



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

ANALISIS DE IMPACTO LATERAL DE CHASIS JAULA DE VEHICULO UNIPERSONAL DE TRES RUEDAS

Matías Menghini¹,

¹ UID – GEMA, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería de La Plata
Calle 48 y 116 La Plata. CP 1900.
correo-e: matias.menghini@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

Teniendo en cuenta que en el diseño de vehículos, la seguridad del conductor es el factor más importante desde el punto de vista del diseño, se realizó el modelado con elementos finitos para estudiar el efecto de “Impacto” de la estructura primaria, de un vehículo unipersonal de tres ruedas. Las soluciones que pretenden aportar este trabajo, es un análisis del efecto de impacto lateral de la estructura principal contra una columna, mediante el uso de software de elementos finitos Abaqus.

Debido a la imposibilidad de realizar una validación del análisis propuesto mediante un ensayo o experiencia, se planteó la construcción, ensayo y simulación de dos modelos estructurales constituidos por barras de acero sólidas, los cuales consisten en un modelo de cuatro barras y un modelo de ocho barras, a los cuales se los ensayó y simuló bajo distintas condiciones para evaluar la validez del modelo propuesto para estos casos, y extrapolarlos al caso en estudio principal.

Palabras Claves: FEM, impacto, Vehículo.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria del automóvil y las motos, impulsada por la necesidad de innovar el diseño de vehículos para el transporte de pasajeros, ha mostrado un interés creciente para la construcción de vehículos innovadores.

El diseño que abarque los objetivos propuestos, es el concepto de un vehículo de tres ruedas. El diseño se basó en la capacidad de proporcionar una estabilidad similar a la de un vehículo de cuatro ruedas, pero con las condiciones de manejo de un vehículo de dos ruedas.

La estructura está compuesta de dos secciones, una delantera que contiene al conductor, el mismo es un chasis tubular que porta la horquilla con suspensión y rueda delantera, y una trasera con doble rueda y suspensión por paralelogramo deformable (Figura 1).

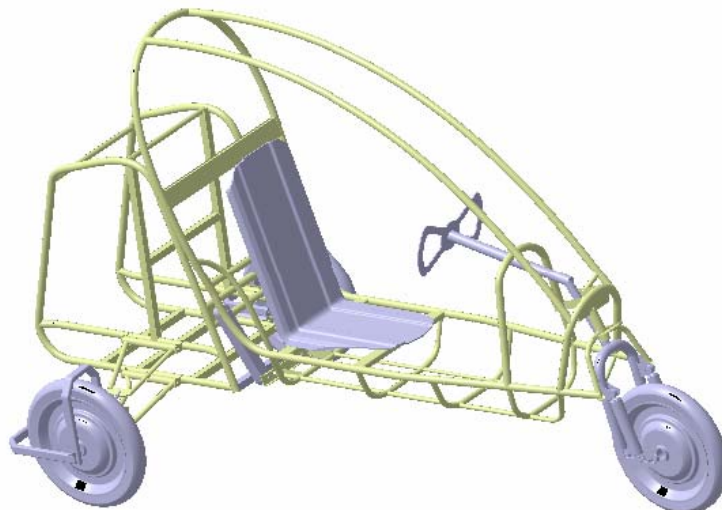


Figura 1: Diseño completo de vehículo de tres ruedas

Teniendo en cuenta que la seguridad del conductor es el factor más importante desde el punto de vista del diseño, se utilizara el modelado con elementos finitos para estudiar el efecto de "Impacto" de la estructura primaria, donde va situado el conductor del vehículo.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Las soluciones que pretenden aportar este trabajo, es un primer análisis del efecto de impacto lateral de la estructura principal (Figura2) contra una columna, mediante el uso de software de elementos finitos Abaqus.

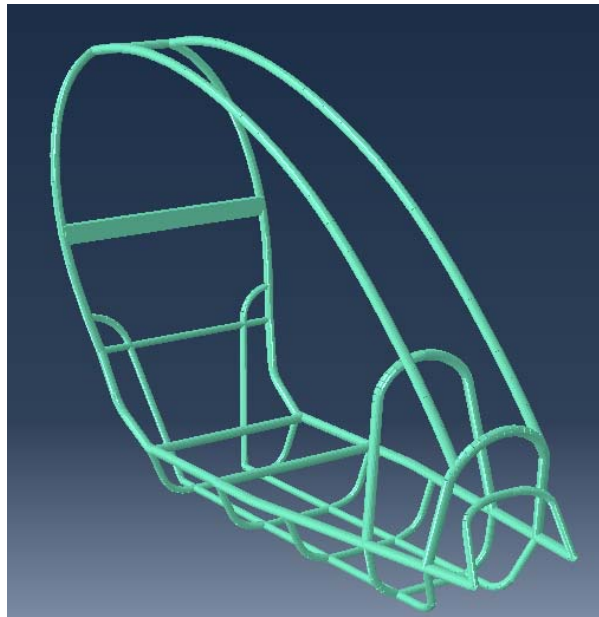


Figura 2: Estructura principal en estudio.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

2.1. Hipótesis de trabajo.

El modelo que se plantea para el análisis de la estructura primaria del vehículo es un modelo tridimensional constituido por vigas de distintas secciones, las cuales conforman la estructura del mismo, el modelo tiene comportamiento no lineal del material, grandes desplazamientos y deformaciones, las condiciones para este problema serán: una velocidad inicial y la gravedad, aplicada a toda la estructura. Se consideraran para el estudio, las masas no estructurales del asiento y de la horquilla delantera, debido a que los motores y las baterías se encuentran en la estructura secundaria, no se consideraron para este primer análisis. Como condición de contacto se estableció que no hay fricción ente la estructura en análisis y el piso, ni entre la estructura y la columna a impactar.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Debido a la imposibilidad de realizar una validación del análisis propuesto mediante un ensayo o experiencia, se planteó la construcción, ensayo y simulación de dos modelos estructurales constituidos por barras de acero solidas de 6.49 mm de diámetro, los cuales consisten en un modelo de cuatro barras y un modelo de ocho barras, a los cuales se los ensayó y simuló bajo distintas condiciones, para evaluar la validez del modelo propuesto para estos casos.

Para ambos casos se utilizó los datos obtenidos del material mediante ensayo de tracción de probetas obtenidas del mismo material a utilizar.

3. MODELOS DE BARRAS

Los modelos fueron contruidos a partir de barras de acero de distinta longitud y un diámetro de 6.49 mm, las mismas fueron soldadas en los extremos mediante el uso de soldadura MIG, (Figura 3) en dos de los extremos de cada modelo se adicionaron dos bloques de acero de 482.8 gramos para el de cuatro barras y 241.4 gramos para el de seis barras, estos bloques se colocaron para incrementar la masa del modelo en estudio, para permitir la disminución de la altura de impacto.

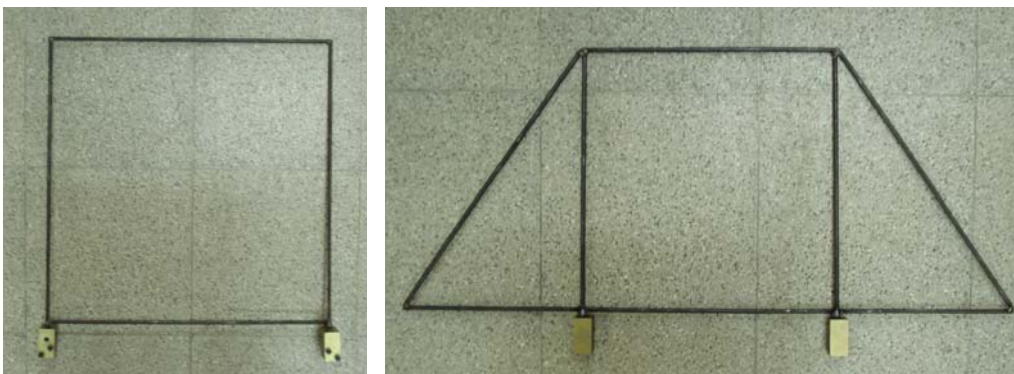


Figura 3: Estructura reticulada de barras con masas

El ensayo sobre los modelos contruidos, consistió en realizar un impacto de la estructura en estudio arrojándola desde una altura de 2 metros para el modelo de cuatro barras y desde una altura de 1.2 metros para el de ocho barras, contra una sección circular de acero de 134 mm de diámetro.

El ensayo de filmó mediante una cámara de alta velocidad a una tasa de 420 FPS (fotogramas por segundo), para evaluar el comportamiento durante el impacto.

3.1. Descripción del modelo

El modelo utilizado mediante el software Abaqus en un modelo 2D constituido por vigas de una sección circular de 6.49 mm de diámetro, los elementos utilizados son tipo viga lineal B31, dicho elemento tiene la capacidad de soportar esfuerzos de tracción, compresión, corte y flexión, son elementos unidireccionales los cuales poseen dos nodos, los mismos tienen dos grados de libertad por nodo, una rotación, y un desplazamiento [1] [2]. El modelo tiene comportamiento no lineal del material, grandes desplazamientos y deformaciones y el contacto entre las partes.

Las condiciones de contorno empleadas son la aplicación de dos masas no estructurales, además se aplicó la aceleración de la gravedad y una velocidad inicial antes del impacto, que es la velocidad que se obtiene en caída libre desde la altura especificada, a su vez se consideró el contacto entre la estructura a impactar y la columna no tiene fricción. A continuación se muestran los modelos en estudio (Figura 4).

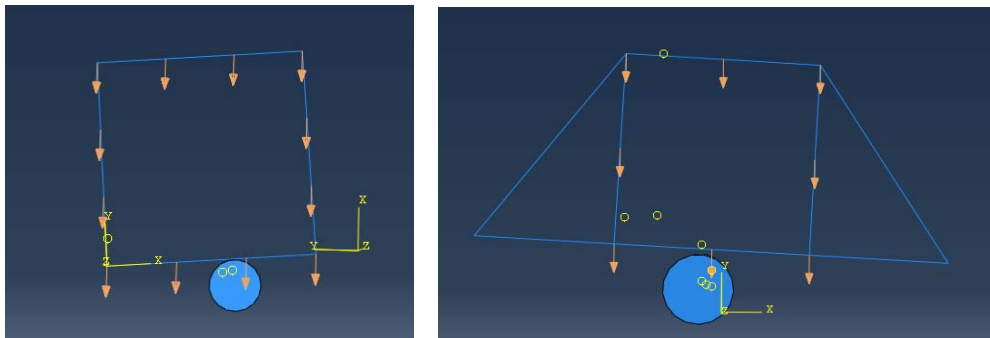


Figura 4: Modelo de elementos finitos utilizado

3.2. Resultados

Debido a que inicialmente se realizó el ensayo de los modelos construidos, se observó para ambos casos que el impacto no se produjo en la zona central de la viga inferior, sino desplazado del centro, a su vez se observó que el mismo no cayó en forma paralela a la horizontal, sino con un determinado ángulo, el cual se midió analizando las fotos obtenidas a alta velocidad. Mediante estos nuevos parámetros se realizaron los modelos, realizando las modificaciones necesarias para representar el impacto realizado en la práctica.

A continuación se observa la respuesta de los modelos reales construidos y los modelos analizados, posterior al impacto (Figura 5).

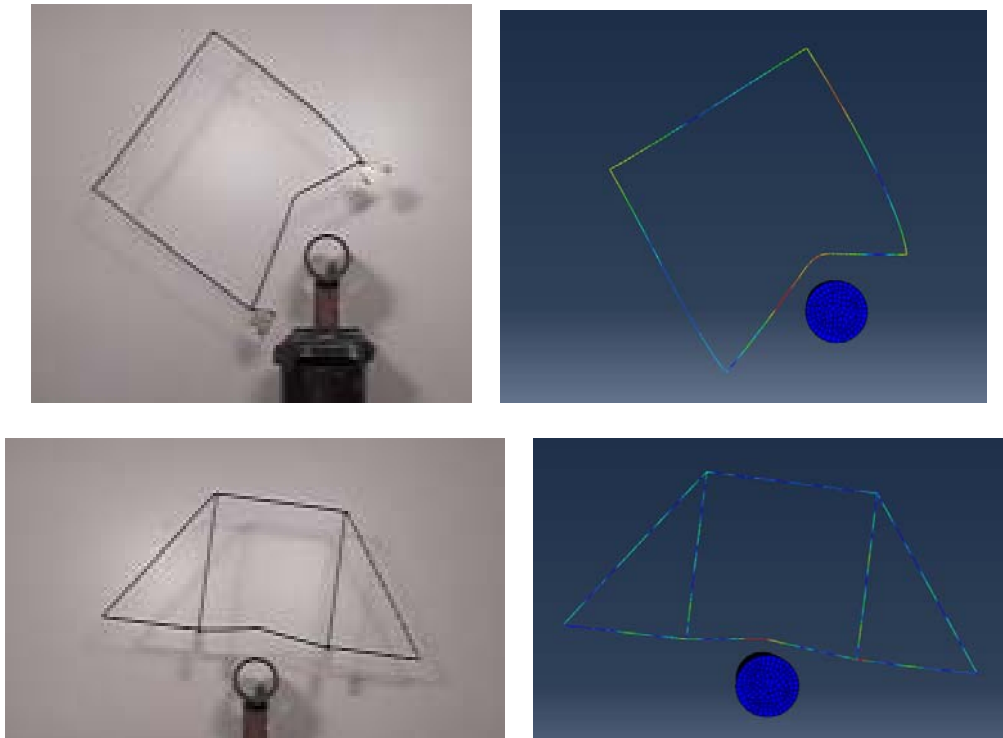


Figura 5: Modelo construido y simulación posterior al impacto

La evaluación que se realizó a ambos modelos, fue la medición geométrica de la máxima deformación plástica en el punto de impacto, para ello se tomó dos puntos en cada extremo de la barra impactada y se trazó una línea, posteriormente se tomó la distancia perpendicular a dicha línea en el punto de máxima deformación, para el caso del modelo simulado numéricamente, lo que se realizó fue tomar las coordenadas de los nodos en el modelo ya deformado y realizar las medidas.

Las medias realizadas a los modelos real (D_r) y la realizada a partir de las coordenadas de los nodos del modelo de elementos finitos (D_m) son:

Modelo de cuatro barras

D_r : 78.20 mm
 D_m : 93.10 mm

Modelo de ocho barras:

D_r : 21.56 mm
 D_m : 18.98mm

De estas medidas se observa una diferencia en las deformaciones plásticas de 14.9 mm, las cuales nos dan un error del 19.05 % para el modelo de cuatro barras y para el modelo de ocho barras, se observa una diferencia en las deformaciones plásticas de 2.58 mm, las cuales nos dan un error del 11.9 %.

3.3. Conclusiones

Con la realización de los ensayos y simulaciones en ambos modelos, se observa que la respuesta de los mismos es menos acertada cuando las deformaciones plásticas son muy grandes, mientras que para pequeñas deformaciones la respuesta presenta menor error con respecto a la realidad, en cuanto a la respuesta dinámica ante un impacto en ambos casos se observó que los dos modelos planteados representan la realidad con bastante exactitud.

4. MODELO ESTRUCTURA PRIMARIA

En función a los resultados obtenidos en las deformaciones y respuesta, se procedió a realizar el modelado del efecto de impacto lateral de la estructura principal del vehículo de tres ruedas (Figura 6), el cual es el objetivo principal de este trabajo.

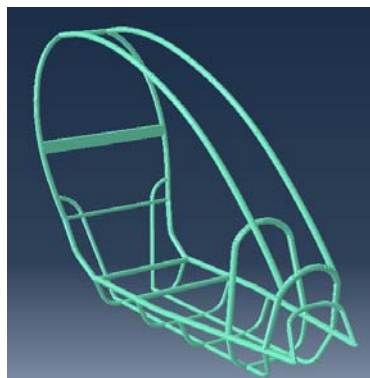


Figura 6: Modelo de estructura principal de vehículo de tres ruedas

El modelo utilizado es un modelo 3D constituido por vigas de distinta sección, todo el conjunto de vigas está conformado por 939 nodos y 963 elementos tipo viga lineal B31 [1].

Las condiciones de contorno empleadas son la aplicación de la fuerza de gravedad en toda la estructura, las masas no estructurales del asiento y de la horquilla delantera y una velocidad inicial

antes del impacto contra una columna de 300 mm de diámetro, la cual se simuló en conjunto con el piso como un rígido analítico.

A continuación se presenta el modelo utilizado (Figura 7).

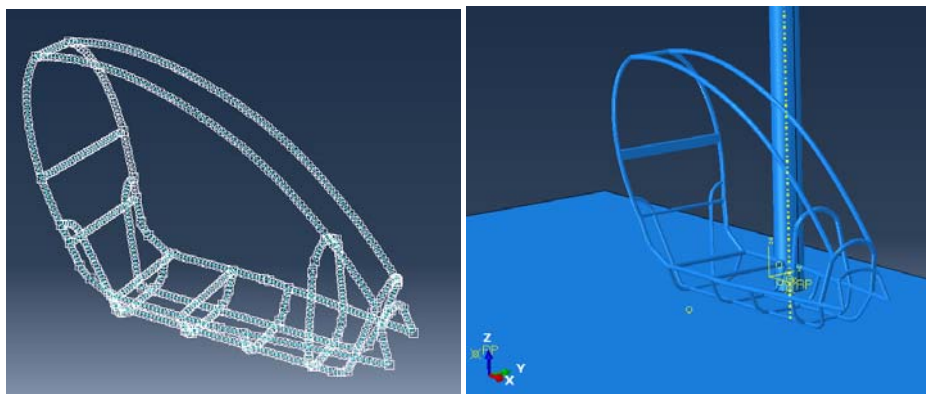
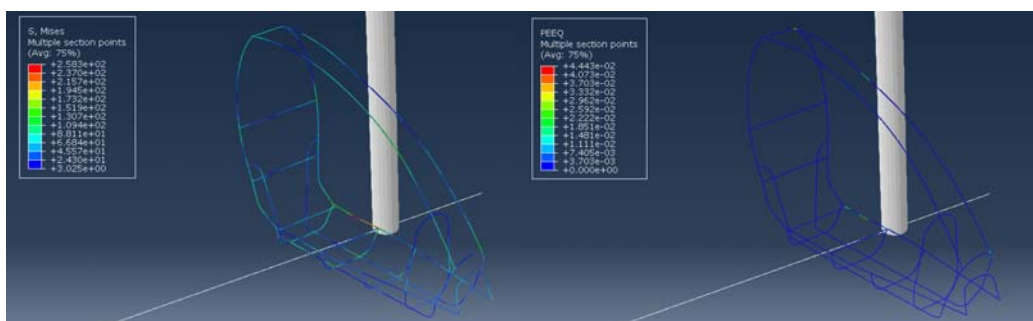


Figura 7: Modelo utilizado

4.1. Resultados

Debido a que se desconocía la actitud de la estructura en estudio ante un impacto lateral, se realizó la simulación del impacto a tres velocidades distintas, las cuales son 20, 25 y 30 Km/h.

A continuación se observa la respuesta del modelo para las tres velocidades (Figura 8).



Modelo con velocidad de impacto de 20 Km/h



IV CAIM 2014

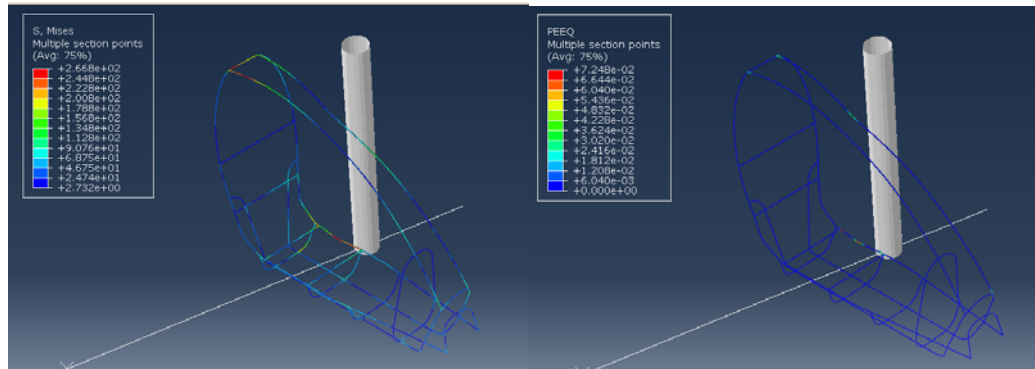
Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



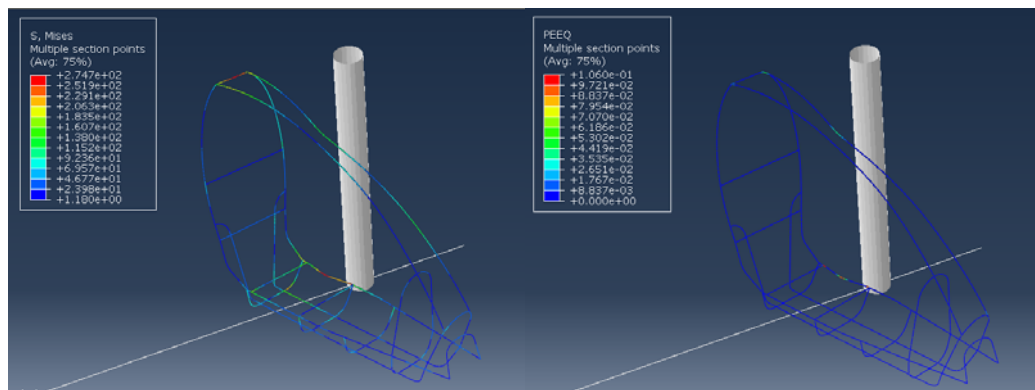
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI



Modelo con velocidad de impacto de 25 Km/h



Modelo con velocidad de impacto de 30 Km/h

Figura 8: Visualización tensiones principales y de deformación plástica para las tres velocidades

El análisis realizado para las tres velocidades consistió en medir las deformaciones plásticas transversales en la parte inferior (Di) y superior (Ds) de impacto de la estructura con la columna, para determinar que en ambos puntos no se produzcan deformaciones plásticas transversales superiores a 50 mm. Las mismas se las realizó tomando coordenadas de los nodos en el modelo ya deformado y realizar los cálculos correspondientes para la obtención de la deformación plástica transversal. A continuación se detallan los puntos definidos anteriormente (Figura 9).



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

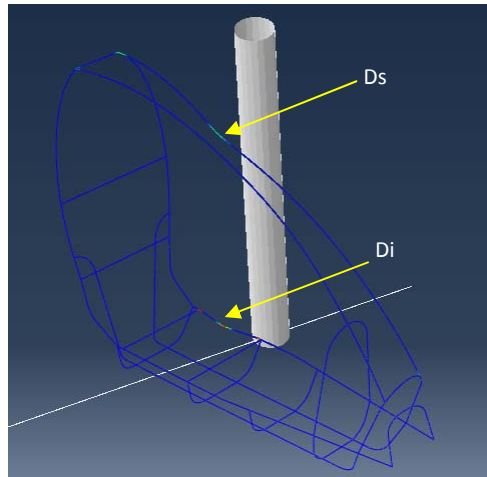


Figura 9: Puntos donde se midió la deformación plástica transversal al eje del vehículo

Tabla 2

Resultados de Deformación Plástica Transversal en Puntos Críticos de la Estructura		
Velocidad (Km/h)	Deformación Plástica (mm)	
	Punto Inferior (Di)	Punto Superior (Ds)
20	10,10	55,44
25	17,95	79,70
30	26,63	123,45

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se observa que las deformaciones más importantes se dan en la parte superior de la estructura, estas son debidas a la escasa rigidez transversal de la parte superior, la cual, a una velocidad de impacto lateral de 20 Km/h no supera los 60 mm preestablecidos como deformación máxima admisible. En la parte inferior donde la estructura impacta inicialmente con la columna, para las tres velocidades estudiadas se ve que las deformaciones se encuentran por debajo de la máxima admisible. Con respecto a la respuesta dinámica del modelo empleado, se observó cómo se había supuesto que la estructura impactara en primera



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

instancia en la parte inferior, luego comienza a rotar en el eje longitudinal y vertical e impacta en la parte superior, con lo cual el modelo responde según lo esperado.

Como conclusión del problema planteado, la estructura en estudio, impactando lateralmente contra una columna a una velocidad lateral mayor a 20 Km/h no sería capaz de contener lateralmente las deformaciones dentro del rango estipulado como apto en la parte superior, mientras que en la parte inferior se encuentra dentro del rango de aceptación.

Se considera a futuro la implementación del modelo completo del vehículo, para predecir cuál será la respuesta real del mismo, ante un impacto lateral.

5. REFERENCIAS

[1]. Abaqus/CAE user's manual y Abaqus theory manual (versin 6.7), año 2007

[2]. "El método de los elementos finitos: Las bases" O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor = Editorial CIMNE, 5 Edición, 2004.