

## DISEÑO DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO EXPERIMENTAL

**Peralta, María<sup>a</sup>, Ciancio, Patricia<sup>a</sup>, Pico, Leonel<sup>a</sup>, García Scrimizzi, Manuel<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As., Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. Área Estructuras. Avda. del Valle 5737. 7400 Olavarría. Bs. As. Argentina.*  
*mperalta@fio.unicen.edu.ar. <http://www.fio.unicen.edu.ar>*

**Keywords:** Vehículo eléctrico, estructura resistente, modelos, diseño

**Abstract.** La necesidad creciente de reducir la emisión de gases al medio ambiente generó la idea de los Autos Eléctricos como Vehículos de Emisión Cero. Esto conduce a indagar acerca de los conocimientos científico-tecnológicos en el uso de energías alternativas. Así se canaliza la iniciativa de construir un vehículo híbrido experimental por parte de estudiantes avanzados y docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Motivó esta iniciativa una competencia latinoamericana de autos solares, denominada la Carrera de la “Ruta Solar”, llevada a cabo en el desierto de Atacama en Chile en el mes de septiembre de 2011.

El objetivo general fue diseñar y construir un automóvil híbrido con tracción humana y eléctrica sobre base solar fotovoltaica para participar en dicha competencia. Este diseño permite sentar las bases para futuros desarrollos tecnológicos que marquen nuevas tendencias en transporte que utilicen fuentes de energías renovables.

En el presente trabajo se describe el diseño de la estructura resistente del chasis y del panel solar del vehículo mencionado adoptando como pauta fundamental de diseño lograr una estructura de comportamiento estructural adecuado con el menor peso posible, a efectos de reducir el consumo energético.

Para cumplir el objetivo de este trabajo, se empleó la técnica del Método de los Elementos Finitos. La consideración de diferentes materiales, tipologías, formas de sustentación y uniones permitió generar diferentes modelos. Los modelos estudiados y la solución óptima encontrada respetaron las bases de la competencia. El desempeño del vehículo durante las pruebas previas y la competencia dieron muestras de un buen comportamiento estructural del diseño logrado.

## 1 INTRODUCCION

Desde hace una década aproximadamente la búsqueda de desarrollos aplicables de Vehículos de Emisión Cero (VECs), (Cairns, 1992), Vehículos Eléctricos (Ves) y Vehículos Eléctrico Híbrido (VEH) se ha visto en los sucesivos salones de automóviles del mundo en forma de conceptos y en los últimos años con una incipiente presencia en el mercado, básicamente con tecnología híbrida. En todos los casos hay una búsqueda de suplantar en forma directa los motores de combustión interna por tracción con motores eléctricos, solucionando un problema de emisiones de gases de efecto invernadero, aunque sin aportes sustantivos a la generación del recurso eléctrico para hacer una ecuación que cierre completamente el proceso de Cero Emisión en la Fuente y en el Consumo (Situ, 2009).

El presente trabajo forma parte de un proyecto mayor cuyo objetivo promueve la innovación tecnológica, (Spina et.al., 2011). Si bien ésta no posee una mejora inmediata como impacto productivo en un determinado proceso, sí es considerado relevante para posicionar regionalmente el conocimiento y sus recursos humanos, que sean capaces de interactuar y generar sistemas de movilidad que utilicen energías alternativas a los combustibles fósiles.

La necesidad creciente de hacer aplicable la idea de los Autos Eléctricos como Vehículos de Emisión Cero (referidos a la emisión de dióxido de carbono) en correlato a la problemática compartida de cómo vincular los conocimientos científicos tecnológicos a los intereses globales de un planeta sustentable a través del fomento del uso de energías alternativas, hace evidente el objetivo de contar inicialmente con un prototipo experimental de un móvil híbrido. Así se canaliza la iniciativa de un grupo importante de estudiantes avanzados, docentes, investigadores de la Facultad de Ingeniería y no docentes motivados por una competencia latinoamericana de autos solares a través del desierto de Atacama en Chile, que tiene el mayor nivel de radiación solar del mundo, y en la que se aplica el conocimiento desarrollado para otras aplicaciones. El éxito del proyecto además de permitir el trabajo en un grupo interdisciplinario, posibilitó la realización de encuentros en la región para divulgar los desafíos que conllevan estas tecnologías innovadoras.

El objetivo general fue la construcción de un automóvil híbrido con tracción humana y eléctrica sobre base solar fotovoltaica para competir en la Carrera de la “Ruta Solar”, constituirse en el vínculo de los sucesivos desarrollos tecnológicos que reporten las líneas de investigación y pueda transferirse como conocimiento sobre las nuevas tendencias en transporte, tracción eléctrica y fuentes de energía renovables a la sociedad.

Particularmente en lo referente al diseño de la estructura del vehículo se trató de considerar aquellos parámetros que representaran una influencia notable en su velocidad y eficiencia. Una concepción de energía económica determinaba que se debía hacer hincapié en la resistencia aerodinámica y el peso del vehículo. Esto conllevó a idear una estructura que ofreciera la menor resistencia a la fricción del aire y a su vez se asegurara la estabilidad frente a las acciones dinámicas. Es así que se concibió el chasis sobre el cual se ubicaría el conductor, el equipo eléctrico, el arrastre y la estructura sobre la que apoyaba el panel solar. El desafío se centraba en la necesidad de lograr que la circulación del móvil se realice con el menor consumo energético posible. Ello implicó la consideración de diferentes modelos de análisis con distintos materiales, tipologías estructurales, diseño de las formas de sustentación, uniones, hasta arribar a la solución del problema, lo cual se pretende describir en el presente trabajo.

## 2 CONDICIONES GENERALES Y DE DISEÑO PARA LA COMPETENCIA

En términos básicos, un vehículo solar de emisión cero es alimentado por energía solar mediante paneles solares compuestos por módulos fotovoltaicos, con almacenamiento de energía en baterías y la tracción se obtiene mediante un motor eléctrico, según Connors, J., (2007).

Shin et al, (2012), luego de un exhaustivo estudio de cómo los vehículos eléctricos pueden influir sobre el uso de los vehículos existentes, concluye que el potencial de mercado futuro de los VE es mayor que el de los híbridos y los clásicos con motores de combustión interna.

De acuerdo con Rizzo et al, (2010) el empleo de energía solar en vehículos requiere del cuidadoso análisis de puntos fundamentales como: a) aportes energéticos, b) eficiencia y costo de los paneles solares, c) cómo maximizar la radiación solar y d) la gestión de las energías y el control. Todo ello fue considerado en el diseño electromecánico y construcción del Pampa Solar, denominación que se asignó al vehículo solar.

Entre las reglas generales de la competencia se destacaban las siguientes:

([http://www.carrerasolar.com/beta/descargas/bases/Bases\\_generales\\_1.1.pdf](http://www.carrerasolar.com/beta/descargas/bases/Bases_generales_1.1.pdf))

1. El recorrido que realizarían los equipos durante los 3 días de competencia comprendía un itinerario establecido entre las ciudades de Iquique, Calama y Antofagasta por el desierto más árido del mundo, con una extensión aproximada de 1060 km.

2. El vehículo debía ser impulsado por energía solar y humana.

3. El vehículo debía cumplir una serie de pruebas de seguridad para poder competir.

Los vehículos y sus respectivos conductores debían respetar una serie de requisitos establecidos en las Bases de la competencia; entre ellos figuraban:

En funcionamiento, el vehículo no podría exceder los 2.5 m de largo, 1.2 m de ancho y 1.8 m de alto; debía tener al menos tres puntos de apoyo funcionales y al menos un ocupante.

Se exigía que para la competencia al menos el 50% de la energía utilizada fuese energía solar.

Los vehículos debían tener un asiento para cada ocupante, consistente en una base y un respaldo, que permitiera apoyar toda la espalda. Como recomendación, el ángulo de inclinación del asiento no debería ser mayor a 27° con respecto a la vertical. Conducir un vehículo en un ángulo de inclinación mayor induce fatiga, dificulta la visión y evita el correcto funcionamiento del cinturón de seguridad en caso de colisión.

Los vehículos debían poder realizar una curva en “U” en ambas direcciones en una pista de 9 m de ancho.

La velocidad promedio mínima desde una parada de control a otra debía ser de 20 km/h.

Lógicamente se respetaron otros requisitos en relación a los componentes eléctricos y demás accesorios establecidos en las bases.

Tomando ello como base, se diseñó y construyó el vehículo eléctrico híbrido experimental, con el empleo de energía solar fotovoltaica como fuente principal de electricidad y energía eléctrica provista por un generador accionado mediante el pedaleo de un conductor. El vehículo contó con una batería para almacenar la energía provista por ambos sistemas.

### 3 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL VEHÍCULO SOLAR

#### 1.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El diseño se efectuó considerando dos subsistemas de análisis en los que cada uno requería de especial atención a efectos de lograr un trabajo estructural optimizado que se traduzca en el menor consumo energético posible para la circulación del móvil. Para esto se efectuó el análisis estructural sobre modelos que comprendían un diseño con el sistema de barras que descargaba sobre el chasis y chasis propiamente dicho, por un lado y para la estructura del panel solar y sostén del mismo, por otro lado. En el primer caso se efectuó análisis estático y en el segundo análisis estático y dinámico dado que, de todos los elementos del vehículo el panel presenta la superficie de mayor exposición a la acción del viento. Por ello se la consideró determinante para hallar las frecuencias naturales. Este criterio fue ratificado durante la competencia dado que el vehículo superó ampliamente las pruebas dinámicas a las que se sometió como parte de los requisitos de la competencia. La implementación se efectuó a través de un software que

aplica el método de los elementos finitos (ALGOR<sup>®</sup>). Esto permitió que la sustentación y transmisión de fuerzas de ambos subsistemas respectivamente se representara de la forma más real posible. A fin de capturar la mayor radiación solar posible se resolvió dotar al panel solar de la posibilidad de efectuar un giro de 35° alrededor de un eje que descarga en dos pórticos, y permitir con ello el seguimiento solar. Para posibilitar el movimiento se utilizó un actuador hidráulico en la parte trasera. El diseño definitivo del panel, su estructura sostén y del chasis se indican a continuación.

### 3.1.1 Chasis

El vehículo solar fue construido a partir de una estructura de tres ruedas, en forma de una tricicleta invertida, con dirección de giro en el par de ruedas delanteras y con motor eléctrico contenido en la rueda trasera que oficiaría de traccionante. En la Figura 1 se indica un esquema básico del diseño.

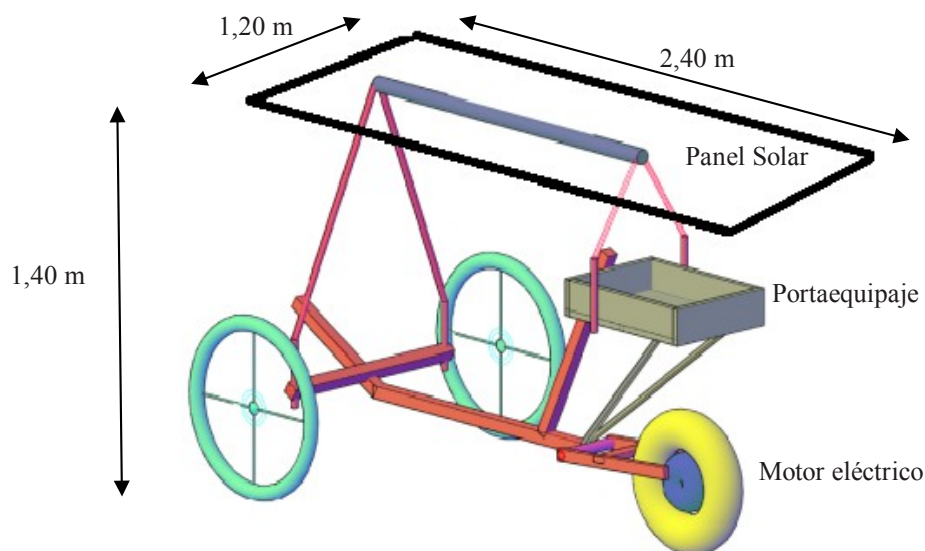


Figura 1. Esquema básico de diseño

Elemento de conexión de pórticos

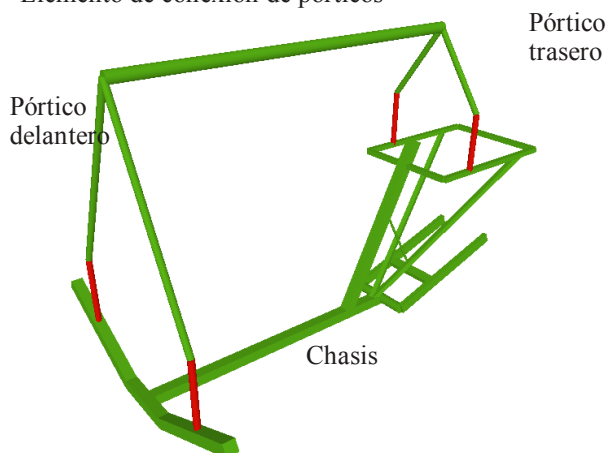


Figura 2. Modelo para análisis estructural del vehículo

En la Figura 2 se muestra el modelo utilizado para el análisis estructural del chasis en el cual

se considera la descarga del panel solar a través de los pórticos delantero y trasero.

El esquema estructural se planteó, según Figura 3, a partir de un “espinazo” resistente principal (1). Éste tiene como función ser el sostén principal de la estructura y brindar apoyo horizontal a la butaca del conductor. Sobre este tubo se posiciona el apoyo inclinado de la butaca soldado a  $63^\circ$  respecto de la horizontal (2), al cual acomete el sistema de amortiguación (3).

En la parte delantera se dispusieron dos brazos en ángulo para la instalación de las ruedas (4) y una extensión en la cual se instaló un sistema telescópico para la regulación de la posición de la caja pedatera (5).

La horquilla trasera (6) se independizó del resto de la estructura por medio de una articulación en el tramo final del tubo principal (7), se dispuso de un amortiguador que conecte ambos componentes para rigidizar el conjunto.

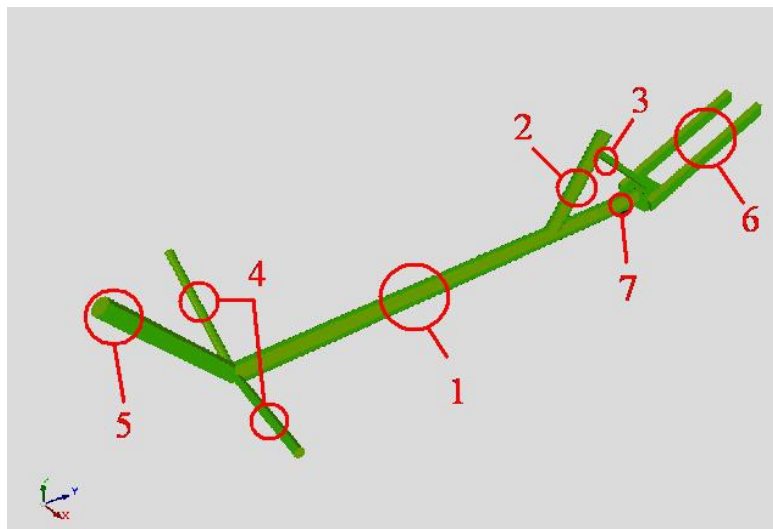


Figura 3. Esquema estructural del chasis

Tomando como base este modelo se ensayaron diversas variantes que permitieron arribar al modelo final de análisis con las vinculaciones y cargas que se indican a continuación.

### 3.1.1.1 Vinculaciones

En la Figura 4 aparece la vinculación del chasis y las cargas consideradas sobre el mismo. Se tomaron como puntos fijos los extremos de posicionamiento de los rodados. El nudo de unión entre el tubo principal y la horquilla trasera se consideró articulado.

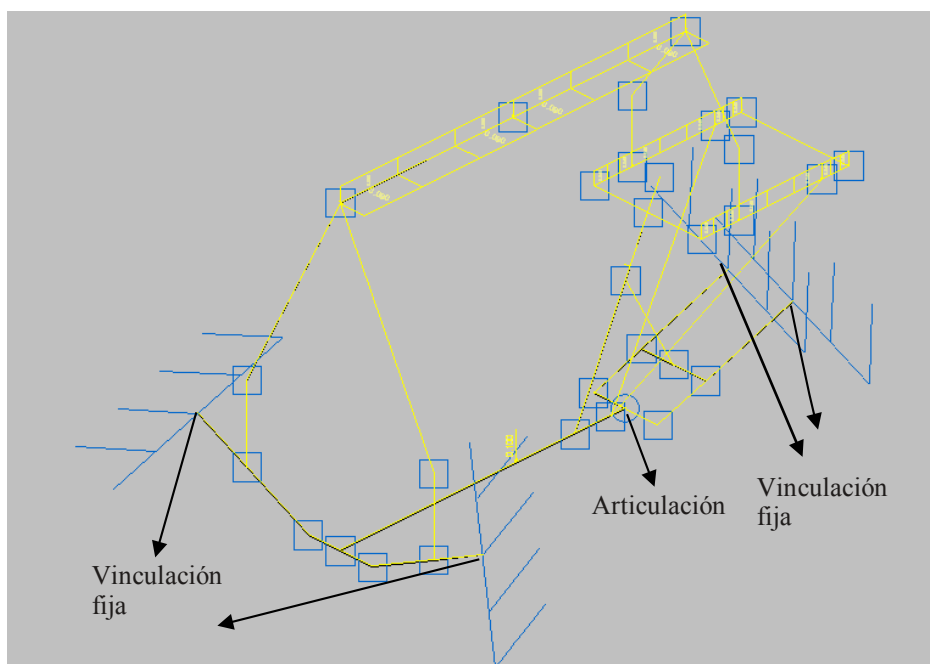


Figura 4. Esquema estructural del chasis con vínculos y cargas consideradas

### 3.1.1.2 Cargas

Para la simulación de las cargas de servicio del vehículo, se tomaron superposiciones de acciones a través de distintas hipótesis. Se consideró sobre el tubo principal (1), indicado en Figura 3, una carga distribuida lineal que simulara el peso del conductor; se dispuso una carga horizontal en el extremo del tubo 5 para simular el empuje producido por el conductor al pedalear y por último las cargas provenientes del panel solar.

Las cargas de viento consideradas fueron obtenidas a partir de las velocidades máximas correspondientes al mes de setiembre de la zona de la competencia siendo su magnitud de 11 m/s. A efectos de determinar las presiones más desfavorables se utilizó la normativa Argentina. La carga normal a la superficie inclinada en el caso del análisis del chasis fue considerada según dos componentes ortogonales en el tubo alrededor del cual gira el panel. En Figura 4 se observan las cargas consideradas.

Asimismo, se contempló la estabilidad del conjunto considerando un estado de carga horizontal correspondiente al 10 % del total de las cargas verticales también dispuesta longitudinalmente en el tubo sostén del techo solar.

Por otro lado, se consideró una hipótesis que combina las cargas detalladas con un estado que representa una colisión frontal, esto es mediante una carga distribuida en el pórtico delantero equivalente a 4 veces el peso total del vehículo incluido el conductor. En Figura 5 se presenta el estado de cargas considerado.

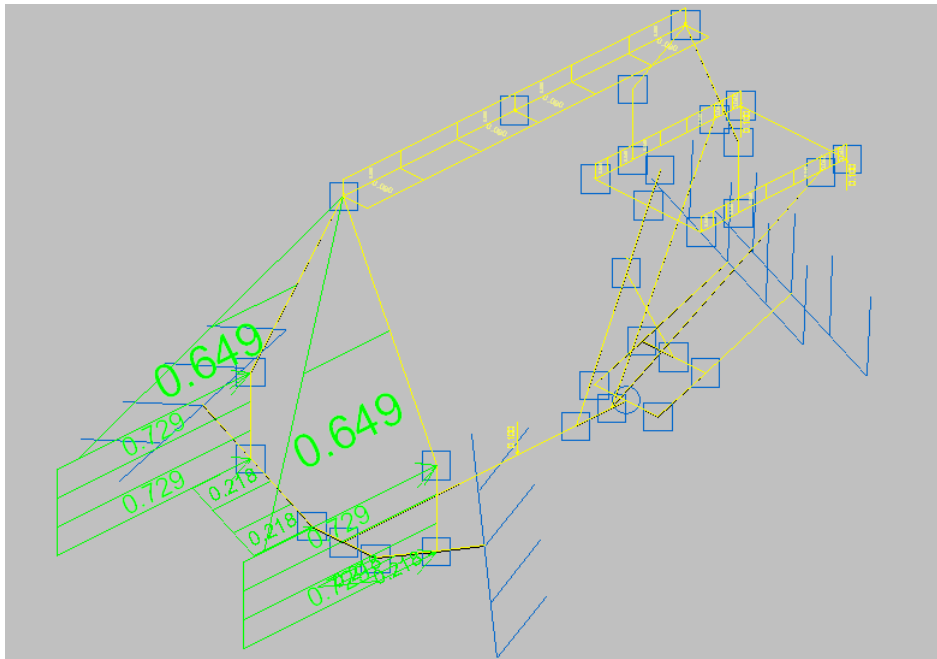


Figura 5. Cargas con inclusión de colisión frontal

### 3.1.1.3 Perfilera adoptada

Tomando como base el modelo se ensayaron diversas variantes, entre ellas una alternativa con tubos de acero con una densidad de  $7855 \text{ kg/m}^3$ , con módulo elástico  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ , coeficiente de Poisson igual a  $0,29$  y de sección cuadrada. Se optó por una solución que combina tubos estructurales de sección cuadrada o rectangular para la estructura principal, y tubos redondos para las estructuras de sostén de los paneles solares, de la batería y electrónica.

### 3.1.1.4 Resultados obtenidos del análisis del chasis

Se analizaron los modelos indicados efectuándose las verificaciones de rigidez y resistencia correspondientes, observándose que las tensiones y deformaciones obtenidas se encuentran dentro de los rangos admisibles de trabajo. En Figura 6 se indican las flechas obtenidas para cargas permanentes y sobrecargas.

En las Figuras 7 y 8 respectivamente se observan las flechas y la deformada para el modelo que contempla la colisión frontal.



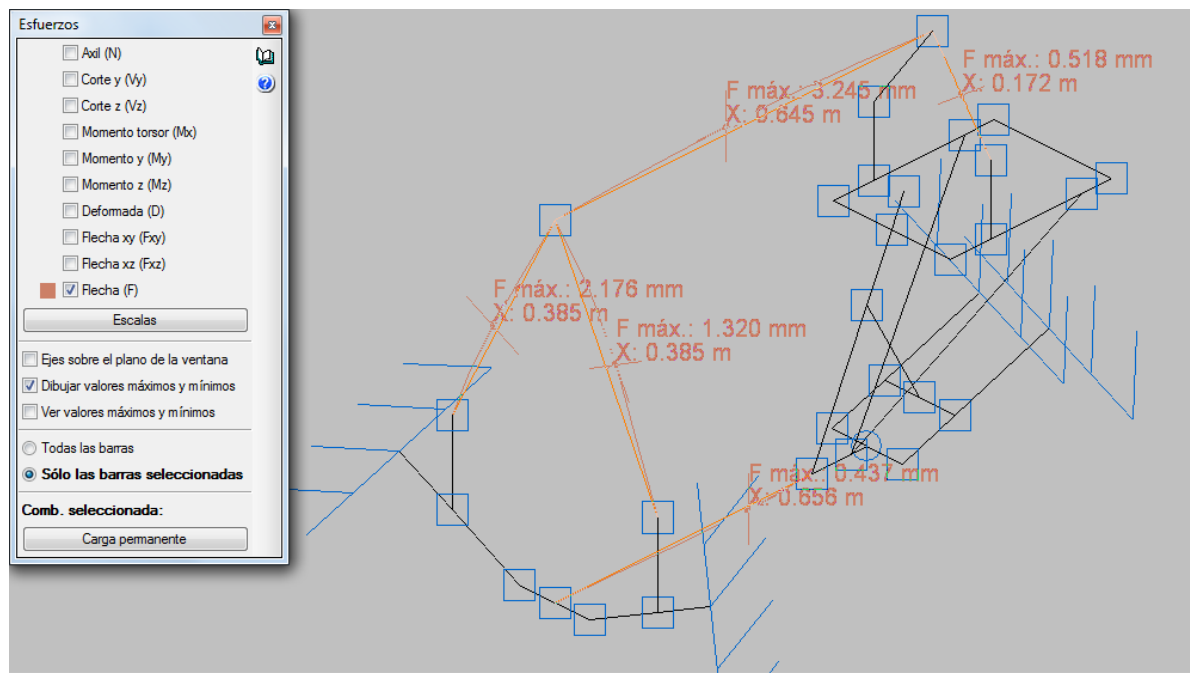


Figura 6. Flechas obtenidas para cargas permanentes y sobrecargas

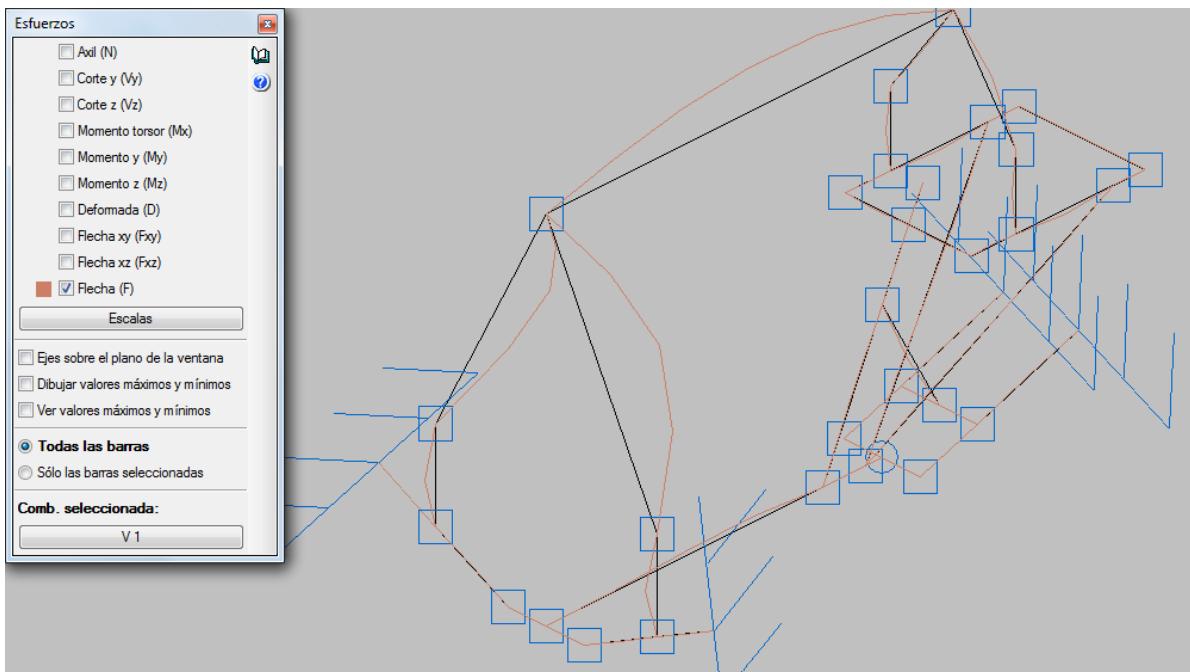


Figura 7. Flechas obtenidas para cargas que incluyen la colisión frontal



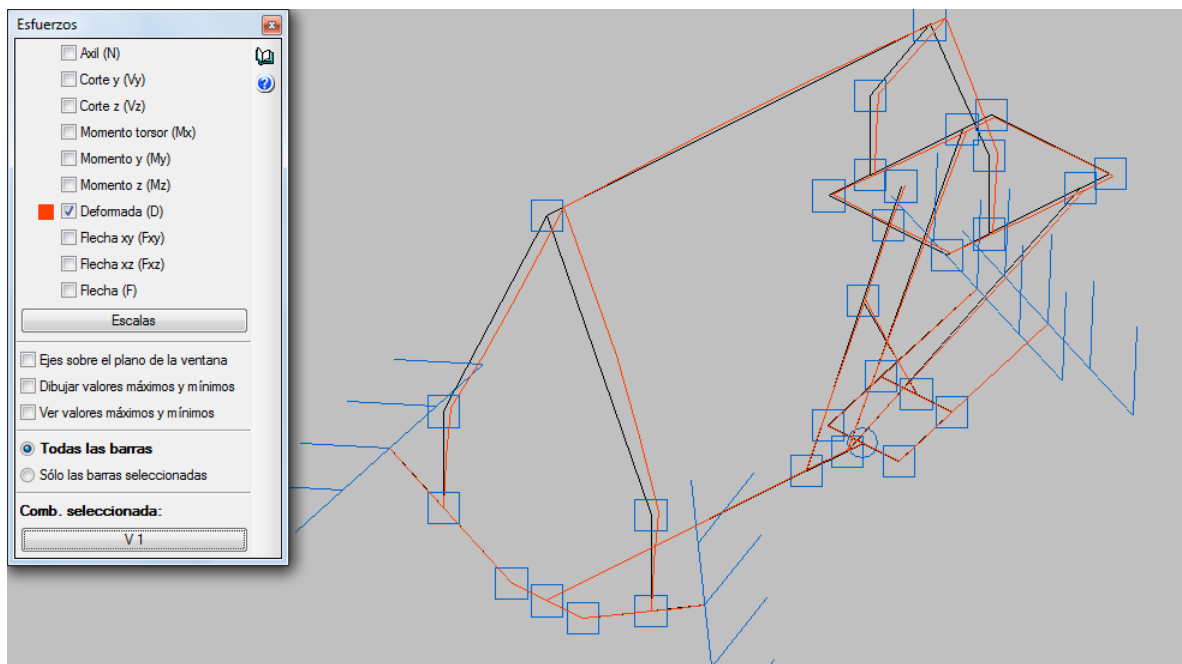


Figura 8. Deformada para cargas que incluyen la colisión frontal

Efectuadas las verificaciones y, de acuerdo a las referencias de la Figura 3 para los tramos (1), (2) y (5), se adoptaron tubos estructurales de 40 x 40 x 1,6 [mm]; para el tramo (4) las dimensiones del tubo resultaron de 30 x 50 x 1,6 [mm] y para el tramo (6) de 40 x 20 x 1,6 [mm].

En la Figura 9 aparece una imagen del chasis en su versión final. La zona de unión al que concurren el tramo inclinado de apoyo de la butaca, la horquilla trasera y el tramo principal se reforzó con una placa. Para el portaequipaje se utilizaron tubos estructurales de 20 x 20 x 1,6 [mm]. En Figura 10 se observa el chasis con el panel solar, batería, butaca e instrumentación electrónica.



Figura 9. Versión final del chasis



Figura 10. Tricicleta sin carenado final

La proyección del área ocupada por el vehículo fue de 1,2 m x 2,4 m con una altura de 1,43 m cumpliendo las disposiciones reglamentarias. También se observa en la Figura 10 la pantalla solar en posición horizontal sobre la que se ubican los módulos fotovoltaicos conformando un array de 48 V con celdas de silicio monocristalino. El pack de baterías conformando un sistema eléctrico de potencia de 48 V se dispusieron en la parte posterior del asiento del conductor en gabinete donde también se incluyen los sistemas electrónicos. También existe un subsistema de energía en 12 V para alimentar las luces, bocinas e instrumental.

El motor es del tipo Brushless de 48 V con control de velocidad y frenado de recuperación de los típicos comerciales utilizados para convertir bicicletas en transporte eléctrico.

### 3.1.2 Panel solar y pórticos de sostén

La pantalla apoya sobre un sistema de barras en la parte delantera y otro en la parte trasera que asientan sobre el eje delantero del chasis y sobre el sostén del portaequipaje respectivamente. Además sobre la parte trasera acompaña al sistema de barras un actuador hidráulico, utilizado para posicionar la pantalla a las dos posiciones: de máxima y mínima carrera, para alcanzar el ángulo de inclinación que determina el máximo aprovechamiento solar.

Se efectuó el análisis estático y dinámico del panel y soportes de acuerdo a los modelos que se describen a continuación.

La pantalla está compuesta por una trama embebida en una resina de polímero que apoya sobre un sistema de emparrillado conformado por tubos de aluminio 6061 T6. Ese emparrillado sirve de sostén a la trama-resina y la rigidiza en su plano; también fue impregnado con la resina a los efectos de

El movimien  
medio de la ba  
12).

se produce por  
o (Figuras 11 y

Figura 11. Esquema estructural del panel solar y la estructura sostén

Figura 12. Vista frontal del panel solar y la estructura sostén

### 3.1.2.1 Materiales Utilizados

El emparrillado de la pantalla, soporte de las celdas solares, es de aluminio de calidad 6061 T6. La placa de dicha pantalla se diseñó y construyó con poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), básicamente por razones de costos, además de reunir las características mecánicas más que adecuadas y que garantizaron un sobrado desempeño. Las propiedades mecánicas de estos materiales utilizados se muestran en la Tabla 1 y se encuentran comprendidos dentro de los materiales a utilizar, especificados para la competencia.

<b>Parte</b>	<b>Material</b>	<b>Densidad <math>\rho</math> [kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Módulo elástico [N/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Coefficiente de Poisson</b>
Emparrillado de pantalla	Aluminio	2700	$6,89 \times 10^{10}$	0,33
Placa de pantalla	Matriz polyester reforzada con fibra de vidrio	2320	$3,6 \times 10^{10}$	0,23

Tabla 1. Materiales utilizados

### 3.1.2.2 Modelos de Análisis

Las placas del panel se modelaron con elementos tipo *plate* de cuatro nodos con 5 grados de libertad por nodo. Los elementos planos de forma rectangular adoptados para el modelo son los adecuados cuando la tipología estructural responde a formas superficiales planas de pequeño espesor. En relación a la densidad del mallado se menciona el hecho de haber efectuado el análisis de convergencia tomando diferentes densidades de elementos asegurando la precisión de resultados.

El emparrillado se simuló con elementos lineales tipo *beam* para materializar la flexión bajo carga distribuida.

Los sistemas de barras de soportes delantero y trasero se modelaron con elementos *beam*.

#### 3.1.2.2.1 Vínculaciones

Los vínculos del sistema corresponden a la fijación de los elementos de barra delantero y trasero a los ejes de las ruedas delanteras y al portaequipaje respectivamente y se consideraron soportes fijos.

#### 3.1.2.2.2 Cargas

Para la placa se consideró una presión estática de 270 Pa, que incluye cargas muertas y cargas vivas adicionando un factor multiplicador de 1,5 a dicha presión para contemplar el efecto dinámico del viento.

En ellas se consideró el peso propio y el viento actuando en la posición más desfavorable, esto es, con el panel dispuesto según la máxima inclinación.

Asimismo, se asignaron fuerzas laterales de una magnitud del 10 % de la presión estática, ubicadas sobre los nodos de uno de los lados mayores de la placa para considerar asegurar la estabilidad correspondiente. En Figura 13 se observan las cargas indicadas.

Los elementos *beam* se consideraron solidarios frente a las cargas anteriores.

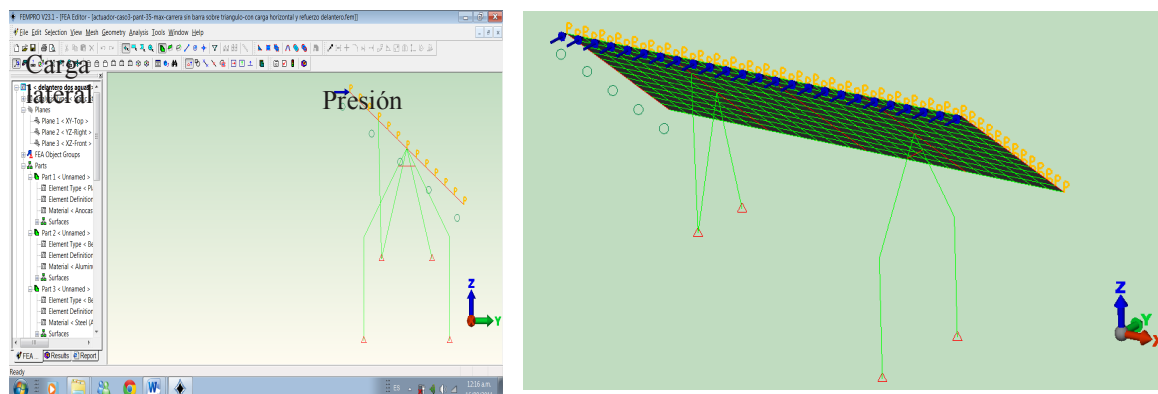
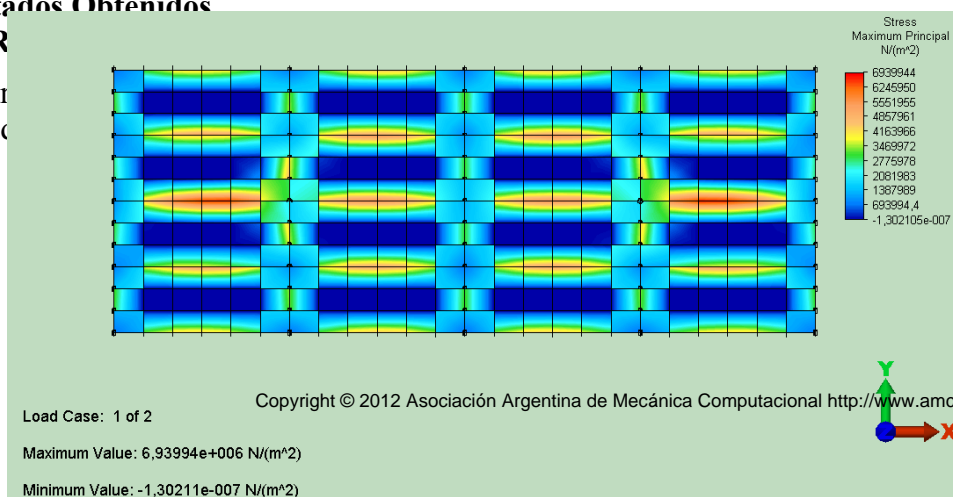


Figura 13. Cargas consideradas en panel

## 1.2 Resultados Obtenidos

### 3.2.1 R

En Figura  
sostén que c



uticos de

Figura 14. Tensiones máximas en pantalla solar

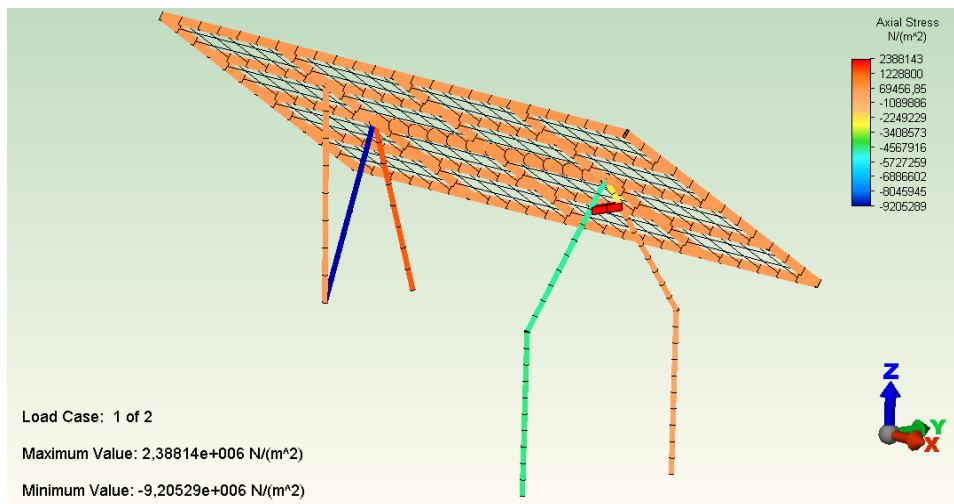


Figura 15. Tensiones axiales en sistemas de barras de sostén

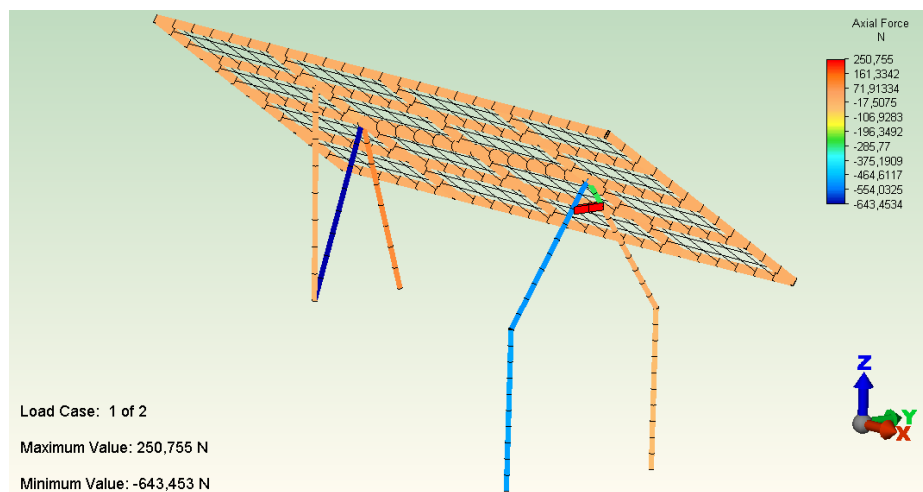


Figura 16. Fuerzas axiales desarrolladas en sistemas de barras de sostén

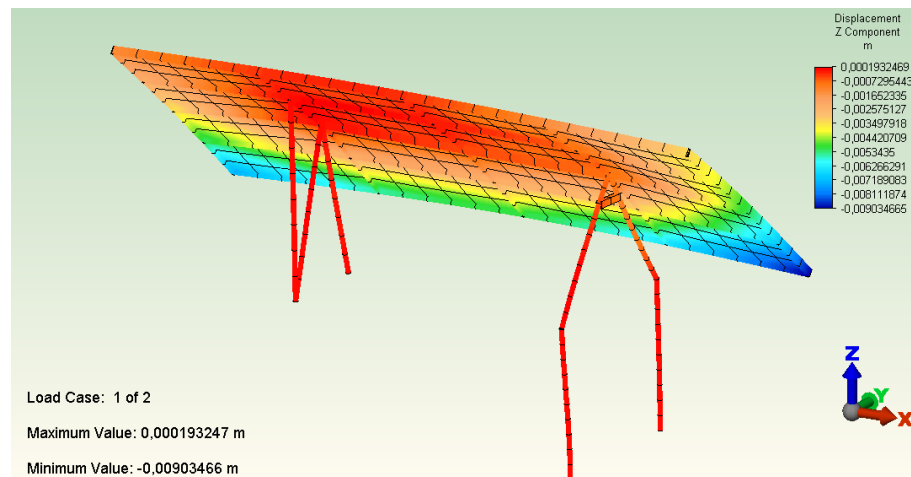


Figura 17. Desplazamientos en dirección z

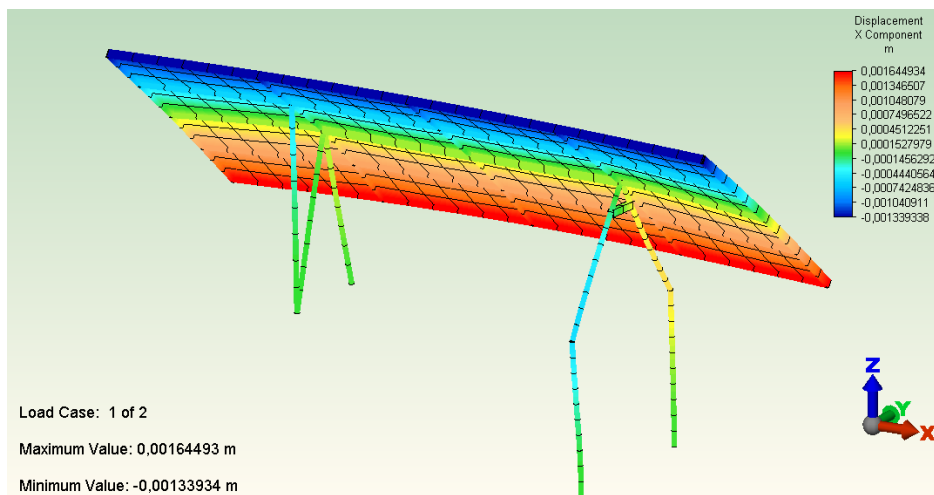


Figura 18. Desplazamientos en dirección x

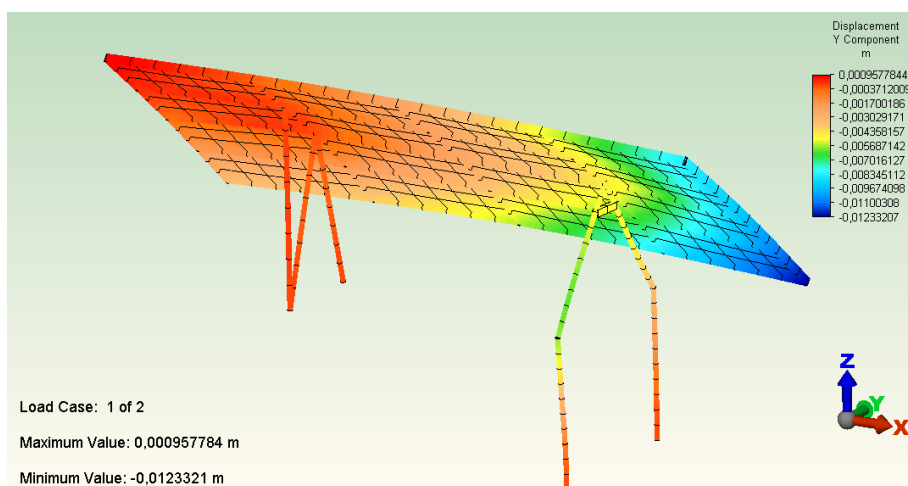


Figura 19. Desplazamientos en dirección y

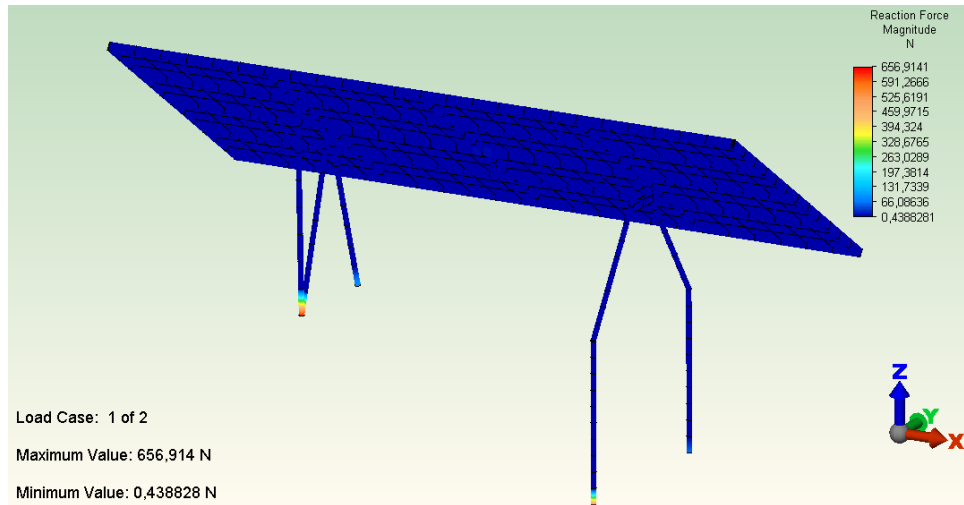


Figura 20. Fuerzas reactivas

### 3.2.2 Resultados obtenidos del Análisis Dinámico

Se determinaron las primeras cinco frecuencias naturales de vibración transversal expresadas en Hz y las correspondientes formas modales que se observan en las Figuras 21 a 25.

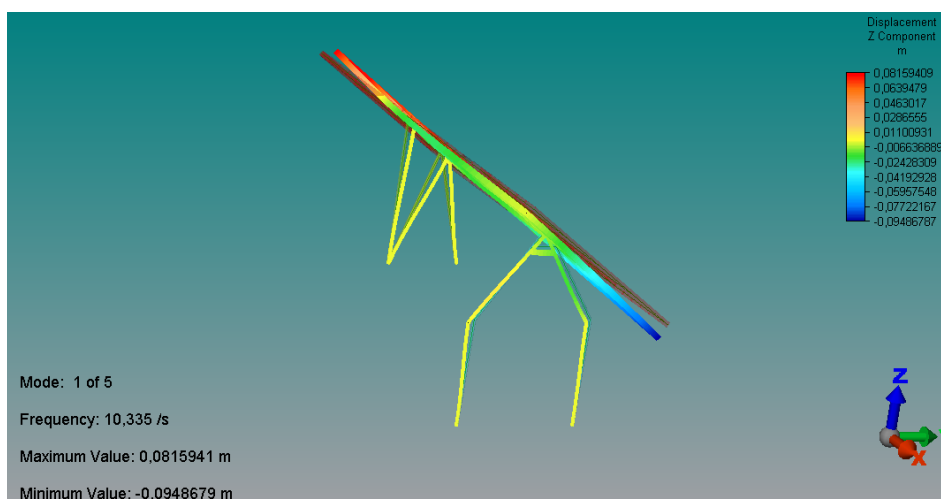


Figura 21. Frecuencia fundamental y su modo normal



Figura 22. Segunda frecuencia natural y su forma modal

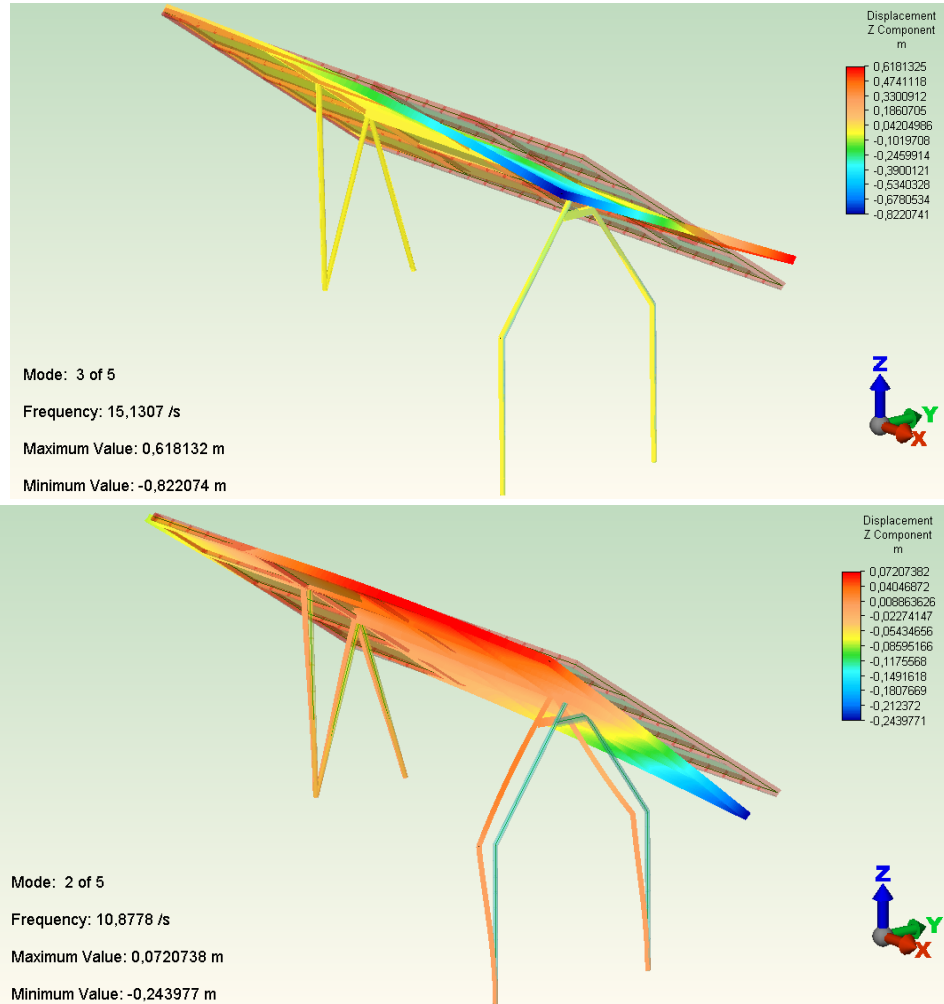


Figura 23. Tercera frecuencia natural y su forma modal

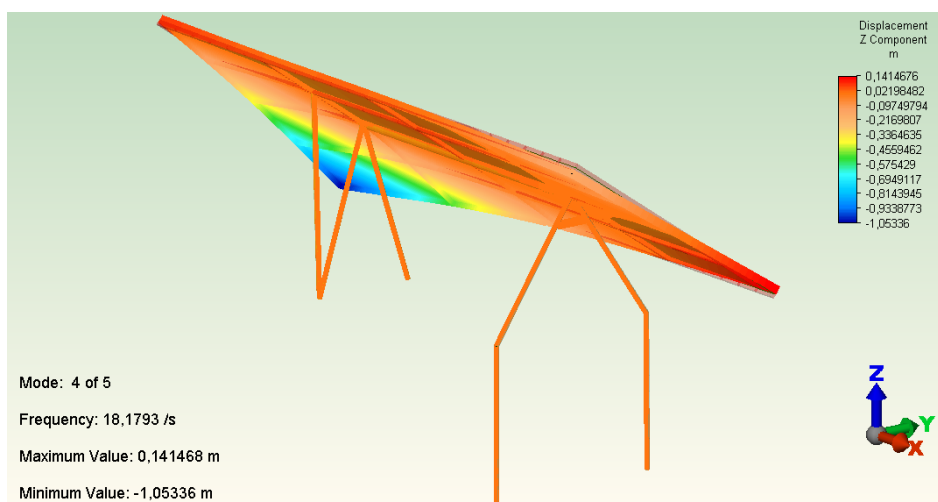


Figura 24. Cuarta frecuencia natural y su forma modal

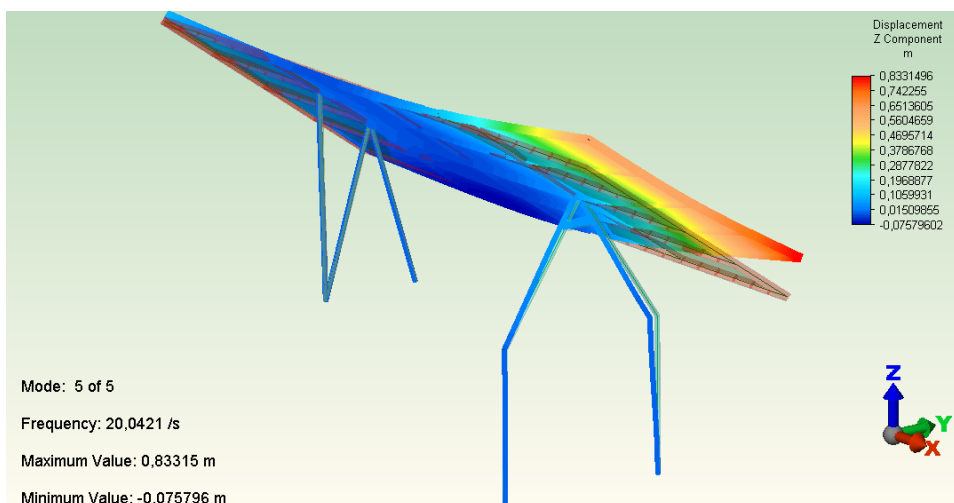


Figura 25. Quinta frecuencia natural y su forma modal

### 3.3 Evaluación de los resultados

Los valores de tensiones y deformaciones obtenidos en el análisis de los diferentes modelos, algunos de los cuales se reproducen en el presente, son adecuados pues se encuentran por debajo de los valores admisibles para los materiales utilizados. Por otro lado, para los resultados del análisis dinámico, y de acuerdo a experiencias anteriores (Peralta et al., 2009), es que puede indicarse que la frecuencia fundamental obtenida se encuentra alejada del rango de la frecuencia de excitación para la velocidad del viento del lugar de la competencia. Se observa que los rangos de frecuencias obtenidos son adecuados para el tipo de estructura analizada y el destino de la misma.

## 4 CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra la experiencia desarrollada, como parte de un equipo interdisciplinario, en el diseño y construcción de un vehículo híbrido experimental. El aporte efectuado, relacionado con el análisis estructural permite indicar la validez de los modelos utilizados en este caso para un destino tan particular.

Por otro lado, pudo comprobarse en la competencia desarrollada en setiembre de 2011 el excelente comportamiento del vehículo. En particular lo relacionado con su resistencia, rigidez

y estabilidad durante las pruebas previas y durante los tres días de competencia.

Corresponde destacar también la importancia de llevar adelante este tipo de proyectos, que involucran docentes, no docentes, alumnos, en el proceso formativo de los ingenieros en cuanto a la difusión de actividades innovadoras que promueven la creatividad y el trabajo en equipo.

## REFERENCIAS

- ALGOR Software y sus correspondientes manuales. Pittsburgh. USA.
- Cairns, E.J. A new mandate for energy conversion: zero emission (electric) vehicles, Proc. IEEE 35th Intl. Power Sources Symposium, pp.310-313, 1992.
- Connors, J. On the subject of solar vehicles and the benefits of the technology, Proc. ICCEP'07, pp. 700-705, 2007.
- Peralta, María Haydée; Rivas, Irene E.; Montanaro, María Inés; Godoy, María Laura; Ercoli, Norma L. “Modelos Para Análisis Estático y Dinámico En El Desarrollo Del Proyecto De La Réplica De La Piedra Movediza”. ENIEF 2009 - XXVIII Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones. Tandil, Argentina. Mecánica Computacional, Vol. XXVIII págs. 652-668, 2009.
- Shin, J.; Hong, J.; Jeong, G. y Lee, J. “Impact of electric vehicles on existing car usage: A mixed multiple discrete–continuous extreme value model approach”, *Journal of Transportation Research*, Part D 17, pp. 138-144, 2012.
- Situ, L. Electric vehicle development: the past, present & future, Proc. Intl. Conf. on Power Electronic Systems and Applications, pp.1-3, 2009.
- Spina, M., C. Verucchi, R. de la Vega, S. Rossi, G. Santillán, F. Gachen. La energía solar fotovoltaica en un Vehículo Híbrido Experimental, I Congreso Provincial de Energía Eléctrica – Tandil, Argentina, pp. 1-8, 2011.
- Rizzo, G.; Arsie, I.; Sorrentino, M. Solar energy for cars: perspectives, opportunities and problems, *GTAA Meeting*, pp. 1-6, 2010.