



Propulsión verde

El Inpe y la Aeronáutica de Brasil desarrollan un motor y combustible sostenible para su uso en cohetes y satélites

Yuri Vasconcelos

PUBLICADO EN JUNIO DE 2017



Secuencia de la reacción química entre una gota de peróxido de hidrógeno y la fórmula combustible con etanol, etanolamina y sales de cobre. La temperatura llega a 900 °C y los gases que se generan servirían para propulsar un satélite en órbita. Este experimento se llevó a cabo en el Inpe, en su sede del municipio de Cachoeira Paulista

El uso de un combustible renovable para cohetes y satélites, con bajo índice de toxicidad, menos agresivo para la salud humana y más amigable con el medio ambiente es el objetivo de dos grupos de investigación brasileños: uno del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Inpe) y el otro del Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE), la rama de investigación del Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA) del Comando de la Aeronáutica. En el Inpe, científicos del Laboratorio Asociado de Combustión y Propulsión (LCP), en el municipio de Cachoeira Paulista (São Paulo), desarrollaron un nuevo combustible espacial, también denominado propelente, que entre sus ingredientes contiene etanol y peróxido de hidrógeno, la popular agua oxigenada. Una singularidad de este combustible consiste en que no precisa una fuente de ignición, es decir, una chispa, para entrar en combustión y hacer funcionar al motor. En el IAE, en su sede de la localidad de São José dos Campos (São Paulo), la investigación fue realizada en forma conjunta con el Centro Aeroespacial Alemán (DLR, en su idioma de origen), y se enfocó en el desarrollo de un motor para vehículos lanzadores de satélites que funcione con etanol y oxígeno líquido.

Los principales propelentes utilizados en cohetes y satélites son la hidracina, que es el combustible, y el tetróxido de nitrógeno, la sustancia que provoca la reacción de ignición. Estas sustancias ofrecen buen desempeño en propulsores, pero tienen sus desventajas. Además de ser caras, la hidracina y sus derivados son cancerígenos, lo cual requiere extremar las precauciones para su manipuleo. En tanto, el tetróxido de nitrógeno puede resultar fatal luego de algunos minutos de exposición, en caso de escapes o manejo indebido.

La búsqueda de un combustible espacial alternativo, menos nocivo para la salud y el ambiente, no es una exclusividad de las instituciones brasileñas. “Agencias espaciales de varios países –entre ellas la Nasa, de Estados Unidos– realizan investigaciones en ese sentido [lea en el recuadro de la página 58]”, afirma el ingeniero Carlos Alberto Gurgel Veras, director de la División de Satélites, Aplicaciones y



Maqueta del cohete L75 desarrollado en el IAE, que funciona con etanol y oxígeno líquido

Desarrollo de la Agencia Espacial Brasileña (AEB). “Como Brasil no domina el ciclo de producción de los propelentes tradicionales que se usan en los motores de los cohetes, el desarrollo de un combustible alternativo constituiría un avance significativo para el sector”, apunta Gurgel. Disponer de un combustible de fácil ad-

quisición en el país, en gran medida renovable y de bajo costo, forma parte del paquete de desarrollo tecnológico por conquistar para la industria aeroespacial brasileña. Hace más de 20 años que el Inpe desarrolla satélites de pequeño porte para recabar datos ambientales y, mediante un convenio con China, para monitoreo remoto, destinados a captar imágenes de la superficie terrestre. Todos ellos fueron lanzados por cohetes extranjeros.

Brasil posee tecnología de motores de propulsión con combustibles sólidos para pequeños cohetes que se utilizan en experimentos científicos y tecnológicos. “Nuestro objetivo principal consiste en dominar las tecnologías necesarias para el desarrollo de un motor de cohete impulsado por un propulsor líquido. Para el lanzamiento de satélites de gran porte es imprescindible el empleo de este tipo de propulsión”, dice el ingeniero metalúrgico Daniel Soares de Almeida, gerente del proyecto en el IAE.

La ingeniera química Thais Maia Araujo, experta en combustibles de cohetes y docente de la carrera de ingeniería aeroespacial de la Universidad Federal del ABC (UFABC), campus de São Bernardo do Campo (São Paulo), considera importante que Brasil trabaje en la creación de un propelente renovable para el sector. “El combustible en desarrollo en el Inpe, además de ser más seguro y fácil de manipular, es más barato que los impulsores tradicionales y posee

Alternativas en el mundo

La Nasa y la ESA cuentan con proyectos de propelentes que pueden reemplazar con ventajas a la hidracina

La agencia espacial estadounidense (Nasa) también tiene previsto testear este año un propelente alternativo a la hidracina, el combustible tradicional de los cohetes. Se trata de un líquido al que se lo denominó AF-M315E, a base de nitrato de amoníaco, una sustancia más fácil de obtener y cuya manipulación es menos peligrosa que en el caso de la hidracina. El programa Green Propellant Infusion Mission (Misión de Desarrollo de un Propelente Verde), que la NASA inició en 2012, cuenta con la colaboración del Laboratorio de Investigaciones de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, donde se creó ese combustible, y de las empresas estadounidenses Aerojet Rocketdyne, que proyectó el propulsor, y Ball Aerospace & Technology, gestora del

proyecto. Según esta última compañía, el nuevo propelente tiene un desempeño casi un 50% superior al de los sistemas que utilizan la hidracina. Tanto es así que un mismo tanque puede llevar un volumen mayor de AF-M315E ampliando, en teoría, la duración de las misiones espaciales.

Los estadounidenses consideran verde al nuevo propelente porque posee ventajas ambientales, tal como ser menos tóxico que la hidracina. Ese combustible se utilizará para maniobrar un satélite de pequeño porte en el espacio. Durante 13 meses, se efectuarán alteraciones en la altitud y en la inclinación orbital del artefacto para demostrar la viabilidad del sistema propulsor.

La Agencia Espacial Europea (ESA) también tiene candidatos a combustibles

verdes. Uno de los proyectos es el del monopropelente LMP-103S, desarrollado por la empresa sueca Ecaps, colaboradora de la ESA. El ingrediente principal es una sustancia a la que se conoce como dinitramida de amonio (ADN), que se obtiene por medio de procesos químicos cuyos residuos son menos nocivos para el ambiente cuando se los compara con los de otros propelentes espaciales. En su composición también figuran compuestos tales como metanol, amoníaco y agua.

El nuevo combustible, según informa Ecaps, es más estable, más eficiente y más seguro en su manipuleo que la hidracina. Con el mismo se pueden reutilizar componentes de los sistemas propulsores que emplean hidracina.



Banco de pruebas de motores en el IAE, en São José dos Campos

el atractivo de la sostenibilidad. El etanol es un combustible renovable y ampliamente disponible en Brasil”, comenta.

El esfuerzo del Inpe por crear un propelente espacial a base de etanol comenzó hace tres años. La investigación, coordinada por el químico industrial Ricardo Vieira, jefe del LCP, contó con la participación del doctorando Leandro José Maschio, de la Escuela de Ingeniería de Lorena, dependiente de la Universidad de São Paulo (USP). Si bien puede usarse en cohetes, el nuevo combustible se recomienda principalmente para satélites. “Nuestro propelente bien puede utilizarse en los denominados motores de apogeo, que se emplean para cambiar de órbita a los satélites”, explica Vieira. Luego de lanzarlos al espacio, es necesario posicionar a esos dispositivos en la órbita correcta, y ese desplazamiento se efectúa mediante propulsores existentes en el propio artefacto.

UN AGREGADO ESTRATÉGICO

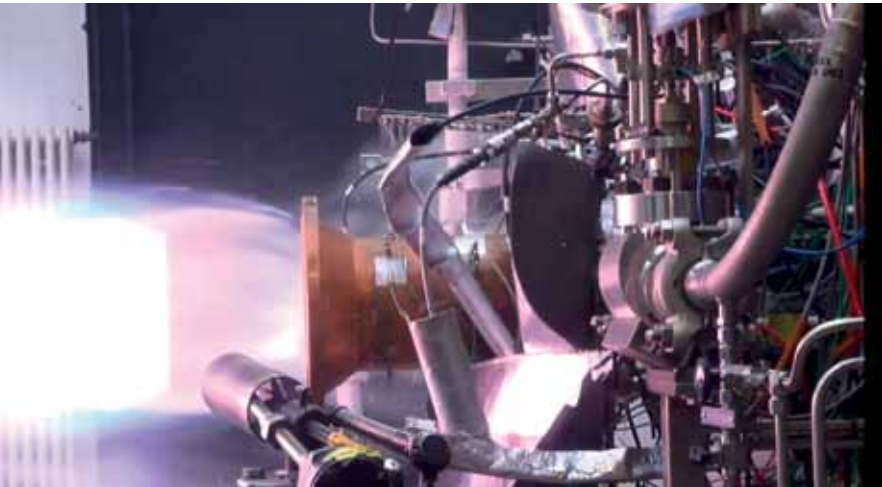
El nuevo combustible, según Vieira, posee una eficiencia similar a la de los combustibles tradicionales. “Su composición contiene alrededor de un 30% de etanol, un 60% de etanolamina [un compuesto orgánico que surge de la reacción entre el óxido de etileno y el amoníaco] y un 10% de sales de cobre”, comenta el jefe del LCP. “El agregado de etanol fue algo puramente estratégico, dado que Brasil es un gran productor de este alcohol combustible. Al cabo, durante el desarrollo, constatamos que el etanol elevó el desempeño del motor, redujo el tiempo de ignición de la mezcla y abarató el combustible”.

Se recomienda el combustible con etanol fundamentalmente para el posicionamiento de los satélites en órbita

Para lograr que el motor funcione, la mezcla compuesta por etanol, etanolamina y sales de cobre reacciona con el peróxido de hidrógeno. “Este último componente actúa como oxidante al proveer oxígeno –elemento inexistente en el espacio– para la reacción. El peróxido de hidrógeno se descompone cuando entra en contacto con el combustible. La reacción es catalizada por el cobre y genera calor –alrededor de 900 °C–, lo que provoca la ignición del etanol de la etanolamina”, explica Vieira. Como resultado de esa reacción se produce un gran volumen de gases, responsable de la propulsión deseada. La combustión espontánea es aportada directamente por el contacto de los componentes químicos. La mezcla se controla por medio de un *software* y, de ser factible, con la intervención de técnicos desde Tierra.

Otra de las ventajas está dada por su bajo costo. El Inpe importa hidracina por un monto de unos 700 reales el kilogramo (kg) y tetróxido de nitrógeno a 1.300 reales el kilo. “El combustible a base de etanol y etanolamina tendría un costo estimado cercano a unos 35 reales el kg y el peróxido de hidrógeno, 15 reales el kg. Como un satélite carga más de 100 kg de propelente, se economiza bastante en ese aspecto, si bien ese monto es relativamente pequeño en relación con el costo final del artefacto”, resalta Vieira. “Pero si tomamos en cuenta su aplicación futura en etapas de cohetes lanzadores de satélites, esa economía pasa a ser bastante significativa”.

Para demostrar que el propelente es viable y funciona, el Inpe proyectó y testeó en su laboratorio un propulsor que emplea el nuevo combustible en forma exitosa. De acuerdo con Vieira, el paso siguiente sería fabricar un motor mayor y realizar ensayos en vacío, simulando las condiciones del espacio. Según el investigador, la AEB ha mostrado interés en financiar la fabricación y los test de un motor que emplee combustible a



Pruebas del motor L75 efectuadas en 2016 en el Centro Espacial Alemán, en colaboración con investigadores brasileños

base de etanol. “Si determinamos correctamente el ciclo para la realización del proyecto y hallamos a los colaboradores adecuados, creo que el motor impulsado a etanol y etanolamina podría estar listo en 10 años”, afirma Gurgel.

En el IAE, el equipo encargado del proyecto de un impulsor para cohetes propulsado a etanol dio un paso importante con la realización de pruebas exitosas. Los ensayos se llevaron a cabo al final del segundo semestre de 2016 en los laboratorios del Instituto de Propulsión Espacial del DLR, en Lampoldshausen, Alemania, que colabora con el IAE en el proyecto. El motor L75 emplea etanol de mejor calidad que el automovilístico y oxígeno líquido. Su nombre alude al combustible líquido (L) y al empuje que desarrolla (la fuerza que lo impulsa), cuyo valor se ubica en 75 kilonewton (kN), suficiente para levantar del suelo un camión de 7,5 toneladas.

DESEMPEÑO DOBLE

El proyecto del motor L75 comenzó en el IAE en 2008 y cinco años más tarde pasó a contar con la colaboración de técnicos y científicos del DLR. En los ensayos efectuados este año en Alemania se probaron dos cabezales de inyección de combustible conceptualmente distintos, desarrollados simultáneamente por investigadores del IAE y del DLR. El objetivo de las pruebas fue verificar los parámetros de desempeño en la combustión y definir la mejor tecnología propulsora. Los dos cabezales difieren en la forma en que pulverizan el combustible dentro de la cámara de combustión para mezclarse con el oxígeno.

Al final de la década de 1960, se lanzaron cohetes del Instituto Max Planck desde el Centro de Lanzamiento de Barreira do Inferno

“En esta primera serie de ensayos, los principales objetivos se lograron”, subrayó la ingeniera aeroespacial alemana Lysan Pfützenreuter, gerente del proyecto en el DLR. “Se realizaron exitosamente un total de 42 igniciones en un período de 20 días. Pudimos analizar de cerca, entre otras cosas, el comportamiento y la estabilidad del sistema durante la ignición y el arranque en la cámara impulsora”. Las evaluaciones preliminares de los resultados revelaron que ambos cabezales tuvieron un desempeño similar.

La cooperación entre el IAE y el DLR se remonta al final de la década de 1960, cuando el Centro de Lanzamiento de Barreira do Inferno (CLBI), en Rio Grande do Norte, se utilizó para lanzar cohetes relacionados con experimentos científicos del Instituto Max Planck para Física Extraterrestre. Alrededor del año 2000, la cooperación se fortaleció mediante un acuerdo para el desarrollo conjunto de un cohete de sondeo de dos etapas, que sería bautizado VSB-30 y que realizó su vuelo de evaluación en 2004. Más cerca en el tiempo, en 2012, los alemanes emplearon un cohete suborbital brasileño, el VS-40M para llevar al espacio al experimento Shefex II (Sharp Edge Flight Experiment), cuyo objetivo fue el desarrollo de tecnologías claves, tales como sistemas de protección térmica para naves espaciales capacitadas para salir al espacio y retornar a la Tierra soportando las condiciones extremas del reingreso en la atmósfera.

Según el IAE, aún serán necesarios alrededor de 10 años para que el motor L75 realice su primer vuelo de calificación, cuando todos los parámetros del propulsor se hayan testeado. El proyecto quedó dividido en cuatro etapas (estudio de factibilidad, proyecto preliminar, proyecto específico y calificación) y actualmente se está concluyendo la segunda fase. “La próxima consiste en la elaboración del proyecto específico, algo que se llevará a cabo entre 2017 y 2021. Después, durante en el período 2022-2026, el motor L75 entrará en fase de calificación, y podrá efectuar sus primeros vuelos luego de dicho período”, dice Almeida. ■

Proyecto

Estudio de la ignición hipergólica del peróxido de hidrógeno con etanol catalíticamente promovido (nº 14/ 23149-2); Modalidad Ayuda a la Investigación – Regular; Investigador responsable Ricardo Vieira (Inpe); Inversión R\$ 156.558,58