

# Autobuses híbridos: cómo reducir la contaminación promoviendo el desarrollo tecnológico local

**EL DESARROLLO LOCAL DE AUTOBUSES HÍBRIDOS NO SÓLO CONTRIBUIRÁ A REDUCIR EL GRAVE PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL QUE AFECTA A LA CIUDAD DE BUENOS AIRES SINO QUE PODRÍA CONSTITUIR UNA INDUSTRIA LOCAL TECNOLÓGICAMENTE COMPETITIVA Y CON CAPACIDAD DE EXPORTACIÓN, CAPAZ DE GENERAR CALIFICADOS RECURSOS HUMANOS PARA UNA AMPLIA VARIEDAD DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES QUE IMPLIQUEN CONOCIMIENTO INTENSIVO.**



**HERNÁN E. TACCA**

Dr. Ingeniero  
Electromecánico orientación  
Electrónica FI UBA.  
Maestría (D.E.A.) en la  
Universidad de Ciencias y  
Tecnologías de Lille (Francia).  
Profesor en el Departamento  
de Electrónica FI UBA,  
a cargo del Laboratorio de  
Control de Accionamientos,  
Tracción y Potencia.

El medio de transporte urbano ideal para una gran ciudad es el subterráneo, pero la construcción de la red es costosa y tiene, por sus gastos de explotación, limitaciones horarias. En consecuencia, aún en las más populosas ciudades de los países desarrollados, que cuentan con dicho medio de transporte, el servicio debe ser complementado por otros medios como tranvías, trolebuses, metros ligeros automáticos y, en todos los casos, por una red de autobuses.

En el caso de las ciudades pequeñas, las opciones son más reducidas: en ellas no es viable el mencionado subterráneo, cobrando mayor importancia la red de autobuses.

El transporte automotor de pasajeros es hoy mayoritariamente realizado mediante autobuses de piso alto con propulsión diesel que presentan varias desventajas:

- Son altamente contaminantes tanto en emisiones gaseosas y de partículas, como en emisiones sonoras, pues a veces los chasis empleados son simples derivaciones de los utilizados para el transporte de cargas y los motores adoptados son en general ruidosos debido al uso de turboventiladores y turbo compresores.
- La transmisión 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. Por ello, estos vehículos son de difícil acceso para personas con movilidad propia reducida.

- Elementales sistemas de seguridad como los que impiden la marcha con las puertas abiertas, que bloquean su cierre si hay pasajeros descendiendo, limitadores de velocidad y de aceleración, están habitualmente ausentes.

La progresiva incorporación al servicio de unidades de piso bajo tiende a resolver sólo un aspecto del problema y, en rigor, las citadas unidades sólo tienen parcialmente el piso bajo en un sector del vehículo.

La incorporación generalizada de unidades a gas natural comprimido permitiría reducir la contaminación atmosférica, pero su difusión se ha visto obstaculizada por diversos factores, entre ellos, la menor autonomía de marcha, y el tiempo de recarga de los tanques.

Una solución para estos problemas es el uso de autobuses eléctricos con emisión cero, pero la tecnología actual en materia de baterías les confiere una autonomía reducida y el costo resulta muy elevado, así como el peso de los vehículos resultantes.

Por otra parte, debe tenerse presente que algunas de las tecnologías propuestas sólo resultan no contaminantes si se reciclan las baterías o celdas de combustible. Si el reciclado no fuera sencillo, se deberá transportar las baterías hasta los centros de reciclado (que normalmente serán pocos), con lo cual los costos de operación se encarecerían.

La simple importación de las unidades plantearía el problema de qué hacer con las baterías a desechar. Si no hay fábricas capaces de reciclarlas en el país, deberían transportarse las ba-

terías agotadas al exterior, lo que impondría un costo adicional excesivo a la operación del sistema tornándolo antieconómico. Si esto último sucediese, es fácil predecir que se terminarían tirando al medio ambiente las baterías agotadas sin efectuar reciclado alguno.

### Autobuses híbridos

Una alternativa interesante, es la utilización de un sistema de propulsión de tipo híbrido. En este tipo de vehículos se intenta reducir la contaminación disminuyendo el consumo de combustible pero intentando, al mismo tiempo, que la autonomía del vehículo no se vea muy limitada.

Hay dos tipos básicos de vehículos híbridos: de tipo paralelo o de tipo serie. En los primeros, un motor de combustión impulsa el vehículo asistido por un motor eléctrico. El motor eléctrico ayuda durante los arranques y evita que el motor de combustión deba acelerar demasiado. De esta forma, el motor térmico funciona de manera más silenciosa y siempre dentro de un régimen de mayor rendimiento y menor emisión de contaminantes. Durante el frenado, el

motor eléctrico actúa como generador, recuperando parte de la energía cinética del vehículo, que es devuelta a las baterías y que luego será aprovechada durante el arranque o en la aceleración.

Al repartirse la potencia motriz a suministrar entre el motor eléctrico y el de combustión este tipo de vehículo híbrido resulta más liviano que el otro, denominado híbrido serie (*Figura 1*).

En este último tipo, la máquina térmica mueve un generador eléctrico que mantiene cargado a un acumulador de energía eléctrica y éste alimenta motores eléctricos que se ocupan de la tracción del vehículo. Esto tiene como desventaja que el motor de combustión, el generador y los motores eléctricos de tracción deben ser de potencia mayor, con lo cual el vehículo resulta más voluminoso y pesado.

Sin embargo, esta opción permite que el motor térmico funcione siempre dentro del rango de potencia óptima desde el punto de vista de la emisión de contaminantes y del consumo de combustible.

El motor necesario resulta más pequeño que el de un vehículo convencional pues solamente debe suministrar la potencia promedio, dado que las ma-

yores potencias necesarias durante el arranque la proveen los motores eléctricos a expensas de la energía almacenada en el acumulador eléctrico.

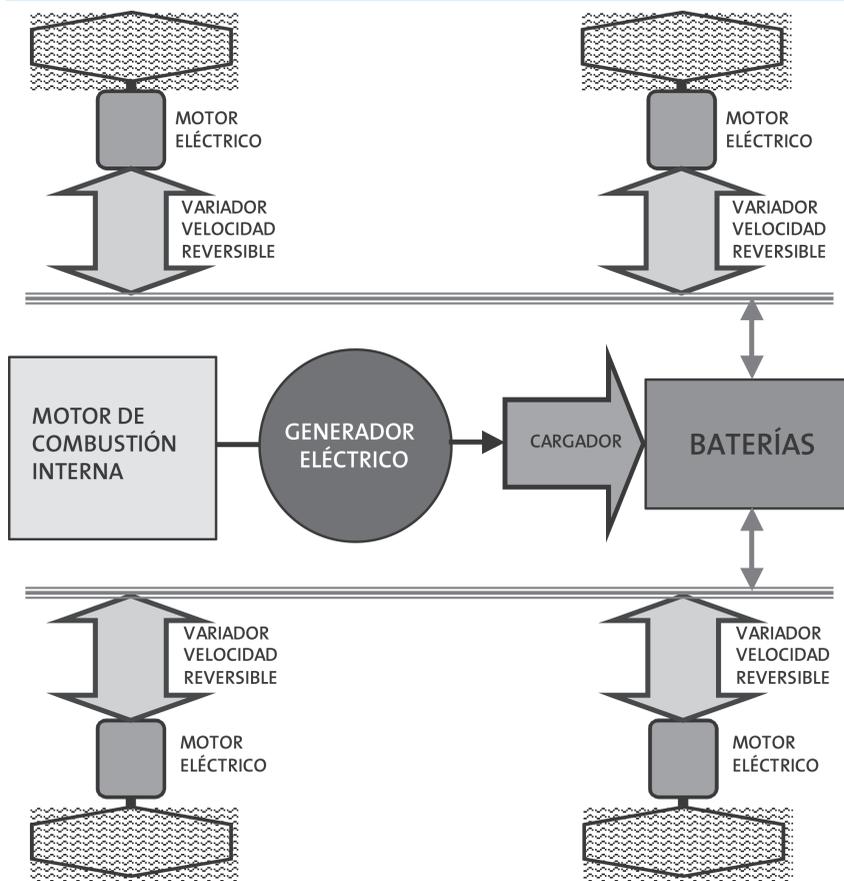
Durante las paradas de ascenso y descenso de pasajeros y también durante las detenciones en semáforos, el motor térmico no desperdicia energía pues está cargando el acumulador.

Durante el frenado los motores eléctricos actúan como generadores devolviendo energía al acumulador. Así, además de aprovechar la energía cinética del vehículo se prolonga la vida útil de los frenos, que solamente actúan al final del frenado para inmovilizar al vehículo.

Por estas razones, esta alternativa es frecuentemente elegida en autobuses urbanos. Para esta aplicación se obtiene además varias ventajas adicionales:

- El autobús puede ser integralmente de piso de bajo si se elimina el eje trasero con el diferencial, empleando motores individuales en cada rueda, evitando que el autobús de piso bajo tenga dos niveles (con un escalón peligroso para personas con visión o movilidad reducida).
- Al colocarse un motor eléctrico en cada rueda, se puede embutir los motores en los cubos de las ruedas motrices (*Figura 2*). En su forma más avanzada, esta técnica utiliza motores eléctricos con estator interno y rotor exterior sirviendo de llanta. La ventaja es que así se dispone de más espacio interior en la cabina, lográndose que el piso sea "superbajo" en todo el coche. Si bien así se transfiere un mayor peso solidario a las ruedas, esto no es una grave desventaja en autobuses destinados a operar en carriles exclusivos, pues, en tales casos, se asume que la pista de los carriles se mantendrá adecuadamente, con reparaciones nocturnas de ser necesario.
- El autobús puede ser proyectado para circular en modo puramente eléctrico en ciertos tramos del recorrido, lográndose en esos trayectos emisión cero y un funcionamiento más silencioso.
- Para facilitar el estacionamiento, las ruedas traseras pueden girar en sentido opuesto, facilitando arrimar el vehículo al cordón de la acera.
- Los acumuladores eléctricos empleados pueden ser baterías de distinto tipo, normalmente la tendencia actual es combinar las baterías con un nuevo tipo de acumulador eléctrico denominado "supercapa-

FIGURA 1. ESQUEMA DE PRINCIPIO DE UN AUTOBÚS HÍBRIDO SERIE



citor” que permite suministrar el elevado consumo de energía durante el arranque del vehículo y también almacenar rápidamente la energía devuelta durante el frenado, aliviando la tarea de las baterías y prolongando así su vida útil.

- Una variante, actualmente en experimentación en países desarrollados, es el autobús con celda de combustible en el cual el motor de combustión y el generador eléctrico es sustituido por una celda de combustible, que es un generador eléctrico sin partes móviles, que puede ser alimentado con hidrógeno almacenado en tanques de alta presión o bien generado a bordo a partir de gas metano u alcohol.

### Antecedentes y posibilidades de desarrollo local

La tecnología está al alcance de nuestras empresas y hay dos universidades con tradición de trabajo en el tema: la Universidad de Buenos Aires y La Universidad Nacional de Río Cuarto. La Universidad Nacional de La Plata comenzó a desarrollar un autobús híbrido para una terminal automotriz de la Provincia de Buenos Aires en el 2008, en el marco de un proyecto financiado por el gobierno de la Ciudad de Bue-

nos, que optó por adjudicar el proyecto a una empresa privada en forma directa, sin concurso de anteproyectos, sin licitación ni concurso de precios. De esta manera, las dos universidades nacionales con más años de labor en el tema fueron excluidas de toda posibilidad de participación.

La Ciudad de Buenos Aires tiene un grave problema de transporte que al mismo tiempo es una formidable oportunidad de desarrollo: la Universidad de Buenos Aires no solamente tiene la capacidad necesaria para realizar este tipo de proyectos, sino que además, dentro del ejido municipal hay dos astilleros con capacidad técnica y fabril como para producir los prototipos y luego encarar su fabricación en serie. De esta manera, al mismo tiempo que la ciudad resolvería un problema de transporte que hoy afecta la salud y calidad de vida de sus habitantes, también generaría una industria de tecnología de punta dentro de su territorio. Considerando que el proyecto elegido en forma inconsulta por el gobierno de Macri será pagado con el ABL de los contribuyentes, hubiese sido más atinado prever que también los beneficios económicos del mismo, quedarán para la ciudad que lo financia, promoviendo el desarrollo de industrias de alta tecnología dentro del

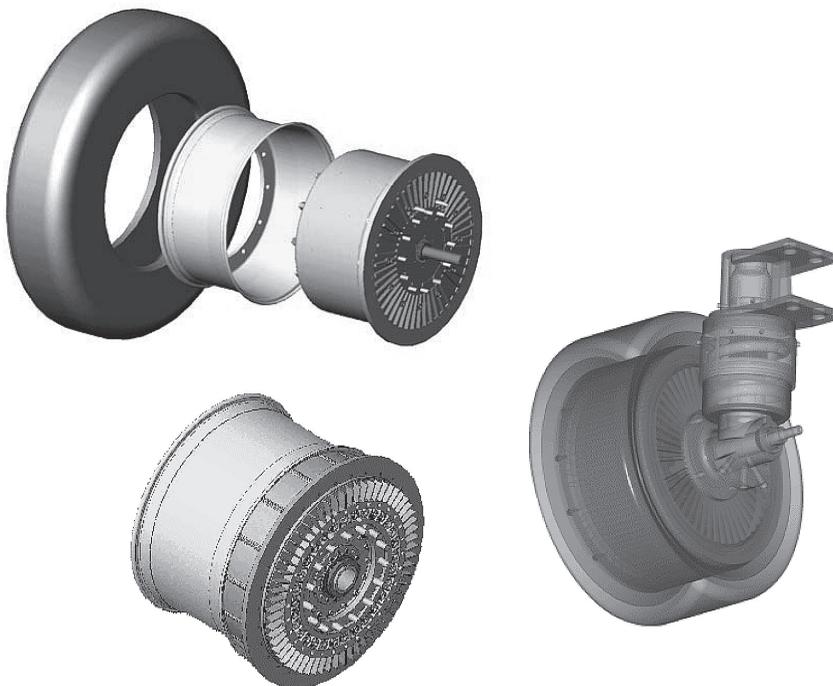
ejido municipal.

Además, una vez que el proyecto sea desarrollado, el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires podría establecer restricciones al empleo de autobuses tradicionales, lo que obligaría al resto de las empresas carroceras a realizar sus unidades en base al chasis de un único proveedor. Esto podría perjudicar a las empresas PyMES localizadas dentro del territorio de la Ciudad de Buenos Aires.

Excluida de toda posibilidad de participación, sin embargo, a la Universidad de Buenos Aires le quedan variados motivos de satisfacción intelectual:

- Es la única institución del país que reúne entre sus diversas facultades y centros la capacidad y recursos humanos como para encarar el proyecto más sofisticado en materia de autobuses híbridos, que es el proyecto de un autobús con celda de combustible.
  - El primer anteproyecto de autobús híbrido realizado por docentes y alumnos de esta casa fue declarado de interés por el Senado de la Nación a propuesta del Senador Falco.
  - Uno de los primeros métodos de dimensionamiento para acumuladores de supercapacitores para autobuses híbridos, motivo de un trabajo estudiantil de graduación, luego presentado en un congreso internacional, es hoy citado en libros de la especialidad.
  - El Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de esta casa desarrolló catalizadores aptos para producir hidrógeno destinado a celdas de combustible a partir de etanol, con un desempeño tal que las patentes de invención, fueron objeto de uno de los contratos de transferencia de tecnología más importantes en la historia reciente de esa facultad. Lamentablemente, la transferencia tecnológica sólo pudo hacerse a una empresa extranjera, pero los fondos obtenidos permitirán al grupo investigador profundizar los estudios del tema y avanzar en nuevas realizaciones prácticas.
- Según establece la Constitución de la Ciudad, la Universidad de Buenos Aires es el consultor natural del gobierno. Esto, además de ser un derecho, conlleva una obligación: asesorar a esta ciudad aún cuando el gobierno de turno no desee ser asesorado y, en virtud de ello,

**FIGURA 2. MOTORES ELÉCTRICOS INTEGRADOS A LAS RUEDAS PARA AHORRAR ESPACIO INTERIOR EN EL VEHÍCULO**



desde la universidad debemos decir que, de haber sido consultados acerca de los pasos a seguir para asignar la realización del proyecto, hubiésemos aconsejado seguir el siguiente procedimiento:

- a. Llamado a concurso de precalificación de grupos de proyecto para recibir el contrato de realización del anteproyecto determinando las especificaciones técnicas a satisfacer para cumplir las necesidades de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- b. Selección del grupo o entidad a realizar el proyecto mediante concurso público.
- c. Llamado a licitación pública para fabricar el vehículo a ser financiado por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En nuestra modesta opinión, las autoridades de esta universidad no deberían contemplar pasivamente cómo la institución es olvidada en su rol constitucional de asesor natural del gobierno de la Ciudad, pues no es la primera vez que algo así sucede.

En trabajos previos, la Facultad de Ingeniería estimó en 200.000 dólares el costo de desarrollo de un prototipo, que correspondía entonces a 600.000 pesos, o sea, cuatrocientos mil pesos menos que lo finalmente convenido mediante contratación directa entre el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la terminal automotriz privada. Según informaciones periódicas,

este vehículo sería del tipo denominado "híbrido ligero" (*mild hybrid*) que es un tipo de híbrido paralelo y su desarrollo estaría muy avanzado.

### **Características propuestas para el desarrollo de autobuses híbridos a ser financiados con recursos del erario público municipal**

Los híbridos de tipo paralelo con tracción mixta (como el sistema elegido por el gobierno de Macri) tienen la ventaja de resultar más económicos en unidades de menor porte y resultan más livianos, lo que se traduce en una mayor duración de los neumáticos cuando se opera en calzadas muy deterioradas. Sin embargo, la tecnología no es aplicable al desarrollo de vehículos múltiplemente articulados, no puede aplicarse a trolebuses, ni al futuro desarrollo de vehículos de "contaminación cero" basados en celdas de combustible. La inversión necesaria es menor, pero de modesto futuro tecnológico.

En el caso particular de un híbrido ligero con tracción mecánica en las ruedas traseras y eléctrica en las delanteras, el piso solamente puede ser bajo en un reducido sector del vehículo.

Necesariamente se tendrá caja de velocidades y, pese al eventual uso del generador eléctrico como motor, no podrá lograrse que el motor de combustión interna trabaje a velocidad constante.

En definitiva, este tipo de autobús híbrido es adecuado para unidades medianas y normalmente se emplea en ciudades pequeñas o medianas.

En las grandes metrópolis, los autobuses híbridos adoptados son en su mayoría de tipo serie y, en nuestra opinión, de invertirse fondos públicos, éstos deberían destinarse a desarrollar autobuses híbridos de este tipo, pues en estos casos, los vehículos podrían ser proyectados para estar en servicio 20 ó 30 años. Desde luego, no todas las partes o sistemas componentes tendrían esa vida útil, pero la concepción modular de todo el sistema permitiría el recambio de cada módulo una vez agotada su vida útil (en forma similar a lo habitual con el material ferroviario). Para ello, habría que modificar la legislación vigente, permitiendo que los autobuses híbridos puedan circular más años que los convencionales.

Otras características destacables de los híbridos serie son que:

- Al no haber transmisión mecánica, puede hacerse girar al motor (o turbina de gas) del grupo electrógeno, al régimen correspondiente al mínimo consumo específico, con la consecuente economía de combustible y reducción de las emisiones gaseosas.
- Por ser el régimen de giro del grupo electrógeno constante, es posible optimizar el diseño del silenciador del motor de combustión interna (o turbina de gas), con el fin de reducir aún más las emisiones sonoras.
- Otra ventaja del híbrido serie es que, aunque tiene un motor de combustión interna o una turbina de gas, dicha fuente de contaminación puede desconectarse temporalmente en zonas con niveles de contaminación altos, por ejemplo, en el microcentro de una ciudad, transformándose así durante intervalos de tiempo limitados, en un vehículo de emisión cero.

Se debe destacar, además de las ventajas mencionadas, que la construcción de un vehículo de este tipo es perfectamente posible en nuestro país, utilizando tecnología disponible en nuestro mercado.

Un prototipo de vehículo eléctrico experimental destinado a realizar ensayos y mediciones fue realizado hace algunos años en la Universidad Nacional de Río Cuarto. Lamentablemente, la empresa que financiaba el proyecto quebró y luego durante el incendio de la planta de biodiesel de esa casa de estudios, el

**FIGURA 3. AUTOBÚS ARTICULADO FRANCÉS IRISBUS, CON MOTORES INTEGRADOS A LAS RUEDAS**



vehículo sufrió daños de consideración.

Respecto de la otra institución con tradición de trabajo en el tema, la Universidad de Buenos Aires, se dispone allí de recursos humanos altamente calificados para emprender proyectos de esta naturaleza. Hay grupos especializados en biocombustibles, se dispone de una planta piloto automatizada para producir biodiesel, se ha generado la tecnología necesaria para obtener hidrógeno de grado celda a partir de etanol, hay grupos muy capacitados en ingeniería de materiales y en electroquímica. Hay en curso de ejecución un proyecto de empleo de gas natural mezclado con hidrógeno destinado al transporte público. En la Facultad de Ingeniería se cuen-

ta con un Departamento de Transporte para efectuar cálculos de optimización y logística, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo se dispone de recursos humanos capacitados para trabajar en tareas de diseño industrial. También existe en la Facultad de Ingeniería importante capacidad técnica eventualmente disponible para efectuar el proyecto mecánico, empleando programas de simulación, basados en elementos finitos. Por último, también podría encararse en esa misma casa, el desarrollo de máquinas eléctricas basadas en el empleo de nuevos tipos de imanes permanentes y también el desarrollo y fabricación de los mismos.

La tecnología propuesta serviría

también como paso previo al desarrollo de autobuses basados en celdas de combustibles, permitiendo resolver todos los problemas de conversión y tracción eléctrica que después deberían afrontarse al emprender tales proyectos.

De los trabajos realizados,<sup>1,2</sup> puede concluirse que:

- El mayor costo inicial, se puede recuperar a los 6 años de utilización del vehículo, en virtud del ahorro de combustible (con lo cual, el sobrecosto es de tipo financiero y no económico). Es de esperar que ese sobrecosto disminuya dentro de los próximos cinco años, debido a la baja esperada del costo de los supercapacitores, conforme con las tendencias normalmente aceptadas para los componentes electrónicos de reciente aparición.
- Si bien el vehículo modificado tiene un 40 % más de masa que el vehículo original, ello no es tan grave desde el punto de vista del ahorro de combustible, pues se tiene frenado regenerativo.
- Por otra parte, del estudio de algunas estructuras típicas, se concluyó que muchas estaban notoriamente sobredimensionadas, sobre todo en cuanto a la resistencia a esfuerzos a flexión. A nuestro entender, dicho sobredimensionamiento se observa en muchas de las estructuras adoptadas por los autobuses convencionales en nuestro país<sup>3</sup> debido a que los diseños derivan del transporte de cargas.

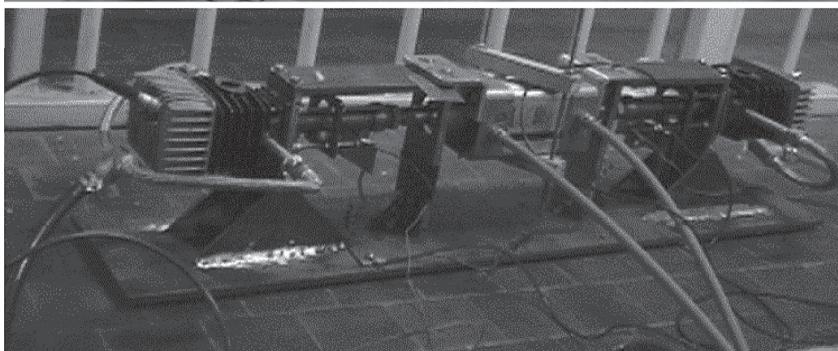
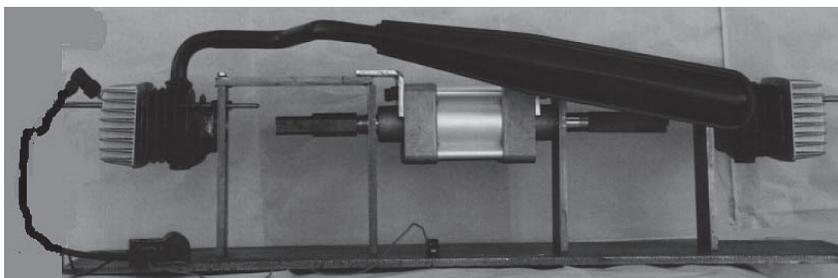
En consecuencia, resulta aconsejable al encarar la construcción de este tipo de vehículos, diseñar una estructura totalmente nueva, con el fin de reducir en buena parte el mayor peso. Mayor ahorro de peso, se podría obtener utilizando depósitos de fibra de carbono o kevlar para el G.N.C., en lugar de los tradicionales depósitos de acero, y mejorando el diseño del grupo eléctrico.

- Es deseable, por razones económicas y ambientales, basar el proyecto inicial en baterías de fácil disponibilidad y posibilidad de reciclado local, como por ejemplo, baterías plomo-ácido, pero esto obliga a utilizar bancos de supercapacitores con la finalidad de prolongar la vida útil de las baterías, adversamente afectada por las fuertes corrientes a las que se ven sometidas durante los frenados con recuperación. Este tipo de frenado ha sido estudiado, conclu-

**FIGURA 4. PROTOTIPO EXPERIMENTAL DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVO LINEAL CONSTRUIDO POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UBA**



## MOTOR ALTERNATIVO LINEAL DE COMBUSTIÓN INTERNA



yéndose que el banco debe dimensionarse para almacenar durante el frenado toda la energía cinética del autobús a su velocidad de crucero.<sup>4</sup>

Por otra parte, la máquina térmica que mueve el generador eléctrico no precisa ser un motor convencional, algunos modelos utilizan turbinas de gas para que el alternador gire a muy alta velocidad y resulte de menor peso y tamaño. También se ha propuesto el uso de motores Stirling o de motores alternativos de combustión interna lineales sin cigüeñal, de dos tiempos con barrido por compresor, con pistones flotantes unidos por un vástago sobre el cual se fija la parte móvil de un alternador lineal. En este caso, se logra un motor muy compacto, que puede operar a frecuencia fija para reducir la contaminación pero por sectores, o sea, por pares de cilindros. Esto permite graduar en forma discreta la potencia generada, sin apartar al motor de su régimen óptimo. De esta forma, la cantidad y el peso de las baterías se reduce (siempre que no deba hacerse uso puramente eléctrico del vehículo). Se espera que este tipo de motor, todavía en experimentación, tenga mayor vida útil, pues tiene menores partes sometidas a fricción y no hay esfuerzos de flexión ni torsión en los elementos móviles (Figura 3).

El previsible incremento futuro en los controles de la contaminación ambiental, debido a la presión pública, hará que finalmente deba adoptarse este tipo de soluciones de menor contaminación.

En el momento actual, existen en otros países (EE.UU., Canadá, Alema-

nia, Brasil, etc.) programas experimentales para fabricar este tipo de vehículos (Figura 4). A nuestro entender, si no se encara a tiempo este problema, en el futuro deberá importarse este tipo de vehículos, con la consecuente pérdida de divisas y de puestos de trabajo.

El servicio de transporte no es sólo una necesidad a satisfacer, sino una fuente de actividad económica capaz de engendrar múltiples emprendimientos generadores de empleo y creadores de nuevas capacidades tecnológicas, que pueden ser luego aprovechadas por otros sectores económicos.

El transporte automotor de pasajeros, solamente en el área metropolitana, es una actividad cuya importancia económica hace aconsejable promover desarrollos locales en esta materia. Estos emprendimientos asegurarían la adopción de la solución tecnológica más adecuada a nuestras necesidades y posibilidades, lográndose el mejor equilibrio entre ambas.

El desarrollo de un prototipo local no sólo preservará fuentes de trabajo, además impulsará la actividad del sector fabricante, incrementando su nivel tecnológico, permitiéndole competir en el mercado nacional e internacional, promoviendo exportaciones.

En consecuencia, con el debido tiempo y recurriendo a la colaboración de universidades y otros organismos de investigación científica, es indispensable establecer cómo se decidirá sobre la tecnología a adoptar. En esta decisión debería gravitar especialmente, la posibilidad de generar un proyecto suscepti-

ble de ser transferido a la industria local.

Aunque se está en una etapa inicial, el estudio encarado permite concluir que este tipo de vehículos híbridos podría fabricarse sin demasiados problemas técnicos en nuestro país.

La concepción de productos de exportación de tecnología avanzada permite sustituir importaciones sin recurrir a imponer restricciones de acceso al mercado, que incrementan los costos internos y perjudican la exportación de otros bienes, por las medidas de reciprocidad que provocan en otros mercados.

La fabricación de autobuses se realiza por métodos de posición fija, gran parte del ensamblado es manual y la fabricación suele hacerse por encargo, lo que muchas veces implica tareas técnicas de mayor nivel previo al armado. En consecuencia, el nivel de ocupación de mano de obra por dólar producido, es más alto que en las producciones de gran serie y, frecuentemente, muchas de las tareas involucradas están total o parcialmente al alcance de una PyME, lo que implica que la actividad a promover es también un emprendimiento conveniente desde el punto de vista de la generación de empleo.

El desarrollo de una industria local tecnológicamente competitiva contribuye sostenidamente a disponer de calificados recursos humanos en la especialidad, dotando al país de eventuales cuadros de decisión para resolver en materia de normativa a adoptar y sobre las inversiones o préstamos de fondos públicos destinados a promover la actividad en cuestión. ■

1. G.M. Taraba, D.J.M. Serangeli. "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: H.E. Tacca, Cotutor: J.P. Cebreiro).
2. G.M. Taraba, D.J.M. Serangeli, J.P. Cebreiro, H.E. Tacca. Estimación de las potencias de los componentes de la propulsión de un autobús de propulsión híbrida. Anales del XVII Congreso Argentino de Control Automático (AADECA 2000), 11 al 13 de septiembre de 2000, Buenos Aires, Argentina, págs. 251-256. El trabajo fue seleccionado y publicado en la revista "Ins-

trumentación y Control", de la Asociación Argentina de Control Automático (AADECA), año 26, nro. 107, mayo-junio 2001, págs. 112-118.

3. G.M. Taraba, D.J.M. Serangeli, J.P. Cebreiro. Análisis de la estructura de un ómnibus urbano adaptado al uso como vehículo con propulsión híbrida. "Mecánica Computacional", vol. XX, del XII Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones (ENIEF 2001), 30 de octubre al 2 de noviembre de 2001, Córdoba, Argentina, págs. 298-305.
4. G.M. Taraba, J.P. Cebreiro, H.E. Tacca, "Batteries and hypercapacitors selection criteria for a hybrid series bus". IEEE - SAE 7<sup>th</sup> Workshop on Power Electronics in Transportation (WPET 2002). Auburn Hills, Michigan (E.U.), octubre 2002.