

# Dimensionamiento de un banco de prueba para motores que puedan utilizar hidrógeno como combustible

## Sizing of a test bench for engines that can use hydrogen as fuel

*Jorge E. Eterovic<sup>(1)</sup>, Gabriel E. Blanco<sup>(2)</sup>, Federico J. Alterini<sup>(3)</sup>*

<sup>(1)</sup> Universidad Nacional de La Matanza  
eterovic@unlam.edu.ar

<sup>(2)</sup> Universidad Nacional de La Matanza  
g2blanco@unlam.edu.ar

<sup>(3)</sup> Universidad Nacional de La Matanza  
fealterini@unlam.edu.ar

### **Resumen:**

La Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) busca contribuir con investigaciones y desarrollo de tecnologías que permitan la utilización del hidrógeno en motores estacionarios o destinados al transporte pesado, donde resultaría más competitivo frente a la locomoción a baterías. Su uso en motores de combustión interna, permitiría reducir la inversión en capital de la transición energética.

Si bien la combustión de hidrógeno bajo en carbono disminuye la producción de dióxido de carbono, gas que resulta el principal contribuyente al efecto invernadero, la producción de NOx continúa siendo un

inconveniente a mitigar ya que estos gases tienen numerosos efectos adversos. Las mezclas distintas al diésel puro en un motor de ciclo Diésel, exigen adaptaciones en la admisión, velocidad de inyección, presiones, temperatura de trabajo, encendido y volúmenes de mezcla, para que este pueda funcionar en ciclo Otto. Considerando los tipos de motores que pueden llegar a conseguirse para evaluar la viabilidad de utilizar hidrógeno (puro o en mezcla con otros combustibles), para luego realizar sobre ellos las pruebas de potencia y torque, se caracterizaron los requerimientos para la instalación de un banco de pruebas para luego poder elegir el equipamiento más conveniente.

**Abstract:**

Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) seeks to contribute with research and development of technologies that allow the use of hydrogen in stationary engines or for heavy transport, that would be more competitive compared to battery-powered locomotion. Its use in internal combustion engines would reduce the capital investment of the energy transition.

Although the combustion of low-carbon hydrogen reduces the production of carbon dioxide, a gas that is the main contributor to the greenhouse effect, the production of NO<sub>x</sub> continues to be an inconvenience to be mitigated since these gases have numerous adverse effects. Mixtures other than pure diesel in a Diesel cycle engine require adaptations in the intake, injection speed, pressures, working temperature, ignition and mixture volumes, so that it can operate in the Otto cycle.

Considering the types of engines that can be obtained to evaluate the viability of using hydrogen (pure or in a mixture with other fuels), and then perform power and torque tests on them, the requirements for the installation of a test bench was characterized to then be able to choose the most convenient equipment.

**Palabras Clave:** *Dimensionamiento, Banco de Motores, Hidrógeno*

**Key Words:** *Sizing, Engines test bench, Hydrogen.*

## **I. CONTEXTO**

El proyecto para la instalación de un banco de motores en la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) tiene por objeto estudiar aquellas modificaciones que sean necesarias aplicar para la reconversión de motores destinados al transporte pesado, vale decir, colectivos, camiones, y trenes, y también al uso estacionario.

## **II. INTRODUCCIÓN**

La decisión de establecer la limitación de la investigación hacia el transporte pesado, se originó tras considerar las fuertes necesidades de inversión, dificultades y desafíos de seguridad, que acarrearían el tener que disponer de una gran red de distribución de hidrógeno para un parque tan grande y diseminado como el de transporte liviano. En particular, en el caso del transporte por trenes, la red de “hidrogeneras” sería mucho menor, y colocadas sobre el trayecto, esas mismas “hidrogeneras” podrían ser punto de reabastecimiento de camiones para transporte de trayectos de media distancia, y respecto al transporte urbano podría establecerse puntos específicos.

De esta manera, un corredor ferroviario de carga basado en hidrógeno, sería dimensionalmente viable en términos de producción, almacenamiento, despacho, y consumo de hidrógeno. Aun así, las viabilidades técnicas no son suficientes para garantizar la transición de la tracción ferroviaria hacia el hidrógeno, ya que no están dadas las condiciones de mercado para que el precio del hidrógeno resulte ser competitivo, frente a los combustibles fósiles [3], más si se tienen en cuenta que los reservorios de Vaca Muerta, Mar del Plata, y Palermo Aike, entre otros, o bien

ya están en producción, o bien ya por comenzar sus etapas de prefactibilidad con pozos exploratorios.

El camino hacia una matriz energética más renovable ya está en marcha, y los países no deben esperar a que las fuentes fósiles sean un limitante en términos de capacidad de oferta, Europa, por ejemplo, ha planteado horizontes cercanos para su transición a energías cuya fuente primaria sea “verde”. Así es que, en este contexto, la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) ha comenzado un camino que consiste en las investigaciones, y desarrollo, de tecnologías que permitan la utilización del hidrógeno bajo en carbono como combustible, en motores estacionarios o destinados al transporte pesado, donde resultaría más competitivo frente a la locomoción a baterías, hoy de litio. La razón de esta elección radica en la autonomía, tiempos de recarga, junto a una menor exigencia de espacio y peso para su implementación.

La tecnología eléctrica, a baterías, en los camiones, puede que no sea la mejor solución de descarbonización. Las desventajas de la tecnología a batería yacen en la baja autonomía relativa medida en kilómetros, esto está motivado, en parte, al espacio dedicado a las baterías, que conllevan una gran cantidad de peso y volumen “muerto”, que reduce sensiblemente la capacidad de carga neta a transportar. En largas distancias, con la tecnología actual, los conductores se verían obligados a destinar un tiempo más que considerable para la recarga de baterías. En cambio, la recarga de hidrógeno se puede realizar en rangos temporales comparables al repostaje de combustible diésel, y gas natural [3].

Así, es posible que se esté en la puerta de entrada de una nueva era donde el hidrógeno será una de las soluciones más prometedoras para reducir emisiones a nivel global. Pero nada de eso será realidad sin condiciones de costo e inversiones competitivas per se o por beneficios fiscales o ambientales. Premios al consumo de energías limpias, o penalidades a las emisiones contaminantes y de efecto invernadero, podrán ser parte del menú para una solución que le permita competir al hidrógeno bajo en carbono frente al combustible fósil [4,5,6].

### III. ETAPAS DEL DIMENSIONAMIENTO

El primer paso para el dimensionamiento de un banco de motores consiste en establecer el objetivo del mismo. En el marco de las investigaciones comenzadas en la UNLaM en el año 2022 [7] se proyectó la producción de hidrógeno verde, en el campus universitario, para ser utilizado como combustible en motores de locomoción pesada y estacionarios, con el objetivo de probar su viabilidad técnica como reemplazo de combustibles de origen fósil.

Tabla 1 – Especificaciones del motor Mercedes Benz OM 926

Modelo de motor	MB OM 926 LA BlueTec 5, 6 cilindros en línea, Euro V
Tipo	Inyección electrónica
Cilindrada	7.200 cm <sup>3</sup>
Potencia máxima (ISO 1585)	286 CV / 2.200 rpm
Par motor máximo (ISO1585)	1120 Nm / 1.200-1.600 rpm
Consumo específico	195 gr/kwh a 1.400 rpm
Toma de fuerza	MB en parte trasera de motor (Serie en 2730 B)

El segundo paso para realizar el dimensionamiento consiste en el análisis e identificación del parque automotor de locomoción pesada accesible para el proyecto de la universidad, y que los resultados de las

investigaciones que se realicen sobre los mismos tengan la posibilidad de ser extrapolables. Con este conjunto de premisas se recurrió a empresas relacionadas a la universidad mediante convenios con el fin de conocer y asegurar los recursos potenciales.

Este relevamiento arrojó la posibilidad de acceder a motores de la línea Mercedes Benz, específicamente el OM 926 [8] utilizado para el transporte de pasajeros, cuyas características se presentan en la Tabla 1.

Finalmente, con estos datos, se avanzó con el último paso, que es la caracterización de un banco de motores. En principio el banco de motores se esquematiza en una estructura de bloques, los que quedan definidos a través de sus componentes.

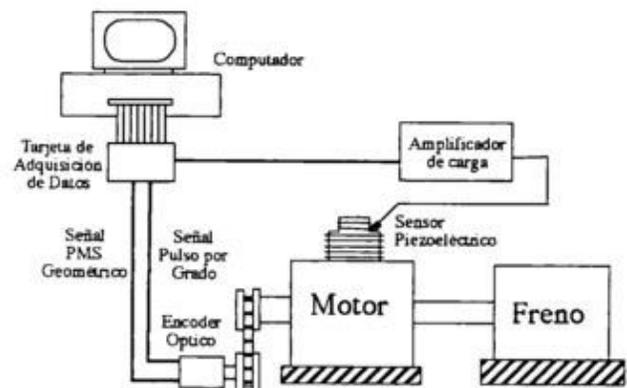


Fig.1. Esquema de un banco de motores

### IV. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO

El dinamómetro contará con un freno de corrientes parásitas. El uso de un freno eléctrico tiene la ventaja que no requiere una instalación de agua lo que simplifica su instalación, lo que lo deja prácticamente listo para funcionar.

El dinamómetro tiene dos funciones principales: es una herramienta de medición de torque y potencia al motor. Por otro lado, el equipo permite generar diferentes condiciones de carga, de manera tal de simular condiciones reales, generar ensayos de potencia, o bien para el desarrollo de un diagnóstico.

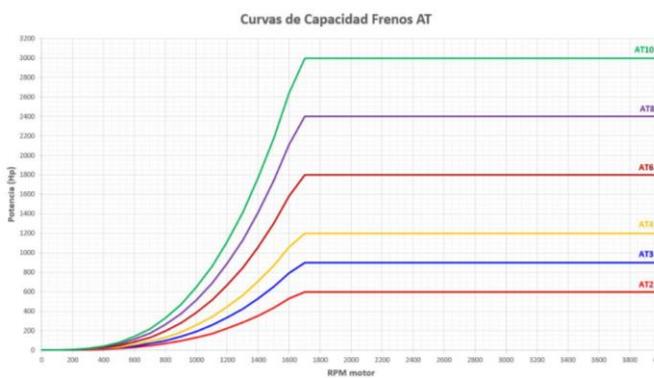


Fig.2. Curvas de Potencia vs rpm de bancos de motores para ensayos de grandes motores diésel – Saenz Línea AT

El control automático del torque de frenado permitiría, de manera sencilla, establecer un torque determinado de carga, o ajustar este para establecer una velocidad fija a distintas posiciones de acelerador. También debería ser posible contar con un programa de marcha en ruta, donde podría simularse la carga aerodinámica.

Relevando opciones de mercado (Figura 2) [9], la oferta de diferentes variantes obliga a analizar y detallar específicamente el dimensionamiento de la demanda que se hará sobre el banco. Los motores de referencia poseen una potencia de 286 HP a 2200 rpm, sin olvidar que esto es bajo funcionamiento en ciclo Diésel.

La parte mecánica del banco se complementará con un sistema de instrumentación y adquisición de información que registre las variables de par, velocidad, temperatura del motor y emisiones de gases de escape. El banco será instalado en una nave especialmente diseñada para albergar el sistema de refrigeración externa del motor, la alimentación de combustible, la evacuación de los gases de escape, la ventilación del banco y el control del motor y del freno.

## V. CONCLUSIONES

De manera de cubrir las exigencias del motor Mercedes Benz modelo OM926 y también contar con el equipamiento necesario para realizar eventuales mediciones de potencia y torque en motores diésel de locomotoras (referencia motor MTU16V4000R43 de 2.200 kW [10]), se seleccionó el banco de la firma Saenz modelo AT10 por su curva de capacidad, ver Figura 2.

El banco de pruebas se completa, con los auxiliares y satélites de rigor como los detallados a continuación:

- Base móvil universal de motores, con ruedas, sistema de fijación y centrado de motor con acoples rápidos, dos torres regulables y soporte trasero universal de motor.
- Consola de comando y control, construida con tablero y mesada de acero inoxidable. Llaves de comando con luz testigo para todo el entorno del dinamómetro, mecanismo de acelerador con cable, válvula de control de freno, monitor LED 24", CPU completa y timer de secuencia de arranque remoto.
- Intercambiador de calor de mezcla para refrigeración del motor.

- Equipo SMAC de adquisición de datos y control.

## VI. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

Cabe destacar la participación como alumnos de Jara, David Emanuel; Saldutti y Ugalde, Lautaro; Anriquez, Rodrigo E., quienes integran el proyecto C-250, “Análisis para el dimensionamiento e instalación de un banco de motores que incorporen hidrógeno como combustible”, proyecto en el que se halla enmarcado el presente trabajo.

## VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lilio, P.; Belmar, F. (2021). “Evaluación técnico-económica implementación bus de hidrógeno en Sistema de Transporte Metropolitano”. Unidad de Tecnologías del Hidrógeno, 17-24. Recuperado de: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/20211230\\_informe\\_ext\\_mtt\\_men.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/20211230_informe_ext_mtt_men.pdf)
- [2] Eterovic, J.; Alterini, F.; Lohigorry A.; Blanco, G. (2022). “Hidrogeno verde, una oportunidad sustentable para el transporte”. Revista Digital del Depto de Ingeniería. Universidad Nacional de La Matanza. DOI: <https://doi.org/10.54789/reddi.7.1.3>
- [3] Stanford Energy. (2021). Decarbonizing Heavy-Duty transportation. Stanford: Stanford
- [4] Shadidi, B.; Najafi, G.; Yusaf, T. A Review of Hydrogen as a Fuel in Internal Combustion Engines. Energies 2021, Año 2021.
- [5] Akal, D.; Öztuna, S.; Büyükkakın, M.K. A review of hydrogen usage in internal combustion engines (gasoline-Lpg-diesel) from combustion performance aspect. International Journal of. Hydrogen Energy 2020, Año 2020.
- [6] Ho Lung Yip, Aleš Srna, Anthony Chun Yin Yuen, Sanghoon Kook, Robert A. Taylor, Guan Heng Yeoh, Paul R. Medwell and Qing Nian Chan. A Review of Hydrogen Direct Injection for Internal Combustion Engines: Towards Carbon-Free Combustion, página 5., Applied Sciences, Año 2019.
- [7] PROINCE C-243. (2022). Estudio de prefactibilidad técnico-financiera para la producción de hidrógeno verde. Depto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. UNLaM
- [8] ATEGO 2730 (2021). Ficha técnica. Mercedes Benz.
- [9] Banco de Motores. (2023). Dinamómetros Sa3nz. Mar del Plata.
- [10] Luna, E. Las "Chinas" del Belgrano, Tren Rodante, Número 259, Año 2020

**Recibido:** 2023-10-09

**Aprobado:** 2023-12-13

**Hipervínculo Permanente:** <https://doi.org/10.54789/reddi.8.2.4>

**Datos de edición:** Vol. 8 - Nro. 2 - Art. 4

**Fecha de edición:** 2023-12-29