

## **LOGROS ALCANZADOS EN EL PROYECTO COHETE SONDA ULA: CUARTA PRUEBA DE RENDIMIENTO AERODINÁMICO Y PROPULSIÓN**

PARCO-BRIZUELA MARÍA ALEJANDRA<sup>1,2</sup>, LEONARDO LACRUZ<sup>1,2</sup>, VICENTE MARCANO<sup>1,2</sup>, JOHN FERREIRA<sup>1,2</sup>, CARLOS LA ROSA<sup>1,2</sup>, ANDREW LANDAETA<sup>2</sup>, ENRIQUE PARADA<sup>2</sup>, JULIO CESAR BARRETO<sup>4</sup>, JUAN JOSÉ ROJAS<sup>3</sup>, CARMEN USTÁRIZ<sup>3</sup>, HELIANA HERRERA<sup>3</sup>, JOSÉ MONCADA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Comisión Rectoral para el Programa de Ciencias Espaciales, Edif. CIAE-TELMAG, La Hechicera Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Venezuela

<sup>2</sup> Grupo de Ciencias Atmosféricas y del Espacio, Vicerrectorado Académico, Universidad de Los Andes

<sup>3</sup> División de Ingeniería y Desarrollo Aeroespacial – Aviación Militar Bolivariana. Base Aérea Mariscal Sucre, Maracay, Venezuela.

<sup>4</sup> Inspectoría General de la Aviación Militar Bolivariana. Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda, Caracas, Venezuela.

### **RESUMEN**

El Programa de Ciencias Espaciales de la Universidad de Los Andes nace en el año 2006, como una iniciativa de un grupo multi e interdisciplinario de investigadores que pasan a conformar la Comisión Rectoral del Programa de Ciencias Espaciales de la ULA. Dentro de los proyectos incluidos en este programa, se encuentra el Proyecto Cohete Sonda ULA, bajo los preceptos establecidos en el Informe de la Comisión de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, de la cual Venezuela forma parte desde el año 2000, y por lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (artículo 11). El Proyecto Cohete Sonda ULA incluye el diseño y construcción de cohetes tipo sonda, de combustible sólido, los cuales pueden ser utilizados para múltiples propósitos de interés científico, en los que se cuenta: biometereología, fotobiología atmosférica, aerobiología epidemiológica, neurofisiología aeroespacial, monitoreo de contaminación ambiental, mejoramiento de las telecomunicaciones y, a mediano y largo plazo, la colocación en posiciones suborbitales de nano-satélites.

La aplicación de la tecnología de cohetes sondas con la finalidad de atender aspectos fundamentales de la vida del venezolano, como son calidad ambiental, salud, telecomunicaciones, y seguridad y defensa, además de colocar un nano-satélite en órbita baja, constituye una iniciativa sin precedentes en la historia científica y tecnológica de nuestro país. Este hecho constituye un acto de independencia tecnológica que nos sitúa en una posición competitiva ante el resto de los países de América latina y del mundo. Dado el éxito alcanzado durante la cuarta prueba de rendimiento aerodinámico y propulsión efectuada en el estado Cojedes en el 2011 con los cohetes sonda ULA, el Estado ha mostrado un enorme interés en la utilización de estos vectores para posicionar

nano-satélites en órbita baja, lo cual constituye en la actualidad un Proyecto financiado por el FONACIT.

#### ANTECEDENTES

A partir de los compromisos adquiridos por Venezuela durante la Asamblea General de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos de las Naciones Unidas (UNISPACE, 1999 y 2000), el Gobierno Venezolano decidió incorporar como materia de prioridad nacional una serie de políticas orientadas a promover la exploración, la investigación y utilización del espacio para el progreso científico y tecnológico del país. Como parte de estas iniciativas, se promulgó durante el año 2004 el decreto con el cual se crea la Comisión Presidencial Venezolana para el Uso Pacífico del Espacio. Fue una de las principales metas de esta Comisión, determinar las condiciones necesarias para la creación de una Agencia Espacial Venezolana y su respectiva Agenda, a partir del análisis del recurso humano, proyectos, experiencias e instituciones nacionales relacionadas con la investigación espacial. De igual manera, esta Comisión culminó un Proyecto de Ley para el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre Suprayacente, el cual incorpora posteriormente la creación de la Agencia Bolivariana de Asuntos Espaciales (ABAE), dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología, a fin de desarrollar proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico concernientes al sector espacial.

Otra acción importante de parte del Ejecutivo Nacional fue establecer la creación del otrora Centro de Investigación Aeroespacial de la Fuerza Aérea Venezolana (CIDAE-FAV), el cual tuvo en sus inicios como principales objetivos desarrollar la tecnología necesaria para la fabricación y lanzamiento de satélites y cohetes con fines pacíficos. Su sede se encuentra en la Base Aérea Mariscal Sucre, Palo Negro, Estado Aragua. El CIDAE organizó el Primer Concurso Nacional de Cohetería el 3 de diciembre del 2004 en la isla del Burro, Lago de Valencia.

Durante el mes de febrero de 2006, se realizó en la ciudad de Mérida el Taller Aplicaciones de Tecnología Satelital, el cual fue presentado por los oficiales de la Aviación Militar Bolivariana del CIDAE, donde se expusieron las características y funciones del Satélite VeneSat-1 y los adelantos en el desarrollo de las investigaciones en el área aeroespacial del CIDAE. Es importante destacar que de este intercambio se

elaboró una Carta de Intención entre varios grupos de Investigación de la Universidad de Los Andes y el CIDAE, en la cual se establece el compromiso conjunto de participar en actividades de desarrollo, investigación y docencia identificadas por dichos grupos y el CIDAE.

La primera iniciativa científica en Venezuela por parte de las universidades para el desarrollo de cohetes sondas totalmente diseñados y construidos en Venezuela, proviene de la Universidad de Los Andes, con el apoyo inicial del Rectorado de la Universidad de Los Andes, como parte de las actividades que desarrolla la Comisión Rectoral del Programa de Ciencias Espaciales y el Centro de Investigaciones Atmosféricas y del Espacio (CIAE-ULA). A partir de enero de 2006, se conformó un equipo de investigadores multi- e interdisciplinario el cual ha venido trabajando en el desarrollo de un cohete propulsado por combustible sólido, con aplicaciones científicas, y que ha sido bautizado con el nombre de cohete sonda ULA.

A fin de lograr el apoyo necesario para la realización de las pruebas de lanzamiento, se elaboró un acuerdo de cooperación con el Centro de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CIDAE) de la Aviación Militar Venezolana. Cabe destacar que el CIDAE cambió su denominación a División de Ingeniería y Desarrollo Aeronáutico (DIDA).

#### **DESARROLLO DE LOS COHETES SONDA ULA**

Hasta la fecha, se han realizado cuatro pruebas de rendimiento aerodinámico, con el apoyo del CIDAE de la Aviación Militar Bolivariana: En Diciembre de 2006 se realizó la primera. A mediados del mes de Abril de 2007 se realizó la segunda, siendo lanzados en la Base Aeroespacial Capitán “Manuel Ríos” en el estado Guárico, dos cohetes tipo Serie ULA-1, dónde el cohete ULA-1A describió una trayectoria parabólica perfecta y alcanzó una altura promedio de 2 Km. En Febrero de 2008, se llevó a cabo la tercera prueba; se lanzaron tres cohetes (dos de la Serie ULA-1 y uno de la Serie ULA-2) en el Centro de Adiestramiento Militar General “José Laurencio Silva”, alcanzando alturas máximas de aproximadamente 8 Km. Los resultados nos permitieron lograr un desempeño óptimo para los cohetes ULA-1 y ULA-2 (Marcano *et al*, 2009) (Foto 1).



**Foto 1.** Cohetes sondas ULA-1 y ULA-2 en fase de culminación, lanzados el 13 de febrero de 2008 en el Centro de Adiestramiento Militar "G/J José Laurencio Silva", ubicado en proximidad a El Pao, estado Cojedes.



**Foto 2.** Lanzamiento del cohete sonda ULA-1B desde el Centro de Adiestramiento Militar "José Laurencio Silva", en el Pao, estado Cojedes durante la Tercera Prueba de Rendimiento Aerodinámico y Propulsión el 13 de febrero de 2008, alcanzando una altura cercana a los 8 km.

## ASPECTOS TÉCNICOS DE LA CUARTA PRUEBA DE RENDIMIENTO AERODINÁMICO Y PROPULSIÓN

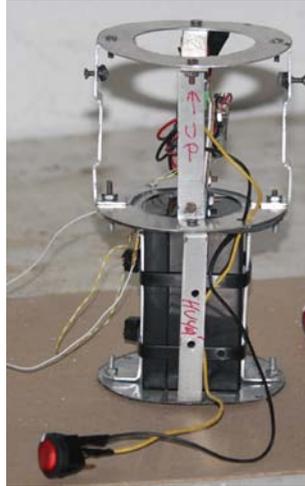
Después de realizadas las pruebas en estática correspondientes, se efectuó el 26 de Noviembre del 2011, en el Fuerte Los Caribes, Centro de Adiestramiento Militar “José Laurencio Silva”, El Pao, estado Cojedes, la Cuarta Prueba de Rendimiento Aerodinámico y Propulsión de los Cohetes Sonda ULA.

Los cohetes ULA-1, “Xapiripe Thepe” y “Huyá” (El Sabio y Hacedor de Lluvia respectivamente, en lengua indígena venezolana) transportaban carga útil. El primero portaba una serie de sensores capaces de medir, durante su descenso, altura, presión y temperatura atmosférica, porcentaje de vapor de agua, porcentaje de dióxido de carbono y humedad relativa (Foto 3). Asimismo, se realizaron mediciones de temperatura en la capa límite que se forma en la nariz del cohete durante el ascenso; datos sumamente importantes para el futuro diseño de los cohetes sonda ULA.



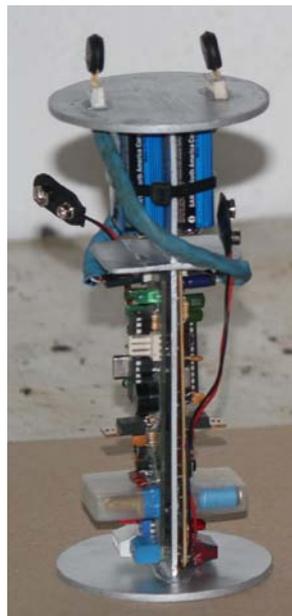
**Foto 3.** Nariz del cohete sonda ULA-1, junto a la carga útil (sensores meteorológicos) y termocuplas (flechas rojas) embutidas en la nariz ubicada en el morro y la otra, aguas abajo de la misma.

La carga útil del Cohete “Huyá”, consistió en una mezcla pirógena con la que se pretendía hacer experimentaciones de inducción de lluvia (Foto 4).



**Foto 4.** Sistema de ignición de la carga pirógena inductora de lluvia del cohete ULA-1B “Huyá”.

El cohete supersónico sonda ULA-2 denominado “Bicentenario”, portaba sensores de presión diferencial y alcanzó la estratósfera a una altura aproximada de 20 km (Foto 5).



**Foto 5.** Sistema redundante de medición de presión que transportaba el cohete ULA-2B “Bicentenario”.

Para el lanzamiento del Cohete Sonda “Xapiripe Thepe” y del Cohete Supersónico “Bicentenario” fue necesario que prevalecieran condiciones meteorológicas de ausencia de vientos, por lo que el lanzamiento se realizó después de las 7 am. En el caso del cohete “Huyá”, se requerían condiciones de máxima nubosidad, por lo cual la prueba no rindió los resultados esperados debido a la ausencia de dicha

nubosidad en el cielo Cojedeño. Sin embargo, el vector fue lanzado exitosamente y se logró la capacidad tecnológica inductora de lluvia.

#### **OBJETIVOS DE LA CUARTA PRUEBA DE RENDIMIENTO AERODINÁMICO DE LOS COHETES SONDA ULA**

1. Probar y certificar los sistemas de recuperación de carga útil para un cohete sonda de vuelo subsónico.
2. Probar la capacidad de los cohetes sondas para registrar datos meteorológicos atmosféricos.
3. Certificación de vuelo de un cohete sonda supersónico.
4. Determinar la capacidad para inducir lluvia artificial a partir de un cohete sonda de fabricación nacional.
5. Lograr el record de altura con un artefacto de fabricación venezolana de vuelo ascendente en el espacio aéreo nacional.

#### **ASPECTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DE LOS VECTORES**

##### **COHETE SONDA METEOROLOGICO “XAPIRIPE THEPE”:**

1. Correcto funcionamiento de la válvula de gases unidireccional en el motor con ignitor fijo.
2. Óptimo funcionamiento de la tarjeta iniciadora del sistema de recuperación
2. Eficiencia del diseño y de la capacidad de sustentación de carga del paracaídas.
4. Efectividad operativa y de registro de los sensores meteorológicos.
5. Preservación óptima del combustible utilizando módulos de desecación al vacío.

##### **COHETE SUPERSÓNICO “BICENTENARIO”:**

1. Control de gases a partir de tobera convergente “Leo”.
2. Ignitor fijo en la tapa del motor con rosca.

3. Efectividad en el rendimiento aerodinámico y propulsión (certificación).
4. Preservación óptima del combustible utilizando módulos de desecación al vacío.

COHETE SONDA INDUCTOR DE LLUVIA ARTIFICIAL “HUYA”:

1. Válvula de gases unidireccional en el motor con ignitor fijo.
2. Optimo funcionamiento de la tarjeta iniciadora del de la carga inductora de lluvia
3. Preservación óptima del combustible utilizando módulos de desecación al vacío.

#### **DATOS DE RENDIMIENTO AERODINAMICO OBTENIDOS**

COHETE SUBSONICO “XAPIRIPE THEPE”:

1. Aceleración: 319 m/seg<sup>2</sup>
2. Velocidad: 740 km/h
3. Altura: 3.500 m
4. Temperatura máxima en la capa límite del morro de la nariz: 289 C
5. Temperatura máxima aguas abajo en la capa límite de la nariz: 193 C

COHETE SUPERSONICO “BICENTENARIO”:

1. Aceleración: 990 m/seg<sup>2</sup>
2. Velocidad: Mach 2
3. Altura: ~ 20,000 m

COHETE SUBSONICO “HUYA”:

1. Aceleración: 467 m/seg<sup>2</sup>
2. Velocidad: 900 Km/h
3. Altura: 7.000 m

## LOGROS OBTENIDOS EN LA CUARTA PRUEBA DE RENDIMIENTO AERODINÁMICO DE LOS COHETES SONDA ULA

1. Se logró certificar el cohete supersónico ULA-2, lo cual constituye que por primera vez en la historia científica del país una universidad diseña, desarrolla y certifica, con el apoyo de la Aviación Militar, un cohete sonda con la capacidad de volar por encima de la velocidad del sonido (Foto 6).
2. Nunca antes un artefacto había logrado alcanzar la estratósfera en el espacio aéreo venezolano y mucho menos fabricado en Venezuela.
3. Por primera vez en la historia se ejerce la soberanía en la mayor altura del *Espacio Ultraterrestre Suprayacente* de acuerdo al artículo 11 de nuestra Constitución Nacional.
4. Se certificó la utilidad del sistema de recuperación de instrumentos científicos en cohetes sonda que permiten realizar de ahora en adelante cualquier tipo de investigación en el campo de la física, química y biología de la atmosfera alta (Foto 7).
5. Por primera vez en la historia científica del país se logró la capacidad para inducir lluvia artificial a partir de una tecnología aeroespacial de fabricación nacional.



**Foto 6.** Despegue del cohete supersónico ULA-2 “Bicentenario” de la lanzadera de 4 metros de altura, durante la Cuarta Prueba de Rendimiento Aerodinámico y Propulsión realizada en El Pao, estado Cojedes, el 26 de noviembre del 2012.



**Foto 4.** Descenso de la carga útil del Cohete ULA 1-B “Xapiripe Thepe” sustentada por el paracaídas durante la Cuarta Prueba de Rendimiento Aerodinámico y Propulsión realizada en El Pao, estado Cojedes, el pasado 26 de noviembre.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- Benítez, P. 2008; Informe Técnico sobre el Rendimiento de combustible sólido empleado en los motores de los cohetes ULA-1 y ULA-2 en la Tercera Prueba de Lanzamiento.
- de Souza Costa y Vieira, J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng. 2010, 32, 502-509.
- Docampo, C. 1993; *Desarrollo de vectores espaciales y tecnología misilística en Argentina: el Cóndor II*, EURAL, Buenos Aires.
- Freeman, M., 2002; *Iberoamérica en el Espacio*, EIR Ciencia y Tecnología, Resumen Ejecutivo, 13-38.
- La Rosa, C, 2007; Informes Técnicos: I y II. Impacto Ambiental de Combustible Sólido, Comisión Rectoral Programa de Ciencias Espaciales, Universidad de Los Andes, Mérida.
- Marcano Vicente, Benítez Pedro, La Rosa Carlos, Lacruz Leonardo, Parco María Alejandra, Ferreira John, Andressen Rigoberto, Serra Valls Alberto, Peñaloza Marcos, Rodríguez Léster Cárdenas Julio Emerio, Minitti Vicente, Rojas Juan José., 2009. *Progresos Alcanzados en el Proyecto Universitario Cohete Sonda Ula*. Universidad, Ciencia y Tecnología. Vol. 13, pp 305-316.
- NASA SPM-8064, 1971. P. 1-130