



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN EL SEMIEJE DE UN  
VEHÍCULO DE TRACCIÓN DELANTERA, EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO Y  
MATERIAL DEL RIN Y NEUMÁTICO, MEDIANTE USO DE SOFTWARE  
CAE**

**AUTOR: SALAZAR FIALLOS ESTEBAN ALEJANDRO**

**DIRECTOR: ING. CRUZ ARCOS, GUILLERMO MAURICIO**



# OBJETIVO GENERAL

Analizar mediante software CAE el comportamiento de un semieje de tracción delantera de un vehículo Chevrolet AVEO 1.6L 2012 al modificar las características de su rin y neumático.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre los esfuerzos presentes en un semieje de tracción delantera.
- Identificar las características de diseño y construcción de un semieje de tracción delantera.
- Modelar mediante el software de diseño CAD, todos los elementos de un semieje de un vehículo Chevrolet AVEO, con sus dimensiones y características reales.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar los cálculos de esfuerzos presentes en el semieje al variar las características de su rin y neumático.
- Efectuar la simulación de los esfuerzos producidos en el semieje en varios estudios, variando las características del aro y neumático, en las herramientas de software CAE.
- Analizar los resultados obtenidos comparándolos entre sí, y cuantificando la magnitud de las afecciones resultantes después del estudio.



# JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Una actividad común en las últimas décadas ha sido la modificación de las características de nuestras ruedas (material y diámetro) con la finalidad de conseguir mejoras estéticas.

Dicha modificación acarrea consigo un cambio en las cargas actuantes y por ende en los esfuerzos presentes en el palier.

Esto pudiendo presentar consecuencias como un aumento de desgaste de elementos.

Este parece ser un aspecto desconocido o ignorado por muchas personas que gustan de realizar estos cambios en sus ruedas.

El presente proyecto busca visualizar y cuantificar la afectación que sufre el semieje de un vehículo de tracción delantera al ser sometido a la modificación de las características del aro y neumático.



# METAS

Recopilar información sobre las cargas y esfuerzos aplicados en los semiejes de un vehículo de tracción delantera, así como sus fórmulas de cálculo.

Analizar los artículos o catálogos involucrados en los temas a investigar para la posterior selección de datos y planteamiento de condiciones para el estudio.

Adquirir un semieje completo de un vehículo Chevrolet AVEO el cual servirá como patrón para el modelado de cada una de las piezas.

Realizar el cálculo de esfuerzos presentes en el semieje al variar las características del rin y neumático.

Modelado y ensamblaje en CAD de todas las piezas que componen un semieje de tracción.

Realizar la simulación de esfuerzos en el semieje en la herramienta CAE, a través de varios estudios en los cuales se irá variando las características del rin, tales como el material y el diámetro del mismo, y su respectivo neumático.

Comparar los resultados obtenidos y analizarlos cuantitativamente para ofrecer al lector todas las conclusiones válidas extraíbles de este estudio.



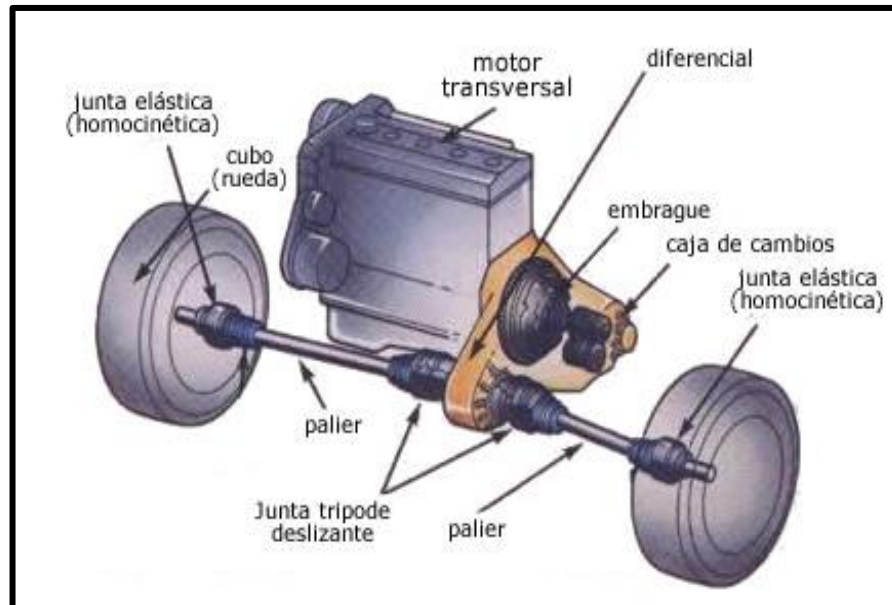
# HIPÓTESIS

¿La modificación arbitraria de las características del aro y neumático pueden afectar de manera importante los esfuerzos presentes en el semieje de tracción de un automóvil, y de afectarlo, en qué cantidad lo hace?



## Motor delantero y tracción

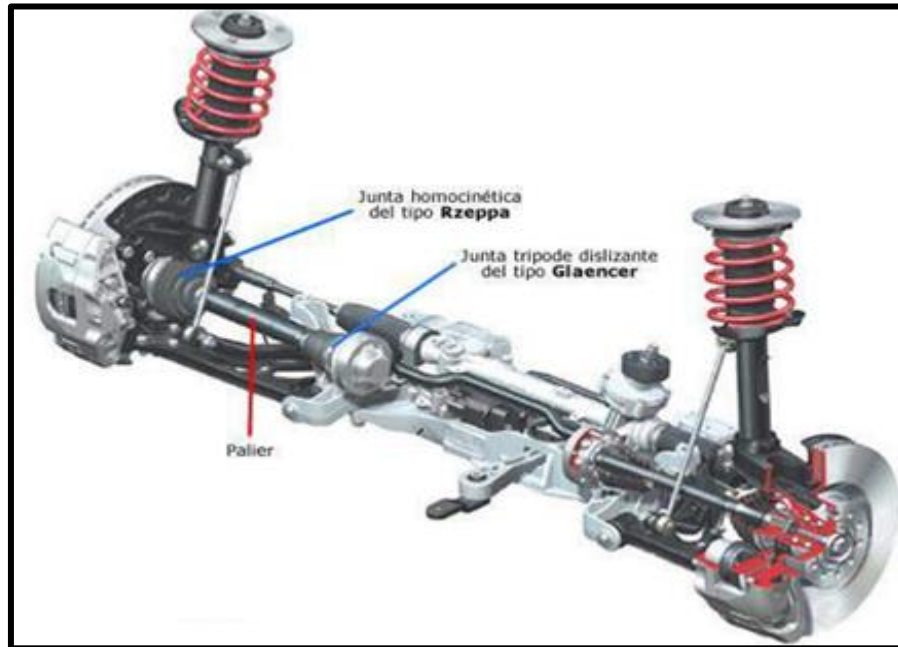
Las ruedas delanteras del automóvil son tanto directrices como motrices por lo que carece de un árbol de transmisión.





## Semiejes para vehículos con transmisión delantera (palieres)

Para la transmisión de movimiento de la caja y diferencial hacia las ruedas se ocupa un sistema de ejes con juntas homocinéticas que permitan tanto el movimiento de oscilación de la suspensión como el de orientación de la ruedas.



# Material de fabricación de los palieres

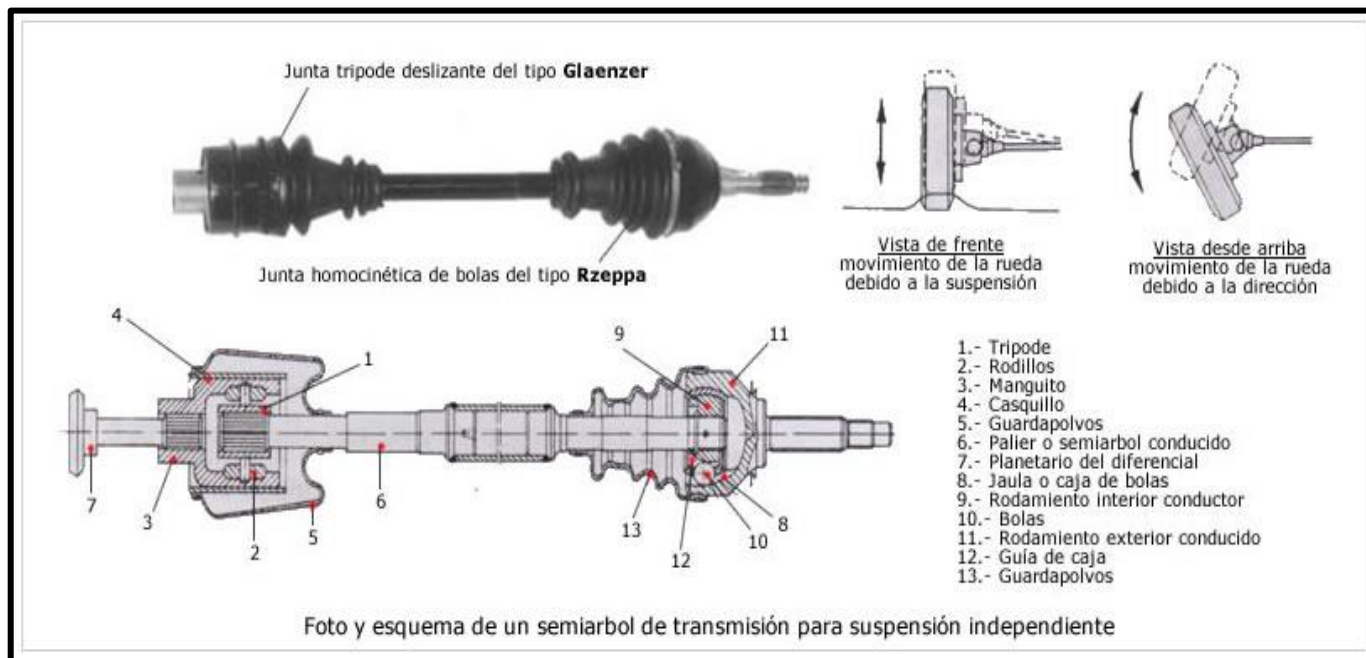
El grupo níquel cromo-molibdeno (41XX, 43XX, 47XX, 86XX). Son aleaciones que contienen 0.65-0.95% de cromo, 0.2-0.3% de molibdeno y 1.55-2.0% de níquel.

| Número UNS | Número AISI | Aplicaciones  |
|------------|-------------|---|
| G10150     | 1015        | Piezas moldeadas en lámina; partes maquinadas (se pueden cementar)  |
| G10300     | 1030        | Piezas de uso general, en forma de barra. palancas, eslabones, cuñas  |
| G10400     | 1040        | Ejes, engranes  |
| G10800     | 1080        | Resortes; piezas para equipo agrícola sometidas a abrasión (dientes de rastrillo, discos, rejas de arado, dientes de cortacéspedes) |
| G11120     | 1112        | Piezas de máquinas con tornillo   |
| G12144     | 12L14       | Piezas que requieran buena capacidad de maquinado   |
| G41400     | 4140        | Engranes, ejes, piezas forjadas   |
| G43400     | 4340        | Engranes, ejes, piezas que requieran buen endurecimiento en interior  |
| G46400     | 4640        | Engranes, ejes, levas   |
| G51500     | 5150        | Ejes para trabajo pesado, resortes, engranes  |
| G51601     | 51B60       | Ejes, resortes, engranes con mejor templabilidad  |
| G52986     | E52100      | Pistas de rodamientos, bolas, rodillos (acero para rodamientos)   |
| G61500     | 6150        | Engranes, piezas forjadas, ejes, resortes   |
| G86500     | 8650        | Engranes, ejes  |
| G92600     | 9260        | Resortes  |



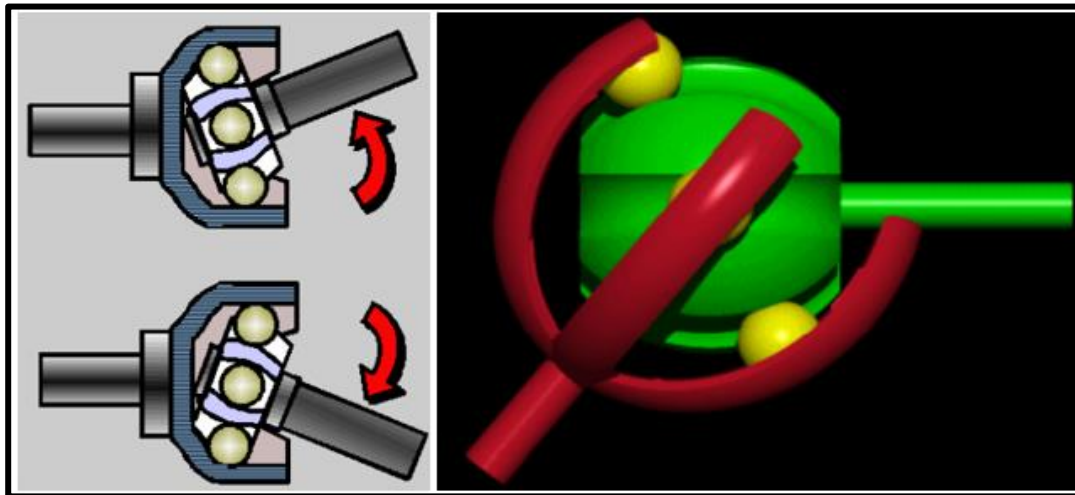
# Juntas de transmisión

Las juntas son usadas para la unión de elementos de transmisión y permitir variaciones posición y longitud.



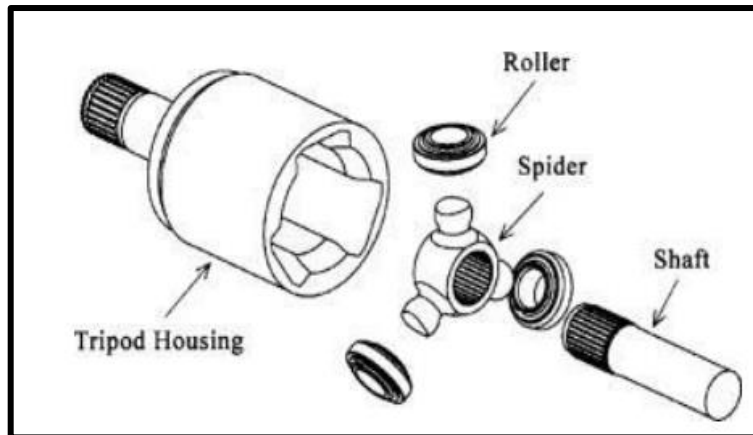
## Junta homocinética fija de bolas (Rzeppa)

Según tipo de vehículo, se pueden conseguir así ángulos de flexión de hasta un  $53^\circ$ .

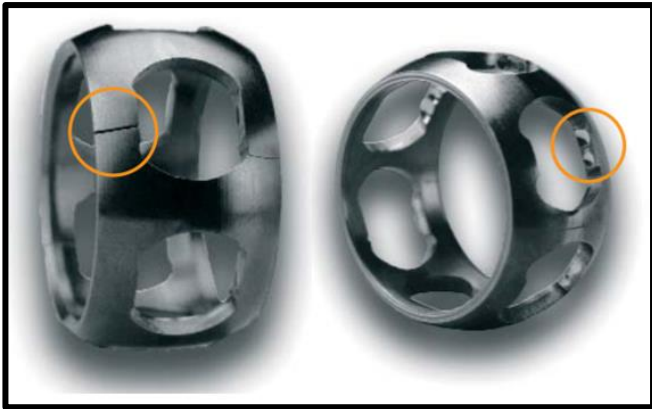


## Junta homocinética desplazable de trípode (Glaenzer)

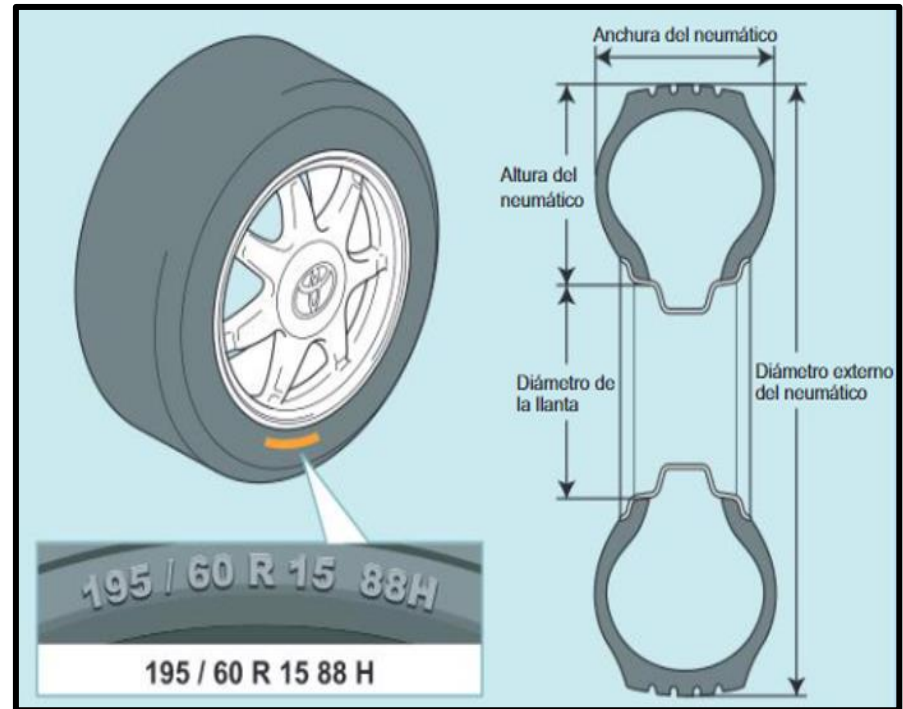
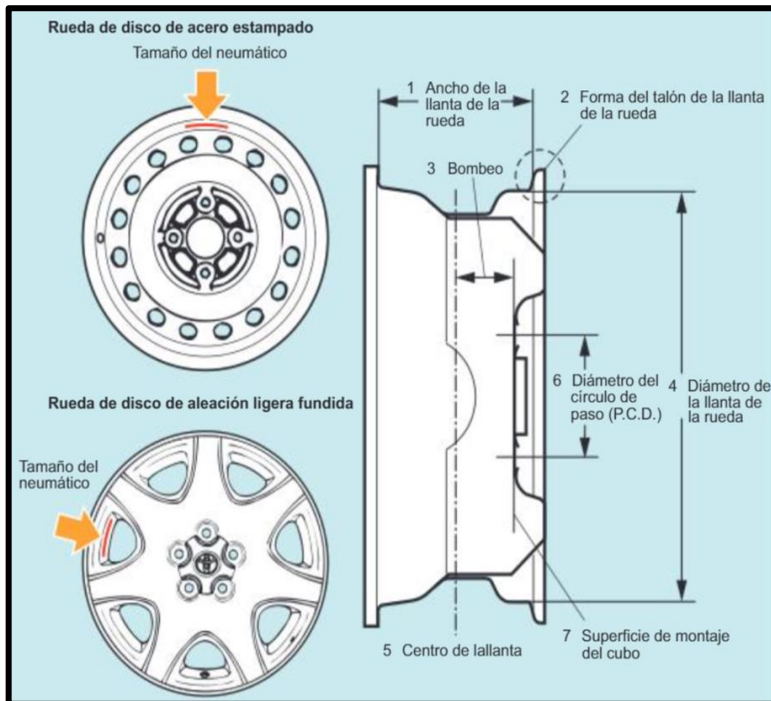
Son posibles ángulos de flexión de hasta  $18^\circ$ . El recorrido de desplazamiento es de aprox. 55 mm.



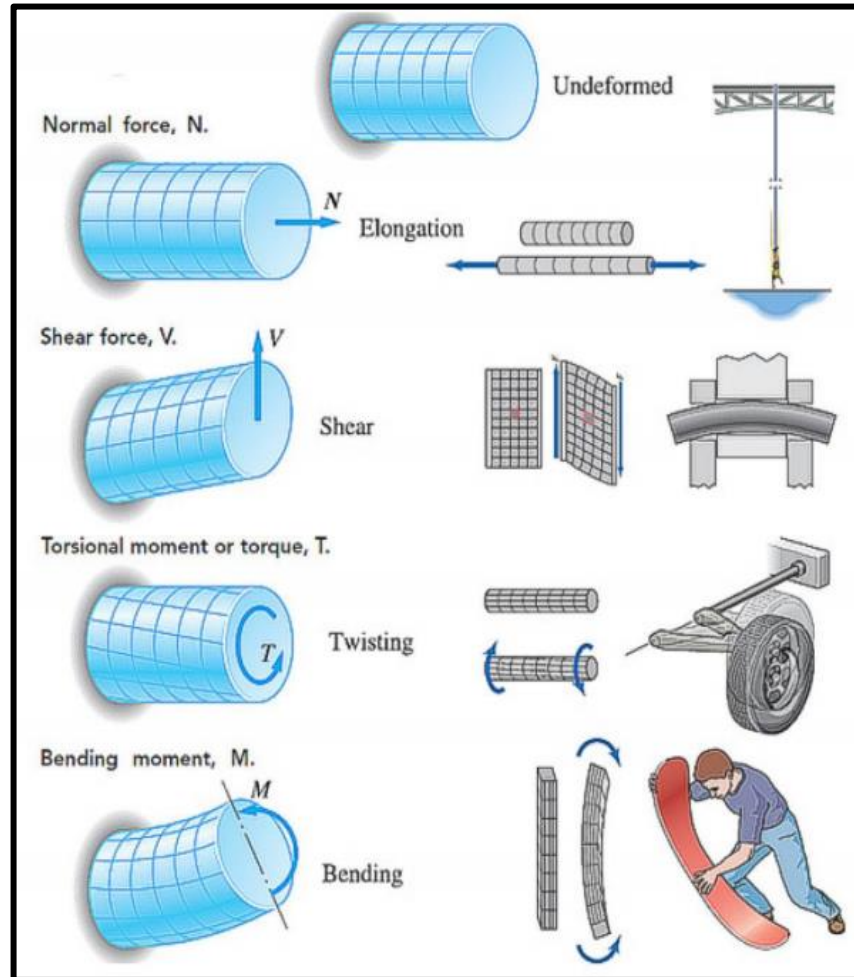
## Daños en juntas de transmisión



# Ruedas



# Cargas internas de un elemento





# Consideraciones iniciales para el estudio y cálculos

- **Vehículo**

Chevrolet AVEO T250 (Emotion) 1.6  
16V (2006-2013)



| MOTOR                              |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| Motor                              | E-TECH II 1,6          |
| Cilindraje (CC.).                  | 1598                   |
| Diam x Carrera (mm)                | 79 x 81,5              |
| Nro. cilindros/Configuración       | 4 en línea/transversal |
| Tipo                               | DOHC 16V               |
| Relación de compresión             | 9,5:1                  |
| Potencia (Hp @ rpm)                | 103 @ 6000             |
| Torque (Nm @ rpm)                  | 144,1 @ 3600           |
| Aceleración 0 – 100Km/h            | 10,5 s                 |
| TRANSMISIÓN                        |                        |
| Transmisión                        | Manual 5 vel.          |
| Caja de cambios relaciones 1°      | 3,545                  |
| Caja de cambios relaciones 2°      | 1,952                  |
| Caja de cambios relaciones 3°      | 1,276                  |
| Caja de cambios relaciones 4°      | 0,971                  |
| Caja de cambios relaciones 5°      | 0,763                  |
| Reversa                            | 3,333                  |
| Relación final de eje              | 4,176                  |
| DIMENSIONES Y CAPACIDADES          |                        |
| Dimensiones mm (L,Al,An,Dist ejes) | 4310/1500/1710/248     |
| Peso bruto vehicular (Kg)          | 1535                   |
| Peso vacío (Kg)                    | 1125                   |



- **Semieje**

Semieje de transmisión RH de aleación de acero 42CrMo4 o su equivalente en AISI/SAE 4140.

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| OE NO.:           | C-GM146-8H  | Accesorios para au... Chevrolet                                 |
| De referencia:    | TY-GYL15A48   | Talla: 925MM/25/22  |
| Material:         | 42CrMo alloy steel                                  | Número de Modelo: C-GM146-8H                                    |
| Garantía:         | 12 Months   | Marca: GJF  |
| Lugar del origen: | Zhejiang, China                                     | Marca de coche: drive shaft for Chevrolet AVEO 1.4 1.6 AT 11-13 |
| Product Name:     | drive shaft for Chevrolet AVEO 1.4 1.6 AT 2011-2013 | Color: black  |
| MOQ:              | 4pcs  | Brand: GJF  |



- **Aros o rines**

Sparco Trofeo 4 de diámetros 14", 16" y 17".



**Rin 14" aluminio**

- 4x100 6.0J – ET39 → Peso de: 6.40 Kg

**Rin 16" aluminio**

- 4x100 6.5J – ET42 → Peso de: 8.00 Kg

**Rin 17" aluminio**

- 4x100 7.0J – ET44 → Peso de: 8.90 Kg

**Rin 14" acero**

- 4x100 6.0J – ET39 → Peso de: 7.9 Kg

**Rin 16" acero**

- 4x100 6.5J – ET42 → Peso de: 10.5 Kg

**Rin 17" acero**

- 4x100 7.0J – ET44 → Peso de: 12.9 Kg



- **Neumático**

Kumho Tire Ecsta PS31



**Neumático 14"**

- 195/60 R14 86H → Peso de: 16 lb (7.26 Kg)

**Neumático 16"**

- 205/45 R16 87W → Peso de: 18 lb (8.17 Kg)

**Neumático 17"**

- 205/40 R17 84W → Peso de: 18 lb (8.17 Kg)



## Circunferencia exterior de la rueda y radio efectivo

$$Diam\ ext\ rueda = 2 \left( (Anchura\ neumático) * \left( \frac{Relación\ perfil}{100} \right) \right) + Diametro\ rin * (25.4)$$

$$r_{efec} = 0.98 * r_{sin}$$

$$r_{con} = 0.92 * r_{sin}$$

## Peso sobre la rueda

$$Peso\ sobre\ la\ rueda = \frac{(peso\ del\ vehículo + (ocupantes)(peso\ ocupantes)) * gravedad}{4\ ruedas}$$

## Fuerza de rozamiento entre la rueda y la superficie ( $\mu_s = 0.85$ )

$$f_r = W_{rueda} * \mu$$

Torque producido por la fuerza de rozamiento y la altura del eje (Torque de oposición en el lado rueda)

$$Torque_{Lado\ rueda} = f_r * r_{con}$$



## Cálculo del torque entregado por el sistema de transmisión al semieje (Torque en el lado de la caja)

$$Rel\ total\ cada\ velocidad = Rel\ cada\ velocidad * Rel\ diferencial$$

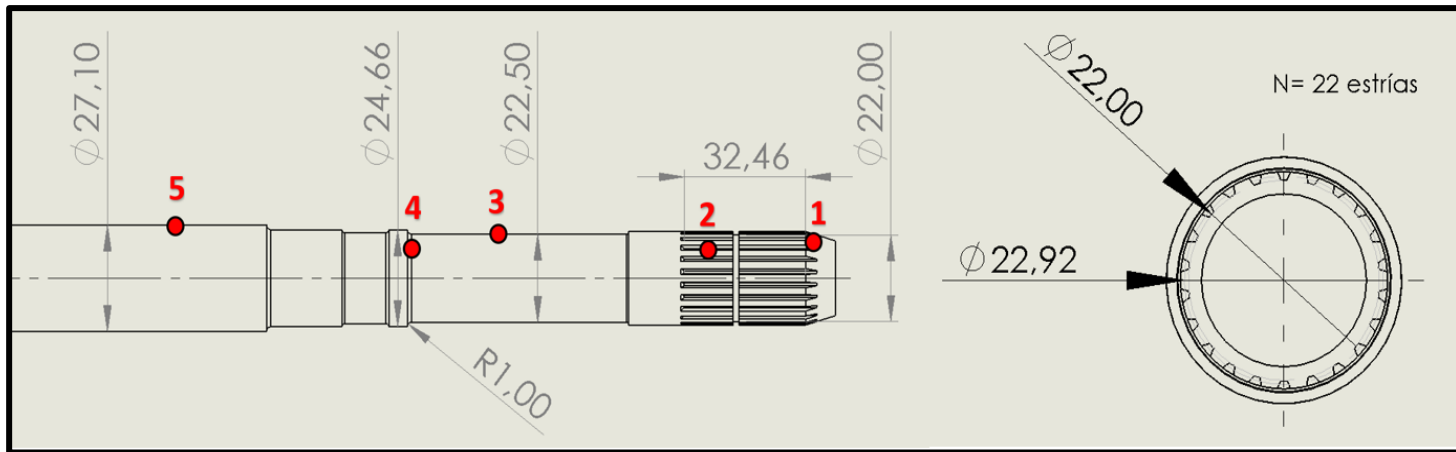
### Torque entregado al palier por parte del conjunto reductor

$$Torque_{palier} = \frac{Torque_{max} * Rel\ total\ cada\ velocidad}{2}$$

|                 | Peso sobre la rueda | Fuerza de rozamiento a vencer | Altura del eje (rcon) | Torsión de resistencia (lado rueda) | Torsión entregada en 1era Vel. (lado caja) | Torsión entregada en reversa (lado caja) |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|--|
| <b>ALUMINIO</b> |                     |                               |                       |                                     |  |  |
| Rin 14"         | 3676,40 N           | 3124,94 N                     | 0,27122 m             | <b>847,55 Nm</b>                    | <b>921,55 Nm</b>                           | 866,46 Nm                                |
| Rin 16"         | 3701,02 N           | 3145,87 N                     | 0,27181 m             | <b>855,08 Nm</b>                    | <b>921,55 Nm</b>                           | 866,46 Nm                                |
| Rin 17"         | 3709,85 N           | 3153,37 N                     | 0,27407 m             | <b>864,24 Nm</b>                    | <b>921,55 Nm</b>                           | 866,46 Nm                                |
| <b>ACERO</b>    |                     |                               |                       |                                     |  |  |
| Rin 14"         | 3691,11 N           | 3137,44 N                     | 0,27122 m             | <b>850,94 Nm</b>                    | <b>921,55 Nm</b>                           | 866,46 Nm                                |
| Rin 16"         | 3725,54 N           | 3166,71 N                     | 0,27181 m             | <b>860,74 Nm</b>                    | <b>921,55 Nm</b>                           | 866,46 Nm                                |
| Rin 17"         | 3749,09 N           | 3186,72 N                     | 0,27407 m             | <b>873,39 Nm</b>                    | <b>921,55 Nm</b>                           | 866,46 Nm                                |



# Cálculo de esfuerzos



## Esfuerzo cortante en las secciones circulares

Momento polar de inercia del área transversal  $\rightarrow J = \frac{\pi * D^4}{32}$

Esfuerzo cortante máximo por torsión  $\rightarrow \tau_{max} = \frac{Tr}{J}$



## Esfuerzo en la raíz de la sección estriada

$$\sigma_b = \frac{W_t}{f * m * J} * K_v * K_a * K_s * K_m * K_B * K_I \quad \text{Unidades SI}$$

## Concentración de esfuerzos

Factor teórico de concentración de esfuerzos  $\rightarrow K_{ts}$

Relaciones entre diámetro mayor, menor y radio de redondeo  $\rightarrow \frac{r}{d} ; \frac{D}{d}$

$$\tau_{max} = K_{ts} \tau_o$$

## Ángulo de giro o deflexión angular

$$\theta = \frac{Tl}{GJ}$$



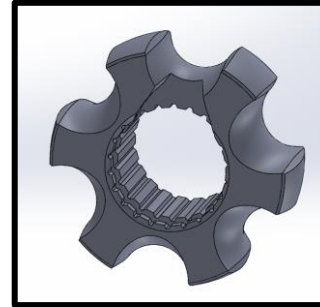
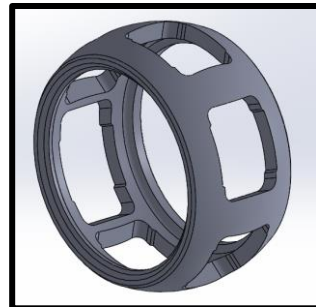
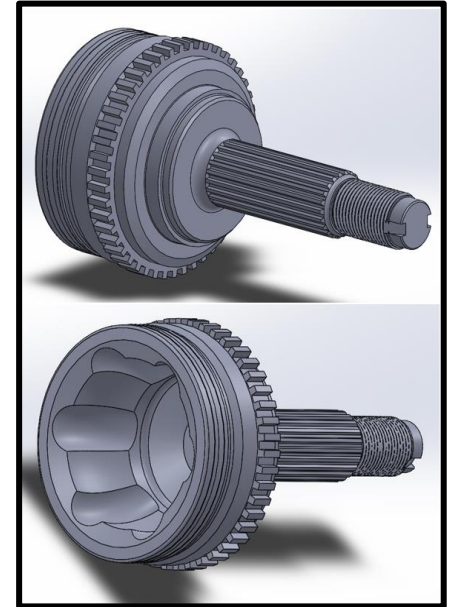
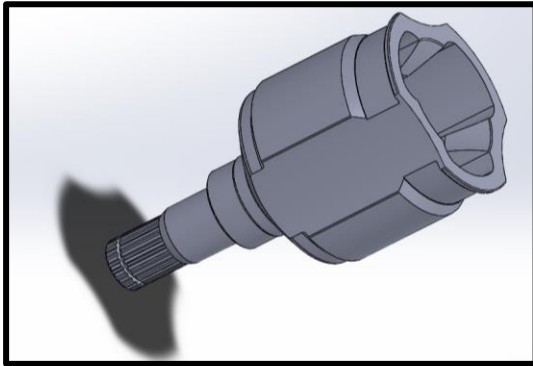
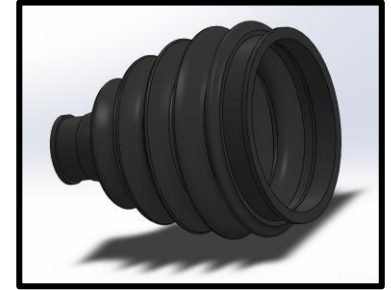
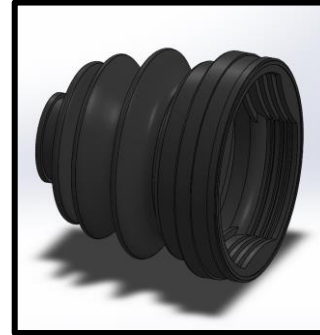
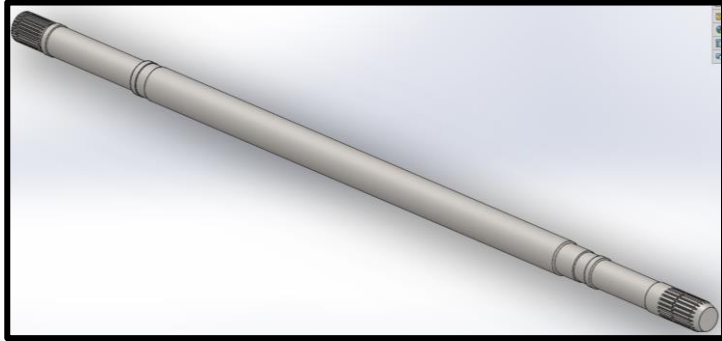


## Esfuerzos obtenidos analíticamente

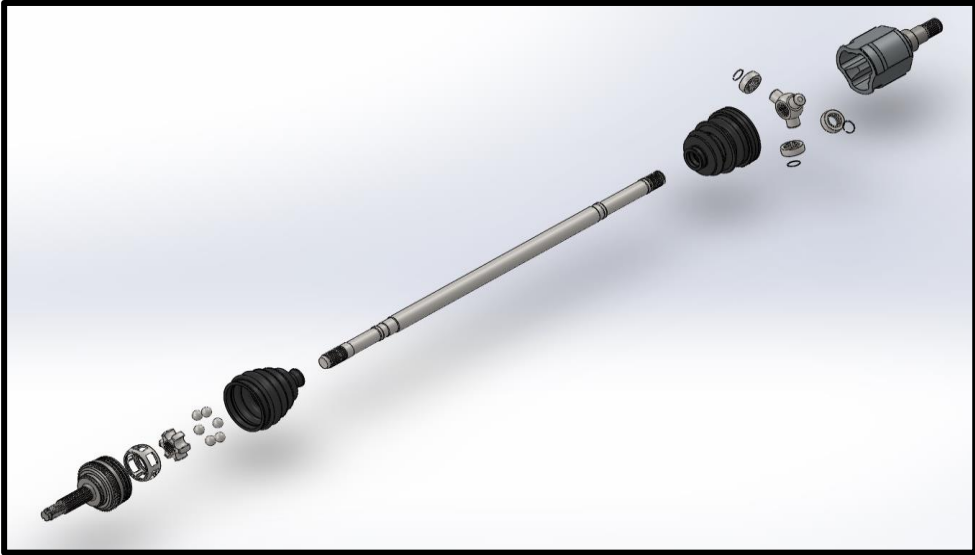
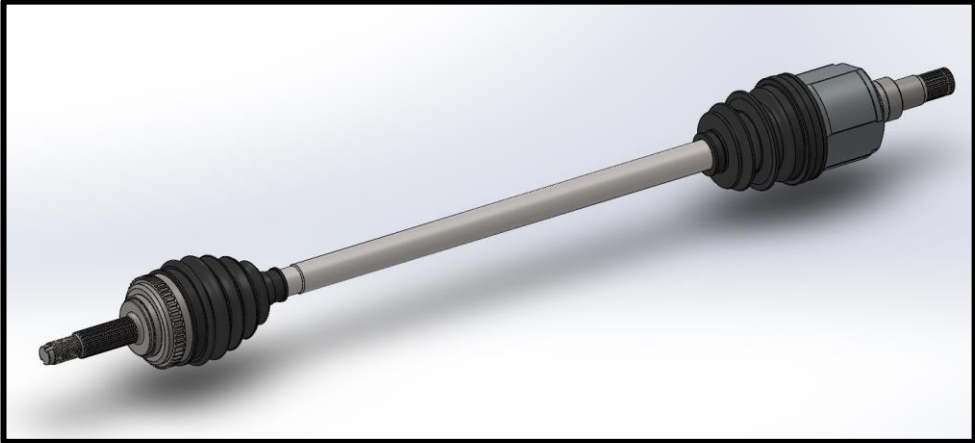
| Torsión                 | Esfuerzo Punto 1 (MPa) | Esfuerzo Punto 2 (MPa) | Esfuerzo Punto 3 (MPa) | Esfuerzo Punto 4 (MPa) | Esfuerzo Punto 5 (MPa) | Deflexión angular (rad) |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Caja</b>             | 440,779                | 691,532                | 412,04                 | 502,689                | 235,82                 | 0,19661354              |
| <b>Rin 14" Aluminio</b> | 405,384                | 636,002                | 378,957                | 462,327                | 216,885                | 0,18082557              |
| <b>Rin 16" Aluminio</b> | 408,986                | 641,653                | 382,324                | 466,435                | 218,812                | 0,18243211              |
| <b>Rin 17" Aluminio</b> | 413,367                | 648,527                | 386,419                | 471,431                | 221,156                | 0,18438640              |
| <b>Rin 14" Acero</b>    | 407,006                | 638,547                | 380,473                | 464,177                | 217,753                | 0,18154883              |
| <b>Rin 16" Acero</b>    | 411,693                | 645,900                | 384,855                | 469,523                | 220,261                | 0,18363967              |
| <b>Rin 17" Acero</b>    | 417,744                | 655,393                | 390,511                | 476,423                | 223,498                | 0,18633856              |



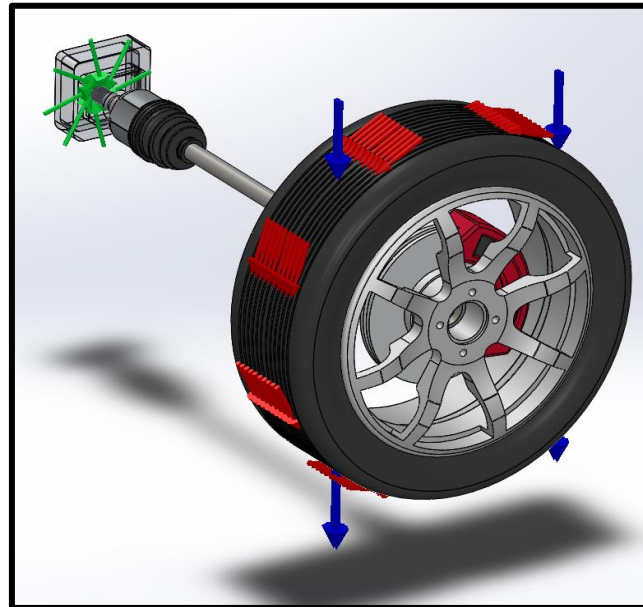
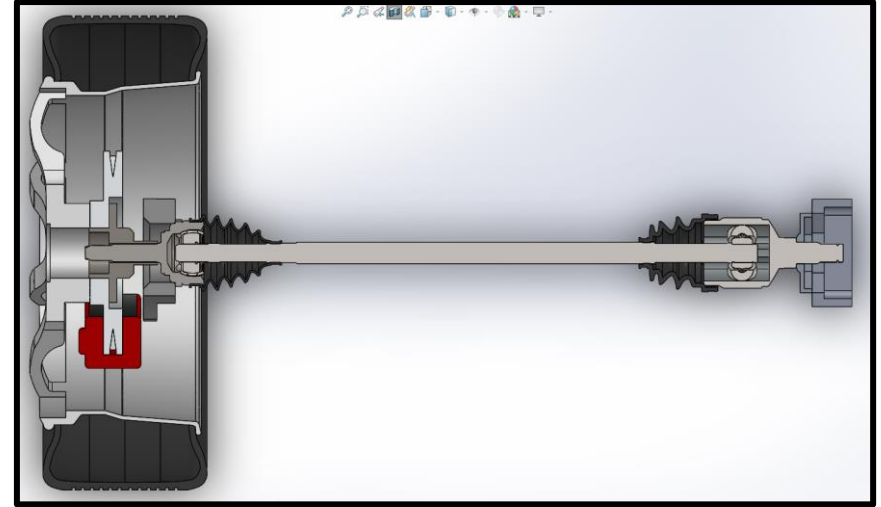
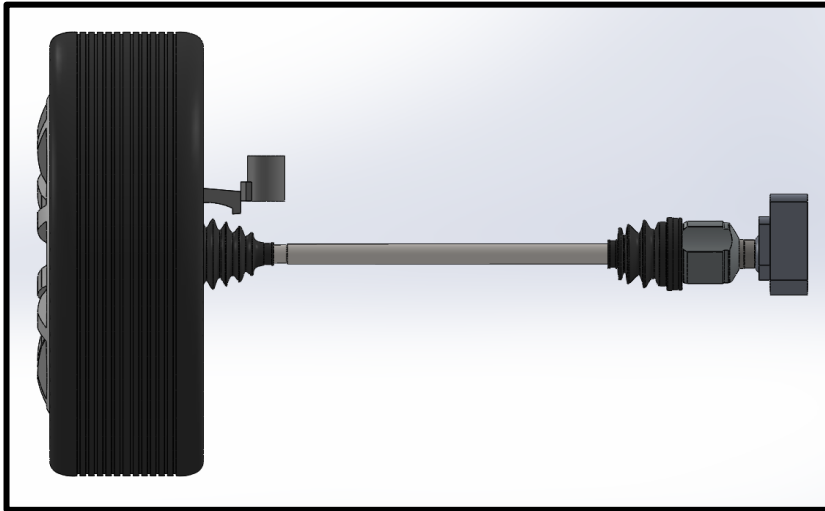
## Modelado de elementos del semieje (CAD)



# Ensamble

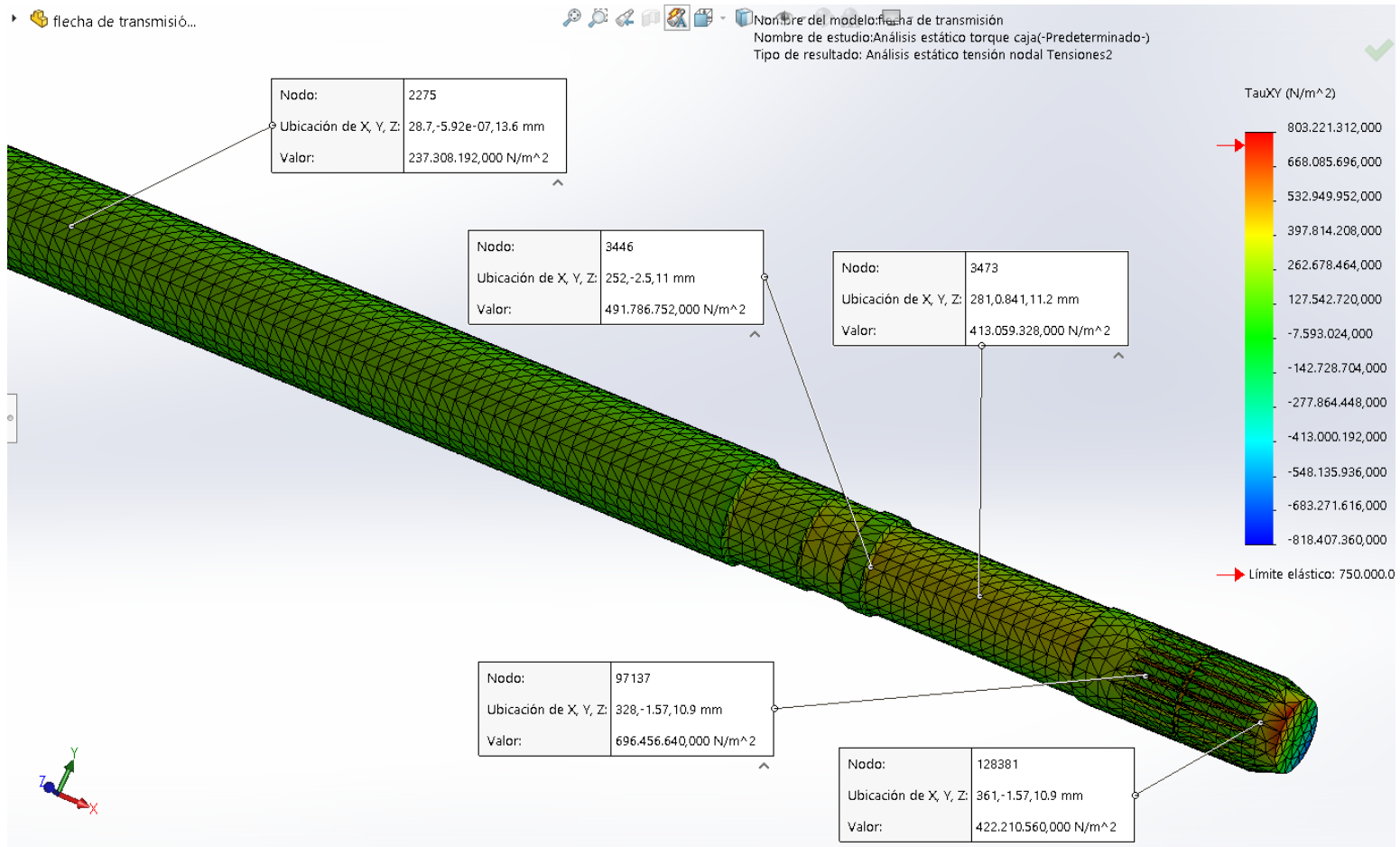


# Representación general del sistema

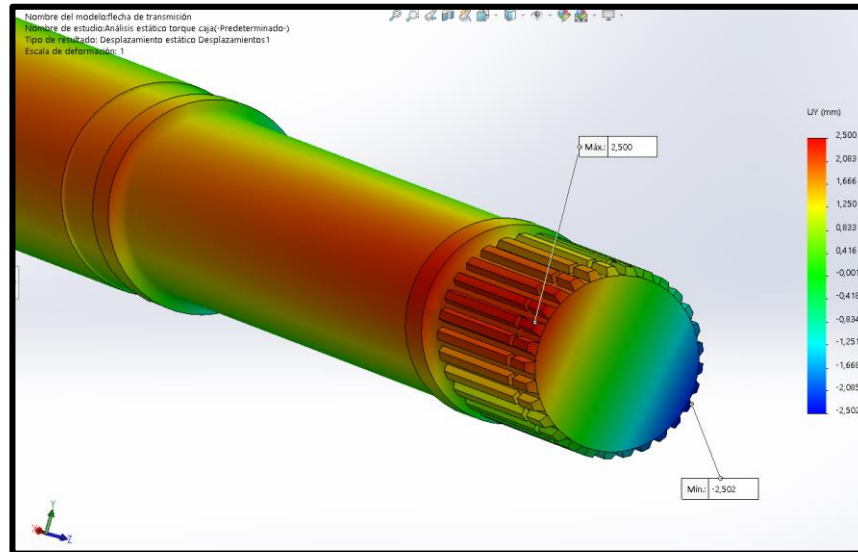
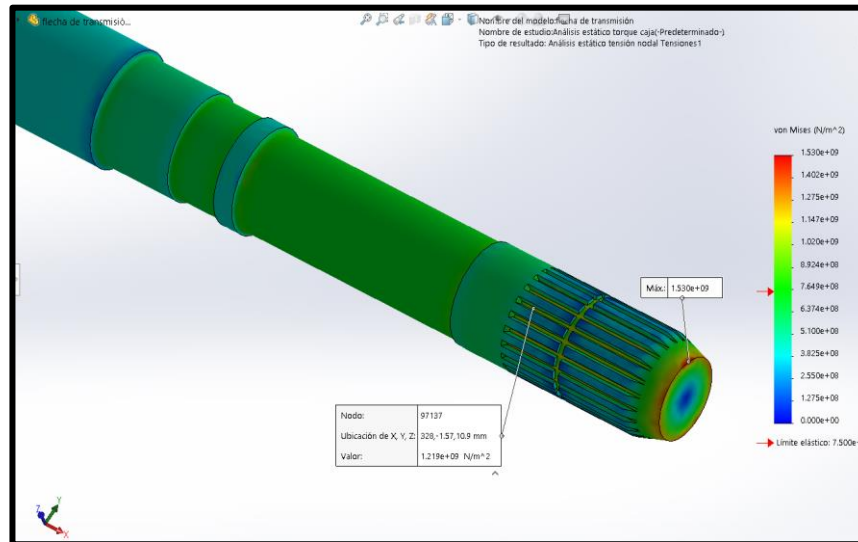


# Simulación de cargas y obtención de esfuerzos (CAE)

- **Carga torsional producida por la transmisión**

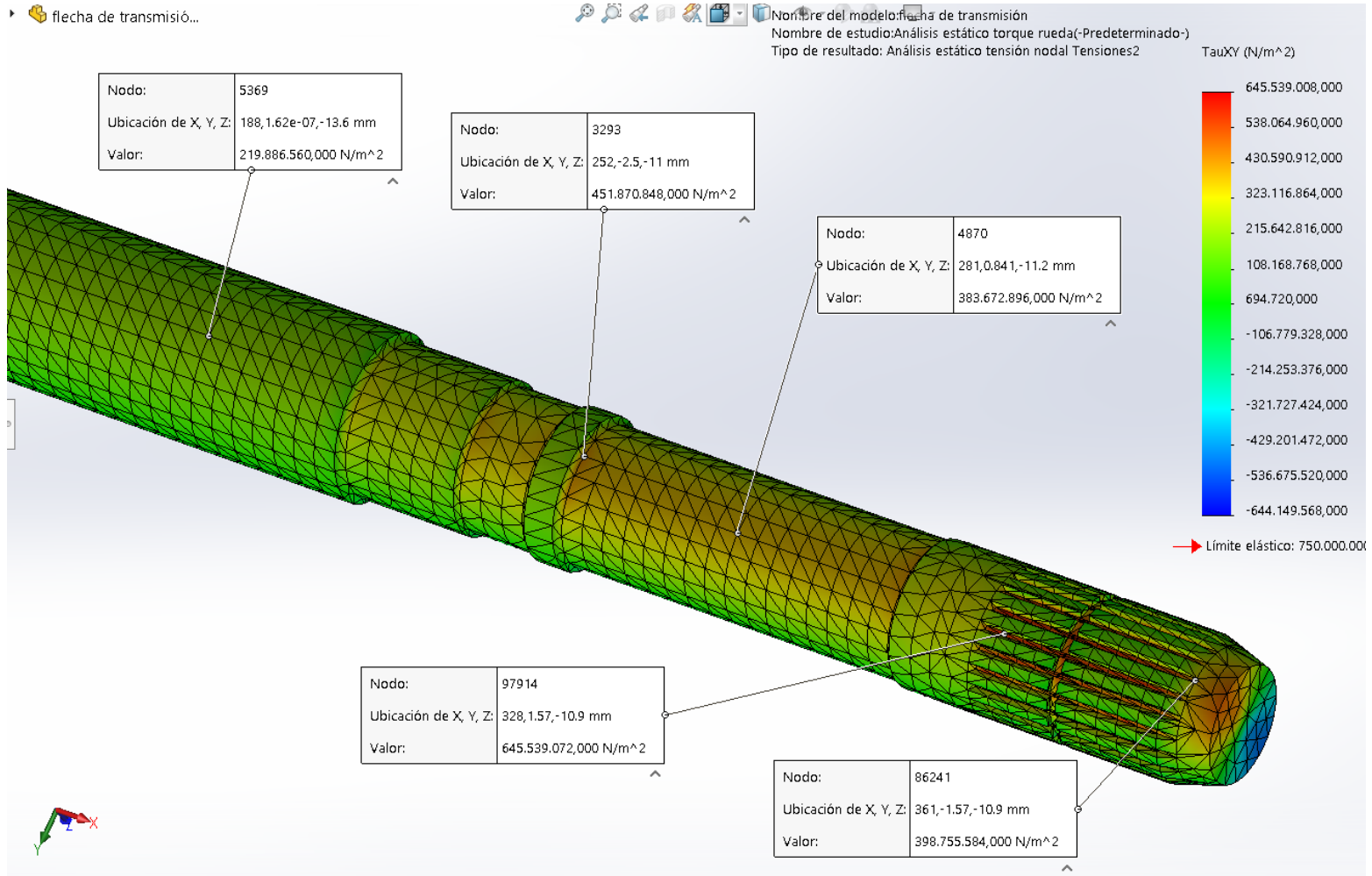


- **Tensión de Von Mises y deflexión angular producida por la transmisión**

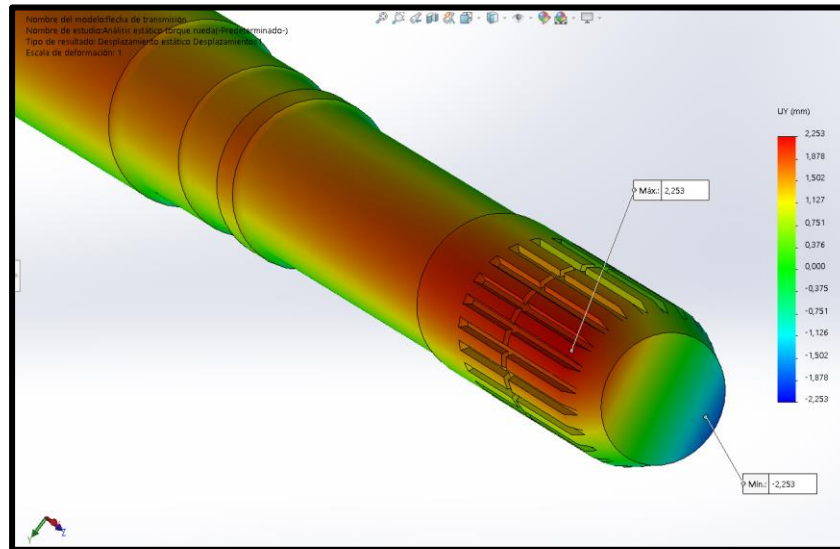
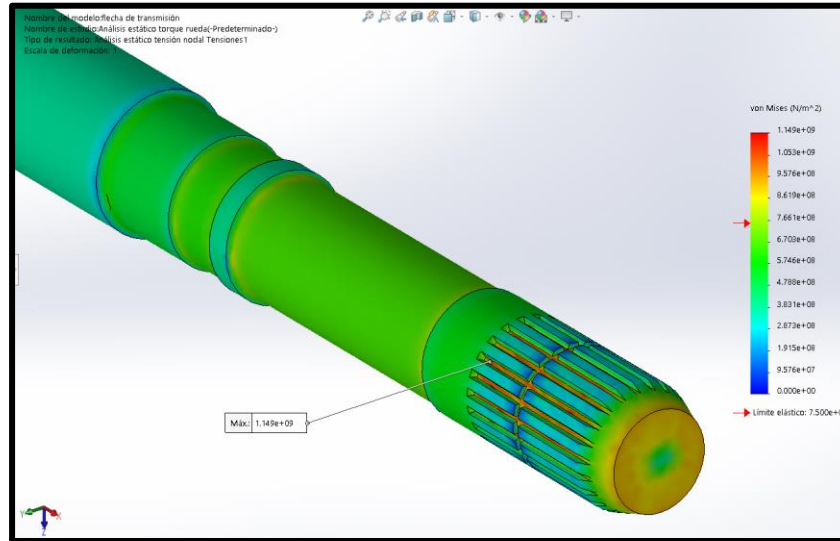


# Carga torsional producida por la rueda R14 aluminio

flecha de transmisión...

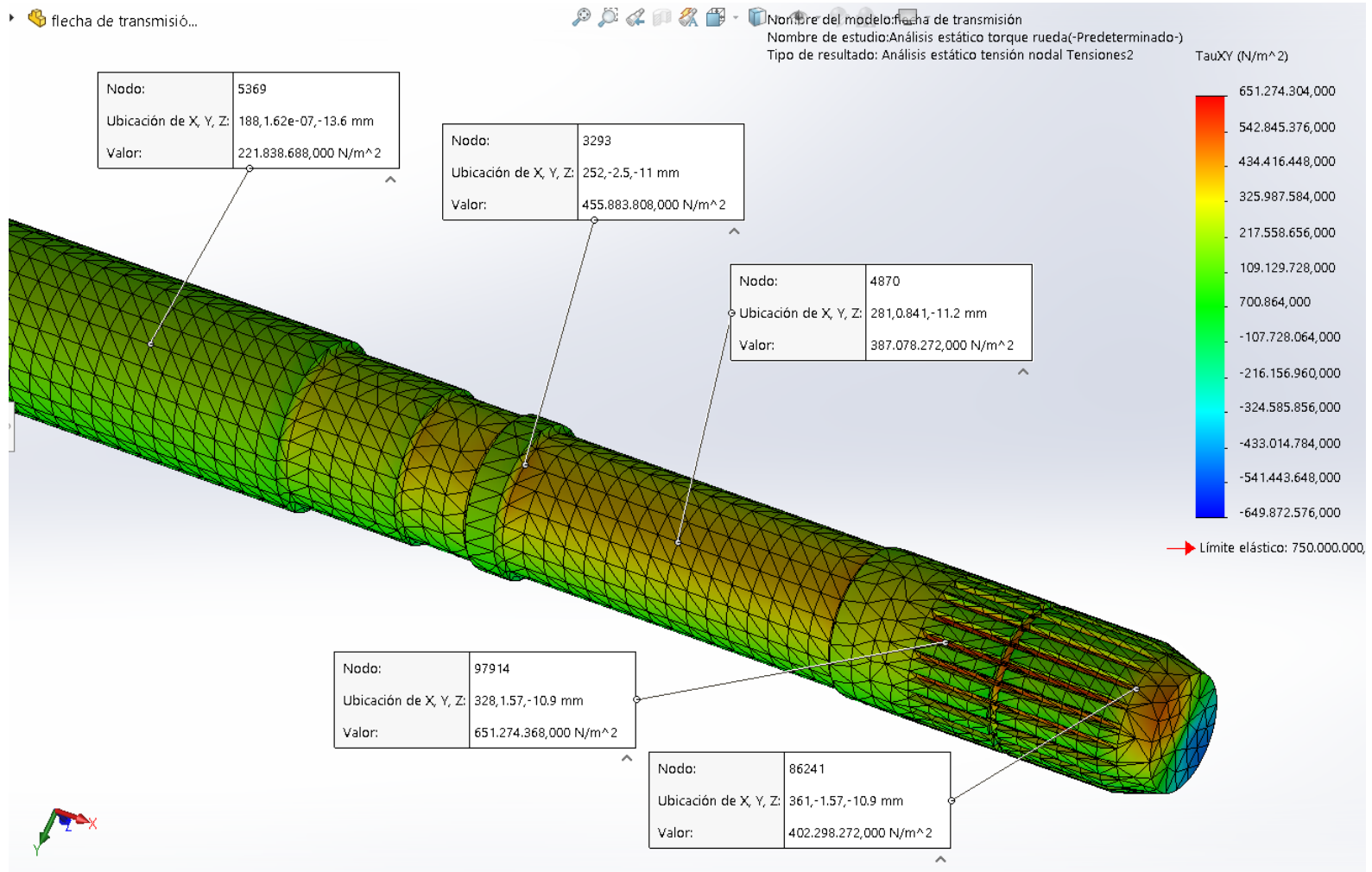


- **Tensión de Von Mises y deflexión angular producida por la rueda R14 aluminio**

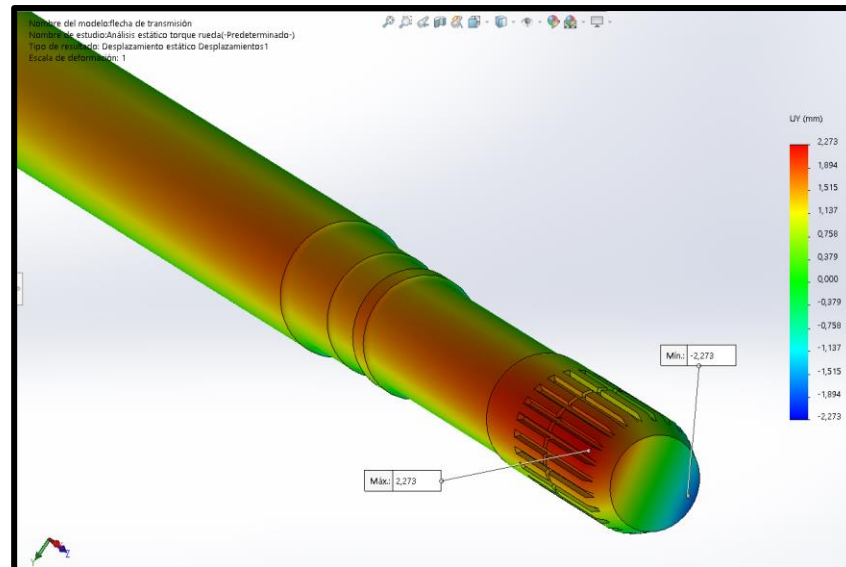
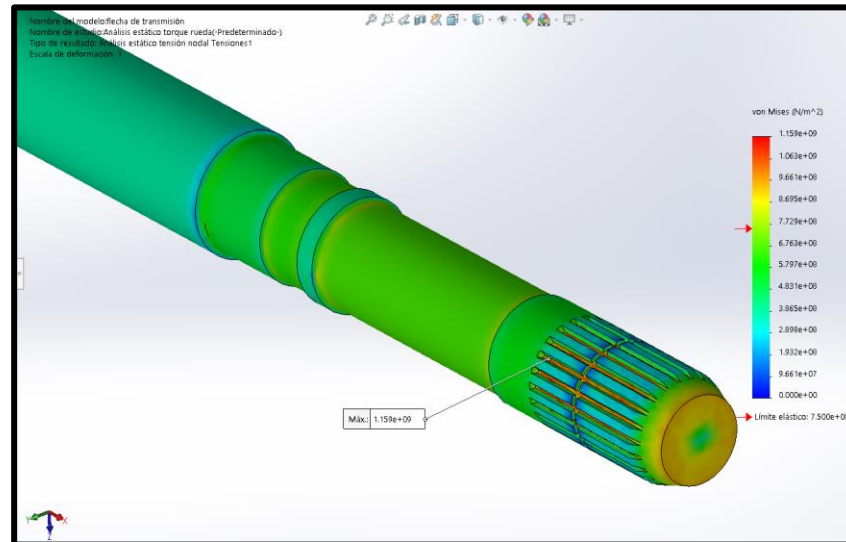




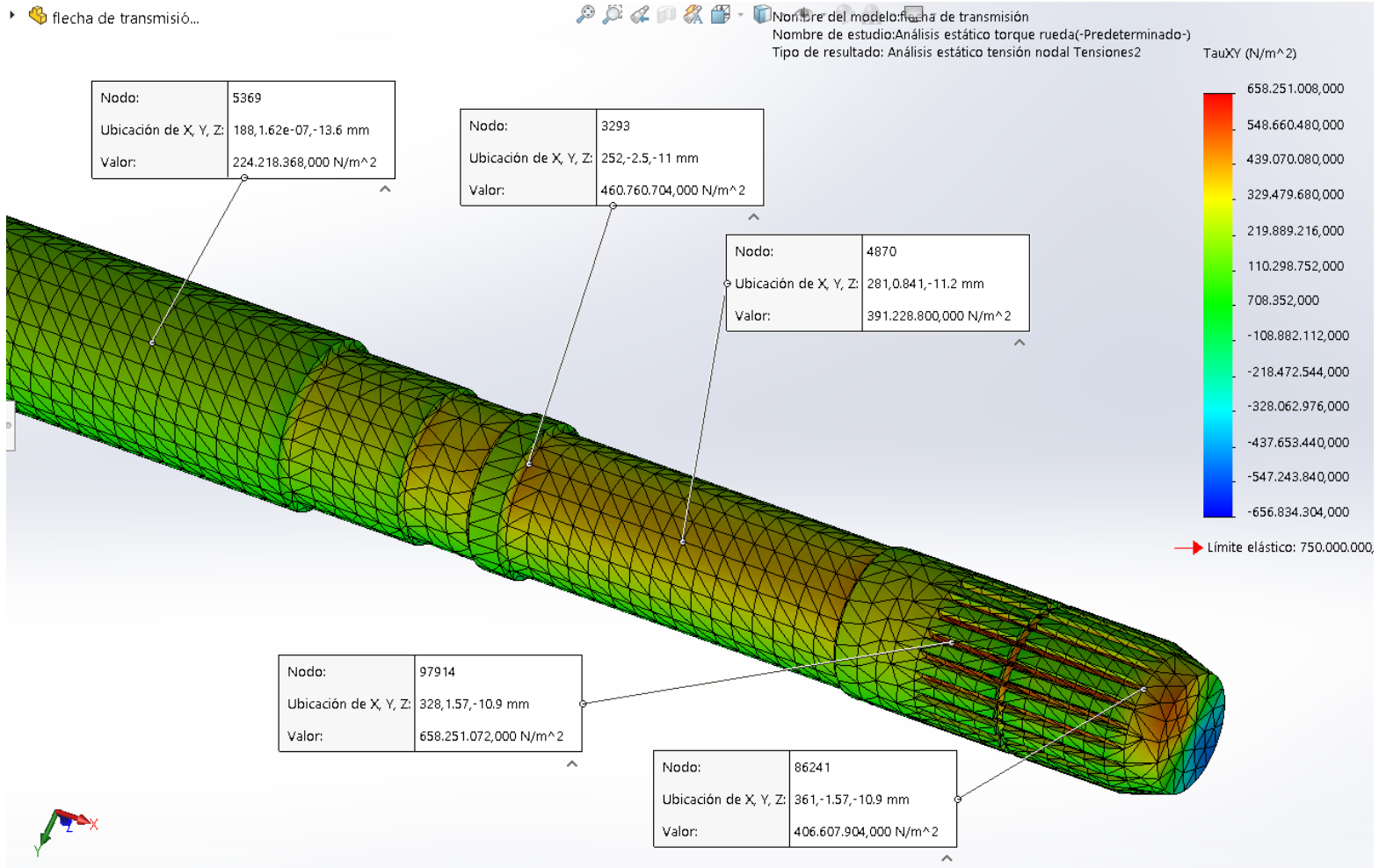
- **Carga torsional producida por la rueda R16 aluminio**



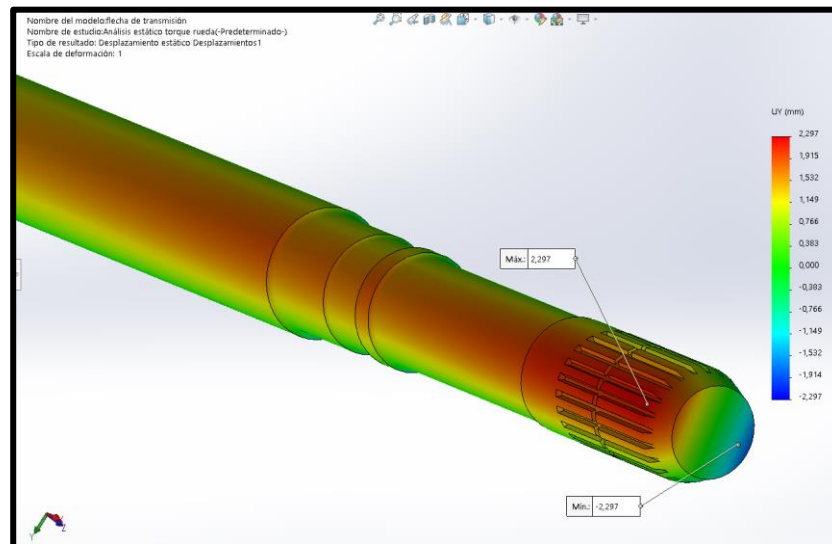
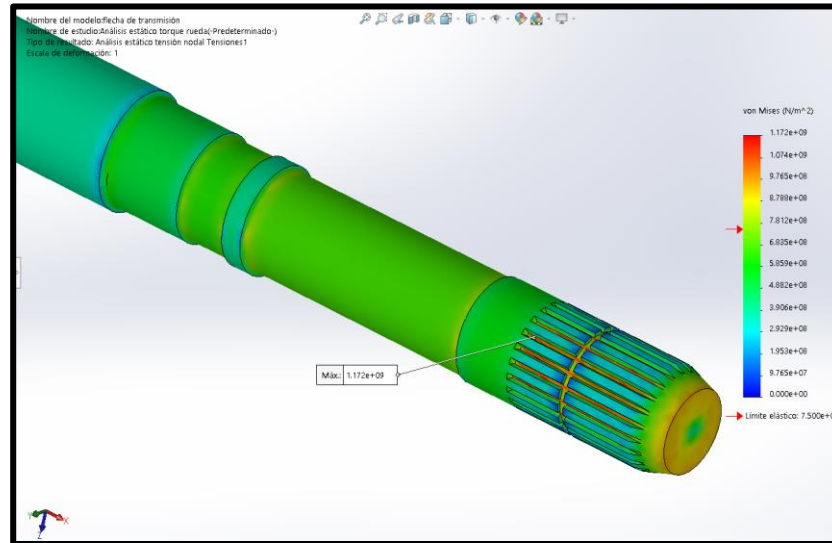
- **Tensión de Von Mises y deflexión angular producida por la rueda R16 aluminio**



- **Carga torsional producida por la rueda R17 aluminio**



- **Tensión de Von Mises y deflexión angular producida por la rueda R17 aluminio**



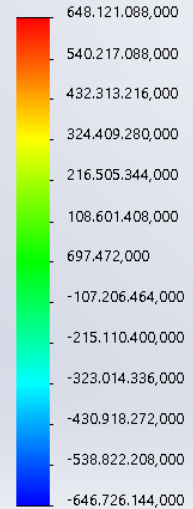
# Carga torsional producida por la rueda R14 acero

▸ flecha de transmisión...

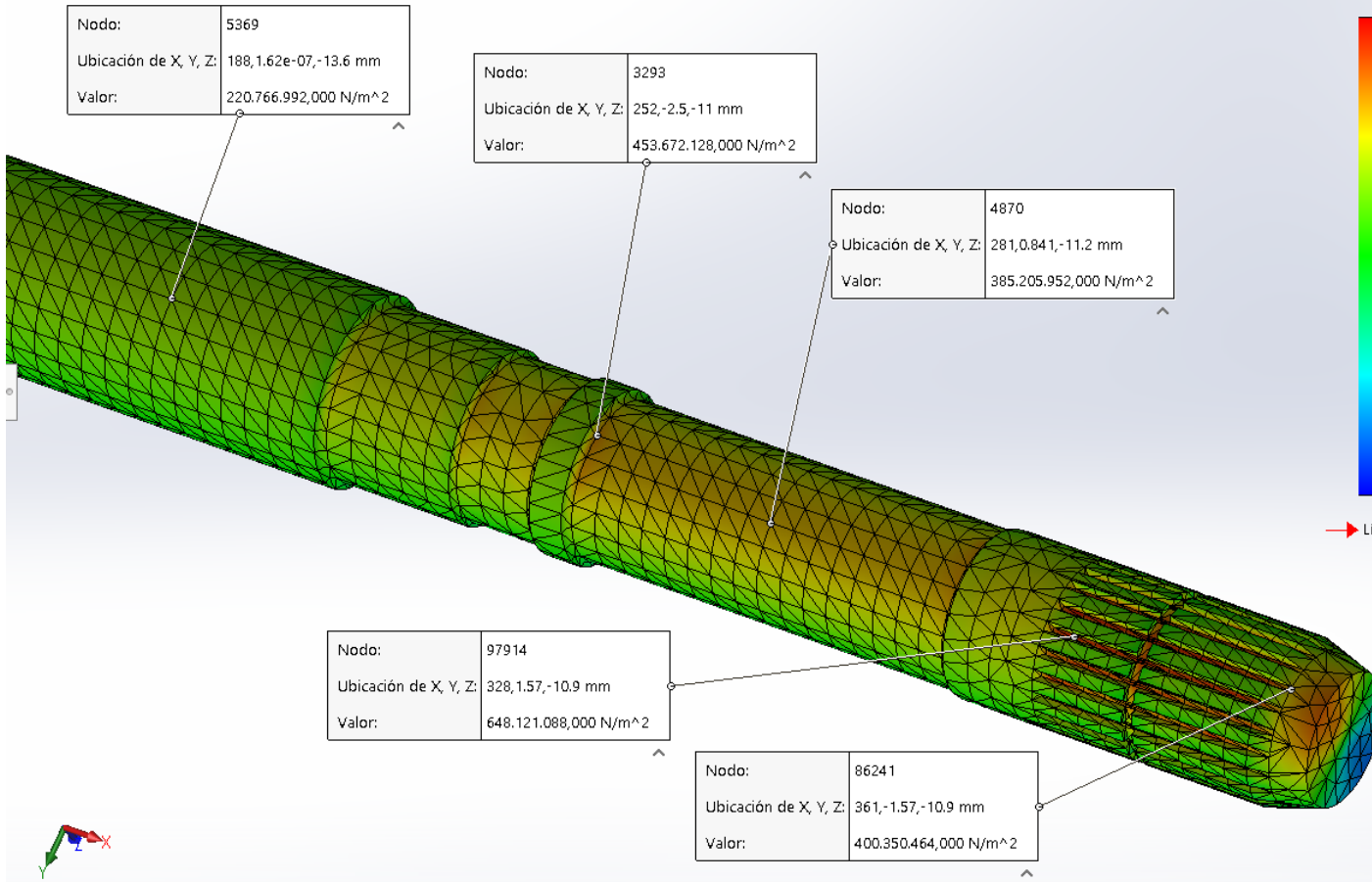


Nombre del modelo: flecha de transmisión  
 Nombre de estudio: Análisis estático torque rueda(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones2

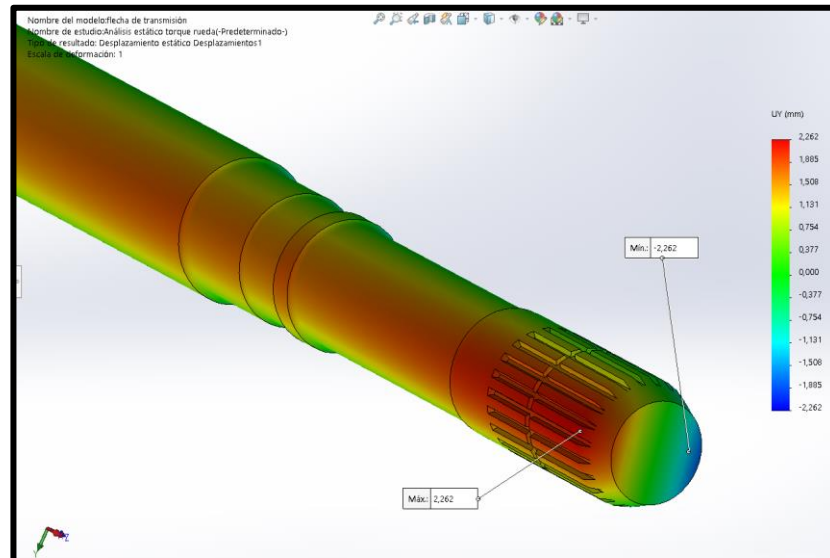
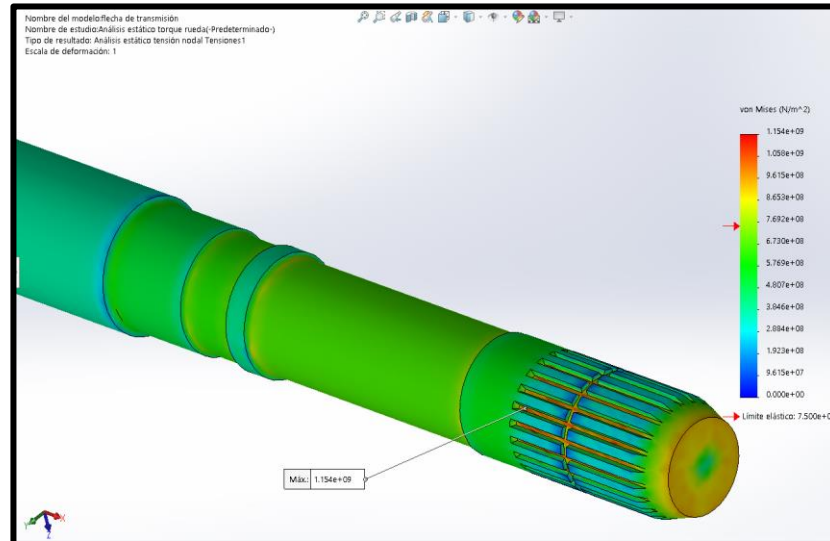
TauXY (N/m<sup>2</sup>)



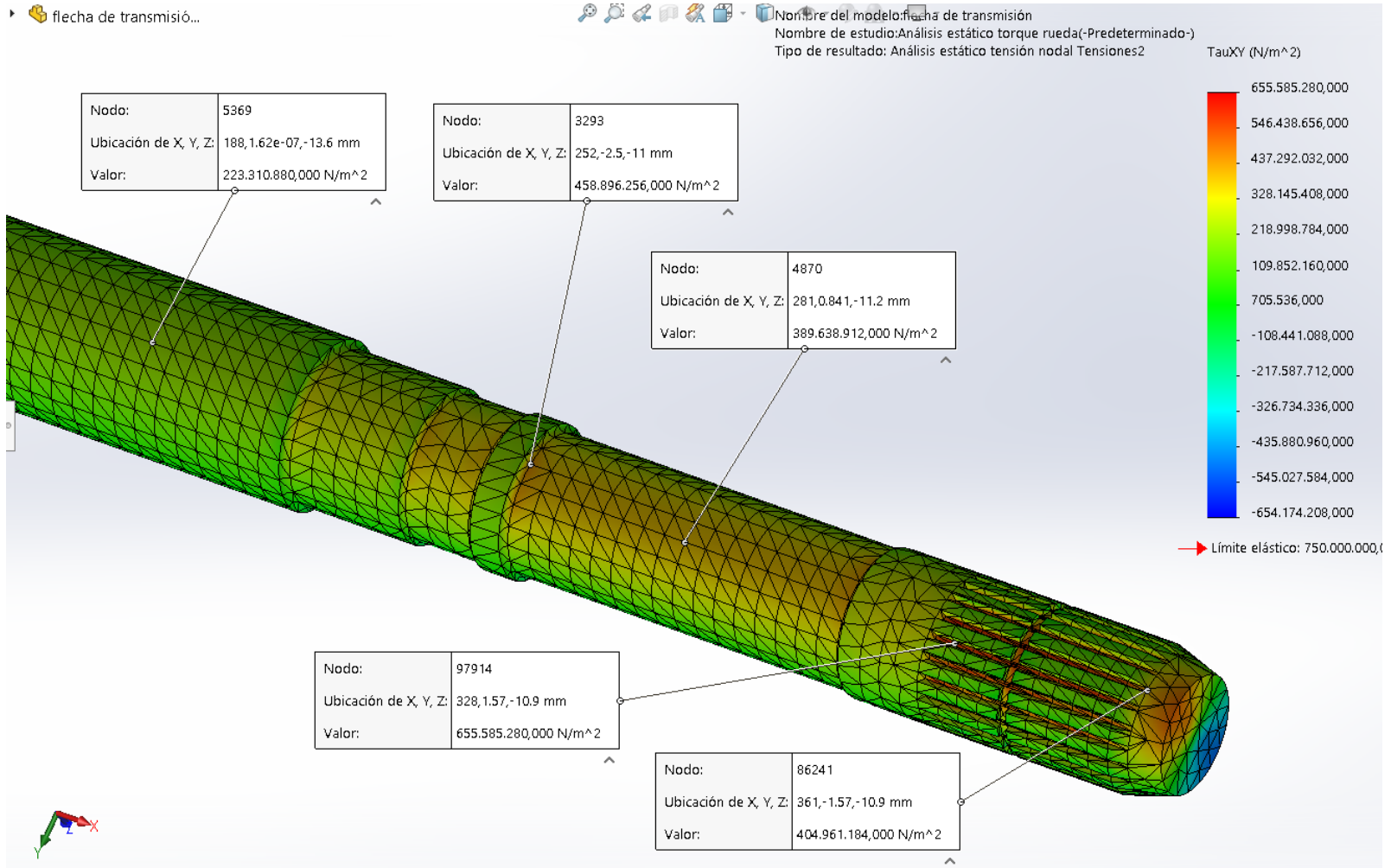
→ Límite elástico: 750.000.000,



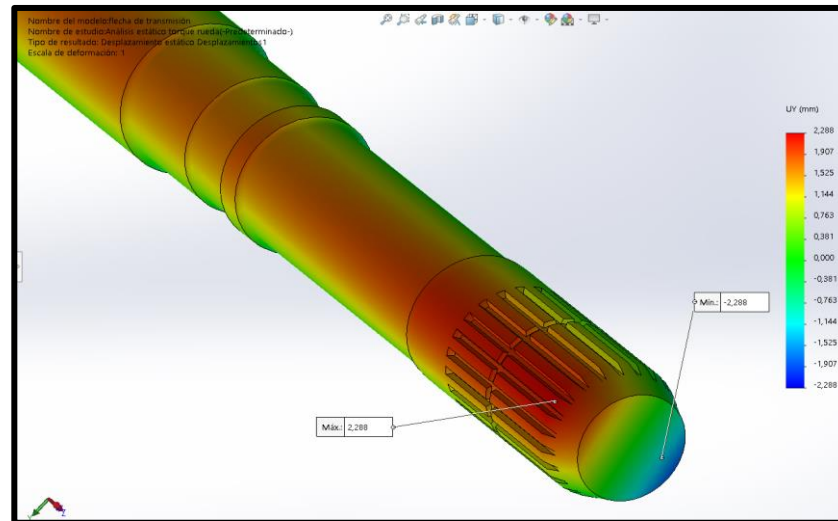
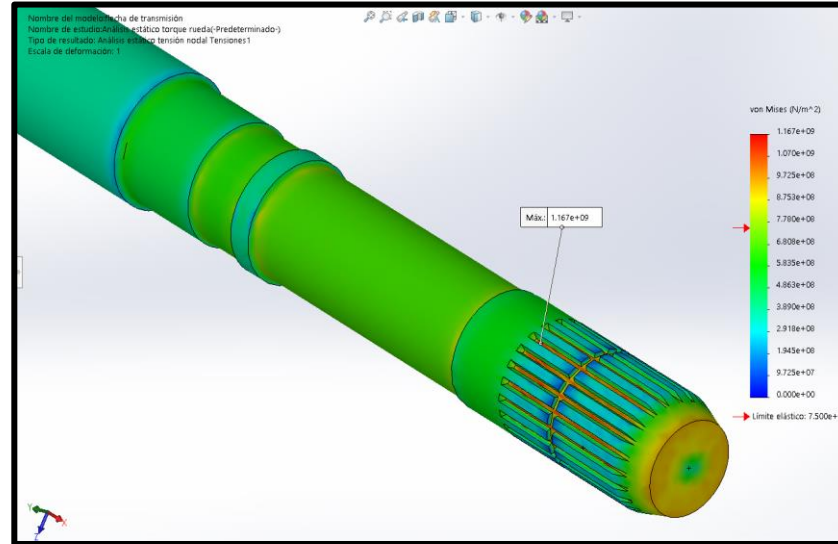
- **Tensión de Von Mises y deflexión angular producida por la rueda R14 acero**



# Carga torsional producida por la rueda R16 acero



- **Tensión de Von Mises y deflexión angular producida por la rueda R16 acero**

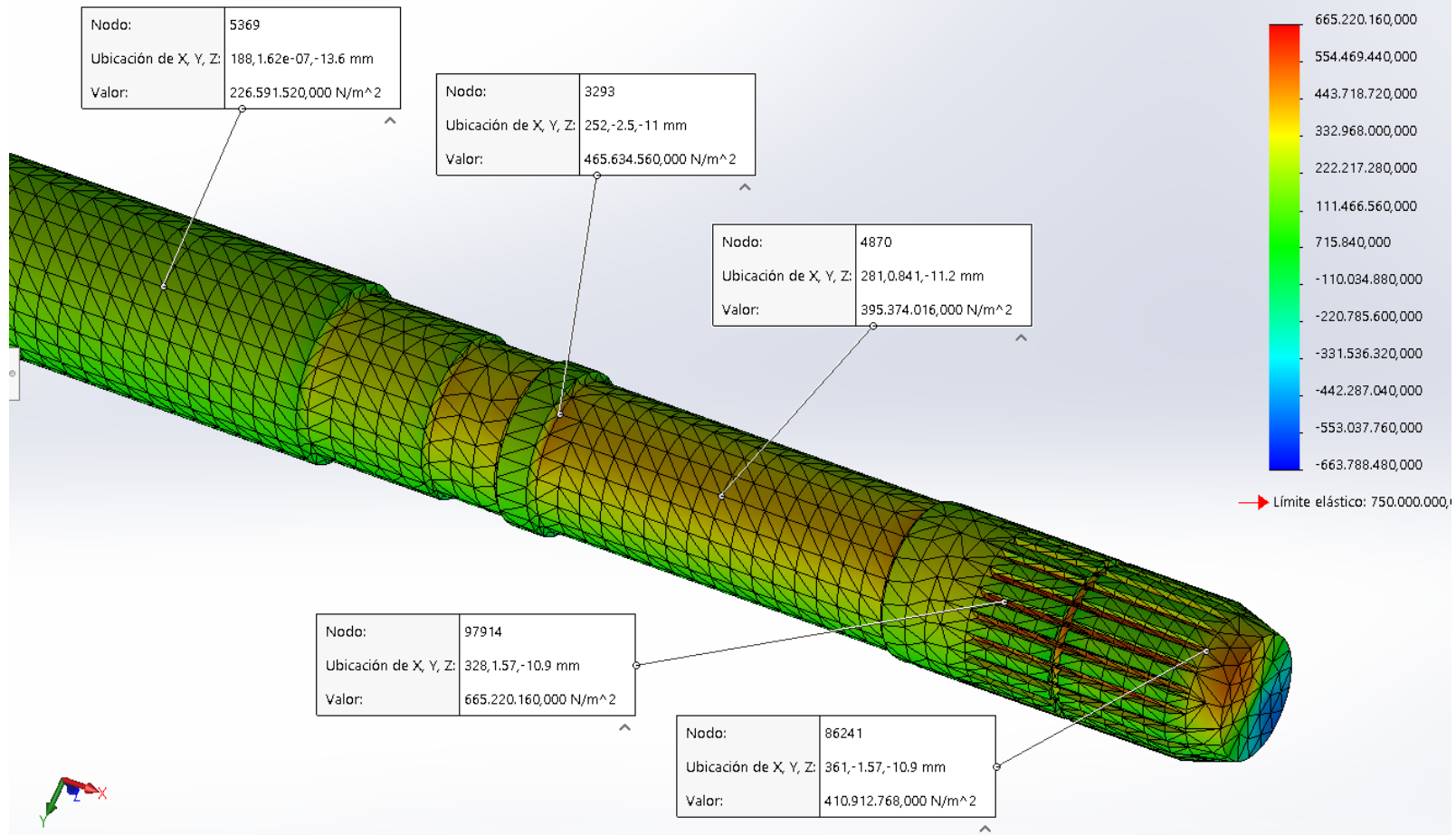




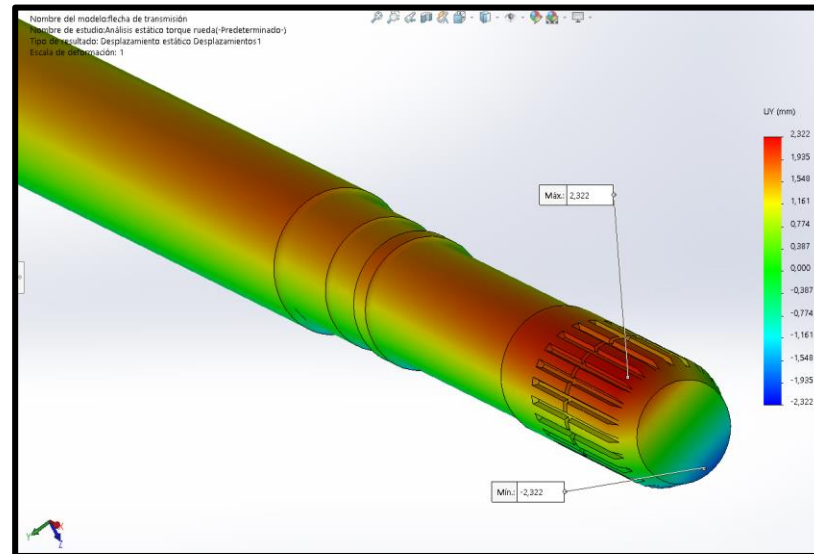
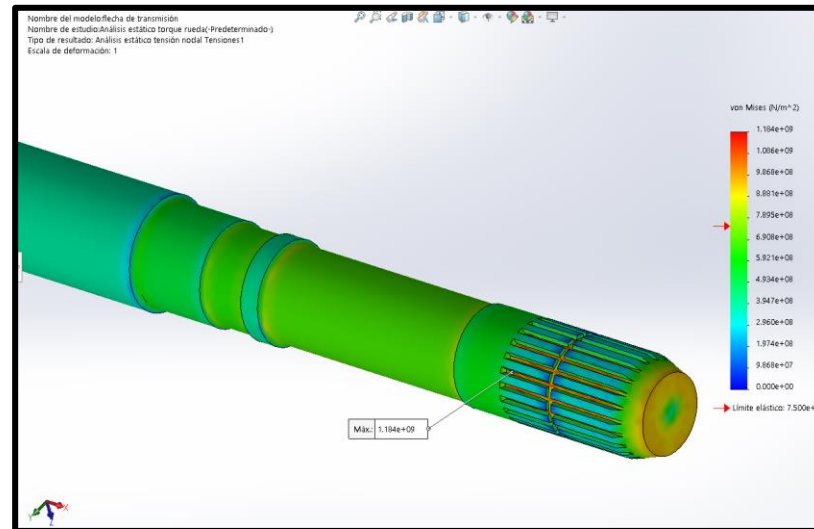
# Carga torsional producida por la rueda R17 acero

flecha de transmissió...

Nombre del modelo: flecha de transmisión  
 Nombre de estudio: Análisis estático torque rueda(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones2



- **Tensión de Von Mises y deflexión angular producida por la rueda R17 acero**



## Esfuerzos obtenidos a través del CAE

| Torsión                 | Esfuerzo máximo de Von Mises (GPa) | Esfuerzo Punto 1 (MPa) | Esfuerzo Punto 2 (MPa) | Esfuerzo Punto 3 (MPa) | Esfuerzo Punto 4 (MPa) | Esfuerzo Punto 5 (MPa) | Deflexión angular (rad) |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Caja</b>             | 1,219                              | 422,211                | 696,457                | 413,059                | 491,786                | 237,308                | 0,19463035              |
| <b>Rin 14" Aluminio</b> | 1,149                              | 398,756                | 645,539                | 383,673                | 451,871                | 219,886                | 0,17533074              |
| <b>Rin 16" Aluminio</b> | 1,159                              | 402,298                | 651,274                | 387,078                | 455,884                | 221,838                | 0,17688716              |
| <b>Rin 17" Aluminio</b> | 1,172                              | 406,608                | 658,251                | 391,229                | 460,761                | 224,218                | 0,17875486              |
| <b>Rin 14" Acero</b>    | 1,154                              | 400,350                | 648,121                | 385,206                | 453,672                | 220,767                | 0,17603113              |
| <b>Rin 16" Acero</b>    | 1,167                              | 404,961                | 655,585                | 389,639                | 458,896                | 223,311                | 0,17805447              |
| <b>Rin 17" Acero</b>    | 1,184                              | 410,913                | 665,220                | 395,374                | 465,634                | 226,591                | 0,18070039              |



# Resultados analíticos VS. Resultados herramienta CAE

## PUNTO 1

| Torsión          | Cálculo analítico (MPa) | Simulación CAE (MPa) | Variación (%) |
|------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| Caja             | 440,779                 | 422,211              | 4,21          |
| Rin 14" Aluminio | 405,384                 | 398,756              |               |
| Rin 16" Aluminio | 408,986                 | 402,298              | 1,63          |
| Rin 17" Aluminio | 413,367                 | 406,608              |               |
| Rin 14" Acero    | 407,006                 | 400,350              |               |
| Rin 16" Acero    | 411,693                 | 404,961              | 1,63          |
| Rin 17" Acero    | 417,744                 | 410,913              |               |

## PUNTO 2

| Torsión          | Cálculo analítico (MPa) | Simulación CAE (MPa) | Variación (%) |
|------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| Caja             | 691,532                 | 696,457              | 0,71          |
| Rin 14" Aluminio | 636,002                 | 645,539              |               |
| Rin 16" Aluminio | 641,653                 | 651,274              | 1,50          |
| Rin 17" Aluminio | 648,527                 | 658,251              |               |
| Rin 14" Acero    | 638,547                 | 648,121              |               |
| Rin 16" Acero    | 645,900                 | 655,585              | 1,50          |
| Rin 17" Acero    | 655,393                 | 665,220              |               |

## PUNTO 3

| Torsión          | Cálculo analítico (MPa) | Simulación CAE (MPa) | Variación (%) |
|------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| Caja             | 412,04                  | 413,059              | 0,25          |
| Rin 14" Aluminio | 378,957                 | 383,673              |               |
| Rin 16" Aluminio | 382,324                 | 387,078              | 1,24          |
| Rin 17" Aluminio | 386,419                 | 391,229              |               |
| Rin 14" Acero    | 380,473                 | 385,206              |               |
| Rin 16" Acero    | 384,855                 | 389,639              | 1,24          |
| Rin 17" Acero    | 390,511                 | 395,374              |               |

## PUNTO 4

| Torsión          | Cálculo analítico (MPa) | Simulación CAE (MPa) | Variación (%) | Concentración de esfuerzo analítico (%) | Concentración de esfuerzo CAE (%) |
|------------------|-------------------------|----------------------|---------------|---|-----------------------------------|
| Caja             | 502,689                 | 491,786              | 2,17          | 22,00                                   | 19,06                             |
| Rin 14" Aluminio | 462,327                 | 451,871              |               |   |                                   |
| Rin 16" Aluminio | 466,435                 | 455,884              | 2,26          | 22,00                                   | 15,09                             |
| Rin 17" Aluminio | 471,431                 | 460,761              |               |   |                                   |
| Rin 14" Acero    | 464,177                 | 453,672              |               |   |                                   |
| Rin 16" Acero    | 469,523                 | 458,896              | 2,26          | 22,00                                   | 15,09                             |
| Rin 17" Acero    | 476,423                 | 465,634              |               |   |                                   |

## PUNTO 5

| Torsión          | Cálculo analítico (MPa) | Simulación CAE (MPa) | Variación (%) |
|------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| Caja             | 235,82                  | 237,308              | 0,63          |
| Rin 14" Aluminio | 216,885                 | 219,886              |               |
| Rin 16" Aluminio | 218,812                 | 221,838              | 1,38          |
| Rin 17" Aluminio | 221,156                 | 224,218              |               |
| Rin 14" Acero    | 217,753                 | 220,767              |               |
| Rin 16" Acero    | 220,261                 | 223,311              | 1,38          |
| Rin 17" Acero    | 223,498                 | 226,591              |               |

## DEFLEXIÓN

| Torsión          | Cálculo analítico (rad) | Simulación CAE (rad) | Variación (%) |
|------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| Caja             | 0,19661354              | 0,19463035           | 1,01          |
| Rin 14" Aluminio | 0,18082557              | 0,17533074           |               |
| Rin 16" Aluminio | 0,18243211              | 0,17688716           | 3,04          |
| Rin 17" Aluminio | 0,18438640              | 0,17875486           |               |
| Rin 14" Acero    | 0,18154883              | 0,17603113           |               |
| Rin 16" Acero    | 0,18363967              | 0,17805447           | 3,04          |
| Rin 17" Acero    | 0,18633856              | 0,18070039           |               |



# Análisis de resultados

- Comparación de diferentes diámetros de Rin y del mismo material (Aluminio)

| Ø RIN   | Esfuerzo (MPa) | Deflexión angular (rad) | Incremento de valores respecto al Rin 14" Aluminio (%) |
|---------|----------------|-------------------------|--|
| Rin 14" | 645,539        | 0,17533074              | 0,00   |
| Rin 16" | 651,274        | 0,17688716              | 0,89   |
| Rin 17" | 658,251        | 0,17875486              | 1,97   |

- Comparación de diferentes diámetros de Rin y del mismo material (Acero)

| Ø RIN   | Esfuerzo (MPa) | Deflexión angular (rad) | Incremento de valores respecto al Rin 14" Acero (%) |
|---------|----------------|-------------------------|---|
| Rin 14" | 648,121        | 0,17603113              | 0,00  |
| Rin 16" | 655,585        | 0,17805447              | 1,15  |
| Rin 17" | 665,220        | 0,18070039              | 2,65  |

- Comparación del mismo diámetro de Rin y de diferente material (Aluminio VS Acero)

| Ø RIN   | Esfuerzo Rin Aluminio (MPa) | Esfuerzo Rin Acero (MPa) | Deflexión angular Rin Aluminio (rad) | Deflexión angular Rin Acero (rad) | Diferencia (%) |
|---------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Rin 14" | 645,539                     | 648,121                  | 0,17533074                           | 0,17603113                        | 0,40           |
| Rin 16" | 651,274                     | 655,585                  | 0,17688716                           | 0,17805447                        | 0,66           |
| Rin 17" | 658,251                     | 665,220                  | 0,17875486                           | 0,18070039                        | 1,06           |



# CONCLUSIONES

- Se determinó que un semieje de transmisión al instante del arranque (romper el reposo), está dominado casi en su totalidad por momentos torsionales provenientes de la transmisión y otro opuesto correspondiente a la rueda, mientras que las cargas axiales o flexionantes son despreciables.
- Se determinó que uno de los materiales más adecuados y utilizados para la construcción de un semieje de transmisión y puntualmente el de un Chevrolet Aveo 1.6 es el AISI 4140 o su equivalente en DIN el 42CrMo4.
- Se realizó el modelado dimensionalmente exacto de cada elemento del semieje de transmisión del vehículo propuesto y se presentó su configuración real, así como también se representó las fuerzas actuantes sobre el mismo.
- La mayor carga torsional proveniente de la transmisión se produce en la primera velocidad y es de 921.55 Nm, mientras que la producida por la rueda depende tanto del peso sobre la rueda, como de la altura del eje. Se evidenció y se cuantificó que las ruedas más grandes ya sea en aluminio o acero presentan una mayor carga torsional por ser las más pesadas y en algunos casos tener un diámetro mayor.



# CONCLUSIONES

- Se determinó tanto analíticamente como mediante la simulación CAE que los valores de esfuerzo máximos presentes en el palier se dan en la parte inferior de la zona estriada, siendo esta zona y por consiguiente las juntas homocinéticas las más afectadas por la modificación de características de las ruedas.
- Los esfuerzos máximos causados por los rines de aluminio de 14", 16" y 17" son de 645.539, 651.274 y 658.251 MPa respectivamente.
- Los esfuerzos máximos causados por los rines de acero de 14", 16" y 17" son de 648.121, 655.585 y 665.22 MPa respectivamente.
- Un cambio de ruedas (plus 2) de 14" a 16", produce un incremento de esfuerzos de 5.7 MPa en el semieje, es decir de 0.89%, para aros de aluminio.
- Un cambio de ruedas (plus 2) de 14" a 16", produce un incremento de esfuerzos de 7.5 MPa en el semieje, es decir de 1.15%, para aros de acero.
- Un cambio de ruedas (plus 3) de 14" a 17", produce un incremento de esfuerzos de 12.7 MPa en el semieje, es decir de 1.97%, para aros de aluminio.
- Un cambio de ruedas (plus 3) de 14" a 17", produce un incremento de esfuerzos de 17.1 MPa en el semieje, es decir de 2.65% para aros acero.



# CONCLUSIONES

- Los incrementos de esfuerzos obtenidos inevitablemente causarán una aceleración del desgaste de los componentes del semieje, sobre todo de los elementos que reciben las cargas de torsión como son las juntas homocinéticas, pudiendo presentar un mayor desgaste de la pista de bolas en el caso de la junta fija de bolas y del trípode en el caso de la junta desplazable, afectando en el mismo nivel sus respectivas campanas, y de esta manera eventualmente terminar en daños importantes de estos componentes.
- El incremento en el desgaste de los elementos del semieje, evidentemente acarreará una reducción de la vida útil del mismo, incrementando la frecuencia de operaciones de mantenimiento y por ende aumentando tiempos y costos de realización de dichos trabajos de mantenimiento.
- La manera más adecuada de realizar la modificación de ruedas es buscando mantener constante el diámetro exterior de la rueda (diámetro exterior equivalente al de las ruedas originales) de esta manera evitando incrementar más de lo necesario los esfuerzos producto del cambio.
- Se cumple la pretensión que el presente estudio tenía de visibilizar y cuantificar los efectos de las modificaciones de las características de las ruedas en un semieje de transmisión, de esta manera pudiendo brindar una guía en la parte científica en lo que respecta a la modificación de ruedas.





# RECOMENDACIONES

- Se recomienda contar con el conocimiento técnico mínimo para realizar una modificación de características de las ruedas, pues el llevarlo a cabo con total desconocimiento podría llevar a resultados que en su mayor parte sean adversos o inconvenientes.
- Evaluar los pros y contras de la modificación de las características de las ruedas antes de tomar la decisión de llevar a cabo estas operaciones.
- Se recomienda realizar operaciones de mantenimiento preventivo con mayor frecuencia a la habitual si se lleva a cabo la modificación de las ruedas, realizando comprobaciones visuales del estado del palier, juntas homocinéticas, estado de los guardapolvos y lubricación adecuada, para minimizar daños en los mismos.
- Para futuros trabajos de investigación se puede plantear estudios de esfuerzos sometiendo al semieje a otras condiciones a las evaluadas en este trabajo de investigación, pudiendo ser por ejemplo múltiples condiciones de recorrido o a su vez diferentes materiales del palier, o estudios de fatiga, entre otros.





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

**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN**

