



## **PROYECTO PARAGUAY AL ESPACIO (GUARANISAT-1) REV1 MARZO 2020**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La Agencia Espacial del Paraguay (AEP) como parte del proceso de ejecución de proyectos, para disponer de capacidades e infraestructuras mínimas y el futuro desarrollo de las ciencias y tecnologías espaciales en el país, y crear las condiciones ideales para el desarrollo económico, científico y social en el Paraguay, por medio de un programa espacial sostenible y sustentable, que se encuentra en un proceso de fortalecimiento institucional, conforme a lo previsto en la Ley N° 5151/14 creación de la AEP, la Política Espacial del Paraguay (PEP), el Decreto N° 1092/19 y el Plan Estratégico Institucional (PEI), los dos últimos como resultado de múltiples sesiones de la Junta Directiva de la AEP.

Al respecto, en observancia plena de los tres ejes Estratégicos del Estado paraguayo, insertos en el **PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2030** y los **OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS NACIONES UNIDAS**, la AEP está en proceso de cumplimiento de las siguientes cuatro líneas o ejes estratégicos:



- ✚ **Capacitación y formación de recursos humanos;**
- ✚ **Desarrollo del sector aeroespacial tanto público y privado;**
- ✚ **Creación de una infraestructura acorde con la realidad nacional; y**
- ✚ **Establecimiento de un sistema sostenible para lograr los fines de la Agencia.**



Consecuentemente, y en consideración al primer Eje Estratégico de la AEP, de la “**Capacitación y formación de recursos humanos**”, en el año 2018 se firmó el Acuerdo entre el Gobierno Nacional, a través de la Agencia Espacial del Paraguay (AEP) y el Instituto Tecnológico de Kyushu (Kyutech) para que nuestro país sea parte del Proyecto BIRDS-4, el cual comprende, básicamente, enviar becados al Japón a los dos primeros profesionales paraguayos para su capacitación en sistemas espaciales a nivel de posgrado (Maestría y Doctorado), así como el diseño, construcción, montaje, prueba funcional, lanzamiento y operación del primer satélite paraguayo, tipo CubeSat, (**GuaraniSat-1**), con el apoyo de la Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y de la Agencia de Exploración Espacial Japonesa (JAXA).

Diversas agencias espaciales e instituciones, entre ellas la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), la Agencia Espacial Europea (ESA), la Universidad de Chile, el Instituto Tecnológico de Kyushu (Kyutech) y la UNOOSA, desarrollan programas similares utilizando los nanosatélites estandarizados llamados CubeSat’s. Es importante destacar que la prestigiosa revista Nature<sup>1</sup> ha resaltado las potenciales aplicaciones de los nanosatélites, que podrían beneficiar a la agricultura, el medioambiente, la planificación urbana, el monitoreo del clima, etc.

Este proyecto, tiene como objetivo incluir al Paraguay en un programa internacional de formación de capacidades llevado adelante por el Instituto Tecnológico de Kyushu (Kyutech), parte de la universidad nacional japonesa fundada en 1909. Kyutech tiene una tradición en investigación y educación en ingeniería espacial desde 1993, y es una de las universidades líderes en investigación de ingeniería espacial en Japón.





**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

En 2004, Kyutech da inicio al Laboratorio de Ingeniería de Interacción Ambiental de Naves Espaciales (LaSEINE), con 15 empleados y un presupuesto de investigación anual de entre 1 a 2 millones de dólares estadounidenses.

En 2010, Kyutech implementó el Centro para Pruebas de Nanosatélites (CeNT) y con el aporte del LaSEINE el CeNT es capaz de realizar todas las pruebas ambientales para satélites de hasta 50 cm/50 kg, realizando a la fecha pruebas a más de 40 satélites, incluidos 8 usuarios del extranjero: Malasia, Filipinas, Singapur, Vietnam, Tailandia, Corea del Sur, Egipto y Finlandia (ver Fig.1).

Kyutech, también lleva adelante un programa de Postgrado Internacional sobre Tecnologías Espaciales (PNST), con el apoyo de las Naciones Unidas (NNUU) y la JAXA. El programa se inició en el 2010 y ofrece cursos de postgrado (Maestrías y Doctorados) para aspirantes interesados en el desarrollo de capacidades para el desarrollo de tecnología espacial básica.

El Curso Internacional de Ingeniería Espacial (SEIC) en Kyutech, que se inició en abril de 2013, se compone de cuatro pilares:

- 1) Investigación y formación en Maestrías y Doctorados.
- 2) Capacitación (on-the-job training), con talleres de ensayos ambientales de satélites.
- 3) Aprendizaje basado en proyectos (PBL) a través de un proyecto espacial.
- 4) Seminarios relacionados a las ciencias y tecnologías espaciales.



**List of Satellites tested**

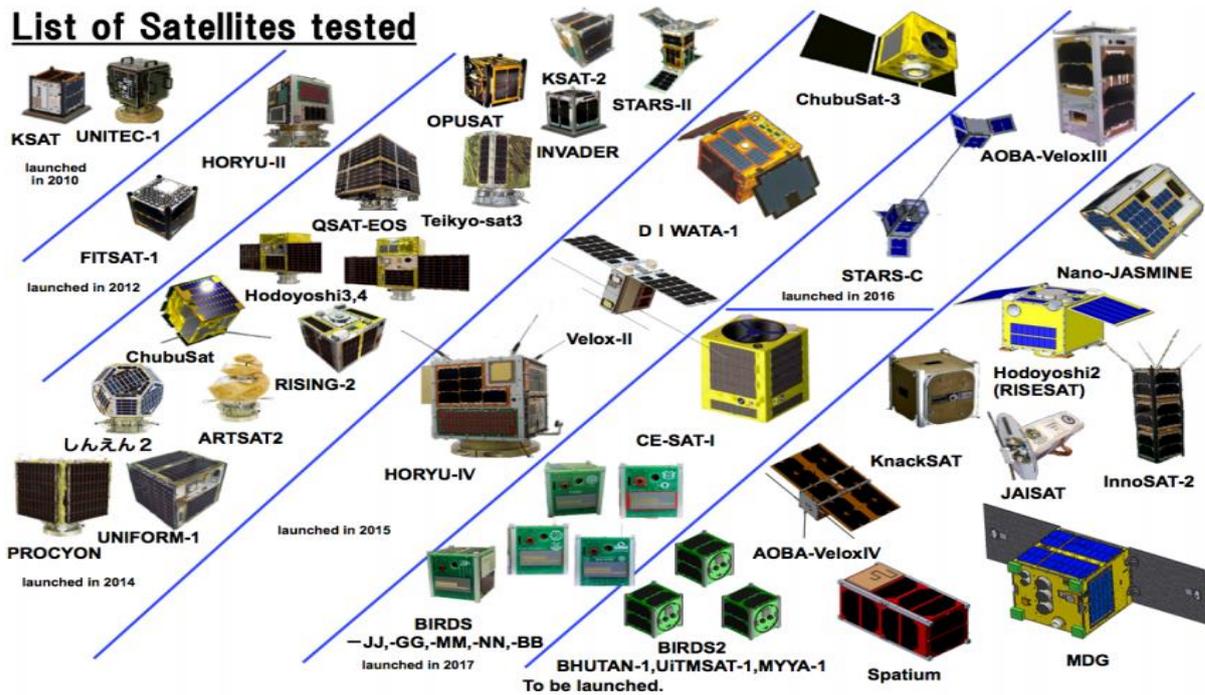


Figura 1. Satélites probados en el CeNT Crédito: Kyutech

**2. PROYECTO BIRDS**

El *Joint Global Multi-Nation BIRDS Satellite Project* (Proyecto de Satélite BIRDS del Conjunto Global de Multi-Naciones), más conocido por el acrónimo "**BIRDS Project**" es un proyecto satelital interdisciplinario transfronterizo, dirigido a los países en vías de desarrollo que aún no han desarrollado la tecnología requerida para el acceso al espacio, apoyados por el gobierno del Japón.<sup>6</sup>



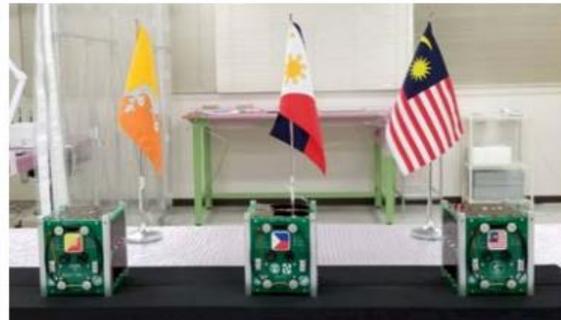
BIRDS consiste en una serie de proyectos satelitales que comienzan en octubre de cada año. La Tabla 1 enumera los tres proyectos BIRDS que se han ejecutados a la fecha.

**Tabla 1. Resumen de Ejecucion del proyecto BIRDS**

PROYECTOS	NÚMERO DE SATÉLITES	PAISES	INICIO	LANZAMIENTO
BIRDS-1	5	Japón, Ghana, Mongolia, Nigeria, Bangladés	Final 2015	Julio 7, 2017
BIRDS-2	3	Filipinas, Malasia, Bután Japón	Final 2016	Agosto 2018
BIRDS-3	3	Sri Lanka, Nepal, Japón	Final 2017	Agosto 2018



**Figura 2. Satélites BIRDS-I**



**Figura 3. Satélites BIRDS-II**

En este modelo de formación de capacidades, cada satélite es propiedad del Estado asociado que proporciona los estudiantes y la financiación.

El Estado asociado es responsable del:

- Costo asociado al software y hardware satelital;
- Costo del estudiante, asociado con el costo de vida, las matrículas, los viajes, etc. (al menos dos estudiantes enviados a Kyutech). Cada país debe enviar al menos dos estudiantes (se prefieren tres);
- Costo de la estación terrestre en cada país; e
- Inicio de un programa de educación / investigación espacial.



**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

Durante el desarrollo del proyecto, los estudiantes de cada proyecto actúan como un equipo hasta el final del diseño y su verificación, siendo finalmente, los responsables de la definición de las misiones satelitales bajo ciertas restricciones.

Las principales limitaciones dadas son las siguientes:

- El periodo de desarrollo del proyecto hasta la operación es de 2 años, mismo plazo del cronograma del curso principal;
- Los satélites son del tipo CubeSat de 1U (10cm x 10cm x 10cm) y serán puestos en órbita desde la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés);
- La operación de los mismos se realiza desde cada país miembro.

Los estudiantes definen las misiones científicas y diseñan los satélites, siendo este un modelo de gestión de ingeniería en la que se ensamblan, integran y se realizan pruebas en ambientes espaciales. El diseño y los resultados de la verificación se examinan de forma crítica.

Una vez que se obtiene el diseño final y el proyecto, se ingresa en la fase de modelo de vuelo. El equipo se divide en grupos formados por miembros del mismo país que son responsables del montaje, integración y prueba del modelo de vuelo de cada país.



**Figura 4. Modelo en protoboard del BIRDS-I (izquierda), Modelo de Ingeniería (centro) y Modelo de Vuelo (derecha)**



**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

2.1. Los objetivos claves de este proyecto son:

- Adquirir conocimientos referentes al proceso de desarrollo de satélites, desde la planificación de la misión hasta la disposición final del satélite.
- Sentar las bases de un programa espacial sostenible en cada país participante, mediante el entrenamiento de recursos humanos y el lanzamiento de un programa universitario de investigación y formación de capacidades sobre ciencias y tecnologías espaciales de investigación y educación espacial.
- Crear una red humana internacional para la ayuda y cooperación mutua entre programas espaciales emergentes.

2.2. Los Satélites ya diseñados como resultado del Proyecto BIRDS hasta la fecha, son:

**BIRDS-1:**

- Ghana (*GhanaSat-1*)
- Mongolia (*Mazzalai*)
- Nigeria (*Nigeria EduSat-1*)
- Bangladés (*BRAC Onnesha*)

**BIRDS-2**

- Bután (*Bhutan-1*)
- Filipinas (*Maya-1*)
- Malasia (*UiTMSAT-1*)

**BIRDS-3**

- Japón (*Uguisu*)
- Nepal (*NepaliSat-1*)
- Sri Lanka (*Raavana-1*)





### **BIRDS-4 (en proceso)**

- **Paraguay (GuaraniSat-1)**
- Japón (*Tsuru*)
- Filipinas (*Maya-2*)

Los profesionales paraguayos que actualmente se encuentran cursando estudios de posgrado en tecnología espacial, así como en el diseño, construcción, montaje, prueba funcional, lanzamiento y operación del primer satélite paraguayo, tipo CubeSat, (**GuaraniSat-1**), son: el Ing. MSc. Adolfo Jara y el Ing. Aníbal Mendoza, funcionarios de la Agencia Espacial del Paraguay y egresados de la Universidad Nacional de Asunción (UNA).

Disponer de este primer satélite paraguayo, tipo CubeSat GuaraniSat-1 como parte del proyecto BIRDS-4, no solo implica diseño, construcción y montaje del satélite propiamente dicho, sino que engloba otros segmentos que son necesarios para la operación y el óptimo aprovechamiento de los recursos espaciales, y que son:

- ✚ **Segmento Espacial:** Sistemas, subsistemas y misiones realizadas en el espacio a bordo del satélite.
- ✚ **Segmento Terrestre:** Sistemas de envío de comandos al satélite y recepción de datos de telemetría y las misiones a bordo, misiones de transmisión-recepción de datos desde la superficie terrestre al satélite.

### **3. SEGMENTO ESPACIAL “GuaraniSat-1. Desglosado cada segmento del Proyecto tenemos lo siguiente:**



#### **Objetivos principales**

- Diseñar, construir, montar, probar, lanzar y operar el primer satélite de Paraguay



**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

- Dar continuidad a dos misiones: Misión de imágenes (CAM) y Store & Forward (SF-WARD), ya desarrollada en los Proyectos BIRDS anteriores
- Servir a la comunidad de radioaficionados con la misión APRS-Digipeater (APRS-DP)

### **3.2. Objetivos secundarios**

- Demostrar un control activo de estabilización de actitud y control en órbita (ADCS)
- Demostrar la funcionalidad de celdas solares de Perovskita en el espacio (PSC)
- Demostrar la estructura de CubeSat como antena (HNT)
- Ampliar la base de datos de componentes COTS útiles en aplicaciones espaciales (TMCR)
- Demostrar la funcionalidad del chip fabricado para la detección de enganche o Latch-up (NTU)
- Demostrar procesamiento y clasificación de imágenes a bordo (UCI)
- Demostrar la viabilidad del pegamento COTS para células solares (GLU)

### **3.3. Subsistemas y Misiones**

#### **3.3.1. Principales Subsistemas**

- OBC – Subsistema de Computadora de a bordo, ejecuta comandos desde las estaciones terrenas (GS), colecta y transmite datos de misión y de telemetría, monitorea el estado general del satélite y ejecuta comandos automáticamente.

EPS – Subsistema de Energía Eléctrica, proporciona alimentación ininterrumpida a todos los componentes tanto a la luz del sol como en eclipse. Genera, almacena, convierte y distribuye la energía.





**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

- COM – Subsistema de Comunicaciones, recibe los comandos (*uplink*) desde la GS y reenvía al OBC, Transmite telemetría y datos de misión al GS (*downlink*) y el *CW beacon*.

3.3.2. Misiones

- Cámara (CAM): La misión de la cámara requerirá que el satélite capture imágenes de baja resolución sobre los países miembros (**Japón, Filipinas y Paraguay**) y pueda transmitirlo para su posterior procesamiento.
- Unidad de clasificación de imágenes (ICU): La Unidad de clasificación de imágenes clasificará las imágenes tomadas por la misión CAM en categorías predefinidas, y también ayudará al equipo del proyecto a validar la eficiencia de los algoritmos utilizados.
- Sistema automático de repetición de paquetes: Repetidor digital (APRS-DP), la utilización de la radioafición en tiempos de desastre como enlace de respaldo cuando otras redes de comunicación están inactivas demuestra la importancia del satélite como repetidor.
- Almacenamiento y reenvío de datos (clima y datos de reinfestación) usando CubeSats (SF-WARD): El peligro para la vida causado por la enfermedad conocida como el “Mal de Chagas”, en el Paraguay, y las calamidades climáticas en Filipinas demuestran la necesidad para los científicos de pronosticar estos eventos utilizando sensores remotos ubicados en áreas lejanas a las que llegan las redes terrestres.
- Garcasa como Antena (HNT): Utilizar el marco principal de un CubeSat 1U como antena.
- Medición de dosis ionizantes totales en Componentes (TMCR): Proporcionar componentes COTS (componentes off-the-shelf /



**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

comerciales) para nanosatélites que sobrevivirían al ambiente de radiación espacial.

- Misión NTU (chip de detección de Latch-up) (NTU): Verificar la función de protección del chip de detección y protección de bloqueo (LDAP) fabricado por NTU.
- Celda solar de perovskita (PSC): Demostrar la funcionalidad de la celda solar Perovskita en el espacio.
- Determinación y control de actitud (ADCS): Demostrar el control activo de actitud en los 3 ejes para futuras generaciones BIRDS
- Misión de verificación de pegamento COTS (GLUE): Encontrar una alternativa COTS al RTV-S 691 como adhesivo calificado para reducir costos y aumentar la facilidad de acceso.

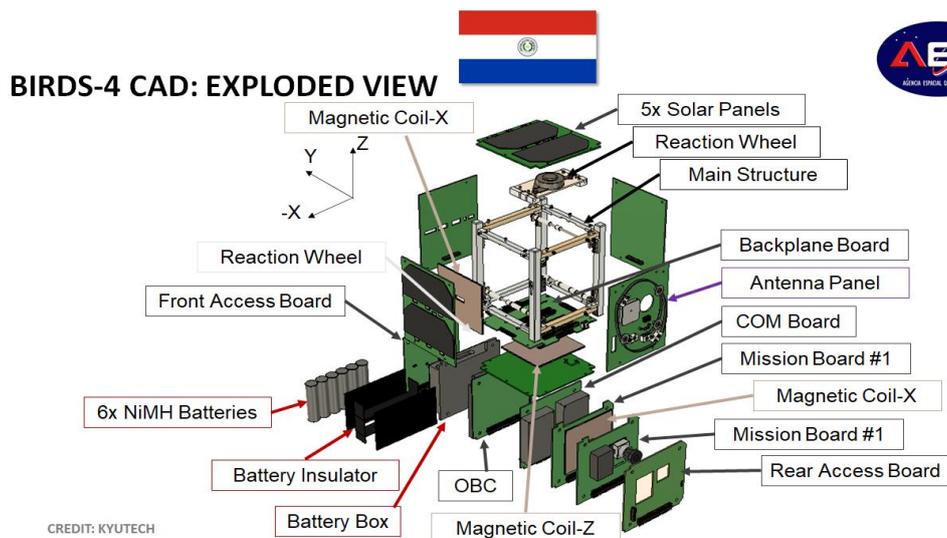


Fig.5 Vista de los componentes del Satélite GuaraniSat-1 (Fuente: Kyutech)



Para la puesta en órbita en el espacio ultraterrestre, el CubeSat **“GuaraniSat-1”** será transportado hasta la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés) desde un lanzador a ser definido por la Agencia de Exploración Espacial Japonesa (JAXA) y posteriormente se colocará en órbita desde la ISS, a través del módulo Kibo perteneciente a Japón.

#### 4. SEGMENTO TERRESTRE “*GuaraniSat-1*”

La comunicación de los satélites con la Tierra, incluyendo próximamente al *GuaraniSat-1*, es realizada a través de una red de estaciones terrenas con capacidad de envío de comandos al satélite y recepción de datos de telemetría y de las misiones, las cuales se encuentran en cada país participante del proyecto y a las cuales se suman estaciones terrenas situadas en Taiwán y Tailandia.

Además de las estaciones situadas en los países participantes del proyecto BIRDS se incorporan otros países con sus estaciones terrestres, estableciéndose así una amplia red de cobertura a nivel mundial a la recepción de los datos provenientes de los satélites del proyecto BIRDS.



Fig. 6 Red de Estaciones Terrenas BIRDS (Fuente: Kyutech)



La AEP es el órgano interlocutor en temas espaciales del Estado paraguayo ante las Naciones Unidas, y como tal, representa al Paraguay en el proyecto BIRDS y es responsable del diseño, construcción, montaje, prueba funcional, lanzamiento y operación del satélite “*GuaraniSat-1*”, además, tiene la responsabilidad de la operación del segmento terrestre,

segmento conformada por dos estaciones terrenas a ser instaladas en los siguientes puntos de nuestro país.

**4.1. Estación Terrena 1-AEP-UNA (Campus Universitario-UNA):**

Transmisión de comandos operacionales, recepción de datos de telemetría y misiones.



**Fig. 7 Torre para antenas de enlace y equipos de comunicaciones en el laboratorio de la AEP-UNA, sitio de la futura Estación Terrena AEP-UNA**

La localización de la Estación Terrena 1-AEP-UNA fue establecida en el Laboratorio de la AEP situado en el edificio donde actualmente funciona el Centro de Estudios Tecnológicos de la UNA (CETUNA) del campus universitario de la Universidad Nacional de Asunción en la ciudad de San Lorenzo, gracias a la alianza estratégica, por medio de un convenio interinstitucional vigente, firmado entre la Agencia Espacial del Paraguay y la Universidad Nacional de Asunción.



**4.2. Estación Terrena 2-AEP-CHACO (Comunidad Tibería-Chaco):**

Transmisión de datos relacionados a la misión SF-WARD (Store and Forward).

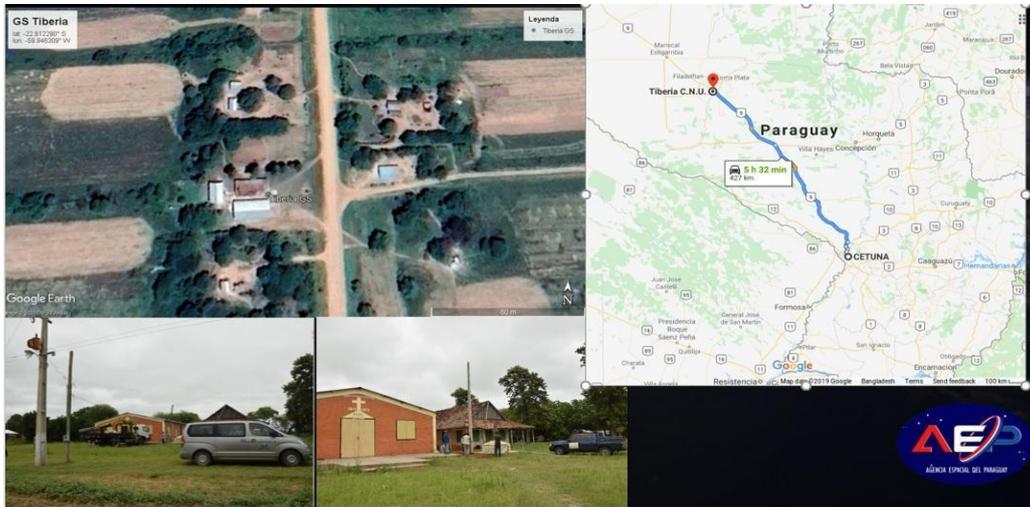


Fig.8 Montaje de torre para antenas de transmisión de datos en la estación terrena 2 Chaco y su localización geográfica.

## 5. DETECCIÓN DEL VECTOR DEL MAL DE CHAGAS EN EL CHACO

Una de las misiones de los satélites componentes de BIRDS-4 consiste en la recolección de datos (SF-WARD) enviados a través de estaciones terrenas situadas en regiones de difícil acceso y para su posterior retransmisión a las estaciones de comando, recepción de datos y telemetría. En este contexto, la

AEP ha seleccionado para esta misión “**la detección del vector del mal de Chagas**”, basado en el trabajo presentado por los **Ingenieros Federico Gaona y Adolfo Jara**, con el apoyo y la supervisión de la Dra. Antonieta Rojas de Arias del Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica (CEDIC) y la Sociedad Científica del Paraguay, que consiste en la instalación de detectores con sensores que responden a la presencia de los vectores del mal de Chagas para su posterior retransmisión a un hub (concentrador) de manera automática.



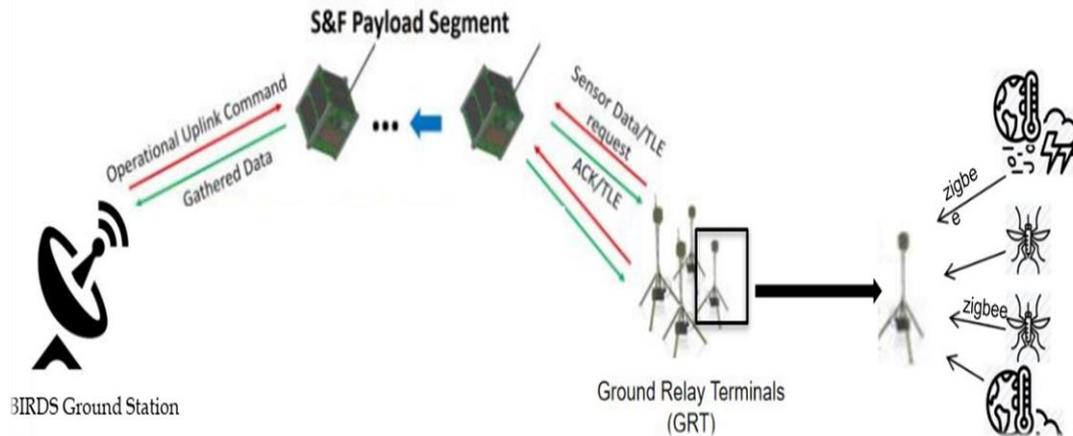


Fig. 9 Diagrama esquemático de la misión SF-WARD (Kyutech)

El desarrollo de los detectores de los vectores está siendo realizado por ingenieros del Grupo de Investigación en Electrónica y Mecatrónica (GIEM) de la Facultad Politécnica de la UNA, con la participación de los estudiantes Giovanna Adorno y Rodrigo Barrios; y el desarrollo de la interfase de visualización (*software*) está a cargo del Ing. Julio Daniel Reyes.

El desarrollo de este trabajo fue realizado en su momento y en efecto sigue actualmente para la misión del *GuaraniSat-1* en colaboración con el CEDIC en la comunidad de Tibería, Chaco paraguayo.

## 6. COLABORACIÓN DE FUTUROS INGENIEROS DE LA UNA.

La estación terrena AEP-UNA se encuentra en proceso de instalación y prueba de los equipos, los cuales son realizados por personal de la AEP con apoyo de tesis de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNA.



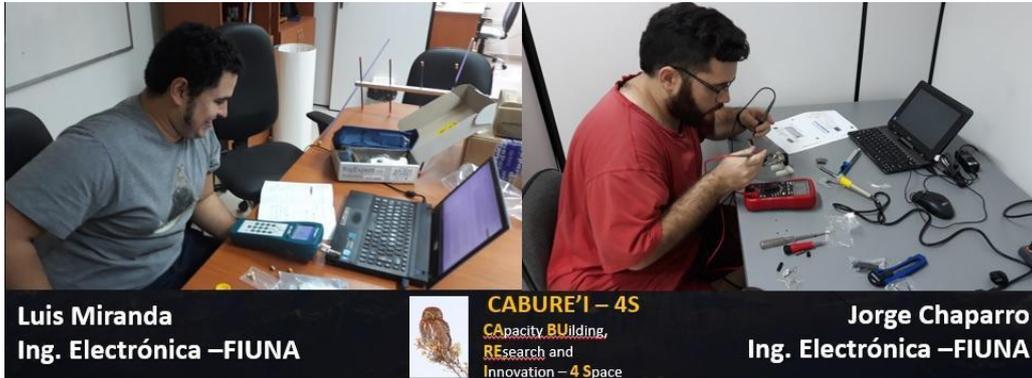


Fig. 10. Tesistas colaboradores en el proceso de instalación de la estación terrena AEP-UNA

Estos futuros profesionales forman parte de CABURE'I -4S (*CApacity BUilding, REsearch and Innovation - 4 Space*), grupo de investigación formado por profesionales de la AEP y futuros profesionales de universidades públicas y privadas para la construcción de capacidades relacionadas a la tecnología espacial.



Fig. 11. Fotografía grupal del grupo CABURE'I-4S con investigadores de la UNA y de la AEP en el Laboratorio de la AEP-UNA.

## 7. CENTRO DE OPERACIONES, MONITOREO Y CONTROL–AEP-HQ (MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL)



Ubicado en la sede central de la AEP en el 7° piso Bloque B del Ministerio de Defensa Nacional, su función principal será realizar el monitoreo del satélite GuaraniSat-1, además de monitorear y servir de apoyo a la

**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

Secretaría de Emergencia Nacional (SEN) y otros organismos estatales y privados en caso de desastres como inundaciones e incendios.

En este Centro se monitoreará también activamente la basura espacial y los objetos cercanos a la Tierra en caso de alertas. Además servirá como estación de monitoreo principal de coordinación con el centro de control del campus de la UNA donde se encuentra la estación terrena principal.

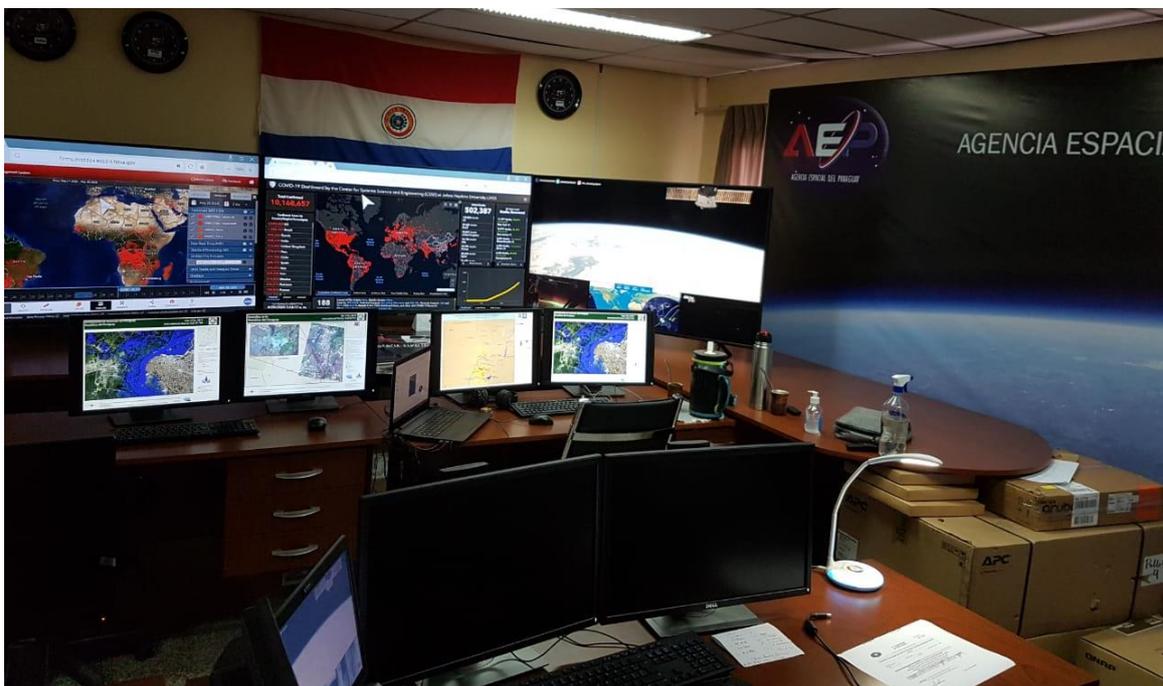


Fig. 12 Centro de Operaciones, Monitoreo y Control ubicado en la sede central de la AEP (Ministerio de Defensa Nacional)

## 8. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para la AEP, en proceso de fortalecimiento, prioriza la formación de capacidades (Segmento Educativo) que puede darse en diferentes niveles de desarrollo (Ver Figura 13), con las siguientes características:



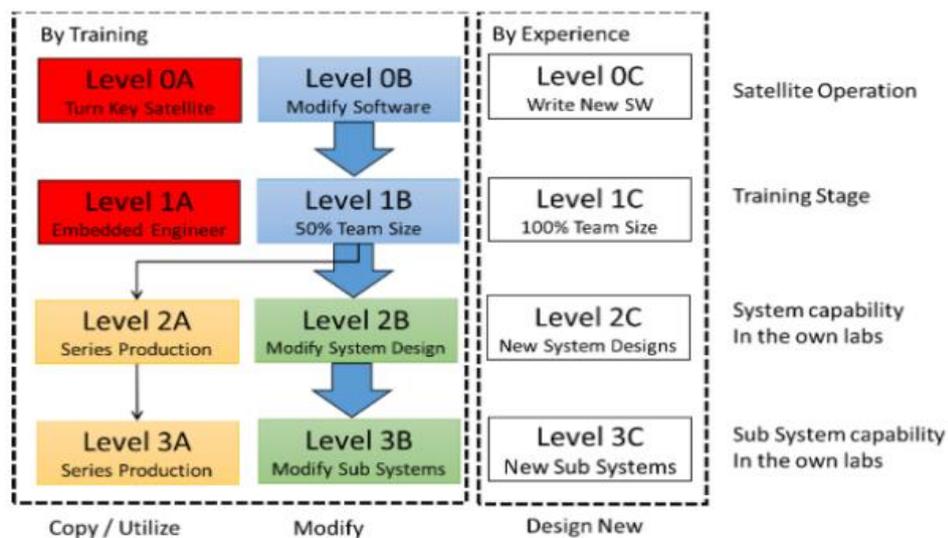
El nivel “0” consiste en la compra de un satélite (llave en mano).

El nivel “1” implica la participación de ingenieros en todo el proceso de la construcción de satélites en laboratorios externos.

**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

- ✚ En el nivel “2” los ingenieros construyen el satélite en laboratorios de su institución, con la adquisición de los subsistemas de proveedores externos.
- ✚ En el nivel “3” todos los sistemas y subsistemas son construidos de forma integral en laboratorios propios.

Estos niveles también se pueden subdividir en hasta 3 subniveles (A, B y C) asociados a las capacidades de copiar, modificar y diseñar nuevas tecnologías respectivamente. Con este proyecto se pretende llegar al nivel 1C y preparar los laboratorios de tal forma que con el segundo satélite se pueda llegar hasta el nivel 2.



**Figura 13. Modelo de Formación de Capacidades<sup>1</sup>**

Es importante destacar que los objetivos del proyecto están alineados con los cuatro ejes estratégicos de la Agencia Espacial del Paraguay:



**Formación de Recursos Humanos:** Se formará, en principio, un Doctor y un Máster en Ingeniería Espacial (Sistemas Espaciales).

<sup>1</sup> Extraído de la Presentación de la empresa Berlin Space Technologies en el Simposio Tecnologías Espaciales de Natal-Brasil 2019



- + Desarrollo del sector aeroespacial:** Los profesionales capacitados al retornar al país podrán desarrollar tecnologías espaciales, tanto en el sector público como en el privado, planificando misiones satelitales que ayuden a resolver problemas sociales (previsión de riesgos, planificación urbana, medio ambiente, etc.) y aumenten la productividad del sector agropecuario.
- + Creación de Infraestructura:** El proyecto requerirá la construcción de Laboratorios de Integración y Ensayos que podrán ser empleados en certificaciones para la industria y una estación terrena que permitirá la recepción de datos satelitales, además de los Centros de Operaciones, Monitoreo y Control correspondientes.
- + Establecimiento de un sistema sostenible:** Se impulsará el Programa Espacial Paraguayo con el fortalecimiento de la Investigación en Ciencias y Tecnologías Espaciales y los potenciales Programas de Grado y Postgrado que se podrán desarrollar, crear y fortalecer una vez que los profesionales retornen al país.

## **9. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

La Agencia Espacial de Paraguay y la Universidad Nacional de Asunción serán los beneficiarios directos, por ser las instituciones promotoras de la investigación y educación espacial, ámbito de aplicación al cual apunta el proyecto, sin dejar de mencionar que toda la sociedad paraguaya, en especial el mundo de la Ciencia y Tecnología: científicos, investigadores, profesionales y jóvenes estudiantes serian beneficiarios indirectos, pues, estarán incentivados con las innovaciones a ser implementadas como resultado de la investigación.



**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

El lanzamiento del primer satélite y los sucesivos, dependiendo del objetivo de la misión, traerán una serie de beneficios para sectores determinados de la sociedad mediante la recolección de datos utilizando la tecnología espacial. Además, el potencial que tiene la repatriación de recursos altamente capacitados radica en los proyectos que estos recursos humanos podrían llevar adelante para impulsar el desarrollo científico y tecnológico del Paraguay. Todo esto sustentado en la formación, experiencia adquirida y los vínculos internacionales creados durante su estancia en el exterior.

**10. CRONOGRAMA (ESTIMADO)**

**10.1. Segmento Educativo**

FASES	PERIODO	ACTIVIDADES DEL DOCTORADO	ACTIVIDADES DE LA MAESTRÍA
1	Marzo - Junio - 2018	Comunicaciones Iniciales, coordinaciones y Firma de Acta de Reunión y Memorándum de Entendimiento - Aplicación al Proyecto BIRDS	
	Agosto - Setiembre - 2018	Proceso de aplicación al programa de doctorado	
	Octubre - 2018	Gestión de recursos para el primer periodo de estadía	
2	Noviembre 2018 - Marzo 2019	Investigación previa realizada para el Doctorado	Proceso de aplicación al programa de maestría
	Abril 2019	Firma de Acuerdo de Cooperación Investigativa entre AEP y Kyutech (CRA)	
	Abril 2019 - Marzo 2020	Inicio del Curso de Doctorado y Maestría: Materias desarrolladas con un aprendizaje basado en proyectos (PBL).	
	Abril 2020 - Marzo	Proyecto de Investigación 1	Proyecto de Investigación 1





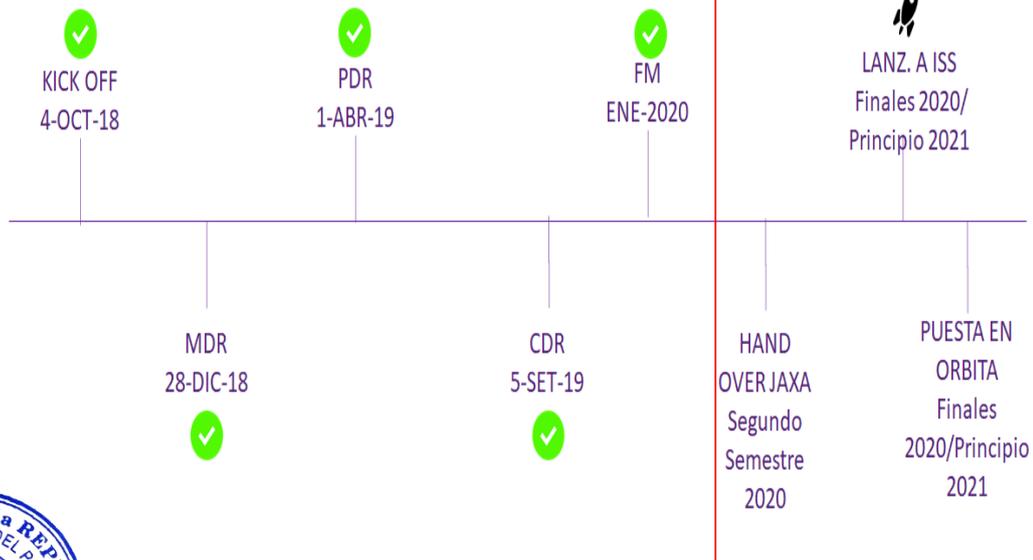
**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

	2021		Defensa de la Maestría
	Abril 2021 - Marzo 2022	Proyecto de Investigación 2	Retorno al Paraguay del Master en Ingeniería espacial para trabajar en los laboratorios de Integración o Aplicación al Programa de Doctorado
		Defensa del Doctorado	
3	Abril 2022	Retorno al Paraguay para desarrollar el siguiente satélite en suelo Paraguayo	

**10.2. Segmento Espacial\***



**LINEA DE TIEMPO BIRDS4**



Cronograma previsto, los puntos en verde ya están cumplidos, los demás tienen la expectativa de tiempo indicada. \*OBS: Depende del Cronograma Final de JAXA/KYUTECH



10.3. Cronograma Segmento Terrestre\*

#	Actividades	DESDE	HASTA
1	Coordinación INDI/Visitas Chaco	May-2020	Jul-2020
2	Entrenamiento GS en Kyutech-Japón	Ene-2020	Ene-2020
3	Montaje Estación Campus GS1 UNA	Ene-2020	Set-2020
	<i>Traslado de equipos COM a la sede Campus UNA</i>		
	<i>Instalación de equipos COM</i>		
	<i>Configuración e integración de equipos COM</i>		
	<i>Pruebas Estación Campus UNA BIRDS3</i>		
4	Montaje Estación Chaco GS2 (Prueba de eq. UNA)	Feb-2020	Set-2020
5	Montaje de Detector para Chaco	Feb-2020	Jul-2020
	<i>Ingeniería de diseño y prototipado del detector</i>		
	<i>Pruebas de prototipos de detectores</i>		
	<i>Ingeniería de diseño y prototipado del Hub</i>		
	<i>Pruebas de prototipos de Hub</i>		
	<i>Manufactura de los detectores en China</i>		
	<i>Montaje del Hub en laboratorio</i>		
	<i>Montaje de los detectores en laboratorio</i>		
	<i>Pruebas de duración en la UNA</i>		
	<i>Desarrollo del software de monitoreo a distancia</i>		
6	Pruebas COM Estación Chaco (UNA)*	Ago-2020	Oct-2020
7	Pruebas Estación Chaco (En sitio) *	Oct-2020	Oct-2020
8	Inicio Operación Estación Terrena Campus UNA BIRDS-4*	Oct-2020	Dic-2020
9	Inicio Operación Estación Terrena Chaco BIRDS-4*	Oct-2020	Dic-2020

\*OBS: Depende del cronograma final de JAXA/KYUTECH y la apertura de las restricciones de circulación debido a la Pandemia del SARS-COV2 (COVID-19)





### 11. INVERSIÓN ESTIMADA DEL PROYECTO A MARZO 2020

	ITEM	Beneficiarios	Inversión en Guaraníes	Informe de Situación (Estado)	Planes para el futuro
1	Hardware CubeSat	Agencia Espacial del Paraguay	842.700.000	Concluido exitosamente Flight Model (Modelo de Vuelo)	
2	Costos académicos Master y PhD y costos no académicos (vivienda, alimentación, transporte)	Agencia Espacial del Paraguay	429.779.367	Concluido exitosamente	Continuar con el programa académico hasta su fin.
3	Montaje del Centro de Operaciones, Monitoreo y Control (COMCM) de Misión de la AEP: con de 4 monitores/tv de 65"	Agencia Espacial del Paraguay, Red de países componentes del proyecto BIRDS	32.000.000	Concluido Exitosamente	Pruebas de funcionamiento con las constelaciones de satélites BIRDS-2 y BIRDS-3 y una vez lanzado el satélite paraguayo GuaraniSat-1 (BIRDS-4) gestionar la operación del mismo desde este centro.
4	Montaje del Área de Procesamiento de Datos e Imágenes Satelitales (APDIS): Adquisición de 7 equipos informáticos y software	Agencia Espacial del Paraguay, Organismos y Entidades del Estado que requieran procesamiento de datos e imágenes satelitales.	262.000.000	Concluido Exitosamente	Cursos de capacitación en sistemas de información geográfica y herramientas de procesamiento de datos e imágenes satelitales (Sensoramiento Remoto) participación en actividades interinstitucionales de cooperación nacional e internacional que





**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

					involucren el tratamiento de datos e imágenes satelitales conjuntamente con cubos de datos georreferenciados.
5	Adquisición y montaje de los equipos para las Estaciones Terrenas (GS) del GuaraniSat-1, GS1 en el campus de la Universidad Nacional de Asunción y GS2 en la comunidad de Tiberia (Chaco), mobiliario y vehículo.	Agencia Espacial del Paraguay, Universidad Nacional de Asunción, Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica (CEDIC), red de estaciones terrenas de los países que componen el programa BIRDS	667.780.000	Concluido exitosamente	Finalización del montaje y pruebas funcionales con las constelaciones de satélites BIRDS-2 y BIRDS-3, optimización de instalaciones y mejoras en el proceso de transmisión-recepción)
6	Capacitación de profesionales para la implementación de las Estaciones Terrenas en el Instituto Tecnológico de Kyushu - Japón	Agencia Espacial del Paraguay y la red de estaciones terrenas de los países que componen el programa BIRDS	7.000.000	Concluido exitosamente	Implementación de las estaciones terrenas GS1 y GS2, optimización de instalaciones y mejoras en el proceso de transmisión-recepción.
7	Laboratorio de Integración y ensayos	La Agencia Espacial del Paraguay y la Universidad Nacional de Asunción	1.320.000.000*	En proceso	Concretar la construcción de bancos de pruebas para ensayos de vibración, termo-vacío, cámara anecoica y otros.

\*OBS: Montos estimados/Marzo 2020



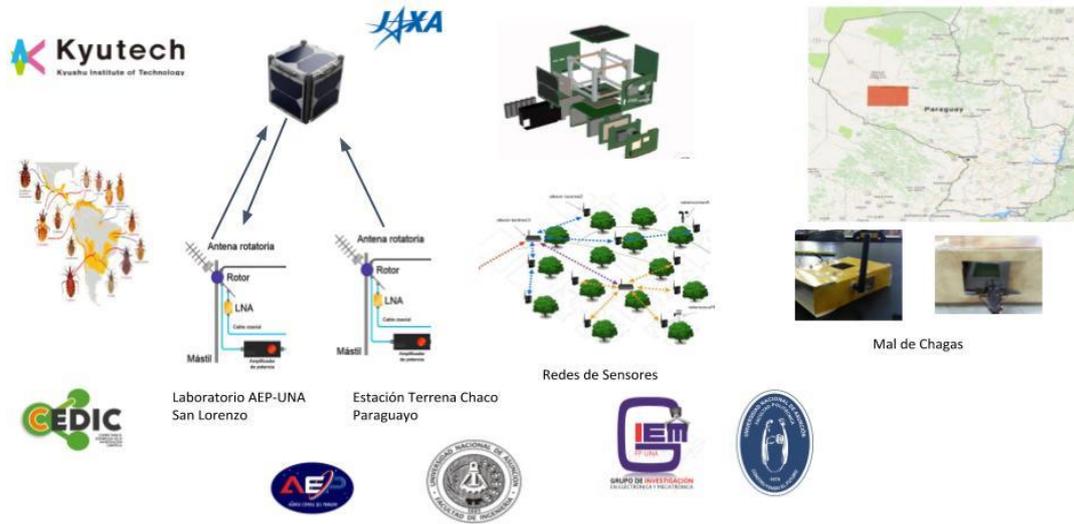


Fig. 15 Esquema general del Proyecto e instituciones involucradas (KYUTECH, JAXA, AEP, UNA y el CEDIC).



Fig. 16 Foto actual del modelo de vuelo (FM) terminado y logotipo de la misión.





Fig. 17 Equipo Técnico GuaraniSat-1, de izq. a der. Alejandro Román, Eladio Ferrer, Luis Miranda, Adolfo Jara, Federico Gaona, Rodrigo Fleytas, Aníbal Mendoza, Blas Vega, Jorge Kurita.

## 12. RESULTADOS ESPERADOS

El Proyecto “Paraguay al Espacio” según lo planificado y posterior a su ejecución, debería entregar los siguientes resultados:

- ✚ Profesionales altamente capacitados: En el Segmento Espacial la AEP contará con un Máster y un Doctor en Ingeniería Espacial (Sistemas Espaciales), en el Segmento Terrestre tendremos profesionales ingenieros capaces de operar un satélite, en conjunto el Segmento Educativo será robustecido con TT. HH capacitados.
- ✚ Capacidad y experiencia para el diseño y ejecución de todo el ciclo de vida de un proyecto satelital de principio a fin.
- ✚ Operación efectiva del “**primer satélite del Paraguay**”.
- ✚ Publicaciones científicas asociadas a las investigaciones llevadas adelante durante el curso de postgrado y el desarrollo de los proyectos.





**AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY - PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA**

=====

- ✚ Acceso a la red de estaciones terrestres del **Programa BIRDS**.
- ✚ Colaboración a largo plazo con otros países a través de la red BIRDS.
- ✚ Contar con una infraestructura mínima para encarar los desafíos emergentes en ciencia y tecnología espacial acorde a la realidad nacional.
- ✚ Efectiva incursión de Paraguay en el campo internacional en temas espaciales.
- ✚ Cumplir con los principios, objetivos y líneas directrices de la Política Espacial del Paraguay y el Plan Estratégico Institucional.

### **13. CONCLUSIÓN**

La cooperación internacional entre la UNOOSA, JAXA, Kyutech, AEP, como así también con la colaboración interinstitucional son fundamentales para el desarrollo de cualquier proyecto y en especial en aquellos que involucran a varias disciplinas y una alta complejidad como el presente, que prioriza la adquisición de capacidades relacionadas a la tecnología espacial. Esto se refleja en la concentración de habilidades y conocimientos en un ambiente multidisciplinario que consecuentemente redundará en la optimización de los recursos invertidos por el Estado paraguayo en el desarrollo de nuevas ideas de índole científica y tecnológica.

En este contexto, se hace imprescindible la participación y colaboración de instituciones dedicadas al ámbito de la educación e investigación, tales como la Universidad Nacional de Asunción, el CEDIC y otros, de manera que estos conocimientos y capacidades adquiridas en el área espacial puedan ser transferidas a los futuros profesionales y cuya aplicación redundará en beneficios para la sociedad, creando las capacidades y la infraestructura necesarias para desarrollar proyectos con tecnología espacial en Paraguay.





#### 14. REFERENCIAS

1. Nicola Jones. Mini satellites prove their scientific power. Nature News 508, 300–301 (17 April 2014) doi:10.1038/508300a
2. Shiroma, W.A., Martin, L.K., Akagi, J.M. et al. CubeSats: A bright future for nanosatellites. Central European Journal of Engineering (2011) 1: 9. <https://doi.org/10.2478/s13531-011-0007-8>
3. L. Alminde and K. K. Laursen, "A strategic approach to developing space capabilities using Cubesat technology," 2009 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, Istanbul, 2009, pp. 43-47. doi: 10.1109/RAST.2009.5158239
4. Kirk Woellert et. al. Cubesats: Cost-effective science and technology platforms for emerging and developing nations, Advances in Space Research, Volume 47, Issue 4, 2011, Pages 663-684, doi: 10.1016/j.asr.2010.10.009.
5. Werner Balogh, Capacity building in space technology development: A new initiative within the United Nations programme on space applications, Space Policy, Volume 27, Issue 3, 2011, Pages 180-183, doi:10.1016/j.spacepol.2011.04.014.
6. Curso Internacional de Ingeniería Espacial de Kyutec [https://kyutech-cent.net/seic/seic\\_web.html](https://kyutech-cent.net/seic/seic_web.html)
7. Programa Formación de Capacidades en Tecnologías Espaciales de las Naciones Unidas <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/bsti/fellowships.html>
8. Programa de Desarrollo de CUBSATs Educativos de la ESA. [http://www.esa.int/Education/CubeSats\\_and\\_Education\\_the\\_Fly\\_Your\\_Satellite!\\_programm](http://www.esa.int/Education/CubeSats_and_Education_the_Fly_Your_Satellite!_programm)
9. Iniciativa de Lanzamiento de CUBESAT de la NASA. <https://www.nasa.gov/content/about-cubesat-launch-initiative>
10. Base de Datos de Nano-Satelites Lanzados hasta la fecha. <https://www.nanosats.eu/>





## 15. ANEXO

### 15.1. Flyer de la Iniciativa de Lanzamiento de CUBESATs de la NASA

National Aeronautics and Space Administration



## NASA'S CUBESAT LAUNCH INITIATIVE (CSLI)

**CUBESATS** are small research spacecraft called nanosatellites, built to standard dimensions of 10x10x11 cm.

CSLI provides opportunities for small satellite payloads to fly on upcoming launches to NASA Centers, educational & non-profit organizations.

**less than 3 lbs.** CubeSat sizes are in standard 10X10X11 cm units, or U: 1U, 2U, 3U, or 6U, usually weighing less than 3 lbs per U. This is about the weight of a half gallon of milk!



### 9 YEARS

- Proof of Concept 2008
- 1<sup>st</sup> Initiative: 2010
- 9<sup>th</sup> Initiative 2017

**61** CUBESATS LAUNCHED IN 58 MISSIONS

**149** CUBESAT MISSIONS SELECTED

### 93%

of those selected have been offered a launch

**85** UNIQUE ORGANIZATIONS  
**68** UNIVERSITIES

**38** STATES SELECTED TO LAUNCH A CUBESAT

**400** Pre-K – 8 students built the 1<sup>st</sup> CubeSat deployed into space by an elementary school in May 2016.

### PAYLOAD FOCUS AREAS



**63%** Technology Demonstration



**50%** Scientific Research



**57%** Education

[go.nasa.gov/CubeSat\\_initiative](http://go.nasa.gov/CubeSat_initiative)





15.2. Materiales de consulta

- <https://www.nasa.gov/content/about-cubesat-launch-initiative>
- [https://www.esa.int/Education/CubeSats\\_and\\_Education\\_the\\_Fly\\_Your\\_Satellite!\\_programme](https://www.esa.int/Education/CubeSats_and_Education_the_Fly_Your_Satellite!_programme)
- <https://www.xataka.com/n/nanosatelites-la-democratizacion-low-cost-de-la-conquista-espacial>

15.3. Referencias Científicas

- <https://www.nature.com/news/mini-satellites-prove-their-scientific-power-1.15051>
- <http://www.mdpi.com/2075-1702/1/1/1/htm>
- <https://link.springer.com/article/10.2478/s13531-011-0007-8>
- [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-34024-1\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-34024-1_3)
- <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.A33564>

## 16. Redacción y Revisión

### Redacción

- **Cnel (R) Liduvino Vielman Diaz**
- Prof. Mg. Alejandro Román
- PhD. Jorge Kurita
- Abg. Hebe Romero
- Tte. 1° Lilia Gómez
- Ing. MSc. Adolfo Jara
- Ing. Aníbal Mendoza
- Ing. Eladio Ferrer
- Lic. Claudia Jara
- Ing. Karina Loup
- Ing. Blas Vega
- Ing. Romina Duarte
- Ing. Carlos Servín
- Ing. Federico Gaona (GIEM/FP-UNA)



**CNEL LIDUVINO VIELMAN DIAZ**  
**PRESIDENTE DE LA AEP**