

Análisis de cargas mecánicas en un semirremolque para vehículos pesados¹

1. Introducción

El sector del transporte de carga terrestre es uno de los que más dinamiza la economía en Colombia, teniendo en cuenta que por carretera se mueve una importante cantidad de todo tipo de productos, desde los puertos hacia los centros productivos y de consumo más grandes que se encuentran en el interior del país. Sin embargo, considerando todas las variables presentes en el negocio, se puede concluir que los márgenes de ganancia de los transportadores se han venido reduciendo en la medida en que han aumentado los precios de los combustibles, los peajes y no ha habido aumentos significativos de fletes. De esta forma, los transportadores requieren soluciones que les ayuden a tener una actividad económicamente rentable.

Debido a la importancia de los semirremolques, se planteó desarrollar un análisis que lleve a establecer las condiciones necesarias para que las estructuras de soporte de la carga pesen menos, de manera que se incremente la capacidad de carga y se disminuya el consumo de combustible.

En Colombia, el diseño de semirremolques para vehículos de carga pesada no está circunscrito al concepto de innovación, de acuerdo con las indagaciones realizadas en algunas empresas dedicadas a este negocio. El proceso de diseño de este tipo de estructuras, en el mejor de los casos, que corresponde a empresas bien establecidas y con equipos de ingeniería definidos, se limita al seguimiento de instrucciones definidas en códigos internos. Estos manejan parámetros para el cálculo y la manufactura, apoyados por herramientas de soporte y análisis tipo CAD CAE. Las empresas pequeñas se limitan a construir y ensamblar con base en los desarrollos de remolques de empresas grandes.

En general, los elementos estructurales en cuanto a materiales, piezas constitutivas, distribución de elementos, formas, uniones y ensamblajes han permAne-

Autor

Carlos Alberto Sánchez Caro²

Director

Víctor Ruiz Rosas³

1. Proyecto curricular de Tecnología Mecánica. Semillero de Investigación del grupo Design.

2. Tecnólogo mecánico. Correo electrónico: fast29@hotmail.com

3. Ingeniero mecánico, docente de la Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

cido iguales en el mercado durante más de veinte años, con modificaciones de tipo formal y estético que no representan cambios sustanciales del remolque [1].

2. Contenido

De acuerdo con la Resolución 4100 de 2004 del Ministerio de Transporte, un semirremolque se define como un vehículo no automotor, que sirve como plataforma para la ubicación de carga pesada para ser transportada. Va unido a un tractocamión que soporta parte de su peso. Adicionalmente, tiene sistema de suspensión y frenos.

En la Resolución, los camiones y tractocamiones con semirremolque están clasificados por categorías (véase la Tabla 1) [2]. Para los objetivos de este proyecto, el tipo de semirremolque estudiado fue el C3 S3, que corresponde a un tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes [2].

Las dimensiones máximas de los camiones y tractocamiones también están estipuladas en la Resolución 4100 junto con el peso bruto máximo que debe tener el

Designación	Dimensiones		
	Ancho máximo, m	Altura máxima, m	Longitud máxima, m
2	2,60	4,40	10,80
3	2,60	4,40	12,20
4	2,60	4,40	12,20
2S1	2,60	4,40	18,50
2S2	2,60	4,40	18,50
2S3	2,60	4,40	18,50
3S1	2,60	4,40	18,50
3S2	2,60	4,40	18,50
3S3	2,60	4,40	18,50
2R2	2,60	4,40	18,50
3R2	2,60	4,40	18,50
4R2	2,60	4,40	18,50
2R3	2,60	4,40	18,50
3R3	2,60	4,40	18,50
4R3	2,60	4,40	18,50
4R4	2,60	4,40	18,50
2B1	2,60	4,40	18,50

Tabla 2. Dimensiones establecidas para vehículos de transporte de carga.

camión con el semirremolque y las cargas transportadas (Tabla 2).

Las dimensiones máximas del camión C3S3, objeto de estudio, están dadas por la Tabla 2, a saber: ancho máximo, 2 m con 60 cm; altura máxima, 4 m con 40 cm; longitud máxima, 18 m con 50 cm.

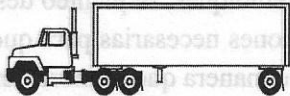
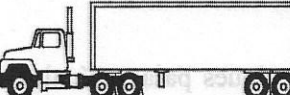
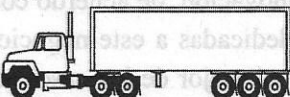
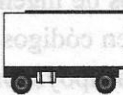

C3S1		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de un eje.
C3S2		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de dos ejes.
C3S3		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de tres ejes.
R2		Remolque.
C2R2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes.

Tabla 1. Tipología de los vehículos de carga terrestre

En la Tabla 3 se puede observar que el peso bruto del camión es de 52.000 kg, teniendo en cuenta una tolerancia de 1.300 kg. El peso del camión más el del se-

Tracto-camión con semirremolque	2S1	27.000	+	675
	2S2	32.000	+	800
	2S3	40.500	+	1013
	3 S1	29.000	+	725
	3 S2	48.000	+	1200
	3S3	52.000	+	1300
				--

Tabla 3. Peso bruto vehicular [2].

mirremolque y el de la carga no puede exceder el peso bruto estipulado en la Resolución. El semirremolque que se trabajó tenía una longitud de 12.390 mm y 2.490 mm de ancho. Estos valores cumplen con la norma 4100. La altura no la tenemos en cuenta, ya que sobre este semirremolque solo se trabajó la parte de la plataforma.

2.1. Partes del semirremolque

Inicialmente se observó cómo estaba ensamblado un semirremolque de tipo 3s3, para así identificar cada uno de sus elementos. Los semirremolques para vehículos pesados de tipo 3s2 y 3s3 tienen la misma configuración en cuanto a la conformación de la estructura. Pero el tipo 3s3, por tener un eje más que el 2s3, cuenta con una capacidad de carga mayor. Por tal razón, el semirremolque 3s3 es más robusto.

Un semirremolque no es un equipo realmente complicado estructuralmente. Tiene principalmente dos vigas longitudinales que son su columna vertebral. El equipo tiene veintidós puentes transversales que son de perfil en C. Estos son pasantes, es decir, van ensamblados a través de las vigas. Para ello, debe hacerse cortes a la viga con la forma de los puentes. En la parte delantera del equipo los cinco primeros puentes tienen un peralte de cuatro pulgadas y los otros tienen un peralte de seis pulgadas.

Otra parte importante de la plataforma son los elementos con perfil en omega, donde va apoyado el piso. Sobre los puentes se sostienen la defensa delantera y la

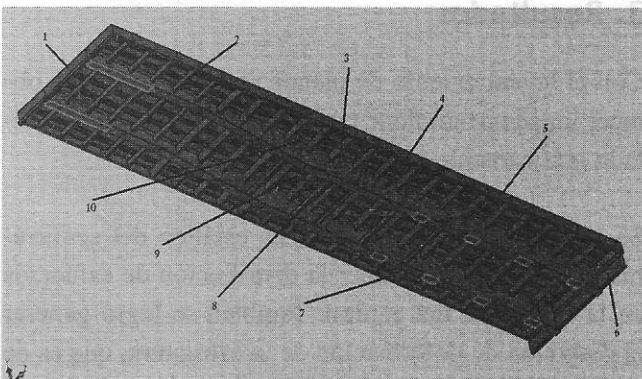


Figura 1. Partes del semirremolque

defensa trasera. El equipo tiene siete de estos elementos. Las partes del semirremolque, según la Figura 1, son:

1. Defensa delantera
2. Puente de cuatro pulgadas
3. Puente de seis pulgadas
4. Viga estructural
5. Marco izquierdo
6. Defensa trasera
7. Marco derecho
8. Unión de refuerzo de las vigas
9. Piso
10. Tubo de refuerzo

2.2. Dibujo del semirremolque

El primer paso para dibujar el semirremolque y poder realizar el análisis de cargas fue hacer un levantamiento de planos. Este se llevó a cabo en la empresa Industrias y Talleres Torres, la cual se especializa en la elaboración de semirremolques para vehículos de carga pesada. Mediante múltiples visitas a la empresa se logró obtener las medidas de las piezas del semirremolque que se necesitaban para poder modelarlo gráficamente. En el programa de diseño Solid Works 2008 se elaboraron las piezas. Luego, se elaboraron los subensambles. La estructura del semirremolque consta de tres subensambles:

- Las vigas
- Los marcos
- Las uniones de refuerzo de las vigas

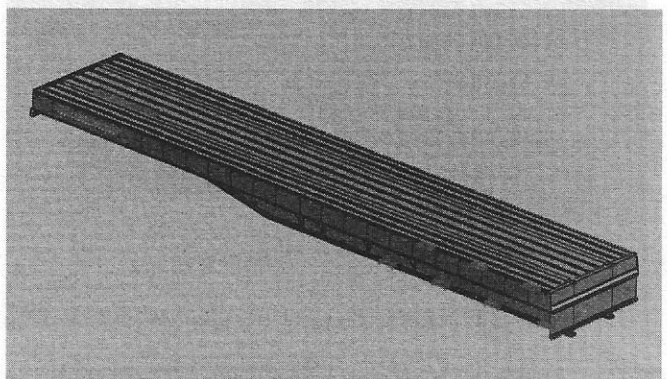


Figura 2. Ensamble completo del semirremolque (Solid Works)

Después de obtener los subensambles, se procedió a realizar el ensamble completo del semirremolque, y posteriormente se asignó material a cada una de las piezas del equipo. Las partes del equipo que se dibujaron para realizar la simulación están elaboradas en acero estructural A36. Este material tiene las siguientes características:

- Densidad: 7.850 kg/m³
- Límite de fluencia: 250 MPa
- Resistencia a la tensión: 400 MPa
- Ductilidad: 21%

2.3. Análisis de cargas

El primer paso para comenzar con la simulación y poder desarrollar el análisis de cargas fue exportar la geometría del ensamble del semirremolque desde el Solid Works 2008 hacia el Ansys Workbench. En el Ansys se generó la geometría del semirremolque. Después, se realizó el enmallado del equipo (ver Figura 3).

El tipo de análisis que se llevó a cabo en la simulación fue un análisis estructural estático.

Los puntos de los apoyos en la parte trasera son la ubicación de las perchas, que son las piezas en las cuales está ubicada la suspensión. En la parte delantera los puntos de apoyo va ubicado el perno acoplador, también llamado King Ping.

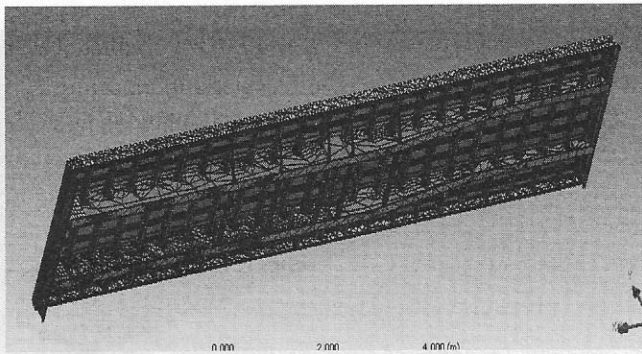


Figura 3. Enmallado de la estructura del semirremolque (Ansys Workbench)

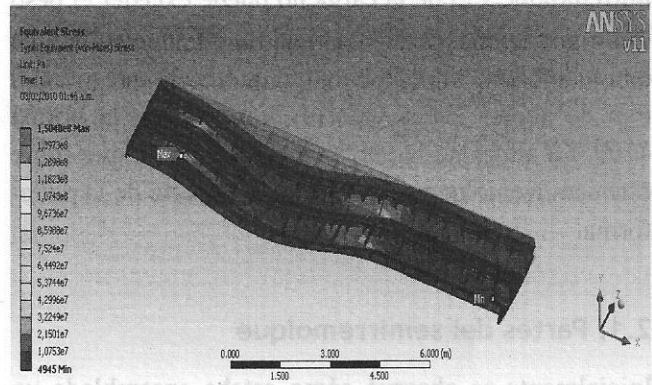


Figura 4. Diagrama de distribución de esfuerzos (Ansys Workbench)

El siguiente paso para realizar el análisis del equipo fue indicar la cara en la cual se aplicaría la carga. Este equipo estaba diseñado para soportar una carga de 35.000 kg, o 343.000 Newtons. El área de la cara del piso en la que se aplicó la carga era de 31,01 m². Entonces, la presión que se aplicó a la cara seleccionada fue de 11.028,9 Pa. Antes de realizar la simulación se comprobó que el material de los elementos fuera el correcto, para que los datos obtenidos fueran verídicos.

Cumplidos estos requisitos se llevó a cabo la simulación del equipo en Workbench. Terminada la simulación del semirremolque, se pudo observar gráficamente la distribución de esfuerzos y la deformación de la estructura, que era lo que nos interesaba para poder identificar las zonas de bajo esfuerzo dentro del semirremolque.

3. Resultados

Con el levantamiento de planos realizado se logró obtener un semirremolque para vehículos pesados modelado gráficamente en Solid Works.

Se consiguió realizar el análisis estático del semirremolque y se pudo obtener la distribución de esfuerzos en la estructura del equipo. También se logró generar el diagrama de deformación de la estructura, que es de vital importancia, ya que se debe garantizar que las deformaciones en el equipo no sean demasiado grandes.

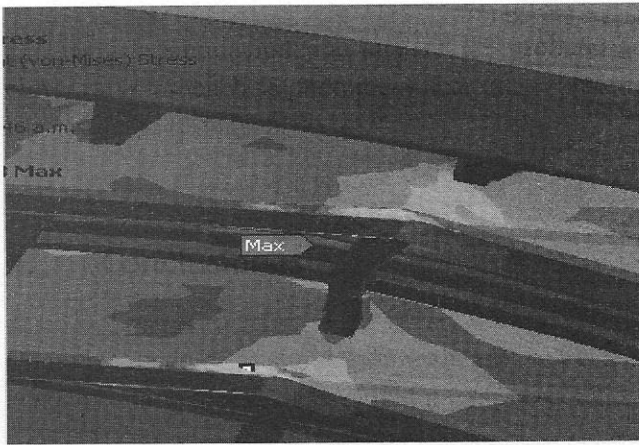


Figura 5. Detalle punto de esfuerzo máximo (Ansys Workbench)

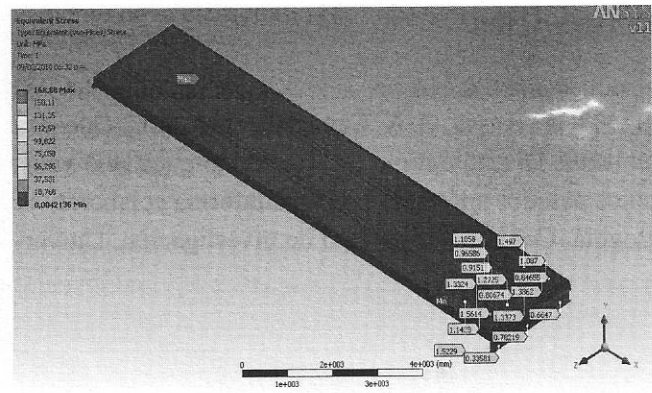


Figura 6. Esfuerzos en la parte trasera del piso

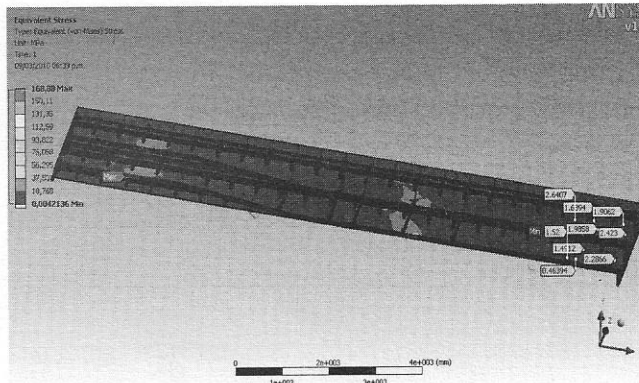


Figura 7. Esfuerzos en la parte trasera de las vigas

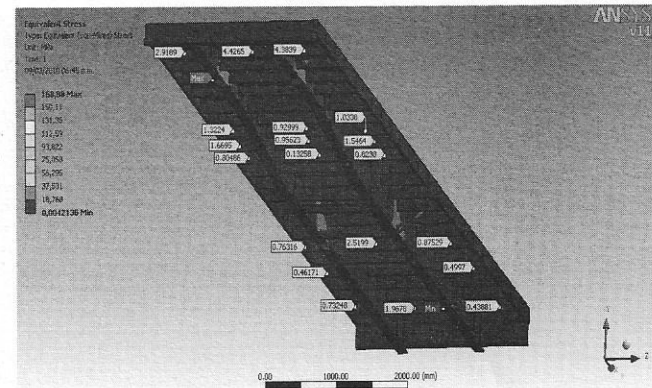


Figura 8. Esfuerzos en los puentes del equipo

En la Figura 4 se puede observar la distribución de esfuerzos, así como la ubicación de los puntos de mínimo y máximo esfuerzo. En la Figura 5 se ve más detalladamente el punto de esfuerzo máximo en la estructura.

Gracias a la simulación y al análisis desarrollado en el Ansys Workbench se pudo identificar unas zonas de bajo esfuerzo (figuras 6, 7 y 8).

4. Conclusiones

Como resultado de la simulación realizada, se evidencia que la parte trasera de la estructura, más específicamente

las vigas y los puentes ubicados sobre la suspensión, están sometidos a esfuerzos bajos con relación al resto del equipo (ver figuras 7 y 8), y que el piso del semirremolque en la parte trasera es una zona de bajo esfuerzo de la estructura (ver Figura 6).

Se consiguió dar a conocer la estructura de un semirremolque de tipo 3s3 diseñado para transportar una carga de 35.000 kg.

Con la carga de 11.1178 Kpa aplicada a la estructura se muestra que los esfuerzos en la mayoría de elementos son bajos, lo cual nos puede llevar a pensar que la estructura está diseñada para más carga de la necesaria y, por tal razón, se está desaprovechando.

Referencias

[1] V. Ruiz Rosas, G. A. Cavanzo Nizo y J. C. Guevara Bolaños. Diseño óptimo de semirremolques para vehículos pesados apoyado en una plataforma colaborativa. Bogotá, Colombia. Proyecto de investigación, Univer-

sidad Distrital Francisco José de Caldas, 2009.
 [2] Ministerio de Transporte de Colombia. Resolución 4100 de 2004. Tipología de los vehículos de carga terrestre.



Figura 8. Esfuerzos en los puentes del equipo

mente las vigas y los puentes ubicados sobre la suspensión, están sometidos a esfuerzos bajos con relación al resto del equipo (ver figuras 7 y 8), y que el piso del semirremolque en la parte trasera es una zona de bajo esfuerzo de la estructura (ver figura 6).

Se consiguió dar a conocer la estructura de un semirremolque de tipo 3x3 diseñado para transportar una carga de 32.000 kg.

Con la carga de 11.1178 Kpa aplicada a la estructura se muestra que los esfuerzos en la mayoría de elementos son bajos, lo cual nos puede llevar a pensar que la estructura está diseñada para más carga de la necesaria y por tal razón, se está desaprovechando.



Figura 7. Esfuerzos en la parte trasera de las vigas

En la figura 4 se puede observar la distribución de esfuerzos, así como la ubicación de los puntos de mínimo y máximo esfuerzo. En la figura 5 se ve más detalladamente el punto de esfuerzo máximo en la estructura. Gracias a la simulación y al análisis desarrollado en el Ansys Workbench se pudo identificar unas zonas de bajo esfuerzo (figuras 6, 7 y 8).

Conclusiones

Como resultado de la simulación realizada, se evidencia que la parte trasera de la estructura, más específicamente