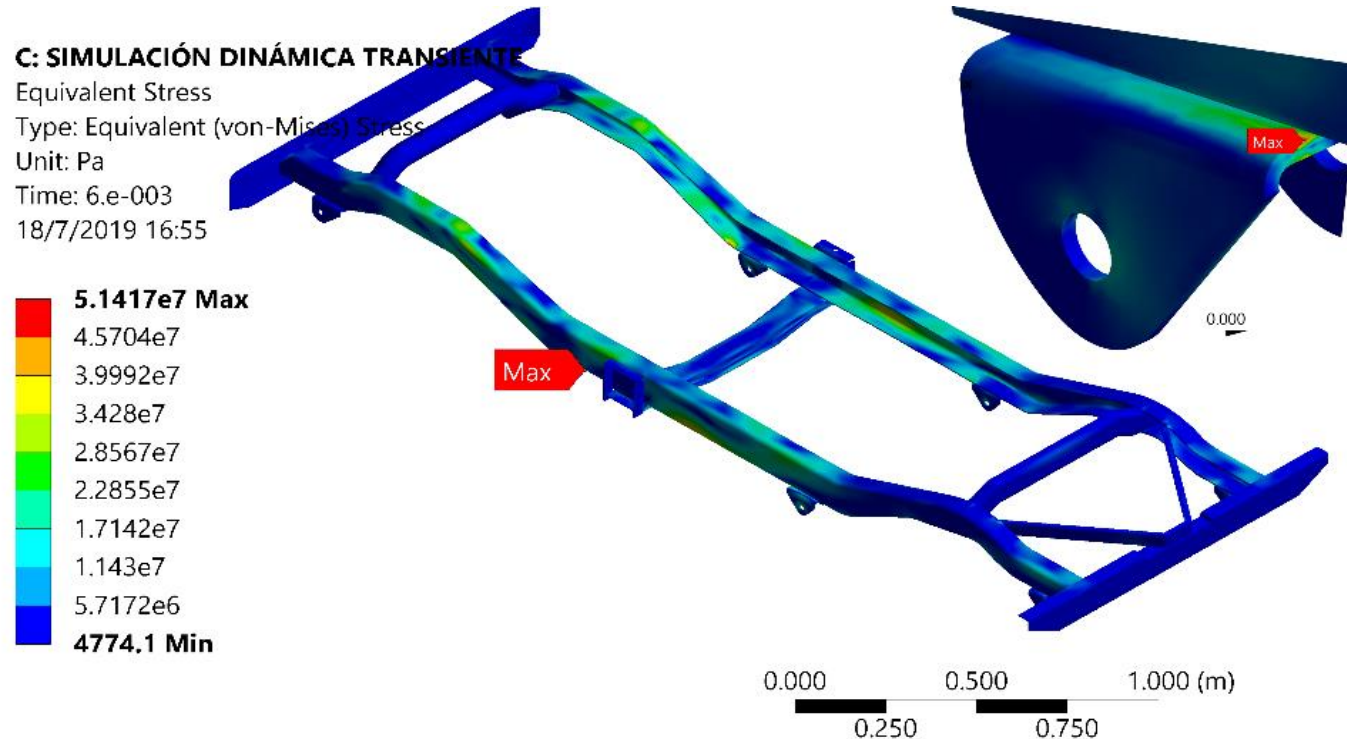
## Deformación direccional al eje “Y” en simulación dinámica.

- Al aplicar las cargas cíclicas en el bastidor, la máxima deformación que se puede observar en la figura (53) se encuentra en la sección central de los largueros con un valor de 2.495 mm, y las zonas menos afectadas van a ser los travesaños con un valor mínimo de 0.40 mm, lo que representa valores dentro del rango normal para este tipo de estructuras.



## Esfuerzo de Von Mises para la simulación Dinámica.

- Se aprecia en la figura que el esfuerzo máximo de Von Mises se encuentra en la junta del travesaño con el larguero en la parte central de la estructura y tiene un valor de 51.417 MPa, este esfuerzo no supera al límite de fluencia del material con el cual está construido, por lo que el bastidor puede soportar mayores cargas.

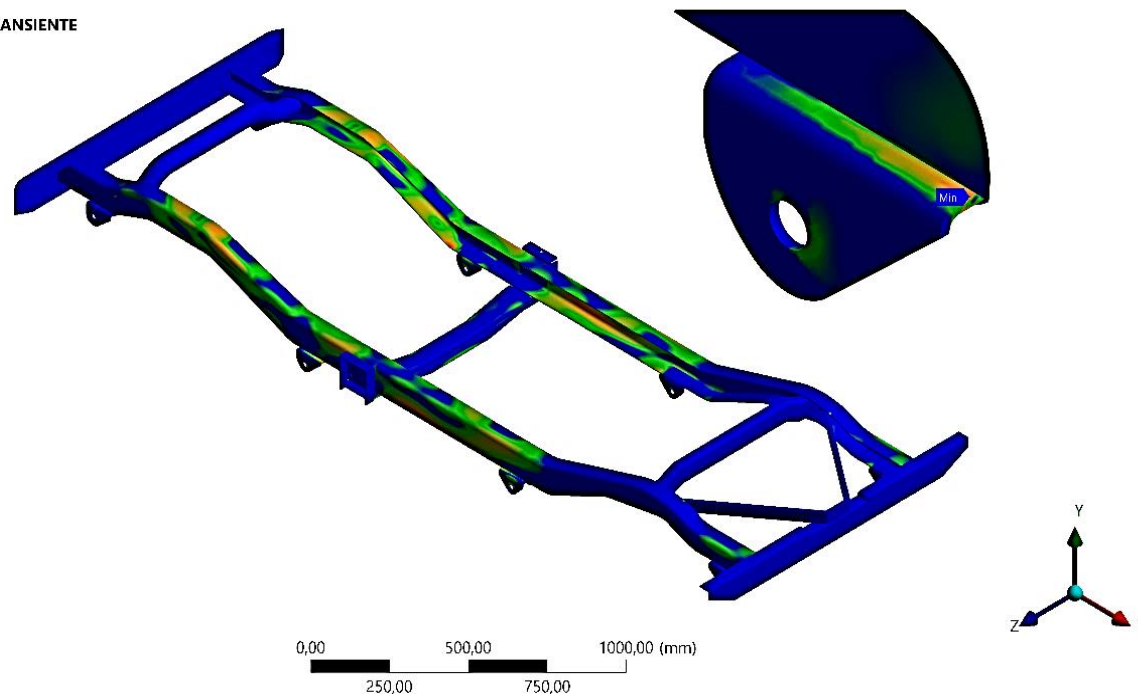
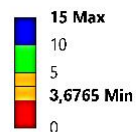


## Factor de seguridad dinámico.

- En la figura (55) se observa los puntos críticos donde el factor de seguridad va a estar afectado, como valor máximo obtenemos 3.676 el cual se encuentra en el soporte donde van colocados los amortiguadores en forma de ballesta. Se observa también que las partes de los largueros son las más afectadas ya que van a soportar la mayor parte de carga.

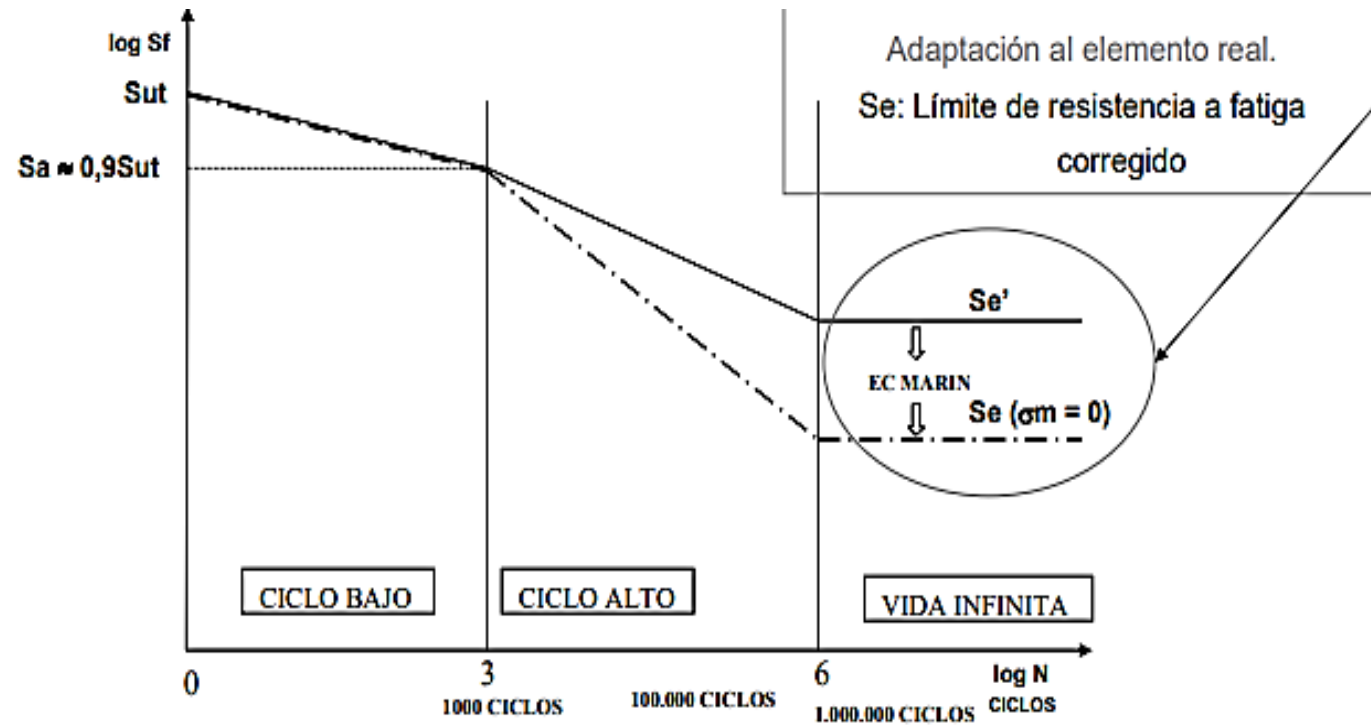
C: SIMULACIÓN DINÁMICA TRANSIENTE

Safety Factor  
Type: Safety Factor  
8/7/2019 17:59

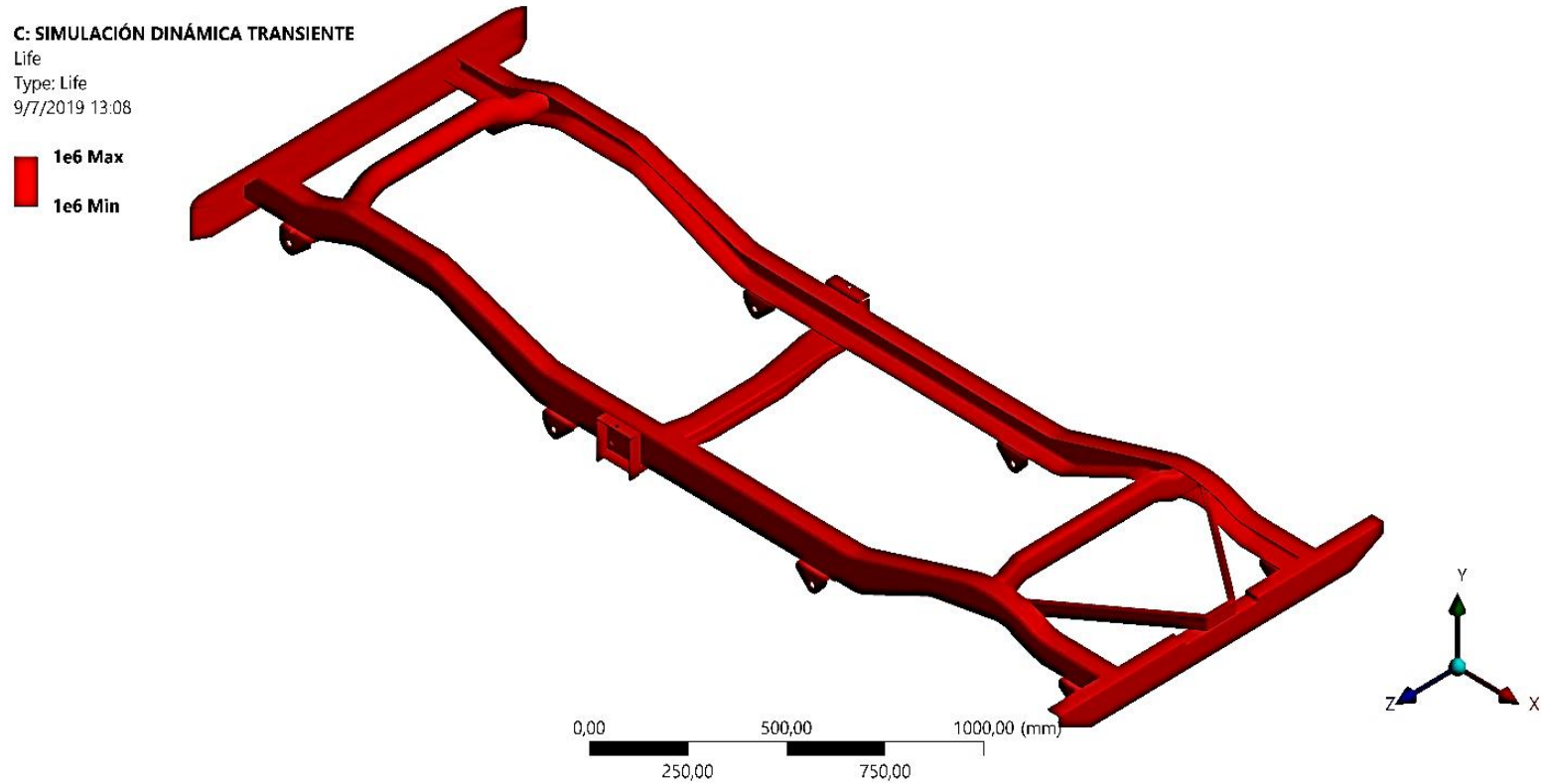


# Ciclo de Vida

- Según el diagrama de fatiga de Goodman figura (56) se va a tener para una vida de 1000 000 ciclos se considera que el diseño tiene una vida infinita



- En la figura se verifica los ciclos de vida del bastidor y los resultados son favorables para el tipo de trabajo que va a realizar la estructura.



# Simulación Impacto Frontal.

## C: IMPACTO FRONTAL

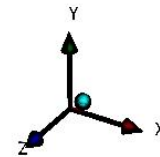
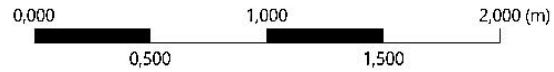
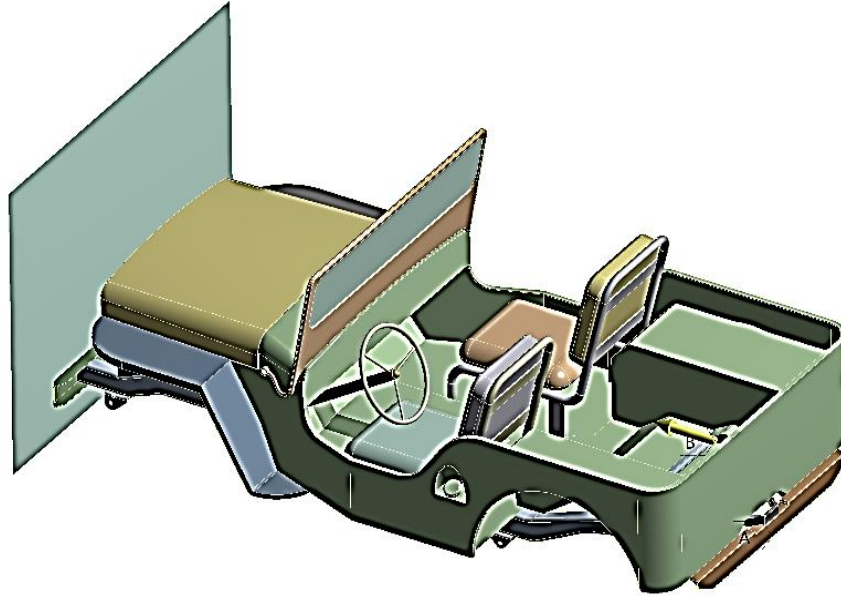
Explicit Dynamics

Time: 1,e-003 s

15/7/2019 17:46

**A** Displacement

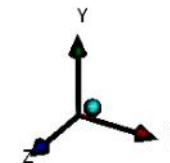
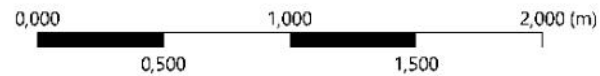
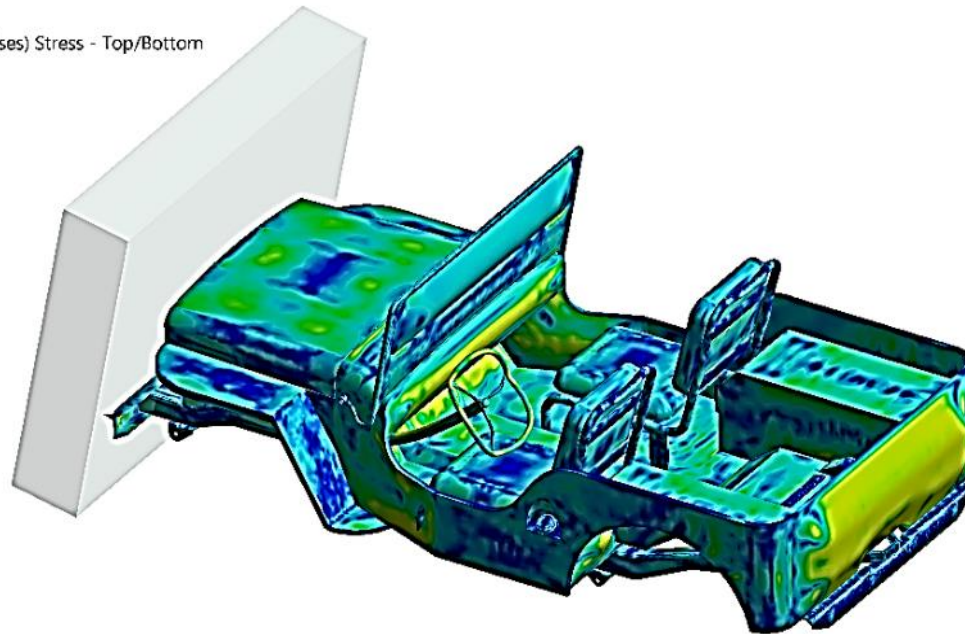
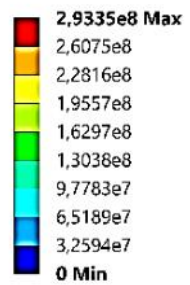
**B** Velocity



# Esfuerzo de Von Mises

## C: IMPACTO FRONTAL

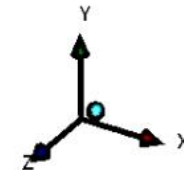
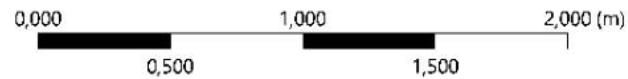
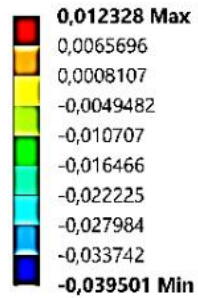
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom  
Unit: Pa  
Time: 1,e-003  
Cycle Number: 25213  
15/7/2019 17:46





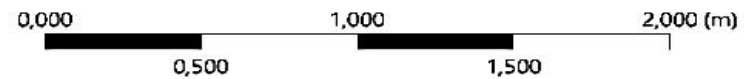
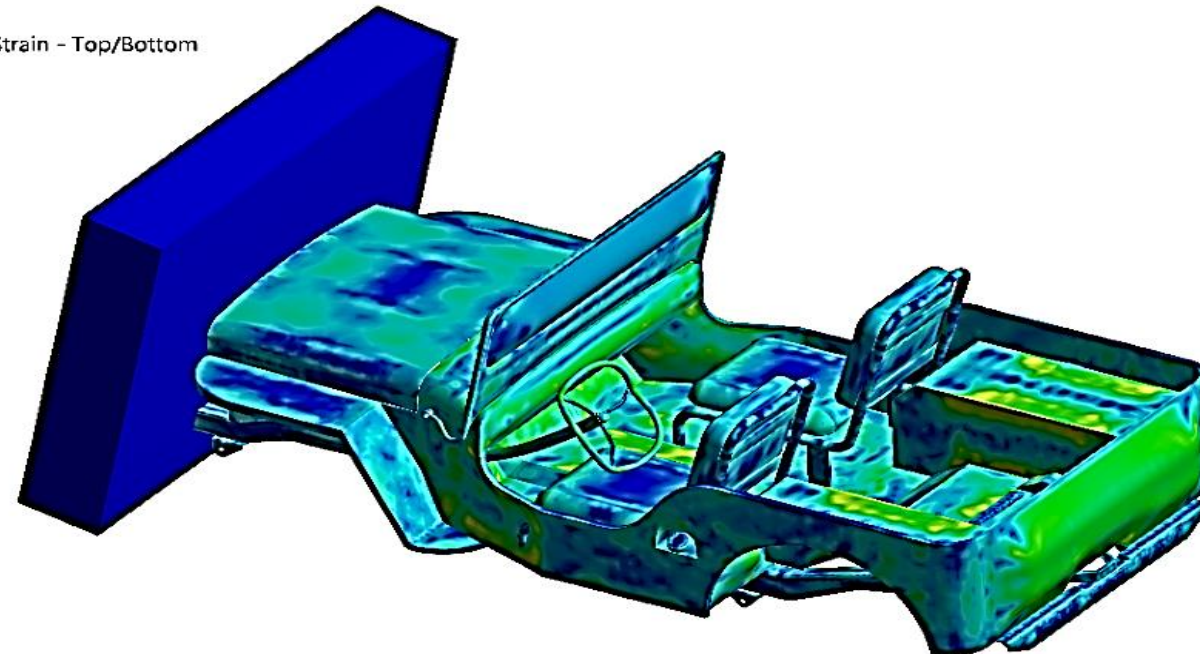
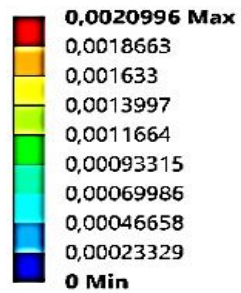
# Deformación direccional

**C: IMPACTO FRONTAL**  
Directional Deformation  
Type: Directional Deformation(X Axis)  
Unit: m  
Global Coordinate System  
Time: 1,e-003  
Cycle Number: 25213  
15/7/2019 17:47



# Deformación Unitaria Equivalente

**C: IMPACTO FRONTAL**  
Equivalent Elastic Strain  
Type: Equivalent Elastic Strain - Top/Bottom  
Unit: m/m  
Time: 1,e-003  
Cycle Number: 25213  
15/7/2019 17:50



# Simulación Impacto Lateral

## B: IMPACTO LATERAL

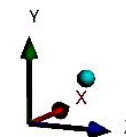
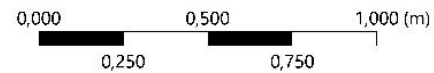
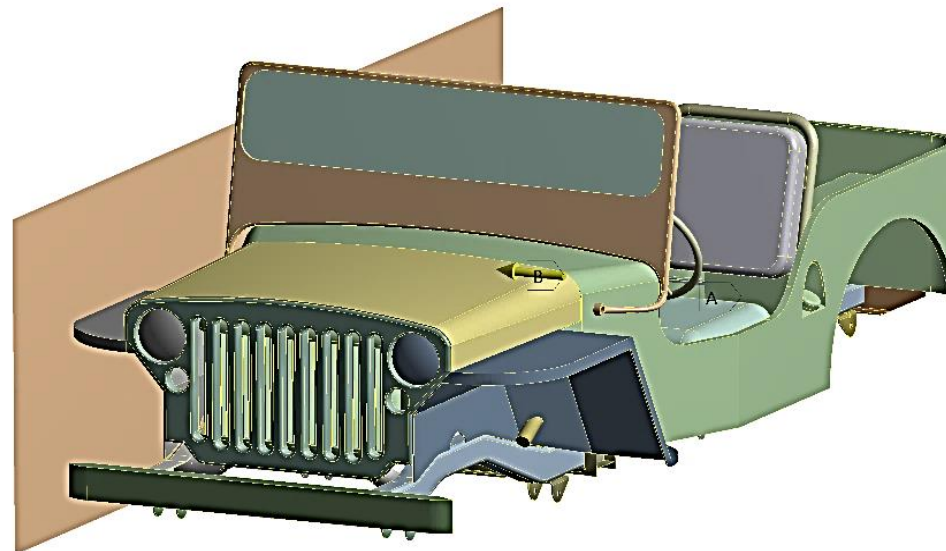
Explicit Dynamics

Time: 1,e-003 s

15/7/2019 17:38

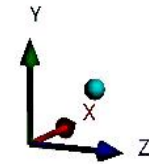
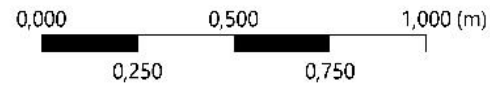
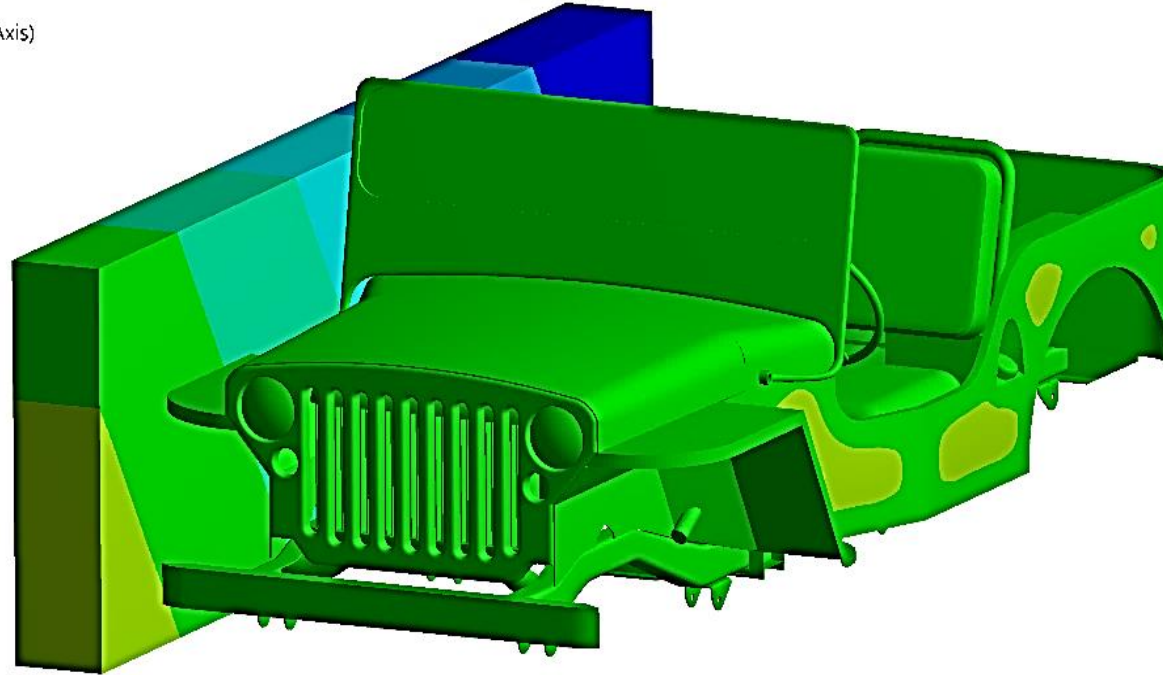
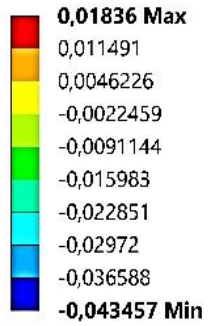
**A** Displacement

**B** Velocity




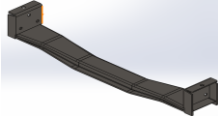
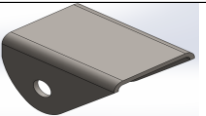
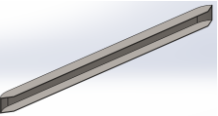
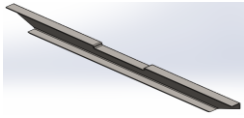

# Deformación respecto al eje "Z".

**B: IMPACTO LATERAL**  
Directional Deformation  
Type: Directional Deformation(Z Axis)  
Unit: m  
Global Coordinate System  
Time: 1,e-003  
Cycle Number: 24574  
15/7/2019 17:40



# Proceso de reconstrucción del bastidor

| N°1                       |                   | HOJA DE PROCESO            |  |         |   |                   |                 |                   |
|---------------------------|-------------------|----------------------------|--|---------|---|-------------------|-----------------|-------------------|
| ELEMENTO: Bastidor        |                   | DENOMINACIÓN: Construcción |  |         | OBSERVACIONES   |                   |                 |                   |
| RESPONSABLES              | David Bohórquez   | MATERIAL: AISI 1020        |  |         | Las partes principales del bastidor. Se realiza el despiece y el proceso de manufactura |                   |                 |                   |
| CANTIDAD                  | 1                 |                            |  |         |   |                   |                 |                   |
| TIEMPO ESTIMADO: 80 horas |                   | TRATAMIENTO TÉRMICO:       | Ninguno  |         |   |                   |                 |                   |
| TIEMPO REAL: 55 horas     |                   |                            |  |         | PIEZA   | CANTIDA           | DESCRIPCIÓN     | DIMENSIONES       |
|                           |                   |                            |  |         | 1   | 1                 | Larguero        | 3117;100;4 (mm)   |
|                           |                   |                            |  |         | 2   | 1                 | Larguero        | 3117;100;4 (mm)   |
|                           |                   |                            |  |         | 4   | 1                 | Trav. Central   | 742.95;100;4 (mm) |
|                           |                   |                            |  |         | 6   | 8                 | Soporte Ballest | 70;63,25;4 (mm)   |
|                           |                   |                            |  |         | 8   | 1                 | Trav. Frontal   | 1212;50;4(mm)     |
|                           |                   |                            |  |         | 9   | 1                 | Trav. Posterior | 1168,83;50;4 (mm) |
|                           |                   |                            |  |         | 10  | 1                 | Trav. En K      | 178;50;4 (mm)     |
| N°                        | PIEZA             | FASE                       | OPERACIÓN                                      | CROQUIS | PARAMETROS DE MECANIZA  | HERRAMIENTAS      |                 | TIEMPO (h)        |
|                           |                   |                            |  |         |   | E.P.M             | E.P.P           |                   |
| 1                         | Larguero derecho. | Laminado                   | Corte y laminado de viga derecha del bastidor. |         | Trazado y Preparación.  | Laminadora.<br>CP | MA<br>GA<br>GU  | 12                |

|   |                         |                  |   |   |                                  |                           |      |    |
|---|-------------------------|------------------|---|---|----------------------------------|---------------------------|------|----|
| 2   | Larguero Izquierdo      | Laminado Cortado | Corte y laminado de Izquierda del bastidor.   |  | Trazado y Preparación.           | Laminadora CP             | MAGU | 12 |
| 4   | Travesaño Central       | Moldado          | Moldado y Taladro   |  | Corte. Taladro 350 rpm/ por todo | TR                        | MAGU | 10 |
| 6   | Soporte Ballestas.      | Taladro Cortado  | Corte y Doblado de Chapa.   |  | CR Taladro 300 rpm/ por todo.    | CR AM                     | MAGU | 5  |
| 8   | Travesaño Frontal       | Laminado Cortado | Corte y laminado de travesaño frontal del bastidor.   |  | Trazado y Preparación.           | Laminadora CP             | MAGU | 8  |
| 9   | Travesaño Posterior.    | Laminado Cortado | Corte y laminado de travesaño posterior del bastidor.   |  | Trazado y Preparación.           | Laminadora CP             | MAGU | 8  |
| 10  | Travesaño en forma de K | Laminado Cortado | Corte y doble de travesaño forma en K del bastidor.   |  | Trazado y Preparación.           | Laminadora CP. BA         | MAGU | 5  |
| <b>DESIGNACIÓN DE CÓDIGO A HERRAMIENTAS</b><br>CP: CORTE PLASMA<br>REF: REFRIGERANTE<br>BUR: BURIL<br>AM: AMOLADORA<br>TR: TRONZADORA<br>BA: BAROLADORA<br>MA: MANDIL<br>GA: GAFAS<br>GU: GUANTES<br>E.P.P: EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL |                         |                  | <b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - LATACUNGA</b><br><b>DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA</b><br><b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b> |   |                                  |                           |      |    |
| <b>PROYECTO</b><br>Análisis y reconstrucción estructural del bastidor de un vehículo jeep modelo willys del año 1952 por elementos finitos  |                         |                  | <b>LUGAR Y FECHA</b><br>Latacunga, 18 de julio del 2019   |   |                                  | <b>MASA TOTAL:</b> 650 Kg |      |    |
| <b>REALIZADO POR:</b> David Bohorquez   |                         |                  | <b>FECHA:</b> 18/7/2019   |   | <b>SOLDADURA</b> MIG             |                           |      |    |
| <b>REVISADO POR:</b> Ing. Guido Torres  |                         |                  | <b>FECHA:</b> 18/7/2019   |   | <b>APROBADO</b>                  |                           |      |    |











## Gastos totales

| <b>Descripción</b>                   | <b>Costo Unitario</b>  |
|--------------------------------------|------------------------|
| Materiales del bastidor y carrocería | 376                    |
| Pintura y acabados.                  | 830                    |
| Gastos Varios                        | 1.010                  |
| <b><i>TOTAL</i></b>                  | <b><i>2.216,00</i></b> |



# Conclusiones

Al finalizar el trabajo de titulación, se determinan las siguientes conclusiones:

- Un Jeep Willis es una estructura integral que forma una unidad entre carrocería y bastidor, mediante sujeciones, pernos y soldaduras constituyendo una estructura de tipo jaula, de acero tridimensional. Una de las características es el uso de acero AISI 1020, en la estructura, el cual impide que la deformación sea excesiva y a la vez peligrosa para los ocupantes.

- Se obtuvo información en bases de datos físicas y digitales, como manuales de usuario, manuales mecánicos y textos especializados en el diseño construcción y reconstrucción de Jeep Willis, el cual detalla los parámetros a tomar en cuenta para la reconstrucción, configuración de los componentes sobre cada zona del bastidor. Al no contar con una norma específica para vehículos todo terreno, se toma en cuenta aplicar cargas experimentalmente.
- Para el análisis estático se colocó las cargas puntuales y distribuidas como carga puntual del motor dividida entre dos, la deformación máxima que se produce es 0.1183 mm, se puede apreciar por el número, que dicha deformación es mínima y despreciable, y se encuentra dentro de un promedio donde el bastidor no sufrirá una deformación.

- Se determinó las zonas de mayor incidencia de las cargas, por medio del software especializado CAD CAE, con un rango muy bajo de deformación y un esfuerzo de Von Mises aceptable para la operación, estos valores no superan los límites del material tanto en fluencia como esfuerzo máximo.
- El perfil UPAF 50x100x4 se escogió a partir de la determinación del esfuerzo máximo producido por las cargas estáticas que es de 169.06 (MPa), teniendo en cuenta que el esfuerzo último de fluencia del material que es 250 (MPa), el perfil no sufre deformación que afecte la función operativa de dicho elemento.

- El presente análisis parte de un estudio detallado que determina el modelado geométrico y matemático de una estructura autoportante para el Jeep Willis, en el cual se determina la vida útil del bastidor y se procede a la reconstrucción del vehículo con el bastidor original y la carrocería metálica sujeta mediante varios tipos de uniones.

## Recomendaciones:

- Para la reconstrucción de un Jeep se debe evitar que la geometría de la estructura no tenga alguna desigualdad o divergencia al momento de ensamblar y realizar algún doblado del mismo, es decir que tenga un diseño paralelo.
- Utilizar de software CAD, CAM, CAE para realizar el análisis y diseño de la estructura con el fin de utilizar recursos tecnológicos que ayuden a resolver algún proceso de dimensionamiento y simular las cargas que pueden atender a la integridad del vehículo.

- Utilizar una malla de buena calidad (0,76) mediante el uso de elementos triangulares, cuadráticos, tetraedros que presentan excelente distribución de deformación hacia la solución real. La calidad de mallado se puede comparar mediante los tipos de elementos establecidos en el Capítulo II.