

## ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE UN ÓMNIBUS URBANO ADAPTADO AL USO COMO VEHÍCULO CON PROPULSIÓN HÍBRIDA

**G.M. Taraba, D.J.M. Serangeli, J.P. Cebreiro**  
Laboratorio de Control de Accionamientos, Tracción y Potencia (LABCATYP).  
Depto. de Electrónica-Depto. de Ingeniería Mecánica y Naval.  
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires  
Av. Paseo Colón 850, 1er piso  
(1063) Buenos Aires, Argentina.  
e-mail: jpcebre@fi.uba.ar

### RESUMEN

En este trabajo se detallan las modificaciones a introducir en el diseño de la estructura de un ómnibus urbano de serie actual, con el fin de substituir su sistema de propulsión de tipo convencional, por un sistema híbrido del tipo serie. El ómnibus elegido es de los llamados de piso bajo, y de fabricación Argentina. En el trabajo se busca el reducir lo más posible el número de modificaciones a hacer a fin de no elevar los costos. En el trabajo se presenta un primer análisis de la estructura modificada, bajo la acción de distintas cargas, para el cual se utiliza el método de los elementos finitos, a través del programa Strap versión 7.3. Entre los resultados obtenidos, se obtienen ideas y criterios nuevos a fin de optimizar el diseño de la estructura de dichos vehículos.

### ABSTRACT

This paper shows the modifications that you should have to introduce in the structure design of a serial production urban bus, if you want substitute the standart propulsion system, by a hybrid propulsion series system. A low floor bus made in Argentina was selected. One of the goals of this work is to reduce as soon as possible, the number of modifications previously named, in order to avoid high costs. This paper shows the preliminar analysis of the final structure, under de action of various loads, by the finite element method, using the 7.3 version of the Strap program. As a result of this work, new ideas and criterions appears in order to improve the structure design of buses.

### 1. Introducción

Los autobuses de pasajeros de corta distancia convencionales, utilizados en la actualidad en las poblaciones de la Argentina, presentan en general algunas desventajas. En efecto, ellos son altamente contaminantes tanto en emisiones gaseosas y de partículas, como en emisiones sonoras. En general, dichos vehículos se propulsan mediante motores de combustión interna de ciclo diesel, los cuales en algunos casos derivan de motores utilizados en máquinas viales. De acuerdo a las reglamentaciones vigentes, en los vehículos nuevos, dichas plantas motrices se deben colocar en la parte trasera de los ómnibus, existiendo plazos legales que obligan a renovar las unidades más antiguas que quedan con motor delantero. La trasmisión de la potencia en dichos vehículos se realiza mediante una caja automática y un diferencial, el cual se coloca en el eje trasero, debiéndose en consecuencia, elevar el nivel del piso del autobús, ya sea en forma total o parcial. Debido a esto último, dichos vehículos son de difícil acceso para personas con movilidad propia reducida. Incluso en los autobuses llamados "de piso bajo" parte de dichos problemas de acceso se mantienen dada la necesidad de ubicar la caja y el diferencial. En esos casos se ha recurrido a la colocación de pisos inclinados en la parte trasera de los ómnibus. Otra solución que se utiliza, menos adecuada aún, es la colocación de un escalón, en el medio de los ómnibus, en los llamados autobuses de piso semi-bajo, con lo cual se tiene dos niveles distintos del piso del vehículo.

Una solución interesante para estos problemas, es la utilización de un sistema de propulsión del tipo híbrido serie [1], del cual en el pasado se ha presentado un trabajo referente a la estimación de las

potencias de los componentes del sistema de propulsión [2]. En efecto, en los vehículos híbridos de tipo serie, se puede eliminar el sistema de transmisión mencionado, colocando los motores eléctricos próximos a las ruedas. De esta manera, se tiene realmente la posibilidad de contar con un piso bajo. Además, en dichos vehículos se puede incluir el frenado regenerativo, lo que permite recuperar energía, con la consecuente disminución de consumo de combustible, y de los niveles de emisión. Del mismo modo, se recupera energía en los momentos en que el autobús se debe detener durante su recorrido, dado que en dichos instantes, la energía producida por el motor de combustión del vehículo se aplica a cargar las baterías en lugar de desperdiciarse.

En este trabajo, se presentan las modificaciones a eventualmente realizar a la estructura de un autobús con sistema de propulsión convencional, a fin de adaptarle un sistema de propulsión del tipo híbrido serie. En efecto, ese sistema de propulsión, incluye elementos tales como grupo electrógeno, baterías, hiper-capacitores, motores eléctricos, etc., los cuales se deben ubicar en la estructura, al mismo tiempo que se elimina la propulsión original. En el estudio se impone además la utilización de gas natural comprimido (G.N.C.) como combustible, siendo necesario preveer otras modificaciones a fin de ubicar los depósitos de gas, en reemplazo del tanque de gas-oil. Al realizar todos estos cambios, se debe tener en cuenta el mantener una buena distribución de masas, y la correcta ubicación del centro de masa del vehículo, todo ello procurando no aumentar demasiado el eventual costo del autobús.

En el trabajo también se presenta un primer análisis y el cálculo de las deformaciones de la estructura del vehículo resultante de los cambios mencionados, bajo la acción de distintas solicitaciones, mediante el método de los elementos finitos, para lo cual se utilizó el programa Strap, versión 7.3.

Para realizar el trabajo, se elige un vehículo existente de serie, con el objeto de reducir los costos y a fin de simplificar una eventual fabricación. El vehículo que se elige es el ómnibus modelo OA105/6.05, fabricado en nuestro país por la empresa El Detalle S.A., el cual posee piso bajo, salvo en la parte trasera, donde debido a las dificultades de diseño mencionadas, presenta una pequeña inclinación.

Lo expuesto en estas páginas, forma parte de un estudio de prefactibilidad más amplio [3], cuyo objetivo final es el diseño de un autobús urbano de piso bajo y con un sistema de propulsión de tipo híbrido serie, cuyo combustible sea el gas natural comprimido (G.N.C.).

## 2. Descripción de la Estructura del Ómnibus Convencional tomado como Diseño de Partida

En la figura 1, puede verse una imagen del ómnibus OA105/6.05 elegido, del cual, por carecer de los planos respectivos, se debió relevar su estructura.

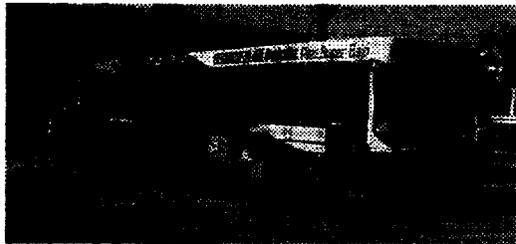


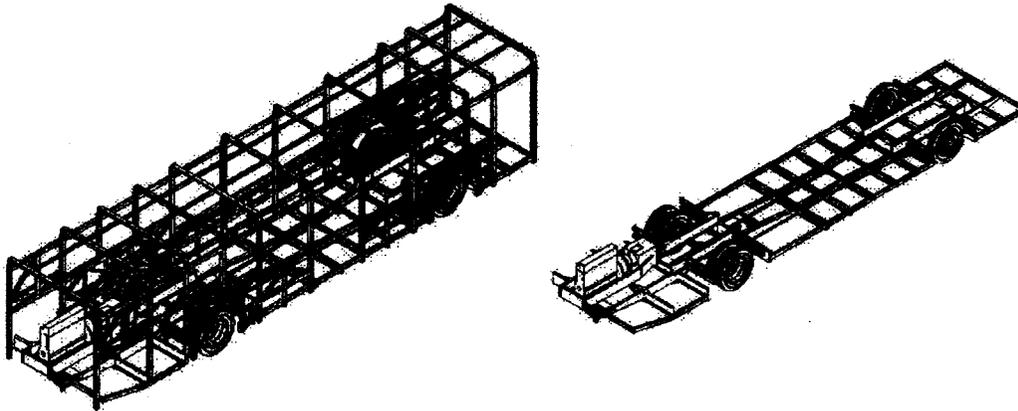
Fig. 1. Ómnibus OA105/6.05 tomado como diseño de partida.

A continuación figuran algunas especificaciones del vehículo elegido, obtenidas de un folleto del fabricante:

Distancia entre ejes: 6050 mm  
Largo total: 11961 mm  
Altura total: 2825 mm  
Ancho máximo: 2500 mm  
Longitud del voladizo delantero: 2485 mm (medido desde el eje delantero)  
Longitud del voladizo trasero: 3426 mm (medido desde el eje trasero)  
Trocha delantera: 2069 mm  
Trocha trasera: 1826 mm  
Masa total del vehículo considerada (vacío con fluidos y 1/2 tanque): 12500 kg

Masa de los ocupantes considerada (25 en asientos, 2 en sillas de ruedas y 25 parados): 4000kg  
 Peso en el eje delantero del ómnibus con los ocupantes: 6121.5 kgf (37.1 % aprox.)  
 Peso en el eje trasero del ómnibus con los ocupantes: 10378.5 kgf (62.9 % aprox.)

En la figura 2a, se observa un dibujo tridimensional de la estructura completa del autobús, donde también se observa la ubicación del motor, caja de cambios, ejes y ruedas. En la estructura dibujada, se ha omitido los recubrimientos de la misma. Se trata de una estructura tubular soldada, la cual incluye en la zona correspondiente al piso del ómnibus, largueros similares a los bastidores tradicionales de los camiones. En la figura 2b, se ha eliminado la parte de la estructura correspondiente al techo y caras laterales del autobús, a fin de visualizar mejor la zona del piso.



Figs. 2a y 2b. Estructuras completa y correspondiente a la zona del piso, ambas sin recubrimientos, del ómnibus OA105/6.05, respectivamente.

Con el fin de relevar la estructura del ómnibus de la figura 1, se realizaron mediciones sobre el mismo, con el objeto de determinar el tipo y dimensiones de los perfiles y tubos que componen la citada estructura. De los valores obtenidos, se llega a la conclusión de que los perfiles y tubos mencionados, son comparables a los de las normas alemanas DIN 1026 y DIN 2395 respectivamente, según figura a continuación [4], (ver las figuras 2a y 2b):

1. Perfil UPN 260: se lo utiliza doble, ubicado frente a la cara interna de cada uno de los pasa-ruedas del autobús. También se lo utiliza doble en los largueros del piso, desde la puerta del medio hacia atrás, hasta el pasa-rueda trasero, aunque modificados pues la altura del alma de los perfiles en ese tramo, varía linealmente. Se lo utiliza también, en forma simple, como soporte del motor y la caja; en ese tramo, la altura del alma de los perfiles varía linealmente.
2. Perfil UPN 140: se lo utiliza doble en los largueros del piso, desde la puerta del medio hacia adelante (en la zona cercana al extremo delantero del ómnibus la altura del alma varía linealmente). Se los utiliza en los perfiles transversales del piso ubicados desde el pasa-rueda trasero hacia adelante (en el travesaño más próximo a dicho pasa-rueda se lo utiliza doble).
3. Perfil UPN 220: se lo utiliza en los dos perfiles trasversales del piso, ubicados detrás del pasa-ruedas trasero.
4. Perfil UPN 80: se los utiliza en los travesaños en forma de "h" ubicados delante y detrás de cada pasaruedas, que cumplen la función de servir de apoyo a los "pulmones" de la suspensión neumática.
5. Tubo estructural de 80\*60 mm.: conforma todo el límite inferior externo de la estructura del piso, cierre de la carrocería.
6. Tubo estructural de 60\*40 mm.: conforma toda la estructura de los paneles laterales y el techo.

(Nota: UPN significa "perfil U normalizado"; el número que acompaña a la sigla UPN es la altura del alma del perfil).

### 3. Descripción de la Estructura del Diseño Final luego de las Modificaciones

En la figura 3, se observa un dibujo tridimensional de la eventual estructura del diseño final del ómnibus, si se realizaran las modificaciones a fin de adaptarle el mencionado sistema de propulsión híbrida. Dichas modificaciones representan un eventual incremento de 300 kg a la masa del bastidor del autobús, el cual es poco significativo. La alternativa que se presenta aquí constituye la mejor opción a la que se arribó en un trabajo previo [3].

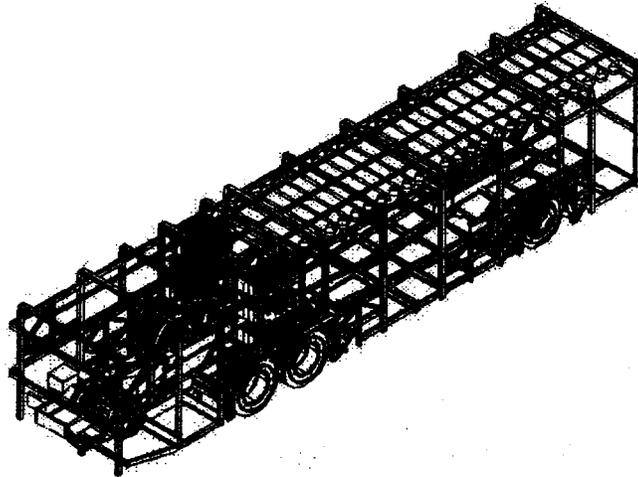


Fig. 3. Estructura completa del diseño final del ómnibus.

En la génesis del diseño de la figura 3, además de las hipótesis mencionadas: G.N.C. como combustible, etc., se impone como condición, que el espacio para los pasajeros sea similar a los del vehículo de partida. De la comparación de las figuras 2a y 3, se puede afirmar que las modificaciones de la estructura tubular son bastante reducidas: básicamente el agregado de tubos estructurales de 60\*40mm en la zona del techo, que actúan como soporte de los tubos de gas, y alguna modificación en la zona de las ruedas traseras, utilizando los mismos perfiles y tubos del sector, a fin de incorporar un eje adicional. También se debe modificar levemente, la forma de la parte trasera de los largueros del bastidor, dada la ubicación transversal del grupo electrógeno del sistema híbrido. En la figura 3, se puede observar además, la ubicación de las baterías sobre los pasa-ruedas traseros, y la del grupo electrógeno.

La necesidad de agregar un eje en la zona trasera, se fundamenta en la Ley Nacional de Tránsito (Ley 24449/95). En efecto, en el inciso d) del Art.53 del Capítulo III "Reglas para Vehículos de Transporte", de la mencionada ley, se imponen los pesos máximos a transferir a la calzada, por parte de los vehículos de transporte:

- a) Por eje simple: 1) con ruedas individuales, 6 tn; 2) con ruedas dobles, 10.5 tn.
- b) Por conjunto doble de ejes: 1) con ruedas individuales, 10 tn; ambos con rodado doble, 18 tn.

De las especificaciones del vehículo de partida en el punto 2, se observa que el mismo, está en el límite de la mencionada ley, en lo referente a la carga máxima por eje. Ahora bien, nuestro diseño de la figura 3, tiene una masa de 21500 kg, es decir, 5000 kg más que los del ómnibus original (fundamentalmente debido al peso de las baterías y motores eléctricos), cuando esta cargado [3]. Es razonable suponer, en un primer análisis, que el incremento de masa de 5000 kg se ubica todo sobre la zona de las ruedas traseras: de la comparación de las figuras 2a y 3 se observa que la única masa importante agregada en la zona próxima al eje delantero es la correspondiente a los tanques de gas. Dicha masa es de aproximadamente 1 tn, y el peso de sólo una fracción de la misma afecta al eje delantero, con lo cual en una primera aproximación se puede considerar que el eje delantero y sus ruedas, no requieren cambios.

De acuerdo a lo anterior, si al peso en el eje trasero del vehículo de partida del punto 2, se le agregan otros 5000 kgf, se obtienen 15378.5 kgf, con lo cual se deja de cumplir con la Ley de Tránsito. Queda claro el porqué de colocar un eje adicional en la parte trasera: colocando dos ejes con ruedas duales se

está en condiciones de soportar con dichos ejes 18 tn, sin infringir la citada ley. En el proyecto de la figura 3, se plantea un cambio adicional para los dos ejes traseros: se sustituyen las ruedas duales en los mismos, por dos neumáticos super-anchos por eje. Con esto último se gana espacio en el autobús, al reducir el ancho de los pasa-ruedas traseros; además se disminuye el arrastre de los neumáticos en los virajes, característico de los ejes traseros duales.

Con las modificaciones a introducir, de acuerdo con la figura 3, parte de las anteriores especificaciones del vehículo se modifican como sigue:

- Distancia entre ejes (tomada desde el punto intermedio de los ejes traseros): 4502 mm
- Largo total: 12488 mm
- Longitud del voladizo trasero: 4037 mm (medido desde el punto intermedio de los ejes traseros)
- Masa total del vehículo considerada (vacío con fluidos y 1/2 tanque): 17500 kg
- Peso en el eje delantero del ómnibus con ocupantes: 7300 kgf (34 % aprox.)
- Peso en cada eje trasero del ómnibus con los ocupantes: 14200 kgf (66 % aprox.)

(Nota: para los diseños de las figuras 2a, 2b y 3, se utiliza el programa AutoCad 2000. Con la ayuda de ese programa se determinan los pesos en los ejes delantero y trasero del diseño final de la figura 3, incluyendo a los ocupantes, e incluyendo también los recubrimientos que faltan en dicha figura, asumiendo que la distribución de masa de los mismos es uniforme en toda la estructura, y que la carga es la misma en los dos ejes traseros).

En la figura 4, puede verse una posible imagen del diseño final una vez construido:

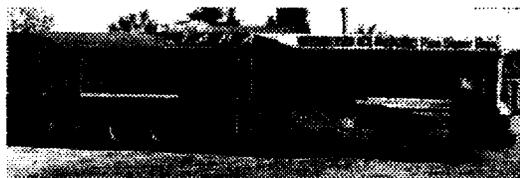


Fig. 4. Imagen del diseño final del ómnibus.

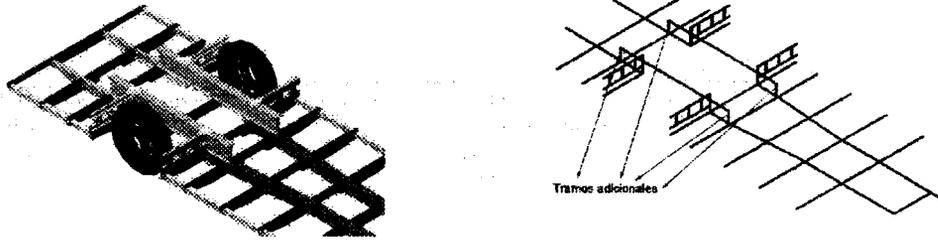
En cuanto a la distribución de masa y el cálculo de los momentos de inercia, ambos temas exceden a este trabajo y se pueden consultar en [3]; sin embargo se puede afirmar que entre los dos diseños correspondientes a las figuras 2a y 3, el desplazamiento de la posición del centro de masa en el eje longitudinal no llega a los 30 cm, y en altura no llega a los 17 cm, de acuerdo a los valores calculados mediante el programa AutoCad 2000.

#### 4. Análisis de la Estructura del Diseño Final y Cálculo de su Deformación bajo la acción de distintas Solicitaciones

Para el análisis de la estructura y para calcular su deformación, bajo la acción de distintas sollicitaciones, se utiliza el programa Strap, versión 7.3, para lo cual previamente se debe modelar la estructura. En el estudio no se tiene en cuenta la influencia de los recubrimientos externos e internos de la estructura, en la deformación. Dichos cerramientos (chapa, vidrio y plástico), en general no influyen demasiado en la deformación por flexión y sólo influyen apreciablemente la deformación por torsión de la estructura, reduciéndola. Por lo tanto, al no considerarlos en un primer análisis, se está en una situación segura.

##### 4.1 Modelo de la Estructura

Dado que la estructura es de tipo tubular, con largueros en su parte inferior, se la discretiza con elementos de viga que responden a la hipótesis de Bernoulli-Navier. Para ello se deben determinar las líneas medias del diseño de la estructura de la figura 3. En efecto, en el piso del vehículo existen algunos lugares conflictivos en lo referente a la determinación de las líneas medias, como por ejemplo, la zona próxima al tren delantero que se detalla en la figura 5a, en la cual existen vigas superpuestas soldadas entre sí. Para la zona de la figura 5a, se adopta como solución colocar cuatro tramos de viga que unen ambas líneas medias de las vigas superpuestas, de forma tal que tomen los esfuerzos que una viga le trasmite a la otra, como se observa en la figura 5b.



Figs. 5a y 5b. Detalle de la zona delantera de la estructura del piso y de las líneas medias correspondientes a dicha zona, respectivamente.

#### 4.1 Análisis de la Estructura bajo la acción del Peso Propio de los Componentes del Autobús Cargado

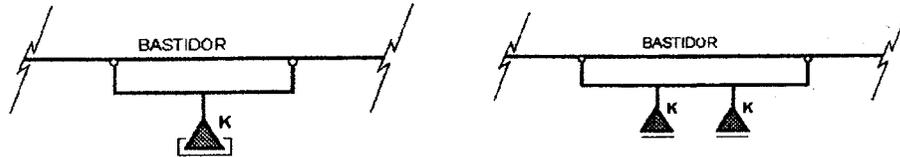
Además del peso propio de la estructura tubular de la figura 3, actúan sobre el autobús las siguientes cargas estáticas:

1. Carga distribuida debida a los tanques de gas: se adopta una carga de valor constante, el cual se obtiene de dividir el peso total de los 26 tanques llenos de gas (que es de 1050 kgf) en tres, debido a que los mismos se encuentran simplemente apoyados a lo largo de tres largueros, sobre cuya longitud (8000 mm) se vuelve a dividir para obtener el valor buscado a aplicar: 43.75 kgf/m.
2. Carga distribuida debida a los pasajeros: se adopta una carga de valor constante. Para la estimación de la misma se toma un total de 25 pasajeros sentados, 25 parados y 2 pasajeros discapacitados con sillas de ruedas. Considerando un peso promedio por pasajero de 80 kgf, la carga total a distribuir sobre los dos largueros principales es de 4160 kgf, los cuales tienen una longitud de 10.5 m, lo que da un valor de 198 kgf/m para la carga distribuida.
3. Carga distribuida debida a las baterías: la masa de las mismas se halla distribuida en dos bloques con un peso de 710 kgf cada uno. Se adopta por lo tanto, dos cargas distribuidas cuyo valor constante individual se obtiene teniendo en cuenta la longitud de los perfiles donde descansan los bloques, con lo que se obtiene un valor de 150 kgf/m.
4. Carga debida al grupo electrógeno: el peso del grupo utilizado es de 1250 kgf. Como el mismo se encuentra vinculado al bastidor por cuatro puntos de apoyo, se representa la carga del grupo con cuatro fuerzas puntuales de 312.5 kgf cada una.

Los motores eléctricos no figuran como cargas actuantes en la estructura, pues se los considera como masas semi-suspendidas, por estar ubicados próximos a las ruedas. Tampoco se considera como cargas actuantes, al peso de los recubrimientos de la estructura de la figura 3 a saber: recubrimiento de chapa de acero, piso del autobús de madera recubierta, paneles de vidrio y plástico, etc.. El motivo de no tenerlos en cuenta, es su baja incidencia a lo que se agrega el hecho de estar distribuidos uniformemente en la estructura, además según el punto 4, los recubrimientos a lo sumo disminuyen la deformación. A modo de ejemplo, si se considera al ómnibus como un prisma de 12488 mm de largo, 2500 mm de ancho y con una altura de 2825 mm, recubierto de chapa de acero de 2 mm de espesor, salvo la cara inferior (el piso), se obtiene un volumen de chapa de  $231804400 \text{ mm}^3$ . Si se adopta el valor de la densidad del hierro de  $7.86 \text{ g/cm}^3$ , para la chapa de acero [5], se obtiene una masa total de 1821.98 kg. Este valor es menos de un 10 % del valor de la masa del autobús cargado (21500 kg), a pesar de estar sobredimensionado, pues en el cálculo previo no se considera que gran parte de la superficie lateral del ómnibus esta recubierta de vidrio y no de chapa.

En cuanto a las condiciones de vínculo para esta sollicitación, se utilizan unas estructuras auxiliares para simular cada una de las ruedas delanteras y traseras respectivamente, que se observan en las figuras 6a y 6b. Dichas estructuras están formadas por un elemento de rigidez axil K, si la misma representa a la rueda delantera, y por dos elementos de rigidez axil K si la misma representa a las dos ruedas traseras izquierdas o derechas según sea el caso, y por una especie de pórtico invertido, articulado en dos puntos al bastidor. El valor de K es de 16000 kgf/m y pretende simular la rigidez vertical de los neumáticos, con un valor obtenido de la bibliografía [6]. Las dos articulaciones, pretenden representar los puntos donde

los ejes del vehículo real se conectan con el bastidor. Con estas condiciones, se permiten los giros de las secciones del bastidor donde se encuentran las citadas articulaciones, y al mismo tiempo no se restringe la deformación longitudinal del citado bastidor, al igual que lo que ocurre en la realidad con las ruedas del vehículo, las cuales permiten dichas deformaciones.



Figs. 6a y 6b. Detalle de las condiciones de vínculo de cada una de las ruedas delanteras y traseras, respectivamente.

Una vez cargados los datos de las cargas, condiciones de vínculo, momentos de inercia, módulo de elasticidad longitudinal  $E$ , coeficiente de Poisson, áreas de las secciones de los elementos, etc. en el programa Strap, se obtiene entre otros resultados la figura 7, donde las deformaciones se grafican amplificadas para su correcta visualización. El desplazamiento máximo vertical, se ubica en la parte trasera del autobús, donde se ubica el grupo electrógeno, y alcanza un valor de unos 20 mm. Al mismo tiempo, la compresión que experimentan los elementos de rigidez  $K$  que representa a la deformación de los neumáticos traseros al estar cargados, alcanza los 6.3 mm aproximadamente. De acuerdo con esto último, el desplazamiento vertical de la parte trasera del vehículo respecto del nivel del piso del mismo, es de 13.7 mm.

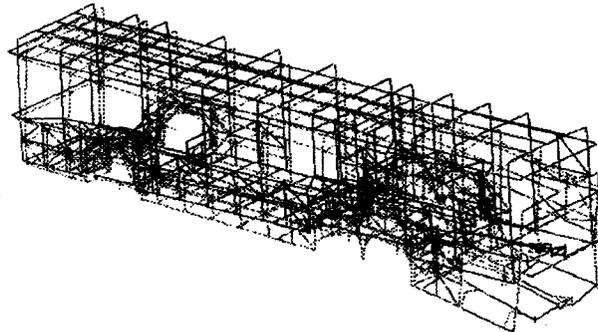


Fig. 7. Deformaciones de la Estructura del Autobús, bajo la acción del Peso Propio y del Peso de los Pasajeros.

En cuanto a los valores de los desplazamientos verticales en la zona de la estructura entre los ejes delantero y traseros, los mismos son del orden de los 6.4 mm. Pero si se tiene en cuenta el mencionado acortamiento de los elementos de rigidez  $K$  que representan a los neumáticos traseros (6.3 mm), y el acortamiento de los correspondientes elementos, que representan la compresión de los neumáticos delanteros, que es del orden de los 5.6 mm, vemos que la deformación de la zona es despreciable. Haciendo una simulación con el ómnibus sin los pasajeros, se obtienen valores similares para la zona (y para el resto del autobús); no se observa influencia de la presencia o no de la masa de los pasajeros.

#### 4.2 Análisis de la Estructura bajo la acción del Peso Propio de los Componentes del Autobús Cargado, y solicitado a un esfuerzo de flexo-torsión adicional

En esta simulación, la estructura se halla solicitada a las mismas cargas del punto 4.1, con el agregado de una fuerza vertical hacia arriba, de 5000 kgf, en el nodo que representa el parche de contacto del neumático delantero izquierdo. Esto implica que se mantienen los vínculos impuestos en el punto 4.1, salvo el vínculo que representa a la rueda delantera izquierda, en el cual, su apoyo fijo es reemplazado por una carga concentrada. El valor de la carga elegido equivale casi al peso del 25 % del autobús. En la figura 8, se observan los resultados de tales solicitaciones; para clarificar la figura, se omite en la misma, el dibujo de la zona del techo del vehículo y su correspondiente deformada. De la observación de los resultados, se observa que el máximo desplazamiento vertical se encuentra en la zona delantera próxima a la carga concentrada aplicada, como era de esperarse, y alcanza un valor de 100 mm.

## 5. Conclusiones

En el caso de sollicitación correspondiente al punto 4.1, donde prima la flexión, los valores obtenidos de los desplazamientos son razonables: el valor máximo es tolerable dado que es inferior a 15 mm, valor que constituiría el límite de lo admisible. La poca influencia de la carga que representa a los pasajeros en la deformación, sugiere que la zona de la estructura ubicada entre el tren delantero y las ruedas posteriores, estaría sobredimensionada en lo referente a su resistencia a la flexión. Una alternativa interesante, sería el reemplazar el esquema basado en dos largueros en el piso, similar a los camiones, por un diseño que no privilegie la resistencia a la flexión, dado que la carga de los pasajeros es reducida. De acuerdo a la geometría del vehículo, los esfuerzos que priman en la zona mencionada serían los esfuerzos a torsión, por lo que el cambio en el diseño debería orientarse en esa dirección.

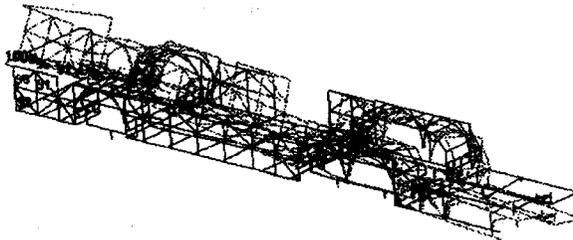


Fig. 8. Deformaciones de la Estructura del Autobús, bajo la acción del Peso Propio, del Peso de los Pasajeros y de un esfuerzo de torsión.

En el caso del punto 4.2, donde existe una sollicitación del tipo flexo-torsión, la carga aplicada de 5000 kgf, que representa casi el 25 % del peso del vehículo cargado, es excesiva de acuerdo a lo que normalmente debe soportar el autobús; sin embargo, el desplazamiento máximo que aparece, del orden de los 100 mm, es razonable. Se debe analizar la estructura más detenidamente, a fin de determinar si la misma está sobredimensionada en lo que a flexo-torsión se refiere.

## 6. Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por la Universidad de Buenos Aires, estando incluido en el proyecto TI38: "Aplicaciones Electrónicas al Procesamiento de la Energía Eléctrica", en el marco de la Programación Ubacyt 1998-2000.

Se agradece a la empresa de transporte TABA S.A. por la colaboración prestada para la realización de las mediciones.

Se agradece al estudio Jaime Lande & Asociados por la utilización del programa Strap 7.3.

## REFERENCIAS

- [1] Tacca, H.E., *Transporte automotor de pasajeros: Reducción de la contaminación ambiental, mejora de la calidad del servicio y estímulo a las fabricantes PYME*, trabajo presentado en el "Encuentro Pluralista sobre Sociedad, Ciencia y Tecnología: La Ciudad Invita a Pensar", 2 de julio de 1999, Buenos Aires, Argentina.
- [2] Taraba, G.M., Serangeli, D.J.M., Cebreiro, J.P. y Tacca, H.E., *Estimación de las Potencias de los Componentes de la Propulsión de un Autobús de Propulsión Híbrida*, publicado en los Anales del XVII Congreso Argentino de Control Automático, 11 al 13 de septiembre de 2000, Buenos Aires, Argentina, págs. 251-256.
- [3] Taraba, G.M. y Serangeli, D.J.M., *Estudio de Prefactibilidad de un Ómnibus Híbrido de Pasajeros*, proyecto final de graduación, correspondiente a la materia (67.98) Trabajo Profesional de Ingeniería Mecánica, de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, presentado el 21 de junio de 2001, Buenos Aires, Argentina. Tutor: Dr.Ing.H.E.Tacca, Cotutor: Ing.J.P.Cebreiro.
- [4] *El Acero en la Construcción*, Editorial Reverté, Barcelona, España, 1981.
- [5] Hütte, *Manual del Ingeniero*, tomo I, Editorial Gustavo Gili, 2da. edic., Barcelona, España, 1938.
- [6] Aparicio Izquierdo, F., Vera Alvarez, C. y Díaz López, V. *Teoría de los Vehículos Automóviles*, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 1995, ISBN 84-7484-109-7.