

SIMULACIÓN Y ENSAYO DE RIGIDEZ TORSIONAL DE UN CHASIS DE UN VEHÍCULO TODO TERRENO

Andrés Martínez del Pezzo, Benjamin Cavallin, Marcos Actis

UID – GEMA, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería de La Plata

Calle 48 y 116 La Plata. CP 1900. Contacto: amartinez.delpezzo@ing.unlp.edu.ar

Palabras clave: Vehículo todo terreno, rigidez torsional, simulación numérica, ensayo validación.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe el estudio de rigidez torsional realizado sobre el chasis jaula de un vehículo todo terreno. Los parámetros tales como rigidez torsional y rigidez flexional son determinantes a la hora de definir el confort de marcha y las características dinámicas del vehículo en estudio.

En primera instancia se realizó un estudio numérico utilizando el software de elementos finitos ABAQUS (figura 1), con el objeto de establecer los parámetros a emplear para realizar el ensayo sobre la estructura real del vehículo (figura 4), y posteriormente utilizarlo para realizar otros estudios. Para tal efecto se estimaron las cargas necesarias a aplicar a la estructura para obtener deformaciones medibles, sin comprometer la integridad estructural del chasis-jaula.

En segunda instancia se realizó un ensayo sobre el chasis jaula del vehículo para determinar la rigidez torsional de la estructura, utilizando un sistema hidráulico para aplicar las cargas. Este ensayo además de permitir relevar el valor de la rigidez de la estructura permitió validar el modelo de elementos finitos el cual fue utilizado para estudios posteriores.

PARTE EXPERIMENTAL

Simulación numérica

Para la simulación se utilizó el software de elementos finitos ABAQUS. En este estudio se despreció la influencia de las chapas que conforman el piso, el parallamas, la parte trasera del habitáculo, la caja de carga y los guardabarros, con lo cual el resultado obtenido fue conservativo.

Todo el modelo fue construido utilizando elementos viga lineales (de dos nodos), elementos tipo B31 según nomenclatura del software ABAQUS. Este tipo de elementos

soportan bien las tensiones de corte, por lo cual funcionan bien para vigas no esbeltas, las cuales se corresponden con la mayoría de los elementos de la estructura chasis jaula.

Las parrillas fueron confeccionadas utilizando rótulas y juntas pasador, elementos que transmiten las cargas normales y de corte pero no los momentos. De esta forma el modelo tiende a poseer el mismo comportamiento que la estructura real. En el caso de los resortes, estos fueron situados en el mismo lugar que el vehículo real, pero por la naturaleza del estudio fueron reemplazados por vigas rígidas. Por el lado de los amortiguadores, como transfieren al chasis una carga pequeña al cargarlos de forma cuasi-estática, se desprecia su influencia en el modelo. Todas estas simplificaciones se justifican ya que lo que se busca determinar es la rigidez del chasis solamente, para lo cual todos los elementos de la suspensión deben permanecer rígidos, de forma de no contribuir al desplazamiento / rotación de la estructura, lo cual podría inducir una errónea estimación de su rigidez.

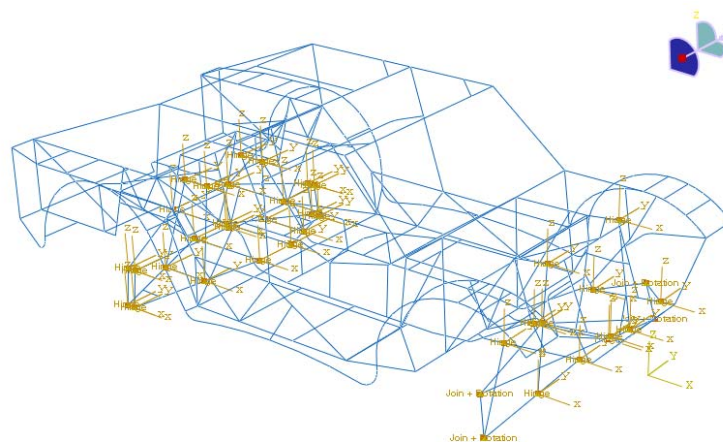


Figura 1
Estructura utilizada en el análisis, mostrando las parrillas de suspensión y sus accesorios.

En cuanto a las condiciones de contorno asumidas, se vincularon las dos ruedas traseras (restringiendo los desplazamientos verticales y longitudinales pero no los transversales), y sobre cada rueda delantera se aplicó una carga vertical con sentido opuesto para cada una, de forma de crear las componentes del momento torsor (ver figura 2).

Para este estudio, por tratarse de una estructura no simétrica en el sentido longitudinal, se estimó la rigidez torsional en sentido anti-horario y en sentido horario.

Los puntos de medición se situaron sobre los largueros secundarios del chasis, los que conforman el piso del vehículo (figura 3).

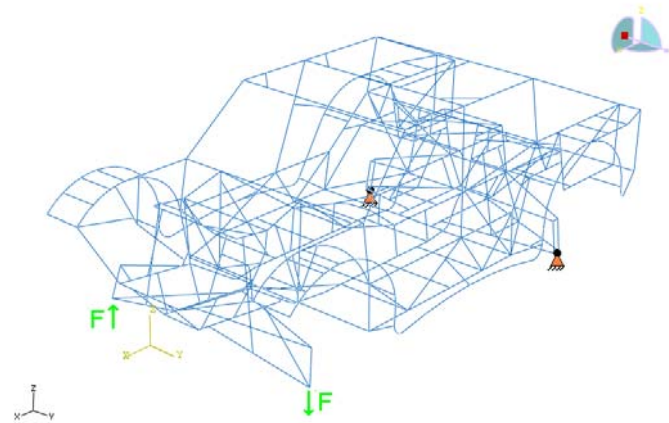


Figura 2
Ubicación de los vínculos y las cargas.

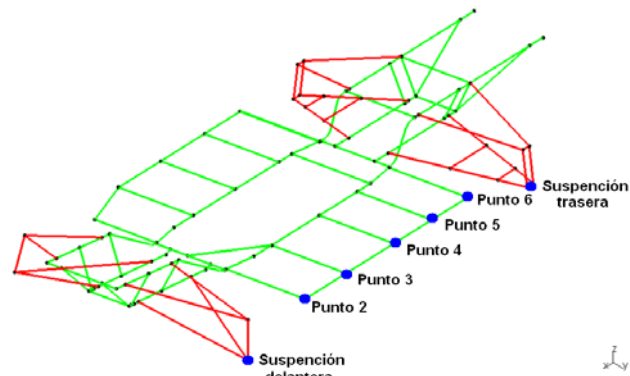
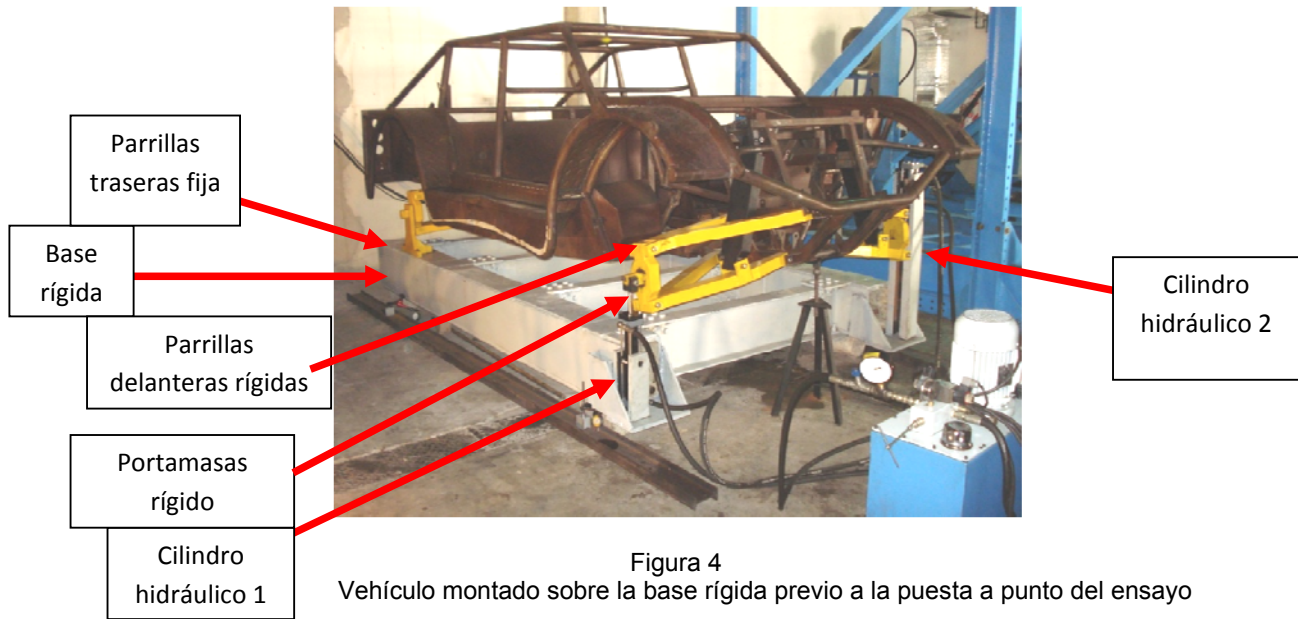


Figura 3
Puntos del lado izquierdo donde se midió la deflexión de la estructura.

Ensayo real

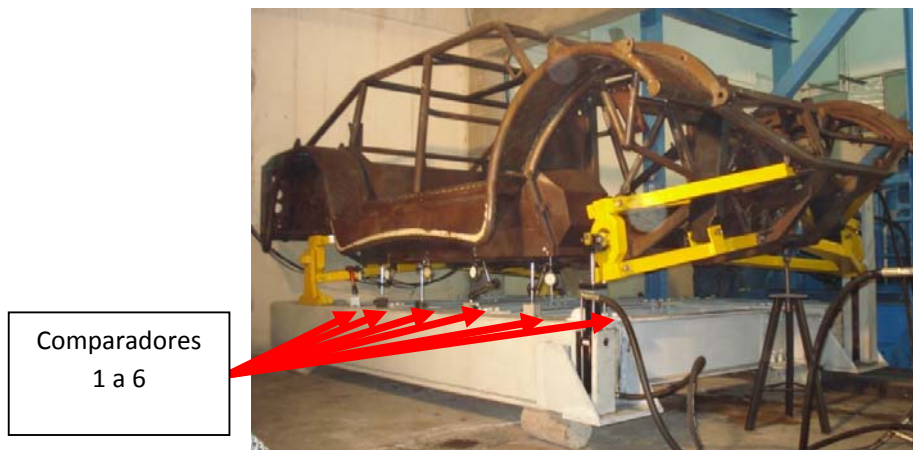
Para obtener un valor de rigidez torsional del chasis del vehículo se reemplazó la suspensión del vehículo (figura 4) por parrillas rígidas, portamasas rígidos y barras rígidas en lugar de los resortes, uniendo estos componentes al chasis en los mismos puntos de sujeción que posee el sistema de suspensión real del vehículo.

El ensayo consistió en aplicar al chasis el momento torsor calculado mediante el modelo de elementos finitos y medir el desplazamiento en los mismos los puntos de la estructura, que en el modelo de FEM, estando ésta fija en su parte trasera, a una base rígida (figura 4).



La carga máxima aplicada fue de aproximadamente 920 daNm. En la simulación de rigidez torsional realizada mediante elementos finitos, se comprobó que estos valores de carga no generaban tensiones excesivas sobre la estructura (tensiones menores a 100 MPa, siendo la tensión de fluencia del acero utilizado 220 MPa)

Mediante la utilización de cilindros hidráulicos (figura 4 y 5), sobre los portamasas delanteros rígidos se aplicó la carga que generó el momento torsor. Los portamasas traseros rígidos se vincularon a la base rígida, restringiendo los desplazamientos verticales y horizontales en el sentido de avance del vehículo ($U_z = U_x = 0$) pero no fue restringido el desplazamiento de los portamasas rígidos, y por ende del vehículo, en el eje Y (eje transversal a la dirección de avance del vehículo) de forma de permitirle a la estructura deformarse libremente en ese sentido.



Comparadores montados en los puntos de medición para el ensayo de torsión sentido horario.

Para dotar al sistema de suspensión rígido de los mismos grados de libertad que el sistema real, las parrillas de suspensión fueron vinculadas al chasis, a los portamasas rígidos y a los reemplazos de los resortes, mediante pernos pasantes.

Previo al ensayo, se comprobó la rigidez de la base del banco de ensayo, a la cual se sujetaba el chasis, midiendo su deformación mediante comparadores mecánicos, sobre cuatro puntos cercanos a cada vínculo entre el chasis y la base. De este estudio se concluyó que la base resultaba suficientemente rígida, ya que la deflexión máxima medida al aplicar la carga máxima a emplear en el ensayo fue de 0,4 mm, contra los 13 mm de deformación medidos entre la estructura y la base, durante el ensayo ante la misma carga aplicada.

Para comprobar el comportamiento de la estructura ante la carga de torsión se midió la deflexión para cinco valores de momento torsor aplicado, partiendo de un valor de precarga de aproximadamente 170 daNm, utilizado para eliminar cualquier posible juego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La rigidez torsional de cualquier estructura está dada por el cociente entre el momento torsor aplicado y el ángulo de rotación medido ante la aplicación de dicha carga.

$$K = \frac{\text{Momento torsor}}{\text{ángulo de rotación}}$$

En la tabla 1 se detallan los resultados obtenidos en la simulación numérica y del ensayo sobre el chasis real. Se puede apreciar en esta tabla que la correlación entre ambos resultados es cercana al 5 %, lo cual es más que aceptable para un estudio de este tipo.

Tabla 1

Rigidez torsional obtenida en el ensayo [Nm/grado]	Rigidez torsional obtenida en la simulación [Nm/grado]
9800	9370

En la figura 6 aparecen las curvas con los valores de los ángulos de rotación medidos en cada punto analizado sobre la estructura real. En este gráfico podemos observar una leve diferencia entre la rotación en el sentido horario y el antihorario, producto de la asimetría de la estructura analizada. También podemos observar que la estructura posee tres zonas donde la variación de la rigidez es lineal, presentando dos puntos de cambio de tendencia, lo cual indica dos zonas de transición entre partes de la estructura con diferente rigidez, la zona intermedia representa la jaula del vehículo y resulta más rígida que la torreta de suspensión delantera, zona izquierda de las curvas, y menos rígida que la zona derecha del gráfico que representa la parte de la torreta trasera y caja del vehículo.

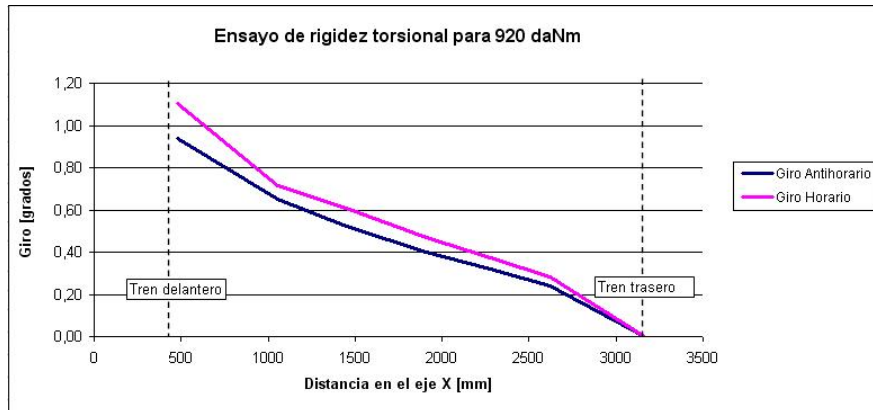


Figura 6

Rigidez torsional obtenida del ensayo

CONCLUSIONES

En este trabajo se calculó la rigidez del chasis de un vehículo todo terreno mediante el método de elementos finitos, valor que luego fue contrastado con el resultado obtenido de la estructura chasis jaula real.

A través del estudio realizado se comprobó una adecuada correlación entre el valor de la rigidez obtenida en el ensayo y la obtenida en la simulación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Race Car Vehicle Dynamics. Milliken & Milliken
- [2] Abaqus Analysis User's Manual (7.1.1 Solving nonlinear problems)