

CAPÍTULO SEGUNDO

LOS ÁMBITOS NO TERRESTRES EN LA GUERRA FUTURA: AEROESPACIO

LOS ÁMBITOS NO TERRESTRES EN LA GUERRA FUTURA: AEROESPACIO

POR ALEJANDRO ANÍBAL MORESI

Aproximación a la problemática aeroespacial en la Defensa

«El espacio será un entorno militar crítico y competitivo...
Probablemente se pongan armas en el espacio.»

Comisión Hart-Rudman (1)

Las Fuerzas Armadas argentinas, desde sus épocas más tempranas, han fijado conceptos acerca del «poder aeroespacial» (2) y de lo que constituye el aeroespacio (3).

A lo largo del presente capítulo se presentará en una serie de títulos, los conceptos y acciones que desde el punto de vista de la Defensa, hacen

(1) «Phase I report on the Emerging Global Security Environment for the First Quarter of the 21st Century. The United States Commission on the National Security/21st Century», 15 de septiembre de 1999.

(2) Poder aeroespacial: «Capacidad que tiene un Estado en un momento determinado para actuar a través del aeroespacio hacia el logro de sus objetivos políticos.» Reglamento del Régimen de Servicios 21, *Diccionario de la Fuerza Aérea argentina*, edición 1970.

(3) Aeroespacio: «El espacio aéreo y el exterior mismo. Entidad integrada por el aire y el espacio, como ambiente natural para las operaciones aeroespaciales. No se los considera zonas distintas o separadas, ya que de las operaciones en la baja atmósfera se puede pasar a las del espacio, sin solución de continuidad.» Reglamento del Régimen de Servicios 21, *Diccionario de la Fuerza Aérea argentina*, edición 1970.

al uso y aplicación de estrategias en una porción del aeroespacio, a la que denominamos «espacio exterior» (4), resulta oportuno, con el objetivo general del presente capítulo y congruente con las tareas y misiones asignadas al instrumento militar, desviar levemente la mirada hacia otra área del aeroespacio, hoy subexplotado y que desde el punto de vista estratégico lo consideramos vital en el futuro, tal es el caso de la estratosfera, porción del aeroespacio que a los fines del presente trabajo situaremos entre los 18 y 120 kilómetros de altura.

Conceptual y operativamente, consideramos al aeroespacio como un bloque indivisible, en el cual a través de diferentes instrumentos, cada Estado intenta durante la paz, controlar y supervisar los movimientos que en él se realizan, a la luz del cumplimiento de aquellas palabras de Thomas Jefferson:

«Eterna vigilancia es el precio de la paz.»

Durante los conflictos, el aeroespacio se tornó uno de los ambientes más críticos, ya que por su propia característica de indivisibilidad se hace necesaria la negación de su uso a las fuerzas en oposición, efecto al que llamamos «superioridad aérea»; su obtención depende no sólo de las características de los medios ofensivos y defensivos que poseen las partes en conflictos, sino también en gran medida de la capacidad de saber que sucede en él en cada instante. Esta observación y vigilancia, es la que permitirá que nuestras acciones se materialicen en oportunidad, siempre anticipando cualquier acción del oponente, permitiendo alcanzar la superioridad en el conflicto.

Como observamos, la capacidad de ver grandes áreas con altos niveles de resolución se torna un insumo altamente importante en el ejercicio de la Defensa, donde el espacio exterior, resulta el ambiente adecuado para instalar los sensores propios, otorgando así un panorama óptimo de la situación aeroterrestre, información que puede ser refinada mediante otros medios, asegurando disparar en oportunidad la alerta estratégica.

Análisis estratégico del empleo aeroespacial

La alerta estratégica es al Estado lo que los sentidos son al ser humano. Cuando los sentidos de un individuo se encuentran desarrollados, su percepción de la realidad es óptima y, en consecuencia, le permiten una

(4) A los fines del presente trabajo se considera toda la extensión espacial más allá de los 120 kilómetros espacio exterior de la Tierra.

reacción oportuna y adecuada. En el caso del Estado, sus sentidos están constituidos por un sinnúmero de sistemas (servicio exterior, agencias de inteligencia, agencias de noticias, agencias de estrategia, Fuerzas Armadas, Fuerzas de Seguridad y otros, con elementos como sensores espaciales, sensores electrónicos, Internet, vigilancia tecnológica, etc.) que, de acuerdo con el desarrollo de su capacidad y sensibilidad, determinarán dentro del Sistema de Inteligencia y Estrategia Nacional el tiempo de reacción del Estado a un evento determinado.

A los efectos de encontrar cuáles son las mejores soluciones para un sistema con las características del expuesto, se recurrió a la ayuda de un modelo sistémico defensivo simplificado y su funcionamiento en relación con los esfuerzos que el instrumento militar puede ejecutar a través del aerospacio, con la intención de alcanzar conclusiones acerca del diseño adecuado de los modelos sistémicos contribuyentes y esbozar una idea de los esfuerzos permanentes en tiempos de paz y cuáles serían los esfuerzos intensivos a realizar en periodos de conflicto, figura 1.



Figura 1.— Modelo sistemático defensivo simplificado.

El *tiempo de reacción* constituye el insumo crítico del Servicio de la Alerta Estratégica para el modelo sistémico defensivo. Por ello es que las condiciones de entorno establecidas por una actitud defensiva son consecuencia de una serie de aspectos que determinarán la variación de magnitud del insumo crítico: *tiempo de reacción*.

En el Sistema de Defensa Nacional, el análisis de trabajo sobre el tiempo de reacción es función también de las características de los medios que lo afectan:

- Ambiente operacional.
- Posición relativa de los medios propios.
- Adiestramiento de los recursos humanos.
- Sorpresa tecnológica.

Estos aspectos permiten optimizar o desmejorar el *tiempo de reacción*, factor determinante para la toma de decisiones durante el manejo de crisis. Por otra parte las características de los medios tendrán influencia directa en:

- El soporte a la diplomacia, constituyéndose en un punto de apoyo de las decisiones políticas durante los periodos de crisis y negociación, de aspectos que pudieran afectar la soberanía nacional.
- Las posibilidades reales del agresor para ocupar territorio propio.
- En la decisión política a la hora de establecer una reconstitución territorial convirtiéndose en un factor crucial.

El corolario de este modelo nos dice que la libertad de acción del poder político será una variable con la siguiente tendencia:

«A mayor inversión en medios adecuados (5) menor probabilidad de pérdida territorial, y mejor punto de apoyo en el ejercicio de la soberanía.»

De lo expuesto hasta aquí se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. El tiempo de reacción requiere capacidad de penetración estratégica, que depende nuevamente de la característica de los medios.
2. El aeroespacio pareciera constituirse en el medio más adecuado para perfeccionar los tiempos de reacción y optimizar la alerta estratégica, ya que permite una observación desde el espacio exterior, de la alta

(5) Medios adecuados son aquellos que mejor responden a obtener un óptimo Servicio de Alerta Estratégica que se traduce en mayor tiempo de reacción para todos los sistemas.

y baja atmósfera, más allá de las fronteras, y los medios defensivos aéreos constituyen la opción más rápida y procedente para conjurar cualquier intento de violación de la soberanía.

3. Los modelos sistémicos del instrumento militar, que se observan de aplicación directa para la optimización de la Alerta Estratégica desde el punto de vista aeroespacial son:
 - Modelo sistémico operacional.
 - Modelo Sistémico de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR).
 - Modelo sistémico ciberespacial.

La confluencia de estos modelos se produce en el Sistema de Comando y Control (CyC), con el cual se genera la interfase adecuada para la toma de decisiones.

El Sistema CyC genera productos para la toma de decisiones en todos los niveles. Para el modelo operacional e ISR serán insumo del nivel estratégico operacional y táctico, mientras que los del modelo ciberespacial serán del nivel estratégico nacional y estratégico operacional. Es por ello que los Sistemas de CyC deben ser integrales y a su vez, integrados verticalmente desde los niveles tácticos inferiores hasta los estratégicos nacionales, la figura 2, p. 64, muestra una síntesis gráfica de la integración holística del Sistema CyC.

Como es dable observar de este análisis se concluyen que para el ejercicio de la soberanía en un modelo sistémico defensivo, el control del aeroespacio requiere que tres modelos y un sistema sean empleados. Estos son:

- El modelo operacional, si bien es una herramienta de gran importancia, para el control aeroespacial, no se encuentra dentro de los alcances propuestos en el presente capítulo, ya que su empleo es cuasi particular de la atmósfera baja (hasta 20.000 metros).
- Modelo ciberespacial: este aspecto irrumpe en la problemática de estudio como un nuevo ámbito no terrestre de conflicto, el mismo impone un nuevo medio operacional y características particulares diferentes, tanto en lo que hace a la caracterización de los recursos humanos para combatir en él, como así también en las cuestiones legales, doctrinarias y los recursos materiales, todo ello lo coloca fuera del alcance de nuestro objeto de estudio, no obstante es importante destacar que las operaciones que se ejecutan en el ciberespacio tienen capacidad de afectar directa e indirectamente la capacidad de control del aeroespacial.

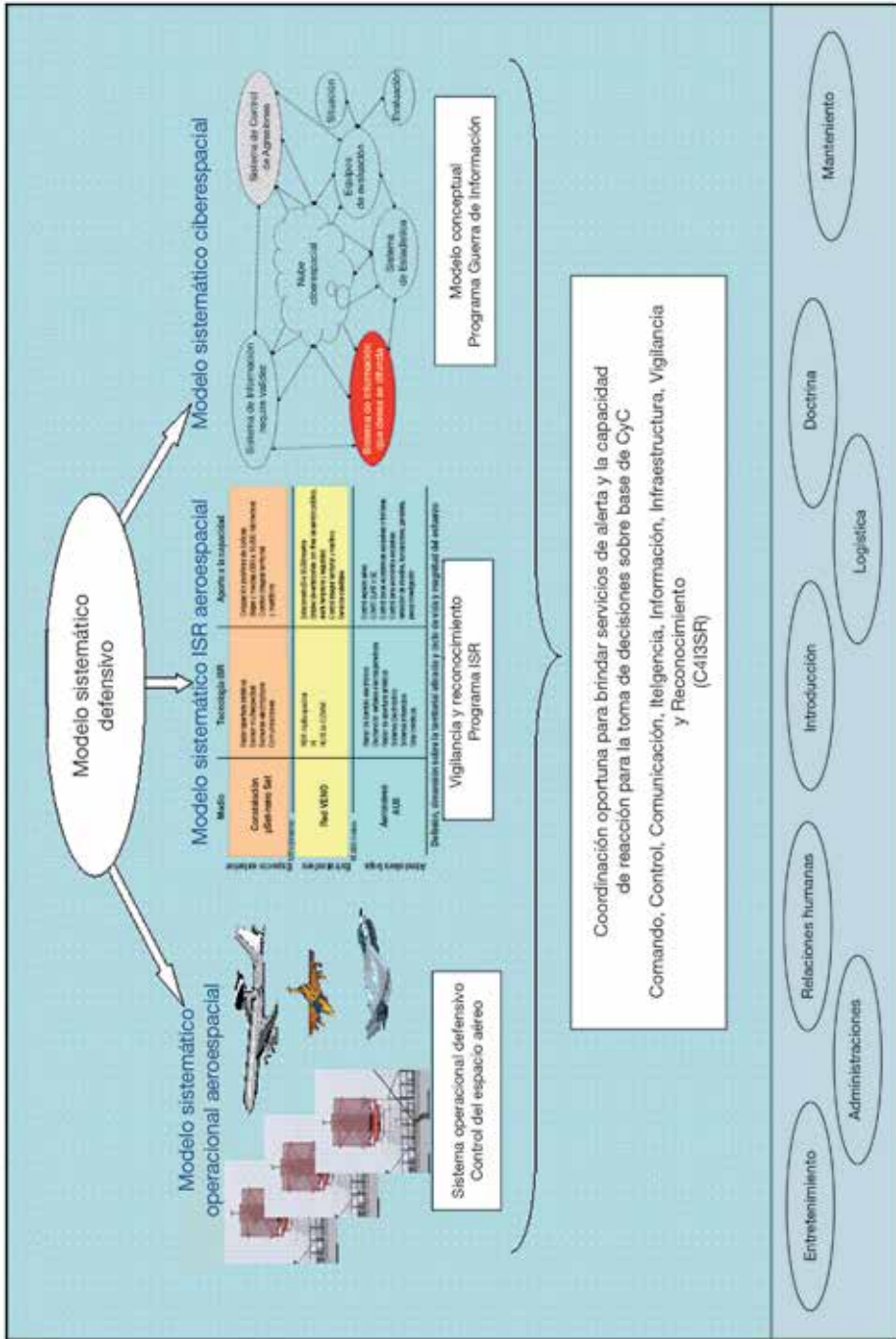


Figura 2.— Modelo sistemático defensivo.

- Sistema CyC: como fuera demostrado en el análisis del modelo defensivo, existen en este sistema diversos dispositivos para control y procesamiento de información que guardan estrecha relación con el empleo de medios en el espacio exterior, que son parte constitutiva de los sistemas espaciales, como es el caso de las estaciones de control y seguimiento de los satélites, así como toda la información proveniente del procesamiento de sensores remotos, hasta que se constituye en inteligencia utilizable desde el punto de vista operacional.
- Modelo ISR: es en este modelo donde identificamos mayormente aspectos relacionados a nuestro objeto de estudio y sobre el cual se centra el alcance de la presente investigación, de su análisis surgirán la mayoría de los temas tratados a lo largo del presente capítulo.

Análisis del modelo ISR

El ISR aeroespacial surge como consecuencia de un análisis del ambiente aeroespacial, las tecnologías para su vigilancia y exploración, las plataformas que pueden soportar esas tecnologías, ajustando sus necesidades en la siguiente capacidad militar específica.

Vigilancia y reconocimiento aeroespacial:

«Producir una adecuada alerta estratégica sobre violaciones a la soberanía nacional o intromisiones externas en toda la extensión del territorio nacional y aguas jurisdiccionales, las 24 horas del día los 365 días del año, permitiendo, una vez emitida la alerta, contar con medios que puedan refinar también la calidad de la información suministrada.»

Del análisis realizado se determinan las siguientes áreas de la atmósfera con plataformas y tecnologías conexas que constituyen la mejor optimización de la relación entre medios, tecnología y Servicio de Alerta Temprana:

- Atmósfera baja: desde el suelo y hasta los 18.000 metros, donde la tarea se llevaría a cabo con aeronaves tripuladas y no tripuladas con tecnología electro óptico infrarrojo láser SIGINT (*Signal Inlligent*), y radares embarcados de tipo SAR (*Survilance and Recue*)-ISAR (*Intelligence Survilance and Recue*) y de barrido electrónico.
- Atmósfera alta: desde los 18.000 metros hasta los 120 kilómetros tecnología de Vehículos Estratosféricos No Orbitales (VENO) con tecnología del centro de distribución de comunicación y también radares multiespectrales.

- Espacio exterior: superior a los 120 kilómetros, y los medios se basarían en vehículos espaciales (*microSat-nanoSat*) con tecnología multiespectral, apertura sintética, electro óptica, comunicaciones y de posicionamiento, cuadro 1.

El empleo del aeroespacio constituye la opción de obtención de alerta temprana más adecuada, cuando existe por parte de los Estados una actitud estratégica defensiva

¿POR QUÉ INCLUIR LA ESTRATOSFERA EN EL ANÁLISIS DEL ESPACIO?

A medida que fuimos profundizando en el estudio del modelo ISR notamos que, si bien el *espacio exterior* constituye un área aeroespacial de

Cuadro 1.— *Medios, tecnología ISR y aporte a las capacidades.*

Medio		Tecnologías ISR	Aporte a la capacidad
Espacio exterior	Costelación μSat-nano Sat	Radar apertura sintética Sensor multiespectral Sensores electroópticos Comunicaciones	Ocupación positivas de órbitas Bajas y medias (300 a 10.000 kilómetros) Control integral territorial y marítimo
	120 kilómetros		
Estratofera	Red VENO	RDR multiespacial IR Hub de COMM	Estacionario 25 a 30.000 metros Empleo de estratofera con fines de servicios público, alerta temprana y seguridad Control integral territorial y marítimo Servicios satelital
	18.000 metros		
Atmósfera baja	Aeronaves AUS	Radar de barrido electrónico Detección señales efectos magnéticos Radar de apertura sintética Sistemas electroópticos Sistemas infrarrojos Sistemas LIDAR Gravimétricos	Control espacio aéreo COMINT ELINT y GE Control zona económica exclusiva Control zona económica exclusiva Detección de incendios, inundaciones, ganadería, pesca e investigación

gran valor desde las posiciones geoestacionarias a las orbitas bajas, en razón de que permite colocar sensores que abarcan grandes superficies y en determinados casos con una adecuada resolución, cuestión esencial en el ejercicio de la alerta estratégica, no debe dejar de considerarse que éste es libre; en tal sentido, las acciones que en él se realizan son producto de una serie de acuerdos y convenciones, que en muchos casos superan las expectativas que algunos Estados pueden comprender respecto del concepto de soberanía nacional.

Otro aspecto a considerar con referencia al empleo del espacio, es el avance en su ocupación con vehículos espaciales para diferentes empleos, situación que por ejemplo, ha convertido las órbitas geoestacionarias en un recurso no renovable (las tienes y las usas o las pierdes para siempre), mientras que en casos de las órbitas heliocéntricas, bajas y medias, la circulación es libre bajo ciertas coordinaciones.

Hoy la situación es que mas de 6.000 vehículos orbitan la Tierra bajo acuerdos y coordinaciones –según lo establecido por Organización de Naciones Unidas (ONU)–, cuestión que es respetada por la comunidad internacional, no obstante puede advertirse que este marco se encuentra actualmente en crisis, por hechos concretos sucedidos recientemente, cual es el caso de choque de satélites. Esta situación junto a otras, ha producido que comience a divulgarse en la literatura militar de Estados Unidos, alguna argumentación legal para la militarización de diferentes aspectos espaciales, ello implicaría que las posibilidades de acceso, serán más restringidas, estimamos que este proceso se demandará aproximadamente una década de maduración (6).

La postura respecto a la necesidad de control del espacio, supone una cuestión que de suyo resulta lógica, por lo que avanzar en la conformación de normativas legales contribuyentes al ordenamiento del espacio exterior, a todas luces es el camino adecuado. Ahora bien la pregunta es: ¿quiénes son los invitados al banquete de las decisiones?

En principio, la respuesta es simple ya que la mayoría de los países del orbe son de una u otra manera usuarios de servicios espaciales y la ONU resulta el ámbito natural de tratamiento acerca de lo cual podemos concluir que existe un consenso general.

(6) BARRY, John L. mayor general (SEL) (USAF) y HERRIGES Darell coronel (USAF): concepto extraído de: «Integración del espacio, no la separación», *Air & Space Power Journal-Español*, cuarto trimestre de 2000.

En analogía con los conflictos armados (aspecto cuyo ámbito de tratamiento natural es la ONU), el órgano de tratamiento específico es el Consejo de Seguridad, una suerte de «carpa chica», en el tratamiento de este tipo de temas. ¿Quiénes compondrían entonces la «carpa chica» de la cuestión espacial?

La respuesta a los interrogantes del análisis es que si bien todos somos usuarios y tenemos dispositivos en el espacio, sólo un puñado son los que realmente tienen capacidad de acceder al espacio, y de alguna manera todos los usuarios de servicios espaciales dependemos de las naciones o consorcios que han adquirido esta capacidad, de allí entonces es que podemos arriesgar que en función de la analogía planteada, el Consejo del Espacio Exterior quedaría definido alrededor de los países que poseen esta capacidad.

Ello resulta congruente con la necesidad de la República Argentina, en particular y de la subregión en general de alcanzar la capacidad autónoma de acceso al espacio; es por ello que a lo largo del presente capítulo se desarrollará un título referido a los esfuerzos que se han realizado y los que se desarrollan en este sentido.

Ahora bien, los esfuerzos de acceso al espacio ¿Resuelven el problema de fondo, acerca de la soberanía en el ejercicio de los diferentes servicios espaciales?, la respuesta es *no*: y la primera razón a considerar es que probablemente pueda no alcanzarse el objetivo de acceder al espacio en la oportunidad deseada para suscribir a la mentada «carpa chica» de la toma de decisiones sobre el empleo del espacio exterior. Una segunda cuestión es, ¿existirá la disposición para afrontar los costos y esfuerzos que implica el mantener la presencia en el espacio a través de lanzamientos y constelaciones de satélites y otros esfuerzos propios de la presencia espacial? Y por último, un tercer aspecto a considerar es el relativo a la alta densidad de satélites existentes hoy en el espacio exterior (más de 6.000 dispositivos) debido al creciente incremento, por lo que es posible que las órbitas heliocéntricas bajas y medias, también comiencen a constituirse en un recurso escaso o muy difícil de adquirir, sin considerar los aspectos que llevan implícitos su protección y supervivencia en el medio.

Finalmente cualquiera sea la razón por la cual se produzca un *no* a la opción de empleo de espacio exterior con fines de la seguridad y servicio público, no será un arbitrio exclusivo de las decisiones soberanas de un país sino que surgirán de los acuerdos alcanzados internacionales.

En tal sentido, la estrategia natural indica la necesidad de buscar alternativas adecuadas que permitan consolidar estos servicios esenciales al Estado. Del análisis realizado sobre el modelo ISR presentado, surge que existe una porción del aeroespacio, en la cual se mantiene las condiciones de soberanía nacional, pero cuyo empleo es magro, ella se encuentra entre las 20.000 metros y los 120 kilómetros, esta área se denomina estratosfera.

A partir de lo expuesto y observando el estado del arte alcanzado y los conocimientos desarrollados, es posible formular un requerimiento operacional para una aeronave estratosférica, con capacidad de permanecer entre tres y seis meses en posición, sin generar polución atmosférica, con una carga paga superior a los 100 kilogramos denominamos a estos dispositivos VENO, y la idea es mantenerlos en posiciones estacionarias alrededor de los 25.000 a 30.000 metros conformando una red sobre grandes superficies, permitiendo que se brinde servicios similares a los que dan los satélites, pero de manera estable y en una posición con capacidad de ser recuperados y reposicionados en forma periódica.

Por todo lo expuesto es que al tratar los temas relacionados con el espacio exterior, de alguna manera nos lleva a incluir los aspectos relacionados con la estratosfera.

Acerca de la historia espacial argentina

«El primer cohete argentino que se acercó a los límites del espacio exterior fue lanzado en el año 1961, desde entonces la problemática del acceso al espacio en la Argentina no ha sido resuelta y su evolución ha sido azarosa con periodos de muy distintas características» (7).

Marco del análisis

Trayectoria en el campo aeroespacial de la República Argentina en el contexto interno y externo al Ministerio de Defensa.

(7) BRITO, Héctor, ingeniero; TORRESAN, Gustavo J. y GARAY, Roberto J.: *Acceso al espacio en Argentina, 45 años sin entrar en órbita*, Congreso Argentino de Tecnología Espacial de 2005, Buenos Aires, mayo de 2009.

Antecedentes de la actividad aeroespacial en el mundo

Como consecuencia del espíritu investigador del hombre, el conocimiento del espacio que nos rodea y su exploración es uno de los avances más importantes del siglo XX.

La exploración del espacio puede ser definida como la investigación, por medio de vehículos espaciales, de todos los ámbitos del universo incluyendo la atmósfera terrestre.

Los vehículos espaciales, incluyen cohetes, satélites terrestres, lunares, planetarios, sondas a la atmósfera terrestre y al espacio profundo.

Existen varios antecedentes desde tiempos de la antigüedad, pero a los efectos de sintetizar es posible citar a Luciano de Samosata (125 d. C.) y Plutarco (120 d. C.) en lo referente a la extrapolación del hombre al espacio exterior.

Konstantin Ziolkowsky (1857-1939) publicó 35 libros sobre tratados teóricos de aeronaves y es considerado el padre de la astronáutica rusa. Constructor del primer túnel de viento escribe el fundamento matemático del vuelo espacial interplanetario, impulsado por acción y reacción basándose en propulsantes químicos en el año 1903.

Hacia el año 1903 se registra un antecedente importante por parte del ingeniero Alfred Maul (1870-1943) para el ejército del Kaiser al generar el primer sistema de observación del campo de combate. Logró elevarse a 800 metros y obtener imágenes de los alrededores de la ciudad de Dresde.

Durante el desarrollo de la Primera Guerra Mundial (1914-1918) se utilizaron no obstante métodos menos tecnológicos, como ser aves especialmente entrenadas para la obtención de información militar, aunque no se descartaron globos aerostáticos cautivos cuyo antecedente se remonta a la guerra civil norteamericana (1861-1865).

En el ámbito estricto de la República Argentina, el antecedente se ubica en la guerra del Paraguay (1864-1870), donde también las tropas argentinas utilizaron experimentalmente globos para poder conocer el dispositivo enemigo y la mejor forma de poder vulnerarlo.

Hacia principios del siglo XX se producen los más importantes desarrollos teóricos y prácticos.

Se destaca en este aspecto la figura del ingeniero peruano Pedro Paulet Mostajo (1874-1945) propulsor y pionero de la astronáutica moderna.

En Alemania el profesor Hermann Oberth y un grupo de alumnos se ubican en la Plaza de los Cohetes (*Raketenflugplatz Berlin*) en el año 1922, entre quienes estaba el entonces joven doctor Wernher von Braun, quien cobrara relevancia internacional después de terminada la Segunda Guerra Mundial (1939-1945).

Otros desarrollos de origen alemán fueron menos conocidos, pero de innegable valor, como ser los realizados por el ingeniero Eugen Sänger (1905-1964), reconocido hoy en el ámbito tecnológico espacial por su contribución a los medios de propulsión en particular el área de estato-reactores (*ramjet*).

La posibilidad de propulsión por medio de cohetes tuvo muchas versiones. Algunas muy *intrépidas* que incluyeron motocicletas y automóviles.

La República Argentina no estuvo exento de estas iniciativas como lo demuestra el desarrollo realizado en el Instituto Aerotécnico (INSTITUTEC) en el año 1954, que no pasó de ser un prototipo.

Los primeros pasos en la actividad espacial, con fines bélicos, los dio Alemania durante la Segunda Guerra Mundial con el desarrollo de las bombas voladoras V-1 y V-2. Este periodo puede considerarse como el prólogo a la astronáutica moderna.

La actividad espacial, de manera continua, se inició el 4 de octubre de 1957 cuando la Unión Soviética lanzó el primer satélite artificial del mundo, el *Sputnik I*, que marcó inicio de la mencionada *carrera espacial* entre la Unión Soviética y Estados Unidos de América.

Como dato histórico se puede mencionar que existe una postura legal presentada por Argentina ante el foro de Naciones Unidas que establece que la Luna es patrimonio de la humanidad (doctor Aldo Cocca), la cual no parece haber sido tenida en cuenta al momento histórico de descender sobre la superficie lunar.

En dos décadas de los años 1957 a 1977, Estados Unidos gastaron 90.000 millones de dólares en programas espaciales civiles y militares, en los que participaron más de 500.000 personas de manera directa.

Las estimaciones de gasto del lado de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) se mencionan como de alcances similares,

aunque diversas fuentes aprecian que los valores superaron varias veces los presupuestos mencionados para el caso de Estados Unidos.

Una Europa tecnológicamente federalizada ha logrado su mejor producto; la familia de vectores de lanzamiento *Ariane* no sin antes pasar por frustraciones, las que supieron superar a partir del malogrado lanzador *Europa*.

Este fracaso originó la creación de la actual Agencia Europea del Espacio (ESA), instalándose la principal base de lanzamiento en la Guayana Francesa (Kourou).

Europa, que no quería quedar postergada en esta carrera espacial, había comprometido un presupuesto de 38.000 millones de dólares a gastar entre los años 1987 y 2000 (un cuarto de lo disponible en la Administración Nacional del Espacio y la Aeronáutica (NASA), pero el doble de lo que había previsto invertir Japón).

La NASA existe porque las investigaciones que realiza son de tan alto riesgo, que ninguna empresa privada las podría efectuar, por ejemplo ninguna arriesgaría los 2.000 millones de dólares norteamericanos siete veces por año, que son los necesarios para cada lanzamiento del actualmente desprogramado *Space Shuttle*.

Frente a estos presupuestos los países en vías de desarrollo poco podrían hacer para mantenerse a la altura de los desarrollados. Por ejemplo Brasil en los 20 años que transcurrieron entre los años 1970 y 1990 había dispuesto de 1.000 millones de dólares para avanzar en el campo espacial.

En la actualidad sólo cinco países mantienen de manera permanente capacidad total (abarcando todos los tipos de órbitas), es decir, órbitas bajas, medias y geosincrónicas para enviar vehículos al espacio exterior: Estados Unidos, Rusia, Francia, China y Japón.

Varios países ingresaron al exclusivo club de los poseedores de vectores capaces de poner un satélite en órbita, luego de Estados Unidos y la antigua URSS: Francia en 1965; Japón y China en 1970; Reino Unido en 1971; la India en 1981 e Israel en 1988.

Con respecto a la República Argentina, se observan los magros presupuestos asignados a la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, dato que nos permite afirmar que en esas dos décadas Argentina fue líder en América Latina en esta compleja actividad.

Para fines de la década de los años noventa se habían incorporado a la exploración del espacio colocando satélites propios en órbita: Italia, España, Alemania, Brasil, Argentina, India, Indonesia, México y Australia, contratando vectores de Estados Unidos, Francia o Rusia, a la vez que desarrollaban satélites para una amplia gama de necesidades, entre ellas las de comunicaciones domésticas, augurando que al inicio del siglo XXI exista una importante difusión de sistemas satelitales nacionales (a veces denominados «de bandera»).

Más allá de la colocación de diferentes satélites existen países que pueden alcanzar solamente algunos tipos de órbitas, especialmente las denominadas órbitas bajas.

Como máxima expresión de la tecnología aplicada al espacio exterior en la década de los años noventa, Estados Unidos y Rusia construyeron estaciones orbitales permanentes e iniciaron la exploración de Marte, con el envío de vehículos no tripulados al planeta rojo y otros cuerpos celestes.

La Estación Espacial Internacional (ISS), es el punto culminante de cooperación entre los países líderes y sus agencias espaciales, especialmente de cara a los costos. La ISS se encuentra compuesta por módulos, que requerirán más de 90 lanzamientos para completar su configuración final.

Antecedentes de la actividad aeroespacial en la República Argentina

La actividad espacial, fue iniciada por la República Argentina a partir de finales de la década de los años cuarenta y principios de los años cincuenta, cuando comenzaron actividades relacionadas con la cohetaría experimental y la generación de armamento propulsado también con motores-cohete.

Los antecedentes de mejor soporte histórico se remontan a la publicación *Volanzan* (1932), realizada por un grupo minúsculo de entusiastas. Entre los años 1947 y 1948 el ingeniero Teófilo Tabanera comienza a organizar la Sociedad Argentina Interplanetaria (SAI).

También dentro de ése marco temporal se desarrolla un motor cohete de combustible líquido, el AN-1 para impulsar un aeromóvil, llamado *Tábano*, que sería lanzado desde un avión.

Tenía un empuje de 320 kilogramos con un tiempo de combustión de 40 segundos. Su propelente era ácido nítrico y anilina. Se construyó un banco de pruebas para su ensayo y se realizaron varias pruebas de funcionamiento. Para un lanzamiento desde 5.000 metros de altura el alcance previsto era de 10 kilómetros de vuelo horizontal y 50 kilómetros de planeo. Fue construido por el Instituto de Investigaciones Científicas de las Fuerzas Armadas bajo la dirección y proyecto del ingeniero Ricardo Dyrgalla.

En el año 1951 se comienza el desarrollo de la bomba teleguiada PAT-1 sobre la base del desarrollo de *Henschel* en Alemania por parte de la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM).

En el año 1957 se crea una nueva organización el Instituto de Experimentaciones Astronáuticas (IDEA), conformada por un grupo de jóvenes que se separan de la SAI. Generaron cohetes «antigranizo» de pólvora negra. Estos volaban unos 800 metros de altura, «los chicos», y casi 1.700 metros «los grandes», portando ioduro de plata.

Se logra el vector experimental, el *Martín Fierro* de dos etapas siendo de esta forma el primer lanzamiento en Argentina de un cohete con finalidad experimental.

El 2 de agosto de 1963 nacería el Instituto Civil de Tecnología Espacial (ICTE), una agrupación inicial de nueve jóvenes que no llegaban a los 20 años. Con el tiempo creció a 32 miembros activos y 120 alumnos adherentes. La primera etapa fueron seis años de intenso trabajo, casi *full time* y 72 lanzamientos experimentales. Su Programa Felino constaba de cinco modelos: *Gato Negro A-1*, modelo de educación; *Tigre A-2*, anti-granizo; *Jaguar A-3*, móvil de entrenamiento de una etapa; *Leopardo A-4* de dos etapas y el *Pantera A-5*, sonda para los 80 kilómetros.

En el año 1971 el ICTE construye y lanza el vector *Pantera V-150*, un cohete de 110 kilogramos de peso que transportó, como carga útil a la mona *Cleopatra*. Desde los años 1970 a 1972 se realizó la creación de los «Clubes 2001 Cadetes del Espacio», a través de la *Revista 2001* (80.000 ejemplares de venta) que permitió la fundación en Argentina de la cohetería modelo o «astromodelismo». Uno de los hechos importantes fue el primer campeonato nacional en la base aérea de Morón.

A partir del año 1972 en adelante las entidades de cohetería experimental son encomiadas por el Gobierno Nacional a finalizar toda su actividad.

En la actualidad la actividad de entidades de experimentación en coherencia continúa con el permanente aporte de muchos técnicos y profesionales, pero fundamentalmente con el entusiasmo imparable de quienes vierten en esta actividad su más importante esfuerzo.

El primer paso oficial data del 11 de diciembre de 1958, fecha en la cual por decreto del poder Ejecutivo Nacional se crea la Escuela de Astronáutica, con dependencia de la Secretaría de Estado de Aeronáutica.

La Escuela nunca se concretó, no tuvo vida activa y quedó en papeles, como tantos otros proyectos. La actividad en el espacio se inició en el INSTITEC, en el cual a partir del año 1959 comienzan trabajos para desarrollar un cohete con propulsante sólido.

El INSTITEC pasó también a cubrir un importante papel en el diseño y desarrollos de aeronaves que luego realizaba la Fábrica Militar de Aviones (FMA) o la industria privada. Desarrolló e integró numerosos proyectos, que variaron en designación, utilizándose la nomenclatura «I.Ae.» y más tarde «I.A.» o «IA». A partir del año 1961 pasa a denominarse Instituto de Investigación Aeronáutica y Espacial (IIAE).

A mediados del año 1961 se propuso y fue aprobado por el poder Ejecutivo el Plan Nacional de Investigaciones Espaciales, que establece las líneas generales de acción inmediata y que para fines del año 1964 ya se habían determinado las bases, proyecciones y alcances de la política aeroespacial argentina. En el anexo del Plan, leemos al final del mismo, que está previsto «... llegar, incluso, a contemplar la posibilidad de lanzar un satélite artificial argentino», posibilidad que se cumplió en la década de los años noventa de manera parcial, al no disponer Argentina de medios propios para lanzamiento de satélites, pero sí la tecnología para su construcción; en realidad, se disponía de la tecnología para construir ambos: el satélite y su lanzador.

La consecuencia es que estos Estados se ven obligados a empeñar importantes esfuerzos científicos y económicos para encontrar mínimas respuestas a sus propias necesidades de participación en la actividad espacial.

Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE)

La creación de la CNIE en el ámbito de la Fuerza Aérea argentina se materializó por medio del Decreto 1.164 del 28 enero 1960, con la misión

de fomentar y promover las ciencias básicas, aplicadas y espaciales, desarrollando tecnología de acuerdo con objetivos relacionados con la actividad espacial.

Para cumplir con sus funciones, la CNIE basó su estructura original en un consejo científico compuesto de varios comités especializados en las distintas disciplinas vinculadas al quehacer espacial. En estos comités estaban representados todos los organismos del país que se dedicaban al tema, concertando entre todos la actividad a nivel nacional de ese momento. La CNIE se convirtió así en el vehículo mediante el cual los organismos ejecutores intervienen en el planeamiento y en la vía natural para lograr la cooperación internacional.

Inicialmente contaba con 20 miembros propuestos por las Universidades Nacionales de: La Plata, Buenos Aires y Córdoba; el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, la Comisión Nacional de Energía Atómica, el Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales, el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas, el Servicio Meteorológico Nacional y otros organismos de investigación del país.

El primer presidente de la CNIE fue el ingeniero Teófilo Tabanera y el concepto básico de su organización interna y que orientó prácticamente todas sus actividades en el inicio de sus funciones, fue que su misión principal no era la ejecución directa de investigaciones científicas y desarrollos tecnológicos, sino la de promocionar y coordinar los estudios, experimentos y realizaciones en las ciencias y tecnología espacial que se llevan a cabo en el orden nacional.

Para cumplir con esta disposición, a comienzos del año 1963, el INS-TITEC cambió su denominación por la de IIAE, modificando su organización para poder desarrollar programas más ambiciosos en materia aeroespacial

Desde entonces la CNIE desarrolló una variada actividad, que abarcaba todos los aspectos previstos en el Plan Nacional de Investigaciones Espaciales.

La CNIE concertó acuerdos con diversas universidades nacionales y organismos de investigación del país, con el fin de iniciar o acelerar la realización de trabajos, estudios, experimentos y desarrollos relacionados con cohetes-sonda de corto alcance y con investigaciones científicas en diversos campos de la actividad espacial.

También convocó a diversos investigadores para la formación de planteles técnicos, en disciplinas tan diversas como radiación cósmica, fenómenos ionosféricas y propulsores para cohetes, fomentando los estudios e investigaciones en institutos y universidades en el interior del país.

Relación con la comunidad científica

La actividad internacional era intensa en el primer año de la CNIE, por ejemplo se convino con el Smithsonian Institute (Estados Unidos) un acuerdo de cooperación para la observación óptica de satélites artificiales por medio de una cámara Baker-Nun, suministrada por el citado Instituto que se encontraba instalada y en servicio en el Observatorio Astronómico en Alta Gracia (Provincia de Córdoba), la realización del «Simposio Interamericano de Investigaciones Espaciales» (diciembre de 1960) al que asistieron medio centenar de científicos de varios países y el Convenio de Cooperación con la NASA, ya vigente en ese año 1961 el que contemplaba fundamentalmente los siguientes aspectos:

- Intercambio de científicos.
- Intercambio de información técnica.
- Provisión, por parte de NASA, de cargas útiles con instrumentos para cohetes sonda.
- Obtención de equipos especiales.
- Asesoramiento técnico especializado.

La CNIE, a través de convenios con organismos nacionales e internacionales, realizó las primeras experiencias científicas de estudios atmosféricos en el Hemisferio Sur, mediante el lanzamiento de cohetes y globos estratosféricos.

Entre las experiencias científicas mencionadas cabe señalar la de medición de vientos y determinación de la dinámica de la atmósfera neutra, aplicando la técnica de las nubes alcalinas (experiencia nube de sodio) entre los 90 y 150 kilómetros de altitud.

En total se efectuaron entre los años 1962-1964, 10 lanzamientos con cohetes que alcanzaron altitudes cercanas a los 200 kilómetros. Los estudios fueron realizados fundamentalmente por la Universidad Nacional de Buenos Aires con la colaboración de la Universidad Nacional de Tucumán.

Paralelamente se realizaba el estudio de rayos X galácticos y del Sol y de partículas de alta energía, originadas por la radiación cósmica, utilizando

globos estratosféricos de gran capacidad. En esta actividad participaron, entre los años 1970-1971, las siguientes entidades:

- Grupo Aeronomía del Departamento Aeronáutico de la Universidad Nacional de La Plata.
- Laboratorio de Radiación Cósmica del Instituto de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Tucumán.
- Instituto de Astronomía y Física del Espacio.
- Servicio Meteorológico Nacional.

La CNIE fue un organismo fuertemente comprometido con la promoción de investigaciones científicas, tanto en ciencia básica como aplicada, patrocinando desde sus inicios el desarrollo satelital argentino, alcanzando su desarrollo y expansión más importante a fines de los años setenta.

En esa época se desarrolló en la CNIE una nueva filosofía: además de ser un organismo de planificación, coordinación y asesoramiento, se crearon centros y grupos de trabajos propios con un fuerte componente de capacitación y formación de recursos humanos. Es así como surgieron los siguientes Centros:

- Centro Espacial «San Miguel», fundado el 12 de diciembre de 1977, sobre la base del Observatorio de Física Cósmica, de la Compañía de Jesús.
- Centro de Sensores Remotos, con una subsede en Mar Chiquita, donde estaba ubicada la estación receptora del Landsat; un Subcentro de Procesamiento en avenida Dorrego (Capital Federal) y el Centro de Aplicaciones en Vicente López.
- Centro de Investigación y Desarrollo Espacial Mendoza (CIDEM).
- El Observatorio Nacional de La Rioja (ONALAR).
- Complejo de lanzamientos en la base Marambio, en donde se instalaron rampas de lanzamiento, radar y otros equipos, para realizar de manera regular ensayos científicos con cohetes.

Centro Espacial «San Miguel»

El Centro Espacial «San Miguel» integró al Observatorio de Física Cósmica, funcionando en ese predio, desarrollando un amplio espectro de actividades dividido en programas, varios de los cuales eran llevados adelante por distintos departamentos: modificación artificial del clima (Programa Nacional de Lucha Antigranizo), energía no convencional, física solar, Exametnet, investigaciones ionosféricas, plataformas de recolección.



Figura 3.— Centro Espacial «San Miguel».

de datos ambientales, aplicaciones satelitales, geología económica, matemática aplicada etc., figura 3.

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ESPACIALES

Llevó adelante actividades vinculadas con proyectos espaciales siendo los más importantes el desarrollo de las arquitecturas del futuro satélite doméstico de comunicaciones (*Domsat*), antecedente del Nahuel IA, puesto en órbita en el año 1997 y del satélite de aplicaciones científicas (SAC-1).

El proyecto Sistema Satelital Nacional para Argentina, tenía como objetivo principal disponer de un satélite para aplicaciones científicas (SAC I) y recibió la aprobación oficial, mediante la resolución conjunta número 281 de fecha 31 de enero de 1985 de los Ministerios de Defensa y Educación y Justicia. La Comisión que tenía a su cargo la dirección de los trabajos, fue presidida por el titular de la CNIE y contó con el apoyo del Ministerio de Defensa, de Educación y de Justicia, del IIAE, y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Universidad de Buenos Aires a través del Instituto de Astronomía y Física del Espacio.



Figura 4.— Aerogenerador tipo Darrieus de eje vertical 20 kilogramos/voltios/amperios.

El proyecto incluyó diferentes áreas: ingeniería del sistema, segmento espacial, segmento terrestre, aspectos operacionales y lanzamiento; la misión científica estaba relacionada con la investigación de las fulguraciones solares. En noviembre de 1988 se firmó un Memorando de Entendimiento entre la NASA y CNIE relacionado con el desarrollo del SAC I. Finalmente el satélite no fue lanzado pero su desarrollo sirvió como precursor de la serie de satélites argentinos SAC (A, B, C y D), desarrollados por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), estando actualmente en órbita los satélites SAC-C lanzado en el año 2000 y SAC-D en junio de 2011.

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA NO CONVENCIONAL

Trabajó en el desarrollo de dos grupos principales: energía solar y energía eólica. Con tal fin se realizó la instalación de la red solarimétrica, programa patrocinado por la Organización de Estados Americanos, y, en cuanto a la energía eólica, en nuestro país llegaron a construir los

primeros generadores de baja potencia capaces de suministrar energía eléctrica (15 a 20 kilovatios) a poblaciones rurales, figura 4.

El estudio de las anomalías geológicas bajo la superficie terrestre (prospección de la minería) para relevar la presencia de napas de agua y minerales (sulfuros) mediante métodos tales como medición de la resistividad aparente con instrumental fabricado en el país, como así también la medición del campo eléctrico y magnético, figuras 5 y 6.

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA ECONÓMICA

Se orientó al estudio de los yacimientos de boratos para facilitar su mejor aprovechamiento, ampliar las reservas comprobadas y orientar la prospección y exploración de nuevas arenas.

El Centro Espacial «San Miguel» también alojó al Instituto de Geoquímica, quien con el apoyo del CONICET y en colaboración con organismos nacionales y provinciales, dedica sus actividades a la investigación centrada en la detección, evaluación y remediación de problemas de contaminación natural de aguas subterráneas, tema ambiental de fuerte impacto en la población rural de nuestro país.



Figura 5. — Módulo red solarimétrica.



Figura 6. — Aerogenerador eje horizontal.



Figura 7.— Estación móvil de rastreo.

PROGRAMA EXAMETNET

Tuvo como finalidad la implementación de una red de bases de lanzamiento de cohetes sonda meteorológicos para obtener información científica para estudiar la región comprendida entre los 20 y 65 kilómetros de altitud.

En nuestro país las bases de lanzamiento fueron el Centro de Experimentación y Lanzamiento de Proyectiles Autopropulsados (CELPA) en Chamental (La Rioja), el CELPA Atlántico, en Mar Chiquita (Buenos Aires) y en el continente antártico la base aérea Marambio (Antártida Argentina) con lo que nuestro país integraba una red internacional para suministrar y compartir datos, figura 7.

PROGRAMA EOLO

La experiencia con globos permitió realizar observaciones durante periodos variables de tiempo con balones de grandes dimensiones, para manejar, recuperar y reutilizar cargas útiles de hasta 1.000 kilogramos destinadas a medir la intensidad y energía de la radiación electromag-

nética emitidas por nuevas fuentes de energía, campañas que realizó la CNIE en conjunto con otros organismos extranjeros de investigación durante los años setenta.

En marzo de 1979, continuando con la experiencia galaxia, se realizó una campaña de lanzamiento de tres grandes balones portando instrumental para medición neutrónica e infrarroja. Dentro del equipamiento destinado a estos fines se disponía de una aeronave equipada para el seguimiento del vuelo y recuperación de las cargas útiles.

PROGRAMA DE FÍSICA SOLAR

Centró sus investigaciones sobre el Sol y la actividad solar, los mecanismos de activación de fulguraciones y la aparición de las manchas solares para obtener información periódica de estos eventos, además del desarrollo de instrumental en técnicas de observación solar. Dentro de las actividades de rutina, los datos obtenidos en «San Miguel» son distribuidos en los centros de compilación y análisis ubicados en Estados Unidos, Europa, Rusia, entre otros.

PROGRAMA DE LUCHA ANTIGRANIZO

Dentro de la aplicación de las tecnologías relacionadas con el espacio la CNIE implementó medidas tendientes a reducir sustancialmente las pérdidas ocasionadas a la economía nacional por esa causa.

El Programa se basó en el estudio del granizo, de nubes convectivas y de tormentas, realizando campañas para detectar las nubes graniceras y proceder a su destrucción mediante cohetes cargados con yoduro de plata y plomo conducidos desde una central de radar para proteger la región vitivinícola de Mendoza.

La observación del comportamiento de las nubes se efectuó con radares FPS-18 y DECCA, la construcción y puesta a punto de los cohetes CLAG I y CLAG II, integración de la red de observaciones, pronóstico y comunicaciones y las coordinaciones para la optimización de todo el proceso, figura 8, p 84.

En esta actividad participaron conjuntamente con la CNIE, el IIAE (en la fabricación de cohetes para la siembra del material glaciógeno), la Universidad Nacional de Córdoba, el gobierno de la provincia de Mendoza y la industria privada.

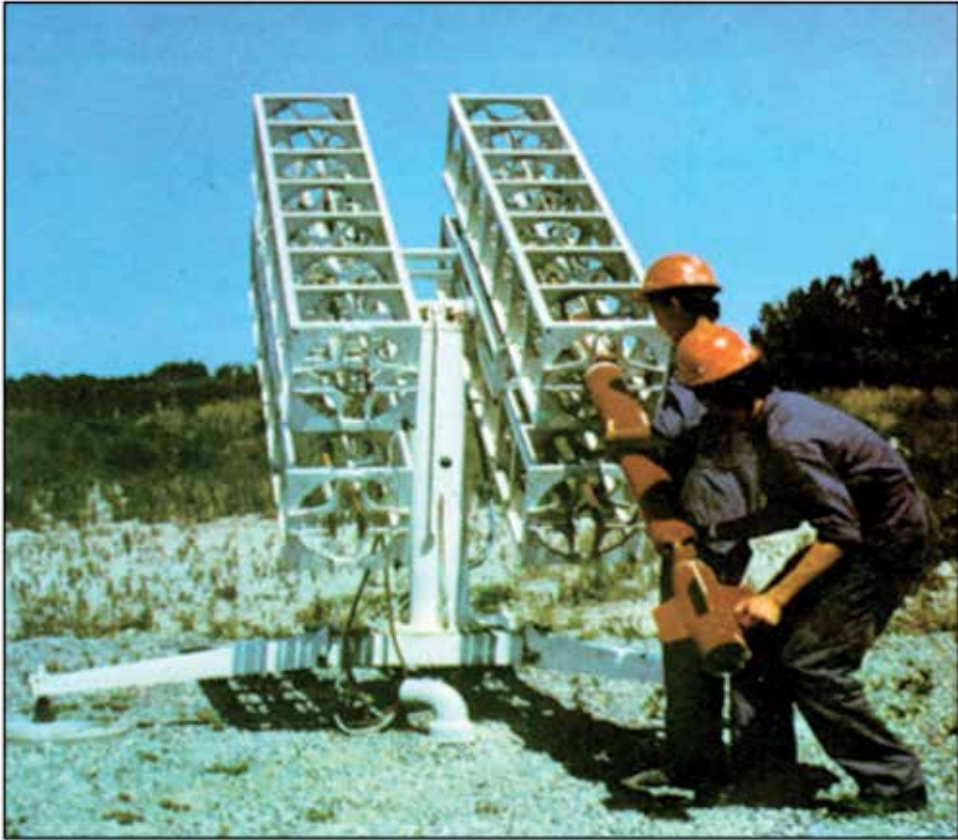


Figura 8.— *Plataforma de lanzamiento CLAG I y II.*

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

Se desarrollaron en el Centro Espacial «San Miguel» diversos programas de capacitación y cursos de posgrado en temas vinculados con la actividad espacial:

- Tecnología aeroespacial (maestría en convenio con la Universidad Tecnológica Nacional).
- Teledetección.
- Plataformas Colectoras de Datos Satelitales.

Centro de Sensores Remotos (CSR)

El CSR de la CNIE tuvo como misión recibir, procesar, analizar y poner a disposición de especialistas y usuarios en general las imágenes

de los satélites de observación de la Tierra, disponibles a partir de mediados de los años setenta, estaba integrado por:

ESTACIÓN RECEPTORA MAR CHIQUITA

Las actividades del CSR, tienen un gran impulso a principio de los años ochenta con la instalación en Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, de la estación receptora de Imágenes Satelitarias de los datos enviados por los satélites de la serie *Landsat*. La estación receptora, con su antena orientable, tenía un cubrimiento de toda Argentina y de países vecinos: Uruguay, Paraguay, Chile, Bolivia y sur de Brasil y recibía y grababa en cintas especiales los datos satelitales *Landsat* en tiempo real, diariamente, figura 9.

Las cintas de alta densidad con la información satelital se enviaban a la Estación Procesadora en la ciudad de Buenos Aires donde se efectuaban las correcciones y el preprocesamiento digital en un sistema propio, y se elaboraban las imágenes color en el importante laboratorio fotográfico especialmente diseñado para generar ampliaciones fotográficas a partir de los datos satelitales. Los productos así elaborados eran destinados a los usuarios de la imágenes de Argentina y también países vecinos.



Figura 9. — Estación procesadora Buenos Aires.



Figura 10.— Centro de Análisis y Procesamientos Espaciales.

EL CENTRO DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTOS ESPACIALES

Cito en la ciudad de Vicente López, provincia de Buenos Aires, realizaba el procesamiento, análisis e interpretación de las imágenes en distintas áreas temáticas, figura 10.

Integrado por profesionales de diferentes disciplinas vinculadas con sistemas informáticos y con la evaluación de recursos naturales y productivos, el Centro realizó tareas de investigación aplicada en el desarrollo de *software* de procesamiento de imágenes y en técnicas de análisis multiespectral y llevó adelante un ambicioso programa de difusión y capacitación, en convenios con diferentes organismos y universidades interesados en la utilización de las imágenes.

Fue permanente la actividad del CSR y de la CNIE en la organización de simposios, seminarios y reuniones técnicas así como la participación de sus especialistas en conferencias, exposiciones y publicaciones técnicas, constituyéndose así las bases de la aplicación de la tecnología de la teledetección en nuestro país.

Dentro de las actividades del Centro se destacó también la utilización del avión de investigaciones de la CNIE, equipado con un barredor multiespectral y cámara fotográfica de alta resolución para relevamientos

aéreos que complementaban los estudios e investigaciones realizadas a partir de las imágenes satelitales.

Concordante con todas las actividades descritas, la CNIE y en particular el CSR tuvieron una vasta y fecunda cooperación internacional con los organismos dedicados a la actividad de teledetección de los países más importantes del mundo, lo que le permitió participar en proyectos conjuntos multidisciplinarios y posibilitar la capacitación de sus técnicos y profesionales en el campo espacial, figura 11.

EL CIDEM

Este Centro poseía una estación de recolección automática de datos ambientales que recibía información transmitida por los satélites de la serie GOES de NOAA, en el marco del Programa de Recolección Automática de Datos Ambientales mediante Satélites (PRADAS).

Asimismo junto con el personal científico del Centro Espacial «San Miguel» se programaban y ejecutaban las campañas del Programa de Lucha Antigranizo con los cohetes CLAG I y II y participaba activamente en las campañas de estudios atmosféricos a través del lanzamiento de cohetes y globos estratosféricos (Programas Exatmenet y Eolo).

CENTRO ONALAR

El objetivo principal del Departamento de Electricidad fue el estudio de los fenómenos eléctricos que ocurren en las nubes y las ondas electromagnéticas emitidas por descargas eléctricas naturales en la atmósfera. La infraestructura que la CNIE tenía en Mendoza y en La Rioja con gru-



Figura 11.— Avión de investigaciones de la CNIE.

pos interdisciplinarios contribuyó para el desarrollo de estos planes la meteorología de mesosistemas y la electricidad de las nubes.

El ONALAR también participaba de los Programas Nacional de Lucha Antigranizo y de PRADAS, Programas coordinados por la CNIE.

Desarrollo de vehículos portadores

El desarrollo de vehículos portadores contribuyó desde sus inicios a generar una serie de actividades conexas en la CNIE y en la Fuerza Aérea como la ampliación y mejoramiento de la infraestructura de las bases de lanzamiento del CELPA El Chamental en La Rioja, CELPA en Mar Chiquita, Buenos Aires y Marambio en la Antártida.

Entre los primeros objetivos se puede citar que la CNIE le encargó al IIAE, en el año 1963, el desarrollo de dos proyectos: el 5/50 y el 10/100, es decir un lanzador para llevar 5 kilogramos de carga útil a 50 kilómetros de altura y otro de 10 kilogramos de carga útil a 100 kilómetros de altura.

Los cohetes sonda fueron la primera selección, la cual se apreció como correcta. Su fabricación constituyó una etapa primaria y fundamental para el desarrollo espacial de una nación.

Entre el techo máximo operativo de los globos sonda (aproximadamente 40 kilómetros de altura) y el piso de los satélites artificiales (unos 150 kilómetros) existe un tramo de la atmósfera que no ha sido adecuadamente explorado. Dicho espacio es el dominio de los cohetes sonda.

Los cohetes sonda tienen valiosas aplicaciones, pero además son muy útiles para el desarrollo y testeado de instrumentos, la formación de recursos humanos, a la implementación de programas relativamente económicos de estudios de la atmósfera, etc. Por estas razones el desarrollo de una familia de cohetes sonda es casi la etapa inicial obligada de todo proyecto que apunte a un lanzador satelital.

El primer lanzamiento se logró el 2 de febrero de 1961, a las 9:20 horas en el paraje Pampa de Achala, en las Sierras Grandes de Córdoba. Como resultado del lanzamiento del denominado *Alfa Centauro* la República Argentina se inició satisfactoriamente en el campo de los desarrollos espaciales, aun cuando sus performances eran muy modestas (altura máxima entre 15 y 18 kilómetros).

Se decidió el desarrollo de un cohete con dos etapas (propulsor y sostenedor) con propulsante sólido. El resultado fue el *Beta Centauro* lanzado desde Pampa de Achala en octubre de 1961 (alcanzó una altura de 25 kilómetros) transportando instrumental y equipamiento telemétrico para transmitir datos de aceleración axial, alturas y temperaturas en el interior de la ojiva a una estación receptora en tierra.

Se realizaron 12 lanzamientos exitosos, en los que ya no era necesario recuperar la ojiva, pues la información que enviaban los sensores era registrada por una estación en tierra para su posterior estudio y evaluación. La carencia de facilidades logísticas y de seguridad impulsó la creación del CELPA Chemical.

Tanto el *Alfa* como el *Beta Centauro* eran vehículos pesados, con cámaras de combustión de tubos de acero sin costura y aceleraciones excesivas, por lo que era necesaria su optimización.

El primer vuelo del *Gamma Centauro* se realizó desde el CELPA Chemical en agosto de 1963. También utilizaba un lanzador móvil sobre un semirremolque, con sistemas de nivelación y elevación hidráulica, equipo de comunicaciones incorporado y lo necesario para operar la puesta a punto previa al lanzamiento con la máxima seguridad.

A partir del año 1967 cambia la escala del desarrollo de vehículos espaciales, se da por finalizada la serie *Centauro*, y se inicia la serie *Orión*. Se construyeron dos versiones: *Orión I*, que no pasó de prototipo y *Orión II*, con el que en agosto de 1966 se obtuvieron 114 kilómetros de altura, con una carga útil de 15 kilogramos.

Desde el CELPA Chemical se efectuaron dos lanzamientos más (septiembre de 1966) y se detectó que no se disponía del instrumental adecuado para evaluar el comportamiento del *Orión II*, por medio de radares, estaciones de telemetría y filmadoras de muy alta velocidad, por lo que se decide solicitar asistencia técnica a la NASA, para que dichas mediciones se efectuaran desde una de sus bases.

La CNIE realizó los contactos a nivel internacional y en noviembre de 1966 un equipo de especialistas civiles y militares de la Fuerza Aérea argentina se trasladó a la centro de Wallops Island (estado de Virginia en Estados Unidos), de la NASA transportando cohetes *Orión* para ser lanzados desde esa base. La experiencia se denominó *Orión-Wallops* y los lanzamientos se cumplieron sin inconvenientes, obteniendo la homologación internacional que califica al *Orión II* como apto en su categoría

para experimentos en la alta atmósfera desde las modernas instalaciones de ese complejo espacial. El *Rigel* (evolución del *Orión II*), calculado y diseñado por personal del IIAE, fue el primero en su género realizado en el país y en el ámbito suramericano. El prototipo R.01 se elevó a 295 kilómetros y cayó a 250 kilómetros de la plataforma de tiro, cerca del borde de las Salinas Grandes.

Al *Orión II* se le agregó un motor acelerador (denominado *Canopus I*) y dos pequeños cohetes de refuerzo para salida de rampa con lo que se obtuvo el *Rigel*, prototipo de dos etapas, que realizó su primer vuelo el 16 de diciembre de 1967. Su estructura y filosofía de diseño son similares al del *Orión II*.

Fue el paso inicial de la tecnología espacial argentina en el dominio suborbital, posibilitando estudios referidos a la radiación cósmica, la ionosfera, biociencia y aspectos relacionados con el reingreso a la atmósfera. La evaluación del *Rigel* finalizó en agosto de 1970, quedó habilitado para transportar una carga útil de 22 kilogramos a 300 kilómetros de altura.

Un ejemplo de la operatividad del *Rigel* lo tenemos en el lanzamiento que el 18 de julio de 1974 se efectuó en el CELPA Chemical a las 2:20 horas de la mañana para obtener información provenientes de estrellas a visibles a esa hora. El *Rigel* alcanzó 250 kilómetros de altura y permitió detectar fuentes galácticas de radiación X. Su peso total era de 346 kilogramos con una longitud de 6.454 milímetros y una carga útil de 35 kilogramos.

Con el desarrollo del *Rigel* se obtuvieron significativos adelantos en materia de diseño, estructuras, electrónica, aerodinámica, equipamiento e infraestructura de ensayos estáticos y dinámicos. El *Canopus II* (motor del *Orión*) fue utilizado en los varios experimentos de carácter tecnológico hasta 100 kilómetros de altura, constituyéndose un importante punto de partida a la evolución de los motores cohete de estado sólido.

El *Castor* (evolución del *Orión*) es un cohete de dos etapas a propulsante sólido, está considerado el cuarto miembro de la familia de cohetes sonda diseñados por el IIAE, con el que se completó la serie desarrollada en el periodo 1960-1970, cuyo objeto era elevar cargas útiles hasta alturas comprendidas entre los 90 y 400 kilómetros

En octubre de 1975 se realizó un lanzamiento de *Castor* desde la base Vicecomodoro Marambio (sector Antártico Argentino) para la experien-

cia germano-argentina de nubes ionizadas, como así también en el año 1978 en la República del Perú.

Motores sólidos

Se determinó que en un lapso no mayor a cinco años se había gastado 200 millones de pesos en la compra de propulsantes, en su mayoría de origen francés. Surge así la necesidad de implementar una planta piloto para intentar la Investigación y Desarrollo (I+D) de propulsantes sólidos compuestos.

En el año 1968 comienza la instalación de los laboratorios y talleres en terrenos lindantes a los polvorines de la FMA en Córdoba, y a mediados del año 1970 ya estaba en funcionamiento en el IIAE una planta piloto para los fines mencionados.

La planta está constituida por tres grupos de edificios: ingeniería, laboratorio y la planta piloto, en los que trabajaban 25 personas altamente capacitadas (1970). Es necesario hacer notar que estos adelantos se obtuvieron en un lapso de 18 años (1961-1979), periodo que podemos considerar como el más productivo, en lo que a desarrollo de cohetes se refiere, en la actividad espacial de la República Argentina, pionera en Latinoamérica en este rubro.

COHETE *TAURO*

En marzo de 1977 la CNIE firmó un contrato con la facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Departamento Aeronáutico) para desarrollar la carga útil a utilizar en un cohete, denominado *Tauro*, para ser utilizado como vehículo fotográfico en el Programa de Teledetección de Recursos Naturales.

PROYECTO *CÓNDOR*

Luego de los exitosos comienzos de la cohetería argentina en la fabricación y utilización de cohetes sonda, se inició el camino para lograr un lanzador satelital.

Luego de la guerra de las Malvinas se desarrolló el misil *Cóndor*, previo a este proyecto desarrolló un vehículo, denominado *Alacrán*, para prueba tecnológica de los motores del *Cóndor* que fue el único que realizó pruebas de vuelo concretas. Entre los años 1986 y 1989 se realizaron cinco vuelos de prueba del *Alacrán*, con resultados satisfactorios.

Estas experiencias fueron extremadamente útiles para optimizar-correr el diseño original, tarea que fue encarada con éxito por parte del personal argentino

El desarrollo estaba muy avanzado en ese año 1987, con un misil proyectado para transportar una carga de 500 kilogramos hasta una distancia estimada entre 800 y 1.000 kilómetros.

Pero otro habría de ser el destino del *Cóndor*, dado que simultáneamente en esa fecha existían socios del proyecto a los que se consideraban marginales a las reglas de comportamiento que regían en la época.

A partir del año 1990 se intensificaron muy seriamente los gestos norteamericanos para frenar el desarrollo del misil.

Las instalaciones de Control y Guiado Inercial (únicas en Suramérica) se comenzaron a instalar en el Centro Espacial «San Miguel» en el año 1981, las cuales fueron desarticuladas posteriormente.

La construcción de la planta de Falda del Carmen tienen los siguientes aspectos positivos:

- Instalaciones inmejorables para la fabricación de propulsantes, en la I+D.
- Equipamiento, normas y procedimientos prácticamente completos.
- Ordenamiento del trabajo de tal manera para que sea funcional, eficiente y rápido.
- Los recursos para un funcionamiento correcto cumpliendo con los requisitos suficientes para lo que debe ser una planta de producción.
- Soluciones inmediatas para cualquier problema imprevisto que surgiera durante el trabajo. Por ejemplo rotura de una máquina, o falta de algún repuesto, etc.
- Nueva tecnología y lo que es más importante: transferida a pleno a todo el personal creando una gran responsabilidad y la importancia que implicaba cada tarea.
- Máquinas modernas para la fabricación de propulsantes.

El *Cóndor* constituía una herramienta de trabajo, y no un objetivo en sí. Ello se demuestra en su presupuesto total:

- El 85% correspondió a los contratos por estudios o trabajos relacionados con su misión específica.
- El 5% a la adquisición de aparatos, herramientas e instrumentos especiales.

- El 10% a gastos propios de funcionamiento, incluidos gastos iniciales de organización y establecimiento.

Como objetable se puede mencionar la total dependencia del exterior para reemplazar algún dispositivo o repuesto para alguna de las máquinas del utilaje de fabricación.

Lo mismo ocurría con la materia prima necesaria para fabricar el propulsante. En mucho de los casos eran materiales clasificados como estratégicos por Estados Unidos y estrictamente controlada su venta, siendo prácticamente imposible conseguirlo y también comprarlo directamente en el exterior.

El *Cóndor* era un lanzador satelital en potencia (y como tal debió ser tratado). Un aspecto negativo fue la forma en que se trató el tema, de todos los socios involucrados en el proyecto, Argentina fue el único que asumió todas las responsabilidades y afrontó las consecuencias.

El Gobierno relevó a los oficiales a cargo de las investigaciones espaciales y creó la CONAE, agencia civil bajo la órbita del Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos.

El artículo octavo del Decreto número 995, del 28 de mayo de 1991, por el que se crea la CONAE, disuelve la CNIE y dispone la «...cancelación completa e irreversible de este proyecto...».

También se acordó el ingreso del país en el Régimen de Control de Misi-les (MTCR), y el polémico misil nunca voló.

Posteriormente el Gobierno Nacional acordó que además de desactivar el proyecto, se debían destruir los materiales y planos. Parte de los motores se llevaron a España en el año 1993, para que allí se garantizara la destrucción reclamada por Estados Unidos. Asimismo las instalaciones de Falda del Carmen se abrieron a las inspecciones internacionales.

El no disponer de capacidad de orbitar satélites priva a la Argentina de una capacidad geoestratégica significativa, de una fuente de trabajo para personal altamente calificado, y se provoca un drenado de reservas de divisas.

Capacidades retenidas:

- Capacidad para la el desarrollo e investigación sostenida en el tiempo (proyección de mediano y largo plazo).
- Capacidad para la construcción de motores de combustible sólido.

- Capacidad para el traslado también de una carga útil mayor a los 400 kilogramos.
- Capacidad de integrar los proyectos a diferentes áreas de la producción nacional.
- Capacidad de alcanzar también más de 800 kilómetros de navegación controlada.
- Capacidad de proyección de satélites en órbita.
- Capacidad de realizar telemetría y censado de gran altura.
- Capacidad de absorber transferencia tecnológica de los otros polos científicos.
- Capacidad para manejar proyecto de gran envergadura y complejidad.

Desarrollo en curso. El proyecto Tronador

El proyecto Tronador consiste en el desarrollo de una o varias etapas de un inyector satelital basado en un motor de combustible líquido.

La primera etapa del proyecto (Tronador I) consiste en el diseño y construcción de un vehículo balístico en el cual se busca ensayar un motor cohete de combustión líquida.

El primer ensayo del motor del cohete *Tronador I* se llevó a cabo exitosamente, noviembre-diciembre de 2005, en las instalaciones de las Fabricaciones Militares (Villa María, Provincia de Córdoba).

La segunda etapa del proyecto consiste en el diseño, construcción y ensayo de un vehículo de mayor porte, con una masa 10 veces mayor a la del *Tronador I*.

Este nuevo vehículo, denominado *Tronador II*, no será balístico sino que su trayectoria será controlada, para lo cual dispondrá de los correspondientes Sistemas de Navegación, Guiado y Control, diseñados y construidos en el país.

La hidracina es el componente base del combustible líquido que utiliza el portador *Tronador II*, cuyo motor tendrá un empuje proyectado de 3.350 kilogramos y podrá colocar una carga de 200 kilogramos a 400 kilómetros de altura.

Algunas de las experiencias realizadas han presentado fallos relacionados con las problemáticas propias de los grandes motores de combustible líquido, los que nuestro país ha comenzado a desarrollar con la creación de la CONAE.

Participan las siguientes entidades:

- Centro de Investigaciones Aplicadas (CIA) de la Fuerza Aérea argentina.
- Laboratorio de Electrónica Industrial, Control e Instrumental (LEICI) de la Universidad Nacional de La Plata.
- Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP) de la Comisión de Investigaciones.
- Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires y del CONICET.
- Grupo de Identificación y Control Robusto (GICOR) de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
- Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).
- Instituto Balseiro de la CNEA.
- Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF).
- Instituto Tecnológico Buenos Aires.

Desde el año 2009 el Sistema de Ciencia y Tecnología de la Defensa ha iniciado un proceso de recuperación de las capacidades de acceso al espacio a través de combustible sólido cuyos detalles son tratados a continuación en el epígrafe siguiente.

Acerca del empleo del espacio para la Defensa

«...cambiar la forma en que pensamos sobre el poderío aéreo y del espacio... estamos comprometidos a convertirnos en una fuerza aeroespacial, operando en un medio perfecto sin la restricción de divisiones arbitrarias de dimensión vertical. Éste no es un objetivo fácil. Será difícil lograrlo. Sin embargo, es un paso necesario si queremos progresar como una institución de avanzada.» (8).

JOHN L. BARRY, *mayor general (SEL) (USAF)*
y DARRELL L. HERRIGES, *coronel (USAF)*

Situación

La situación regional para acceso al espacio se encuentra, de alguna manera, bastante segmentada pero sí existe un objetivo claro en todos

(8) «Integración del Aeroespacio, no la separación», *Air & Space Power Journal-Español*, cuarto trimestre del año 2000.

los casos, el acceso al espacio es una necesidad esencial para el ejercicio de la soberanía regional en general y nacional en particular. En este sentido, la República Argentina a través de la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR) viene proponiendo mediante el Ministro de Defensa la creación de una Agencia Espacial Suramericana (AES) (9).

La posibilidad de acceso al espacio se basa en cinco aspectos primordiales, a considerar:

1. Vectores inyectoros de cargas espaciales.
2. Vehículos espaciales (satélites u otros ingenios).
3. Estaciones para control y guiado de misiones espaciales.
4. Integración de sensores y procesamientos de imágenes.
5. Cálculo orbital.

Existe, además, otro aspecto de consideración que es la capacidad de empleo de Sistemas de Comunicaciones Satelitales basados en satélites geoestacionarios y explotación del servicio a través de telepuertos propios. Este último tiene fuerte impacto en la comercialización de servicios en nuestro país.

Los países de la región en general han basado su desarrollo en proyectos «comprados», donde los niveles de desarrollo propio son bajos, con excepción de Brasil y nuestro país que poseen cierta capacidad en la materia, aunque ninguno de los dos ha logrado poner en órbita su vehículo espacial, con un vector propio.

La estrategia propuesta es mantener y alcanzar el dominio de los cinco aspectos primordiales, a través de un evento tecnológico propio, cual es, la satelización con nuestro pequeño satélite (demostrador tecnológico), que permita a futuro llegar a colocar una constelación de μ SAT para servicios regionales. El punto más importante es que satelizar significa «llegar al espacio cuando quiero y colocar lo que quiero en la órbita que más me conviene».

Una posible visión puede sintetizarse en que a través de pequeños satélites (nano y microsátélites) se constituye un futuro basado en la posibilidad de trabajo espacial con una modalidad *Just in Time*, permitiendo un servicio oportuno y a costos muy razonables (10).

(9) En: <http://www.infoespacial.com/?noticia=argentina-propone-a-brasil-la-creacion-de-una-agencia-espacial-suramericana>, Brasil considera la iniciativa «positiva y adecuada», 31 de agosto de 2011.

(10) Los microsátélites son afín, están incluidos en los planes a largo plazo de la Fuerza Aérea de Estados Unidos que apoyan el concepto de la integración aeroespacial. Mi-

Antecedentes

La Defensa Nacional y la Inteligencia Estratégica requieren de una serie de servicios que se optimizan a través de una adecuada explotación del espacio exterior, con capacidad residual para proveer servicios a otras áreas del quehacer nacional.

En la República Argentina, la CONAE es la agencia responsable del desarrollo espacial nacional, involucrando diferentes ámbitos del quehacer nacional pero excluyendo todo desarrollo relacionado con la utilización militar ofensiva de las actividades espaciales (11). En lo referido al control de posiciones orbitales para satélites geoestacionarios (área comunicaciones) se creó la empresa ARSAT, como responsable comercial de la explotación de este rubro (Ley 26.092).

Entre los aspectos que la Defensa Nacional necesita ejecutar a través del espacio exterior; para optimizar sus capacidades operacionales, se deben mencionar:

- Comunicaciones, exploración y reconocimiento.
- Comando y control.
- Control de fronteras.
- Control de zona económica exclusiva.
- Posicionamiento.
- Otros.

Un aspecto relevante de las estrategias espaciales está constituido por la necesidad de nacionalizar la mayor componente de industria y tecnología nacional que fuere posible, permitiendo un doble valor agregado: por un lado, adquirir el *know-how* y, por otro lado, una capacidad residual para asistir en áreas tales como: agricultura, ganadería y pesca, control de incendios, inundaciones, defensa civil, ayuda humanitaria, polución de radiofrecuencia, control del espectro electromagnético, entre otras.

rosatélites –vehículos autónomos, sumamente maniobrables que pesan menos de 100 kilogramos cada uno y cuestan unos cuantos millones de dólares– como la base fundamental para las capacidades futuras del control del espacio. Dichos sistemas podrían reunirse en órbita, inspeccionar y de ser necesario, interferir con sistemas espaciales sospechosos u hostiles. Además, podrían incluir capacidades robóticas para darle mantenimiento o trasladar recursos espaciales expansibles fijos. «Visión de la Fuerza Aérea de Estados Unidos» para cumplir su visión para el año 2020. Los líderes de la Fuerza Aérea aprobaron esta Visión en el otoño del año 2000. *Air Power Journal*, segundo trimestre del año 2002.

(11) Decreto número 995/91 de creación de la CONAE.

Se vislumbra que por la experiencia adquirida (1995, puesta en órbita de μ SAT *Víctor I*), en el ámbito de la Defensa y a luz de la tendencia mundial, resulta adecuado que los esfuerzos para la región se centren en el desarrollo de satélites pequeños empleados en órbitas bajas.

En esta tendencia la idea es el desarrollo de satélites pequeños de bajo costo (operacional y de lanzamiento) que se integren modularmente en una constelación que trabaje bajo conceptos de procesamiento distribuido y operación compartida entre diferentes vehículos. Ello permitiría la posibilidad de emplear vectores nacionales para la puesta en órbita, y también permitiría dotar a la región de un sistema específico con alto rendimiento, desarrollo y control completamente propietario, para uso en las áreas descritas y potencial empleo dual.

Criterios de trabajo:

- Máximo aprovechamiento de los recursos regionales, explotando y desarrollando las capacidades propias en los límites de las tecnologías acordes con el estado del arte.
- Lograr en el marco regional (UNASUR) la capacidad de orbitar cargas útiles de diferentes tipos como paso fundamental para la proyección de la región al espacio exterior, utilizando desarrollos propios de carácter dual generados a partir de esfuerzos combinados.
- Dotar a la UNASUR de herramientas propias y facilidades para iniciar tareas asociadas con las necesidades de: comunicaciones, observación de la Tierra, aumentación, etc.
- En principio, resulta adecuado establecer una capacidad de observación continua de la Tierra desde el espacio exterior con miras al ejercicio del control de zonas económicas exclusivas, defensa civil, detección temprana de incendios forestales, ganadería, agricultura, inundaciones, pesca, minería, entre otras.

Verticales identificadas

COMUNICACIONES

Vemos que esta vertical se encuentra asociada con el empleo de satélites geosíncronicos, los mismos resultan adecuados para las necesidades de la Defensa a la vez que al ser parte de una empresa estatal propia permitiría la figura de cliente activo en la gestión de las comunicaciones de la Defensa.

En tal sentido, se impulsa la idea de continuar el desarrollo de la capacidad de comunicaciones satelitales a través de un satélite geoestacionario de origen nacional, y a través de transpondedores propios para la Defensa Nacional, a las capacidades actuales de telepuertos fijos. Es prudente pensar en contar con instalaciones transportables, empleando comunicaciones en las bandas adecuados para proveer de servicios a medios fijos y elementos móviles de la Defensa Nacional.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

Esta vertical se encuentra asociada con la idea de conformar una constelación de satélites de órbita baja o heliocéntricos, empleando sensores multiespectrales.

Existe variada experiencia en desarrollos propios realizados hasta la fecha sobre la base de satélites pequeños que han demostrado la factibilidad tecnológica de producir satélites a costos razonables, (*µSat Víctor I*, *µSat* de la Universidad Tecnológica Nacional-Universidad de Buenos Aires, *µSat Pehuensat* de la Universidad del *Comahue*). La situación tecnológica abre las puertas y posibilidades para generar un sistema de obtención de imágenes, sistemas de comunicaciones específicos, sistemas de posicionamiento, sistemas de aumentación, y otros, a la vez que se presenta como el adecuado semillero de desarrollo de recursos humanos a emplear en el futuro próximo con la empresa nacional INVAP abocada al desarrollo de grandes satélites.

SISTEMA DE AUMENTACIÓN

La implementación del sistema de aumentación nacional, a partir de redes de aumentación con fines geodésicos y sobre la posibilidad de emplear dicha red para difundir la corrección, en tiempo real, de sistemas de navegación satelitales, para aplicarse en móviles de todo tipo.

ACCESO AL ESPACIO CON SISTEMAS HÍBRIDOS

La posibilidad de explotación real de los servicios espaciales, de manera integral e integrada, requiere de un aspecto que resulta fundamental, el acceso al espacio. La problemática de acceso al espacio, constituye el eje de la independencia estratégica de un país con relación a la explotación de los servicios espaciales.

La República Argentina estuvo en los años noventa a punto de concretar dicha hazaña, pero lamentablemente, cuestiones que no son objeto de análisis en el presente trabajo, resultaron en la mezcla de aspectos que relacionan el acceso al espacio con la construcción de misiles superficie-superficie de largo alcance (*Cóndor II*). El corolario de esta situación ha sido:

- La desactivación de gran parte de las capacidades alcanzadas.
- La diáspora de los recursos humanos involucrados en el desarrollo.
- El cierre de CNIE y la apertura de la CONAE.
- Como consecuencia de estos hechos surge el mito de que el combustible sólido es para desarrollos militares, y el líquido es de fines pacíficos.

La situación descrita condujo a la nueva Agencia Espacial Nacional a buscar otro camino a través del combustible líquido, para el cual los conocimientos del Sistema Científico y Tecnológico argentino no pasaba por su mejor situación, ello ha devenido en que en más de 20 años no se ha logrado acceder al espacio.

Por otra parte el Sistema Científico y Tecnológico de la Defensa posee un nivel de estado del arte que permitiría la inyección satelital basada en combustible sólido; este aspecto pretende recuperar y alcanzar lo antes posible la posibilidad el acceso al espacio, a la vez que sirvan estos desarrollos como auxiliares de los motores líquidos que actualmente estudia la Agencia Espacial Nacional.

En la actualidad a nivel mundial, las ocho naciones con capacidad de acceso al espacio lo hacen de manera indistinta, con vectores de combustible sólido, líquido o híbridos (sólido más líquido) y en muchos casos, acceden al espacio con fines comerciales, utilizando los viejos misiles intercontinentales de los cuales hay de combustible líquido y sólido.

¿Cómo cambiar esta situación?

Hasta que se alcance la madurez en el desarrollo de motores líquidos, los desarrollos en sólidos permitirían comenzar a poner en órbita nuestros propios microsátélites (μ SAT); cuestión que es un todo compatible con la política nacional y regional en el ámbito de UNASUR.

Comunicaciones satelitales

Los satélites geoestacionarios son plataformas cuya proyección las convierte en recomendables para ser utilizadas específicamente en el área

de telecomunicaciones, en razón de presentar en su conjunto, tanto en el nivel regional como mundial, un horizonte de extrema complejidad en relación particularmente con la ocupación de las posiciones orbitales geoestacionarias.

Este tipo de sistemas se encuentra regulado internacionalmente en cuanto a la posible disponibilidad orbital y de empleo de frecuencias a través de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

El actual estado de la tecnología en cuanto a Sistemas de Comunicaciones Satelitales contempla el empleo de satélites en órbitas altas o geoestacionarias, medias y bajas.

Sobre el empleo de esta solución de comunicaciones se aprecia que existen dos posibles actitudes:

1. *Cliente cautivo*: es un usuario que contrata servicios llave en mano, no contempla ningún tipo de agregado propio y se reduce simplemente a afrontar el gasto emanado sin aporte tecnológico de ninguna clase.
2. *Cliente activo*: posee la particularidad de poder generar cursos convenientes de acción especialmente por aportar valor agregado que, a la larga, implican cierto nivel de independencia tecnológica y aprovechamiento de los recursos humanos con mayor grado de especialización.

En este marco la estrategia propuesta es presentar un modo de acción viable que posibilite la evolución de los Sistemas de Comunicaciones Satelitales en el ámbito de la Defensa a través de un esquema de desarrollo sustentable (*cliente activo*), tendiente a satisfacer las necesidades de comunicaciones en voz y datos para el desarrollo de las operaciones militares y propender a su integración con otras redes de comunicaciones.

El programa de trabajo debe propender hacia el máximo aprovechamiento del recurso satelital y permitir alcanzar niveles de integración aplicables a los Sistemas CyC como factor contributivo al incremento de la capacidad de comunicaciones en general.

Aspectos a considerar

Relacionados con el tipo de satélite-constelación a emplear, se debe tener en cuenta que la altura de la órbita del satélite es un factor limitante de la cobertura y afecta los tiempos necesarios para la transmisión, especialmente para aquellas aplicaciones sensibles al retardo. En este sentido la necesidad de complementación de terminales, redes y sa-

télites, a emplear sobre las distintas órbitas para que los esquemas de transmisión que éstos permiten satisfagan a distintos requerimientos operacionales, requiere de un análisis adecuado.

Otro aspecto para reflexionar es el relativo a las bandas de frecuencia de operación para los distintos sistemas, ya que las comunicaciones deberán trabajar con móviles marítimos, aéreos y terrestres, transmisión de datos unidireccional y bidireccionales (desde y hacia los móviles o estaciones fijas). Los móviles emplearán tecnologías que permitan con una pequeña antena dirigir electrónicamente el haz de comunicaciones contemplando bandas tales como X, L, Ku o K.

En relación al ámbito de empleo se considera:

- *Aéreo*: caracterizado por la elevada velocidad de los móviles, aspecto que afecta en la implementación de los sistemas de antenas, encareciendo la solución satelital y haciéndola particular para cada tipo de aeronave. Además, requiere una integración dedicada en el caso de las aeronaves de combate. En todos los casos su implementación requiere adaptaciones y la aprobación de la autoridad certificante de la aeronave.
- *Marítimo*: caracterizado por la velocidad y aceleración de los móviles producto del constante rolido y cabeceo de las embarcaciones; aspecto que encarece la solución satelital ya que las terminales deben ser giroestabilizadas.
- *Terrestre*: caracterizado por su escasa movilidad y la posibilidad de empleo del hombre como elemento de apuntamiento, abarata cualquier solución tecnológica.

Aspectos relacionados con los esquemas de acceso al recurso satelital resulta en un factor decisivo de la red de comunicaciones a implementar y la optimización del empleo de ancho de banda. El tamaño de la red de comunicaciones, determinará la tecnología de acceso, donde se juega con aspectos tales como posibilidad de optimización del ancho de banda (TDMA, DVB-RCS) y en otros casos considerar el establecimiento de enlaces con o sin dependencia de un *hub* central o telepuerto, buscándose Soluciones Tecnológicas más Orientadas (SCPC).

Aspectos relacionados con la conformación del segmento terrestre según las necesidades de la Defensa, y teniendo en cuenta los distintos tipos de satélites y terminales a emplear, resulta aconsejable:

- *Para redes que emplean satélites geoestacionarios*: el segmento terrestre deberá estar conformado por, como mínimo, un telepuerto sa-

- telital o *hubs* concentradores de señales ubicados en distintas regiones, integrados a la Red de Comunicaciones de Defensa y telepuertos transportables de alternativa con capacidad de reubicación e integración a requerimiento. Estos telepuertos deberán permitir conectar redes satelitales con distintos tipos de acceso, en múltiples bandas de operación. Complementariamente, se deberá disponer de móviles aéreos, marítimos y terrestres con enlace satelital, con las características particulares que impone cada ámbito de operación.
- *Para redes que emplean satélites de órbita media o baja:* deberá disponerse de terminales satelitales móviles que se interconecten entre sí o con las redes de comunicaciones terrestres, a través de constelaciones de satélites militares o comerciales. También es necesario tener en cuenta la zona de operación de los distintos móviles, en virtud de la cobertura prácticamente nula que poseen los satélites geoestacionarios en las zonas polares.

Empleo de vehículos espaciales en la problemática de la Defensa

Constelación de micro y nanosatélites de observación

En nuestro país, este tipo de satélites han alcanzado mayor experiencia dentro de la Fuerza Aérea argentina, Institución que realizó la puesta en órbita de un primer modelo μ Sat-1 *Víctor* en el año 1995; otros casos han sido el μ Sat-1 de la Universidad Tecnológica Nacional-Universidad de Buenos Aires, o el μ Sat *Pehuensat* de la Universidad del Comahue.

Los satélites livianos y pequeños han sido favorecidos por las tendencias mundiales, dado que su desarrollo es más económico, y su concepción y generación permite demostradores tecnológicos alcanzando capacidades operacionales similares a otros dispositivos más pesados, gracias a los desarrollos en microelectrónica, figura 12, p. 104.

La mecánica orbital de Satélites de Órbita Baja (LEO) determina la necesidad de contar con constelaciones a fin de brindar cobertura permanente a todo el territorio nacional. Por la altura de las órbitas deben poseer una velocidad de rotación mayor que la de la Tierra para no ser traccionados por efecto de la gravedad. Una de las limitaciones para este tipo de dispositivo es que no posee un motor de mantenimiento orbital.

Incursionar en el área de satélites de órbita baja implica con la contar con la capacidad técnica para realizar desarrollos en aspectos referidos a:



Figura 12. — Integración μ Sat Victor I.

- Construcción de satélites.
- Resolver el problema del mantenimiento orbital a través de motores inocuos para lanzamiento *Piggy Back* (12).
- Estaciones de control.
- Sensores.
- Vectores de lanzamiento: los propios desarrollados por la Agencia Espacial Nacional, tanto sobre combustibles líquidos como opciones

(12) Propulsor de plasma pulsante P4S-3 Modelo Experimental de Vuelo (MEV), integrado a la plataforma μ SAT-3 El propulsor de plasma pulsante de propelente sólido es un motor cohete «eléctrico», es decir que la fuente de energía para la aceleración de su masa reactiva (el propelente) no es química, sino electromagnética. En nuestro caso, la energía almacenada en un condensador se libera a través de un arco que se desarrolla entre el ánodo y el cátodo, produciendo la ablación y la ionización de una pequeña masa del propelente sólido (*Teflón*); la corriente que pasa a través de esta masa, interactuando con el campo magnético propio, genera fuerzas de *Lorentz* sobre ésta, acelerándola como un chorro de plasma. La descarga completa del condensador termina el proceso («pulso» propulsivo) reiniciándose con un nuevo ciclo de carga.

disponibles sobre combustible sólido, o bien a través de lanzadores externos.

Poseyendo la factibilidad técnica, la producción de pequeños satélites propios origina la posibilidad de poner varios dispositivos de manera coordinada en órbita (nubes o constelaciones) originando la opción de instalar diferentes capacidades operacionales, a considerar:

- Observación de la Tierra.
- Sistema de Comunicación Específico.
- Sistema de Posicionamiento.
- Sistema de Aumentación.

En tal sentido, un primer paso desde el punto de vista de una estrategia para la Defensa puede consistir en el desarrollo de una constelación de satélites propios con fuerte pisada en la región y el territorio nacional, aguas jurisdiccionales y Antártida, para observar de manera permanente las áreas mencionadas, con capacidad dual; para cubrir necesidades propias de la Defensa y capacidad residual que permitirá dar servicios a otras áreas del quehacer nacional y regional, tales como: defensa civil, detección temprana de incendios, inundaciones, agricultura, ganadería, industria, minería, catastro, y a los países de la región que los requieran o conformen el Sistema de la AES.

Acerca de las operaciones de exploración y reconocimiento

Se aprecia conveniente una constelación de entre 8 y 10 satélites de peso Peso a Principio de Vida Útil (BOL) de hasta 100 kilogramos.

Una estrategia positiva se inicia con el lanzamiento de un demostrador tecnológico, ya sea con el lanzador nacional o alternativo a designar en configuración *Piggy-Back* (es decir, lanzamiento conjunto con otro satélite con el cual se comparten los gastos emergentes de lanzamiento).

Realizar los ajustes de ingeniería necesarios, a partir del demostrador tecnológico, para comenzar la construcción en serie de los satélites que componen la constelación, los cuales sólo podrán ser puestos en órbita a través de inyectores propios.

Un elemento clave en el demostrador tecnológico lo constituye la capacidad de mantenimiento de la órbita empleando la tecnología de motores eléctricos. Este elemento, de acuerdo con las previsiones iniciales, es

uno de los factores determinantes para buscar órbitas del orden de los 700 kilómetros.

Tecnología ISR, sensor multiespectral con definición del orden de los 5 a 10 metros: esta tecnología permitirá obtener imágenes en diferentes bandas brindando numerosos servicios.

Acerca de las operaciones de comunicaciones digitales de baja tasa de transmisión

La cantidad de repetidores (plataformas satelitales) está en directa proporción a los servicios a prestar, lo cual tiene impacto en el costo total del Sistema. En este caso, se aprecia una cantidad entre 25 y 30.

Una alternativa de interés es la de utilizar los denominados nanosatélites con pesos menores a 10 kilogramos por unidad y posibilidad de lanzamiento en grupos (o *clusters*).

La denominación «Baja tasa de transmisión» obedece a que el conglomerado usuario utilizará estaciones terrestres portátiles de muy pequeñas dimensiones y poco gasto energético, por lo cual pueden ser ubicados individualmente en espacios reducidos (mochilas, por ejemplo).

Las tasas de transmisión no admiten la transmisión-recepción de imágenes en tiempo real ni comunicaciones telefónicas (se trata únicamente de transmisión de datos).

Acerca de operaciones de posicionamiento

No se formulan debido a que sus posibilidades tecnológicas se encuentran en proceso de evaluación.

Acerca de operaciones de aumentación

Basadas en la utilización de los denominados nanosatélites con pesos menores a 10 kilogramos por unidad y posibilidad de lanzamiento en grupos (o *clusters*). Con objeto de empleo en regiones específicas asociadas con sistemas de aumentación terrestres.

Razones para impulsar el desarrollo de μ SAT

Tecnologías propias aplicadas al desarrollo: diseño de vehículos espaciales, control de misión, tecnología de los materiales, microelectrónica,

técnicas de propulsión en el espacio, comunicaciones, ingeniería de ensayos y confiabilidad, gestión de proyectos, entre otras.

Uno de los aspectos que conlleva a la selección de microsatélite (μ SAT) resulta del hecho de contar con experiencia concreta en la producción de este tipo de ingenio (lanzamiento del *Víctor I* en el año 1995, que se mantuviera en órbita y activo por cinco años).

A partir de ese desarrollo se comenzó a preparar el *Víctor II*, un modelo de ingeniería más avanzado y cuya sorpresa tecnológica es la de contar con un motor de plasma para el mantenimiento en órbita del vehículo. Esta novedad tecnológica (motor de plasma) consiste en el empleo de energía solar convertida en eléctrica para el mantenimiento en órbita a partir de impulsos continuos de electrones, figura 13.

El desarrollo resulta una innovación interesante en temas referidos a la propulsión de vehículos espaciales. Esta es la razón principal por la que se elige la órbita de 600 kilómetros a 800 kilómetros, ya que es la más baja donde el motor aún es eficiente de acuerdo con los cálculos y simulaciones.

Permite sostener los servicios de la constelación y utilizar sensores más económicos y livianos con buena resolución para las tareas previstas.

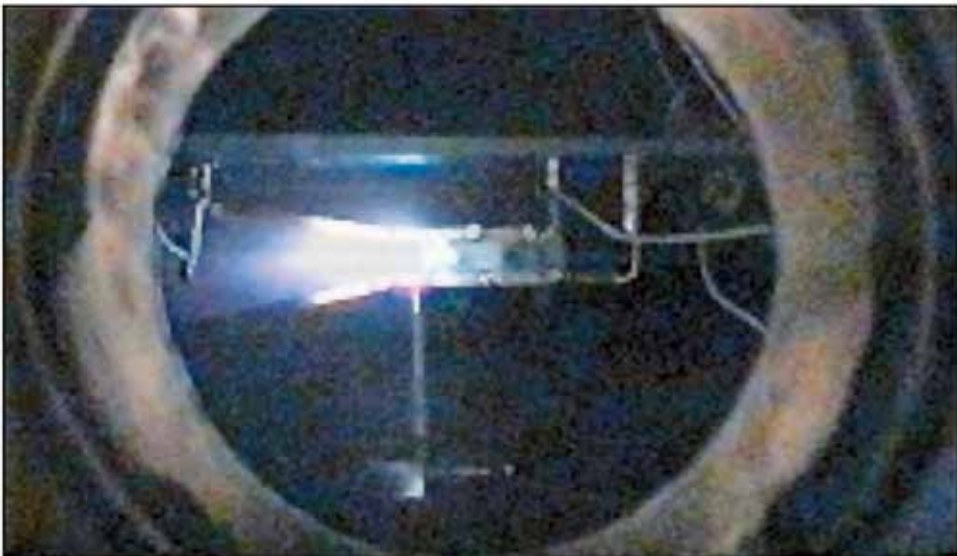


Figura 13.— *Ensayo del motor de plasma en cámara de vacío.*

¿Qué permite una estrategia basada en tecnología de pequeños satélites para generar servicios espaciales de empleo específico?:

- El desarrollo de recursos humanos a bajo costo, orientados al área espacial a través de centros de investigación y universidades.
- La facilidad para acceder al espacio con medios propios en razón de sus reducidos pesos y amplias prestaciones.
- La ocupación de órbitas bajas y medias. Hoy existen aproximadamente 6.000 vehículos en el espacio.
- Brindar servicios espaciales regionales a costo acotado, en la actualidad, la problemática de control de fronteras, control de la zona económica exclusiva, detección de incendio, inundaciones, catástrofes varias, información científica y de producción para los sectores agrícolas, ganaderos y de pesca, se puede realizar a través de una constelación de satélites con fuerte pisada en la región con sensores de tipo también multispectral con resolución óptima (costo-precisión).

Estrategia de ocupación espacial positiva

La estrategia de ocupación espacial positiva debería ser una política de Estado y regional. Cualquier inacción al respecto relegaría definitivamente las posibilidades de acceso al espacio (órbitas medias y bajas), como consecuencia los siguientes episodios se visualizan en la proyección del corto plazo:

- En la próxima década o antes, al restringirse la libertad de empleo del espacio; se respetarán los derechos adquiridos de aquellas que ya los posean
- Las órbitas serán como las posiciones geoestacionarias, donde las mejores órbitas son sólo para quienes poseen las tecnologías de control espacial cuya base es el acceso al espacio.
- Los miembros del club de acceso al espacio serán quienes legislen las normas para el espacio.
- Cabe destacar que la literatura militar de Estados Unidos en este sentido es muy frondosa y ha dictado la argumentación legal para la militarización de diferentes aspectos espaciales.
- Con una legislación acotada para los nuevos desarrollos, las posibilidades de acceso al espacio serán más restringidas aún. Se estima que este proceso se producirá a fines de la presente década.

Inyectores espaciales

La problemática de la presencia en el espacio estratégicamente se encuentra de la mano de la posibilidad concreta de acceder al espacio con medios propios, en este sentido nuestro país como ya ha sido expuesto, posee una rica historia de desarrollos de vehículos suborbitales, con diferentes tipos de experiencias científicas, luego de aproximadamente 20 años de inactividad en el ámbito de la Defensa, la reactivación surgida a partir de los lanzamientos de *Gradicom I* y *II*, abren una alternativa a la posibilidad de colaborar con CONAE para lograr alcanzar el espacio.

¿Cómo alcanzar el techo tecnológico?

Gradicom I es una iniciativa del CITEDEF, que inmediatamente aglutina a otros actores del Sistema de Investigación y Desarrollo de la Defensa, para iniciar tareas de un sistema más complejo *Gradicom II* (13). A partir de ello se comienza a producir una masa crítica de recursos humanos con conocimientos y experiencia, que se había disgregado hacia otras áreas de la investigación, figura 14.



Figura 14.— *Gradicom I* y *Gradicom II* (dos etapas, 11 de junio de 2011) Chamica I La Rioja (Argentina).

(13) Cohete de dos etapas para alcanzar 103 kilómetros con experiencia de telemetría y compatibilidad electromagnética.

Las acciones tendientes a nuclearlas, se caracterizan por:

1. Organizar un taller de tecnologías espaciales en la búsqueda de:
 - Constituir una masa crítica de recursos humanos.
 - Encontrar sinergias entre las experiencia pasadas y las que están en desarrollo
 - Buscar factibilidad para incorporar al desarrollo de *Gradicom*.
 - carga útil, estabilización y guiado, optimización de sistema de simulación, construcción de componentes y fundamentalmente configuraciones de lanzamiento con miras a satelizar cargas pequeñas (nano SAT 10 kilogramos).
2. Contar con una tecnología que permita obtener un motor que aliente diferentes configuraciones para poder avanzar en una familia de cohetes, sondas e inyectores satelitales propios basados en combustible sólido.
3. Evolucionar hacia una configuración que permita orbitar una carga útil similar al μ SAT.
4. Iniciar el diseño de un plan que establezca la infraestructura necesaria para comenzar a realizar lanzamientos de manera sistemática.

Un aspecto a considerar es el relativo al orden de magnitud de la inversión requerida para el acceso al espacio, el cálculo promedio es de 10.000 a 15.000 dólares norteamericanos por kilogramo en órbita (14), ello significa que se habla de aproximadamente 6.000.000 de dólares por año para mantener una constelación propia con inyectores incluidos.

Por las características propias de la tarea, se requiere que la misma se ejecute con el mayor componente de industria y tecnología nacional que fuere posible, dejando un doble valor agregado: el primero el adquirir el *know how* y el segundo, una gran capacidad dual para asistir en las otras áreas del quehacer.

En tal sentido para ello se ha visualizado como adecuado, la tendencia mundial de desarrollar satélites pequeños, empleados en órbitas bajas en modo de procesamiento distribuido que permita adquirir una capacidad similar a los grandes satélites, cuestión en la cual nuestro país ya ha desarrollado una experiencia en el año 1995 con la puesta en órbita de μ SAT 1.

(14) OBERG, James E.: *Teoría del Poder Espacial (Space Power Theory)*, Federal Printer, Washington, D.C., 1991.

Este tipo de desarrollos constituyen un factor de aseguramiento de capacidades, para dar lugar a otros I+D también propuestos en este trabajo que no pertenecen específicamente al área espacial, pero sí están estrechamente relacionados: la alta atmósfera constituye hoy un espacio no utilizado pero sus implicancias estratégicas serán de vital importancia en el futuro cercano, a la luz de problemáticas tales como la superpoblación de satélites.

Gradicom I, recuperó e impulsó la posibilidad de utilización del combustible sólido como propulsante de vectores inyectoros satelitales como una alternativa de avance en el corto plazo hacia el acceso al espacio exterior y satelización de pequeños satélites, hasta tanto la CONAE finalice con los desarrollos de motores de combustibles líquidos.

Esto permitiría integrar a la Defensa de manera activa en el plan espacial de CONAE años 2004-2015, en lo atinente al capítulo tercero: «Los cursos de acción», Curso B «Sistemas Satelitales», bajo el título «Desarrollos nacionales de componentes espaciales», de acuerdo con lo definido para «Integración de constelaciones y sistemas» y «Misiones tecnológicas», trabajando de manera coordinada y cooperativa con la Agencia Nacional Espacial.

Evolución a través del espacio exterior

Un primer paso para establecer los aspectos rectores para llevar adelante un plan de desarrollo de inyectores satelitales que permitan la utilización del espacio para servicios requeridos por la región y el Estado Nacional en el corto y mediano plazo que permita a la Defensa evolucionar través del espacio exterior, considerando las siguientes áreas:

- Desarrollo de vectores de propulsantes sólidos.
- Desarrollo de Sistema de Guiado y Control y de Seguridad del Lanzador.
- Desarrollo e instalación de las plantas para la producción de las materias primas básicas que se usarán en los motores de los inyectores.
- Desarrollo de micro y nanosatélites.

De esta manera, se intenta establecer una dirección del esfuerzo tecnológico que podría desarrollar el Sistema de Investigación y Desarrollo de la Defensa en conjunto con el Sistema de Investigación y Desarrollo del Estado y la Región, y otros organismos propios y/o asociados en aspectos tales como: componentes de inyectores satelitales, satélites, control y guiado, química y producción.

Esta metodología de trabajo permite:

- Aprovechamiento de los recursos nacionales, explotando y desarrollando las capacidades propias en los límites de las tecnologías acordes con el estado del arte.
- Establecer en el ámbito regional la capacidad de orbitar cargas útiles de diferentes tipos como paso fundamental para la proyección de la explotación del espacio exterior utilizando desarrollos propios de carácter dual generados en conjunto con el Sistema Científico y Tecnológico Nacional y Regional, figura 15.



Figura 15.— Cohete zonda 4+1.

Aspectos a considerar para evolucionar hacia la inyección satelital

Bajo este título se intenta definir cuales son los aspectos mínimos requeridos para disponer de un inyector satelital en el corto plazo con capacidad de satelizar un nanosatélite en LEO, mientras se aguarda los avances en desarrollos de inyectores con otras tecnologías y mayores potencias:

- Gestión de proyecto (costos, tiempos y tecnologías involucradas).
- Diseño y fabricación de componentes.
- Rampa de lanzamiento.
- Integración.
- Base de lanzamiento.
- Incorporación y formación de personal.
- Disponibilidad de logística de apoyo terrestre.
- Sistema de seguimiento.
- Análisis de riesgo para el campo de lanzamiento.
- Sistema de aseguramiento de la calidad.

Sistema de aumentación

«Podemos imaginar en el siglo XXI un mundo cubierto por un sistema global ampliado y entrelazado por comunicaciones digitales móviles, en el que los aviones y otros vehículos viajan por “túneles virtuales”, por raíles imaginarios a través del espacio, continuamente optimizados para hacer frente a las variaciones meteorológicas, el tráfico y otras situaciones.

Vehículos robóticos llevarían a cabo todas las labores de construcción, transporte, minería y movimiento de tierra, trabajando día y noche sin necesidad de descanso.»

BRADFORD W. PARKINSON, Stanford University

El problema de la navegación terrestre, naval y aérea

El problema de la navegación terrestre, naval y aérea ha representado históricamente un inconveniente que se ha manifestado en un gran número de soluciones desde el principio mismo de la historia conocida de la humanidad, partiendo del clásico sextante, cartas de navegación, la brújula hasta los sistemas de gran complejidad presentes en la actualidad.

Siempre la constante es buscar una referencia válida y ubicar al móvil en un mapa, es decir, georeferenciar una posición determinada.

A partir de la posibilidad de colocar cargas útiles en órbita de la Tierra la era espacial emergente ha podido determinar la conveniencia de ubicar un móvil en el casquete terrestre a partir de la utilización de satélites artificiales.

Básicamente, las primeras aplicaciones de satélites de posicionamiento se orientaron a las grandes masas acuáticas, es decir, que se trataba de sistemas orientados al tráfico naval especialmente como requerimiento militar.

Posteriormente (aproximadamente de los últimos 20 años) se extendieron a las utilidades terrestres utilizando el mismo marco de funcionamiento y últimamente a los móviles aéreos.

Finalmente la evolución se orientó a sistemas civiles, generando de esta forma un gran número de aplicaciones y toda una industria conexas a nivel internacional que pudo dar abasto a esta nueva vertiente de la tecnología espacial aplicada.

Por esta evolución los sistemas de navegación basados sobre satélites han determinado la consolidación a nivel mundial de los así denominados Sistemas Globales de Navegación por Satélites, GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), cuyo nombre hace referencia a que utilizan espacionaves (satélites) para ubicar un móvil sobre el casquete terrestre. Normalmente son de órbitas medias, aunque hay manifestaciones de utilización de otras órbitas, como ser las geosincrónicas.

Al utilizar satélites de órbitas medias, la velocidad que debe tener un satélite excede el periodo de rotación terrestre, es decir, giran más rápido que la Tierra.

Por esta razón, un observador que pudiese ver un satélite de este tipo vería como el mismo «pasa» en el sector de casquete celeste ubicado por arriba del lugar donde se encuentre hasta perderse luego en el horizonte local.

Este fenómeno ocurre más pronunciadamente con las denominadas órbitas bajas, siendo la diferencia que en este caso la velocidad de pasada es bastante mayor que en el caso de las órbitas medias (es decir, el observador terrestre apreciaría que los satélites pasan más rápido).

Eso determina la necesidad de poder colocar en órbita lo que se denomina «constelaciones» de satélites, para poder tener una cobertura completa del globo terrestre que sea efectiva durante las 24 horas del día. Las constelaciones de satélites permiten disponer de un servicio de posicionamiento de cobertura global y permanente (un requerimiento esencialmente militar).

La extrapolación del campo de la Defensa al campo científico y comercial

Si bien originalmente las aplicaciones iniciales de esta tecnología estuvieron claramente orientados hacia el campo de la Defensa, el advenimiento del posicionamiento satelital modificó drásticamente disciplinas como la metodología de los levantamientos geodésicos y topográficos mediante la utilización de sus distintas alternativas que van desde los llamados navegadores satelitales hasta equipos mucho más refinados que se utilizan normalmente para las aplicaciones mencionadas.

Es así que en este contexto el aprovechamiento de las denominadas estaciones permanentes, presenta un número que crece en forma constante en cantidad y calidad a nivel mundial.

También existe un muy creciente número de aplicaciones en otros campos de la actividad externa a la Defensa y a la Ciencia, como ser el posicionamiento de vehículos terrestres con el objeto de poder hacer más eficiente la expensa inherente o bien para poder determinar la localización en casos de siniestros, especialmente robos. En este último caso es en el que se encuentra el mayor crecimiento numérico a nivel global configurando un caso emblemático por el gran efecto multiplicador en cuanto a la generación de puestos de trabajo.

Es ampliamente conocido que la industria automotriz dispone en la actualidad de modelos de posicionadores satelitales incorporados directamente por los distintos fabricantes como equipamiento estándar de sus modelos, en un arco creciente de prestaciones y capacidades. La industria agropecuaria también ha manifestado una reciente aplicación de importancia denominada agricultura de precisión (de gran importancia en los países agrícola-ganaderos).

Este crecimiento exponencial también es emblemático en tanto y en cuanto sigue utilizando satélites originariamente de uso militar que se encuentran aperturados expresamente al uso civil, comercial y declarado sin dejar de lado su fin último, es decir, al usuario de Defensa.

Orígenes y muy rápida evolución progresiva

El GNSS ha tenido diferentes manifestaciones a partir de los primeros sistemas usados mundialmente (*Transit* de la Armada de Estados Unidos, *Omega* de igual origen y *Loran*).

Todos son desarrollos originados durante la llamada guerra fría que buscaban posicionar en principio móviles militares navales, extendiéndose luego a otros usuarios de índole civil.

El mundo socialista desplegó su Sistema Unificado de Navegación Espacial (GLONASS), actualmente en uso, pero con el fin específico de la Defensa.

La evolución tecnológica ha sido absolutamente exponencial tanto en la generación del dato básico de posición y altura como en la presentación al usuario. Este hecho se ha visto acompañado de una velocidad de procesamiento muy superior a las primeras manifestaciones, logrando que hoy en día confluyan tanto la disciplina de tecnología satelital en sí como también la informática, a tal punto que no se conciben aplicaciones sin estar ambas acompañadas en su conjunto.

Paralelamente la obtención de dato de posición y altura creció en velocidad, de manera tal que en los primeros sistemas se podía llegar a tardar horas en obtener un dato preciso de posición (por ejemplo con el Sistema TRANSIT), mientras que hoy se logra en fracciones de minuto (y aún menos).

Más constelaciones adicionales

El esquema inicial de poseer únicamente dos Sistemas GPS (*Global Positioning Systems*) de Estados Unidos, y GLONASS de la Federación Rusa queda al presente ampliamente superado, lo cual implicará una ventaja referida a la cantidad de sistemas satelitales que en el breve lapso de los años venideros podrán proveer servicio a una masa de usuarios creciente con el tiempo.

Se pueden mencionar el Sistema Galileo europeo, el Beidou de la República Popular China y el Gagan de la India.

Los siguientes totales, que incluyen los dos sistemas iniciales, muestran el aumento de disponibilidad de datos de posicionamiento a todas las jerarquías de usuarios, gubernamentales y privados:

- Sistema GPS: 30 satélites.

- Sistema Galileo: 27 satélites (en fase de prueba a la fecha).
- Sistema GLONASS: 24 satélites.

Total: 81 satélites simultáneos en todo el globo terráqueo en todo momento (no se cuenta el Sistema de Navegación por Satélites (COMPASS) por que no se conoce su perfil detallado, ni la constelación *Gagan* por la misma razón); con lo cual la extrapolación masiva de servicios podrá proveer la generación de:

- Precisión.
- Integridad.
- Disponibilidad.
- Continuidad.

Estas condiciones de contorno son necesarias para cubrir aplicabilidad a nivel internacional con un estándar de calidad que responda al tipo de aplicación que se trate.

Los cuatro parámetros integran entonces los pilares básicos de un servicio GNSS universal, para la totalidad del conglomerado usuario universal.

Al existir más satélites de diferentes sistemas en órbita, existirá una mejor probabilidad de obtener el dato posicional. Para esto se requiere un mínimo de tres señales para latitud y longitud y cuatro para latitud, longitud y altura.

La proliferación de sistemas masivos de posicionamiento explicada, se fundamenta claramente en que existe una innegable tendencia a la voluntad de generar ganancias en la provisión del servicio GNSS, en contraposición a la modalidad de los dos primeros Sistemas en los cuales la obtención del dato posicional fue sin cargo desde un principio.

Si bien esto sigue siendo así para los casos de GPS y GLONASS, no es la base fundacional de los restantes sistemas mencionados (más aún considerando el hecho de que la precisión de los datos ha crecido exponencialmente, logrando al día de hoy ubicar móviles comerciales de todo tipo a niveles métricos, lo cual explica el hecho de buscar una rentabilidad en el marco de una creciente exponencial de utilizaciones).

Dado el momento particular en que se gestaron GPS y GLONASS, los mismos se encuentran en estado de modernización y ampliación de sus servicios, lo cual provee una percepción de la importancia que se les asigna en sus respectivos países como instrumentos de Defensa, al igual que a la fabricación de receptores (el segmento terrenal).

Esta modernización es un ejemplo también de la constancia de sus responsables para no quedar relegados con arquitecturas operacionales que signifiquen restricción al campo de batalla moderno, por lo cual se han destinado en ambos países ingentes sumas de fondos para llegar a poder contar en forma efectiva y eficiente con esta herramienta en los más variados sistemas de armas, terrestres, navales y aéreos.

La precisión como elemento de la Defensa

La precisión de un sistema de posicionamiento por satélites para la Defensa configura una característica central. Esto es aplicable a todos los sistemas de armas –tripulados o no– y a proyectiles.

El rango de valores obtenido por los medios actuales (especialmente sistemas integrados de navegación y tiro) alcanza valores centimétricos, con lo cual queda claro que el potencial de un sistema de posicionamiento a este nivel proyecta la letalidad del escenario de batalla moderno a niveles insospechados en épocas anteriores. Se genera de esta forma el término periodístico «bombardeo quirúrgico» que no es otra cosa más que la instrumentación de sistemas integrados de posicionamiento (giroscópicos) y de navegación (terrestres con coberturas focalizadas y limitadas o satelitales, con coberturas globales).

La mecánica orbital y sus inconvenientes

Sin embargo, es necesario distinguir que la mecánica de obtención del dato posicional a través de satélites puede verse afectado por la propia geometría operativa de un GNSS, ya que se trata de Sistemas Ubicados en Órbitas Medias (*Medium Earth Orbit*), de forma tal que puedan cubrir la mayor cantidad de superficie terrestre con el menor número de satélites, que a su vez impliquen el menor costo, portabilidad y consumo del segmento terrestre asociado (es decir, se trata de un balance muy estudiado y con claro impacto en el volumen monetario global a erogar de un sistema de navegación satelital).

Las señales (de las cuales se obtiene el dato posicional) deben generarse de esta forma a bordo de los satélites y desde estas alturas de órbitas medias (aproximadamente 10.000 kilómetros sobre la superficie terrestre), hasta llegar el casquete terrestre en donde esté ubicado el usuario. Para realizar esta tarea es necesario que las mismas atraviesen la capa de gases que rodea la Tierra, normalmente denominada troposfera, que

presenta varias capas constitutivas (cuyo espesor depende también de la época del año).

Cuando esta capa de gases es atravesada por las señales satelitales provoca retardos (retrasos) en la llegada de las señales desde que se originan hasta que son procesadas por los receptores de cada requirente. Esto es un proceso físico que no puede ser obviado.

Este retardo implica imprecisión en la lectura de posición, ya que cada receptor en definitiva está midiendo el tiempo desde que una señal se origina hasta que el receptor la procesa, y de ahí se infiere el dato posicional. Si el tiempo no es el correspondiente a una señal electromagnética desplazándose por el éter, es decir si es mayor, se refleja la situación en la obtención de una posición sobre el casquete de la Tierra (al tardar más la señal en arribar, el resultado es una indicación menos precisa).

En tanto y en cuanto se puedan corregir los datos erróneos de posición (provocados por los retardos) se podrán corregir también los errores de navegación.

La manera de poder corregir los errores se realiza por medio de lo que se denomina redes de aumentación.

Las redes de aumentación y sus elementos constitutivos

Su propósito es brindar posicionamiento a los usuarios por medios tanto sea terrestres como satelitales. En este último caso también se suma la tarea de efectuar una corrección de los retardos experimentados explicados anteriormente.

La mayoría de estas redes se gestaron antes del proceso de masificación, es decir del proceso de proyección masivo al ámbito civil de GPS (el sistema pionero en términos de posicionamiento puramente satelital y, como se ha explicado, generado en el ámbito de la Defensa).

Existen varias redes a nivel mundial, en las cuales el servicio de provisión de señales de posición-corrección se brinda en forma gratuita, es decir que son considerados por las Administraciones que las han generado como servicio público para potenciar el uso en diferentes ámbitos técnico-económicos y así incluirlas como herramienta de producción.

Todas presentan arquitectura terrestre pudiendo mencionarse la red GRAS de Australia, la red WAAS de Estados Unidos y la red europea

EGNOS (esta última es el verdadero origen del publicitado Sistema Satelital Galileo). Al presentar una arquitectura fundamentalmente terrestre, es claro que la zona de actuación (de servicio) también es limitada: en el caso de la red WAAS (Estados Unidos) se trata del territorio continental de ése país, en el caso de la red EGNOS es Europa con una extensión a la parte norte de África (cuenca mediterránea), para la red GRAS es Australia y Nueva Zelanda.

Esto implica la conformación de un criterio geopolítico previo a la colocación en funcionamiento.

La utilización de satélites se genera en la necesidad de poder cubrir grandes extensiones geográficas en el menor tiempo posible y al mejor costo, y más allá de su espectacularidad intrínseca, no hay diferencia entre las prestaciones de una red satelital y una terrestre (básicamente desde el punto de vista técnico la gama de prestaciones es muy similar).

Las redes terrestres involucran una serie de implicancias que pueden ser de consideración en el caso de territorios muy dilatados ya que poseen un alcance zonal, el cual se instrumenta a través de dispositivos fijos (es decir de alcance limitado). Para una gran extensión geográfica los costos pueden ser significativos, lo mismo que los tiempos de instrumentación concreta.

Una vez obtenida la información posicional, la misma se radiodifunde por diversos medios, es decir se procede a la utilización de diversos medios de *broadcasting*, como ser radio enlaces convencionales (transportan las señales de un punto a otro), estaciones de radio y televisión, Internet y aún otro tipo de satélites, denominados geoestacionarios, que se usan normalmente para las telecomunicaciones:

«Una red de aumentación es entonces un medio polivalente de generación, corrección y radiodifusión de información posicional.»

Esta información tiene una variedad de precisiones, entre las cuales la de mayor valor (centimétrica) se aplica fundamentalmente al campo de la Defensa, aunque hay necesidades similares especialmente en la agroindustria, como se ha mencionado (como por ejemplo la producción de algunos cultivos como el maní).

Las precisiones de menor cuantía resultan necesarias para campos como ser la ubicación de automotores y camiones y móviles marinos,

por ejemplo para localizar un vehículo siniestrado, no es necesario precisar a nivel de centímetros su ubicación.

El caso particular de los móviles aeronáuticos es típico en tanto y en cuanto pueden requerir cierto nivel de precisión en ruta de vuelo (en el orden de metros), pero uno mucho mayor en proceso de aterrizaje. La sensibilidad del caso aeronáutico hace prever que una red de aumentación con aplicabilidad a este sector adicionalmente debe poder responder en términos de disponibilidad, integridad y continuidad en forma tan eficiente como en precisión. En tal sentido los organismos internacionales que regulan la actividad aérea no consideran al servicio de navegación por satélites (GNSS) como «servicio principal» sino como «servicio secundario».

Algunas redes de aumentación pueden no obstante generar la información posicional a partir de satélites (por ejemplo, GPS y/o GLONASS), corregir los valores, estandarizar los formatos de entrega al usuario y posteriormente usar satélites geosincrónicos para radiodifundir la información. En este caso, la red de aumentación que se trate utilizará dos tipos diferentes de satélites (los de órbitas medias y los de órbitas geostacionarias, estos últimos solamente para irradiar grandes zonas geográficas y poder hacer presente la información de posición)

Esto implica una consideración de complejidad, ya que en el ejemplo mencionado en el párrafo anterior las señales GPS-GLONASS no son similares. Un usuario que busque recepcionar estos dos Sistemas simultáneamente (y mejorar su performance) deberá obtener un receptor GPS-GLONASS compatible, con lo cual deberá afrontar un costo mayor al que afrontaría si recibiera uno sólo de los Sistemas mencionados.

El problema de los receptores de posicionamiento para las redes de aumentación

Más allá de las consideraciones de buscar cobrar los servicios por parte de algunos nuevos jugadores de esta tecnología, es claro que al no ser un servicio rentado, el peso del costo se ubica en los receptores, es decir estos son los elementos del posicionamiento que por el momento deberá afrontar el usuario, cualquiera que este sea.

Por esta razón se desarrollaron empresas muy específicas desde las más tempranas épocas del servicio GNSS que hoy ocupan un lugar de privilegio en el abanico tecnológico asociado, las que están fundamentalmente ubicadas en Estados Unidos.

El espectro ruso no desarrolló receptores con presencia comercial concreta, ni tampoco lo tiene su Sistema GLONASS, pese a ser los iniciadores de esta aplicación de la tecnología espacial.

Su Sistema fue y es un instrumento militar, pese a que en este sentido en los últimos años han abierto al uso civil los servicios, primero dentro de sus fronteras y posteriormente a nivel mundial. De cualquier forma, y pese a este progreso, su Sistema no opera de la misma forma que el occidental, y por lo tanto los receptores asociados son diferentes.

Es decir que desde un primer momento, los dos Sistemas más representativos e iniciadores de esta disciplina, no pueden recibir sus servicios con un único tipo de receptor. Esto configura un problema que afecta muy seriamente a las economías de escala de producción, que son las que determinan el costo de cada equipo.

A este cuadro de complejidad se suma el frente europeo, con un sistema terrestre de aumentación –la red EGNOS, y su prolongación en el espacio– el Sistema Satelital Galileo.

Ni EGNOS ni Galileo son compatibles con GLONASS tampoco, con lo cual el gigante ruso depende de una decisión política de alto nivel para adaptarse y estandarizar sus productos, o terminar siendo relegado (por obsolescencia o por costo no asumible).

Resta el interrogante chino y el hindú, y dada las conformaciones de sus respectivas masas poblacionales, se aprecia que buscarán imponer sus condiciones de contorno al mercado mundial.

En síntesis, no existe al día de hoy un receptor universal, y en este esquema se prevé que tampoco lo habrá en el futuro cercano. Más todavía si se considera que el despliegue comercial y de presencia concreta de los sistemas chinos e hindú no se ha llegado a instrumentar por el momento a nivel mundial (como dato, se conoce que en la ciudad de Shanghai se está preparando un conglomerado de alrededor de 600 empresas que se lanzarán a la conquista del mercado mundial de receptores).

La posición de la República Argentina referida a redes de aumentación

Las autoridades de la República Argentina han logrado poner de manifiesto su intención de favorecer en todo lo posible las redes de aumentación visualizadas como un elemento de potenciación de las diferentes

áreas productivas en las cuales los servicios de posicionamiento se convierten en una herramienta de alcance múltiple.

Este es el caso de las aplicaciones especialmente relacionadas con la producción agropecuaria y del tránsito terrestre de todo tipo de vehículos, por lo cual diferentes entidades gubernamentales ya han puesto de manifiesto su valoración del tema a través de la resolución número 17369/08 en la cual se formaliza dicho interés desde el punto de vista institucional. Este documento ha sido firmado por cinco Secretarías de Estado (Comunicaciones, Defensa, Ciencia y Tecnología, Relaciones Exteriores y de Industria) configurando de esta forma un acuerdo global de sumo interés para el desarrollo de este tipo de tecnología a nivel nacional. Si bien existen otras áreas de aplicación, las dos anteriormente mencionadas se consideran las más inmediatas, sin perjuicio de ampliar este espectro en un futuro cercano, especialmente al caso de la Defensa.

En conocimiento de los altos costos asociados al desarrollo e instalación de redes de aumentación en otros países del mundo, se conformó un grupo de estudio multidisciplinario entre el Ministerio de Defensa y varias universidades argentinas que llegó a la conclusión de buscar la definición de una posible red nacional de aumentación buscando la potenciación de todos los elementos que puedan ser concurrentes a su funcionamiento de forma tal de disminuir en todo lo posible las muy considerables inversiones que se han presentado en los casos de estudio analizados. De esta forma, se ha concebido una percepción preliminar de una posible red de aumentación a partir de equipamientos ya existentes en el país que son actualmente destinados a la Geodesia Satelital, ya que el perfil operativo de estos equipos permite poder considerarlos como un primer principio de una red más compleja.

El grupo de trabajo y análisis también ha podido determinar que el Estado argentino podría disponer la utilización de otras instalaciones concurrentes adicionales, como ser los patrones de medición de tiempo, que se encuentran operativos en varias entidades gubernamentales, sumando de esta forma un impacto de reducción de costos adicional sin perjuicio del funcionamiento de las instalaciones consideradas.

La radiodifusión de los datos de posicionamiento de precisión también fue analizada sobre la base del mismo concepto, es decir, de utilización de todos los medios que puedan ser aplicables, terrestres, aéreos, na-

vales y satelitales. Si bien esto puede determinar una complejidad mayor en lo referente a un receptor estandarizado y universal, se analizó su conveniencia ya que la instrumentación de medios de radiodifusión propios podría encarecer enormemente la erogación total de proyecto a niveles insalvables.

La intensa simbiosis entre los sectores de I+D del Ministerio de Defensa y las universidades nacionales muestra de esta forma una sinergia de aplicación directa al denominado Proyecto de Red Nacional de Aumentación, que podrá ser llevada a la práctica en un determinado esquema temporal todavía no definido, pero claramente de instrumentación potencial posible.

Sensores remotos

Todo el trabajo que se realiza con los activos espaciales, se explota y concentra sus resultados a través del procesamiento de sensores remotos, la Defensa Nacional posee un CSR que forma parte de la Dirección General de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea.

El CSR cuenta con un equipo de profesionales altamente calificado en las técnicas de análisis y procesamiento de imágenes satelitales, tanto de sensores ópticos como de radar. Su grado de conocimiento y experiencia permite al personal integrar grupos docentes en áreas del conocimiento relacionado con la actividad espacial, llevando adelante cátedras, clases y cursos tanto en ámbitos universitarios de grado y posgrado, como dentro de la fuerza y en organismos de la Administración Pública.

El CSR, cuya tarea es planificar y fiscalizar los requerimientos operativos y de I+D que involucren actividades de sensores remotos (teledetección), registros y datos espaciales y establecer las normas para el máximo aprovechamiento de la capacidad de los medios de reconocimiento por imágenes, procesa y analiza imágenes satelitales actuales, provenientes principalmente de la CONAE y mantiene activo el banco de datos históricos, orienta también sus capacidades hacia tres áreas principales:

- Investigación.
- Operativa.
- Capacitación.

Trabajos de investigación

El CSR desarrolla actividades de observación de la Tierra en programas relacionados con la Seguridad Nacional y la Defensa del Patrimonio del Estado, prestando especial atención al cuidado y protección de los recursos naturales sensibles que deben ser inventariados, monitoreados en su evolución y controlado el impacto de su utilización por parte del hombre.

El CSR focaliza sus tareas de investigación en el tratamiento de imágenes para diferentes aplicaciones vinculadas con la atención del medio ambiente y la sustentabilidad de áreas sensibles. Sus actividades de análisis y procesamiento de imágenes están destinadas principalmente a las áreas protegidas y reservas naturales militares, y a las reservas de agua dulce: monitoreo de glaciares del hielo continental patagónico y zona antártica.

Los trabajos de investigación aplicada en la tecnología de teledetección que el CSR lleva adelante están relacionados con los siguientes temas:

- Desarrollo de metodologías y algoritmos para aplicaciones y sensores diversos (ópticos y de radar de apertura sintética).
- Monitoreo multitemporal de imágenes para detección de cambios (por ejemplo mediciones de retroceso en glaciares).
- Selección de sensores, combinaciones de bandas y algoritmos adecuados para aplicaciones específicas.
- Clasificación multiespectral de imágenes ópticas para ubicación y estudio de recursos naturales y áreas protegidas.
- Análisis de texturas en imágenes radar para mejoramiento de clasificaciones.
- Análisis por interferometría radar para generación de datos de altura y detección.

Bajo la figura de Convenios de Cooperación Técnica, el CSR desarrolla sus tareas junto a organismos y agencias nacionales y provinciales dedicados al estudio y monitoreo de los recursos naturales y el medio ambiente, a quienes brinda asistencia y apoyo técnico, éstos son:

- Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales.
- Instituto Universitario Aeronáutico.
- Universidad de Luján.
- Universidad de Mar del Plata, facultad Ciencias Exactas y Naturales.

- Universidad de Mar del Plata, facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.
- Universidad Atlántida Argentina.
- Sistema de Integración Territorial Santa Cruz, Ministerio Secretaría General de la Provincia de Santa Cruz.

En este contexto de trabajo interdisciplinario se destacan numerosos trabajos vinculados con la observación y control del medio ambiente y el conocimiento y protección de las áreas protegidas en el continente y en la Antártida.

Proyecto de áreas protegidas y medio ambiente

El CSR colabora con la Administración de Parques Nacionales en el desarrollo de diversas actividades vinculadas con el conocimiento y monitoreo de las zonas definidas como también áreas protegidas en el ámbito nacional:

- Monitoreo del medio ambiente y cambios en el uso de la Tierra mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales.
- Elaboración de cartografía temática de uso y cobertura de la Tierra mediante interpretación visual y clasificación multiespectral de datos satelitales.
- Actualización cartográfica de red caminera (rutas, caminos y sendas).
- Identificación de estratos y tipologías forestales.
- Mapas temáticos actualizados para la planificación del manejo de bosques implantados y nativos.

RELEVAMIENTO Y MONITOREO AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN Y EL USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD DE LA RESERVA NATURAL MILITAR CAMPO MAR CHIQUITA

En abril de 1996 la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), mediante su Programa *Man and the Biosphere* (MAB) declara a la albufera de Mar Chiquita y alrededores como una de sus reservas MAB mundiales. El concepto de reserva de la biosfera nace como una necesidad de establecer estrategias regionales de desarrollo sustentable. En la albufera de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, se emplaza la reserva natural militar base CELPA de la Fuerza Aérea, sobre la cual se elaboró la cartografía temática y se monitorea su estado y evolución mediante el uso de imágenes *Land-sat*, actuales y de archivo para generar información dinámica y confiable

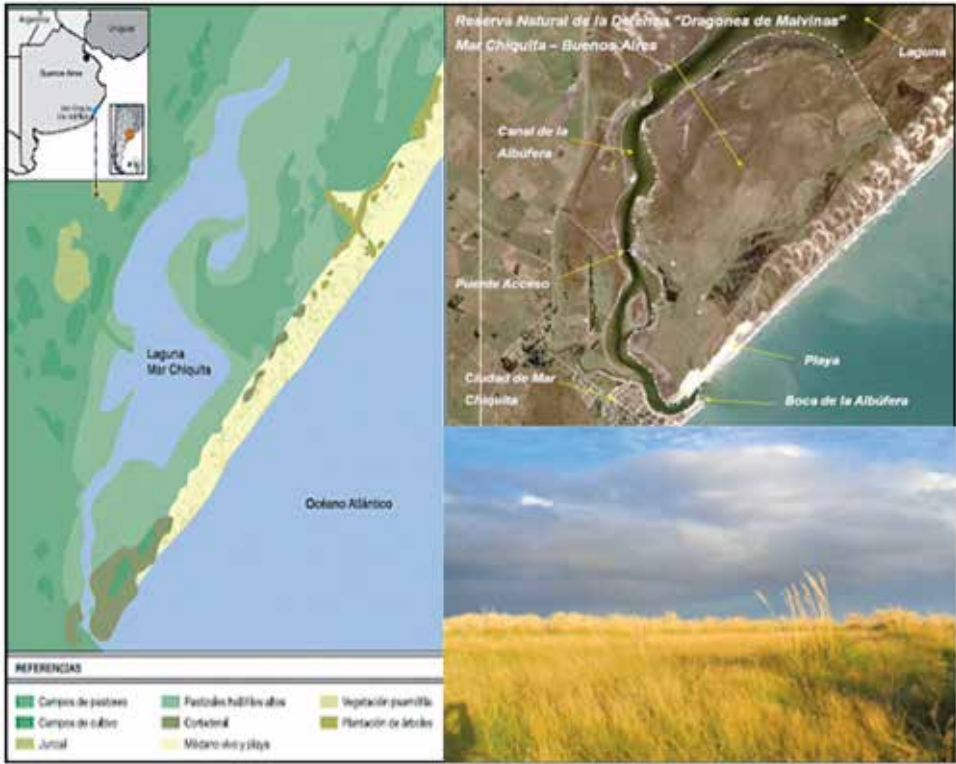


Figura 16.— Reservas naturales.

respecto del estado actual de conservación de los recursos naturales y fenómenos asociados a ellos, para su utilización en aplicaciones de control y monitoreo de situaciones ambientales.

Aplicando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, GPS y de procesamiento digital de imágenes satelitarias, se integraron datos provenientes de sensores remotos con datos cartográficos y de campo, obteniendo como resultado un mapa de ambientes de la reserva natural militar Campo Mar Chiquita, figura 16.

PROYECTO DE CONSERVACIÓN DEL SITIO PATRIMONIO MUNDIAL «IGUAZÚ»

El sitio del patrimonio mundial de la humanidad «Iguazú», que incluye al parque nacional Iguazú en Argentina y al parque nacional do Iguazú en Brasil, se localiza en el corazón de la eco región del bosque atlántico del Alto Paraná. Este bosque lluvioso se encuentra entre los más amena-

zados del mundo y cubre en la actualidad sólo un 7% de su superficie original. Ambos parques forman parte de una extensa masa boscosa de aproximadamente 1.200.000 hectáreas que representa el mayor remanente forestal de la eco región.

Los objetivos planteados para el presente proyecto son:

- Obtener información de base detallada que pueda ser aplicada al manejo del sitio.
- Evaluar los cambios en la cobertura forestal a una escala regional y de paisaje, en aquellos sitios identificados como críticos o de interés especial.
- Proveer a la Administración información clave para identificar nuevas acciones para la conservación y la posibilidad de evaluar las ya implementadas en la eco región del bosque Atlántico.

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA FORESTAL DEL PARQUE NACIONAL LOS GLACIARES PROVINCIA DE SANTA CRUZ

El área protegida fue creada en el año 1937, estableciéndose los límites actuales en el año 1971 y declarada sitio de patrimonio mundial de la humanidad por la UNESCO en el año 1981.

El parque nacional los Glaciares se encuentra ubicado en la provincia de Santa Cruz abarcando una superficie 724.000 hectáreas. Gran parte de este parque estuvo cubierto por glaciares y los ríos de hielo dieron forma al paisaje con montañas de laderas también abruptas y amplios valles.

Actualmente, los hielos ocupan una superficie total aproximada de 2.600 kilómetros cuadrados, con 47 glaciares mayores, siendo los más conocidos el Perito Moreno, ubicado sobre el brazo sur del lago Argentino y el Upsala, ubicado sobre el brazo norte del mismo lago.

Las laderas y valles están ocupadas por bosques, con especies predominantes tales como La Lengua, El Ñire y El Guindo.

El uso integral de información generada a partir de sensores remotos y de datos provenientes de sistemas de información geográfica nos permite conocer acabadamente el estado actual de los recursos y el impacto de la acción hombre y el cambio climático a lo largo de estos últimos 20 años.

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE LOS AMBIENTES DEL PARQUE NACIONAL EL REY

El parque nacional El Rey, creado en el año 1948, preserva una valiosa área de yungas y de los ambientes de transición entre esta región y el Chaco Serrano. Ubicado en el departamento de Anta, a 80 kilómetros hacia el este de la capital salteña, abarca una superficie de 44.162 hectáreas en un amplio valle en forma de herradura, rodeado por las altas serranías de la Cresta de Gallo en el oeste y por la Sierra del Piquete al este.

Al igual que las demás reservas de la zona, hoy en día El Rey sufre los problemas de la caza y la pesca furtivas y es afectado por la deforestación masiva, la extracción de madera y el cambio de los bosques por cultivos, producidos a gran escala en toda la región. En forma paulatina, estas acciones están originando el aislamiento del parque, perdiendo conexión con las áreas de Calilegua y Baritú, del mismo bioma.

La posibilidad de integrar datos ecológicos sobre aspectos estructurales de la vegetación, topografía y suelos, con información derivada de imágenes satelitarias actuales amplía sensiblemente la posibilidad de relevamiento y monitoreo de toda la superficie del parque. Aplicando conceptos y métodos de la ecología de comunidades y de paisaje y la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, GPS se han elaborado mapas que caracterizan los ambientes y documentan la situación actual del parque nacional El Rey.

DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN EL AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA EN LA LLANURA PAMPEANA, PROVINCIA DE SAN LUIS

La llanura o pradera pampeana, ocupa parte de las provincias de Buenos Aires, la Pampa, San Luis, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos. Este ecosistema pampeano ocupaba originariamente una superficie de 500.000 kilómetros cuadrados, a partir de la segunda mitad del siglo XIX comienza un proceso de transformación y fragmentación creciente de este ambiente debido al avance de la frontera agrícola y la intensificación de la actividad ganadera. En los últimos años, la mayor rentabilidad de la agricultura sobre la ganadería ha incrementado aún más la transformación y el reemplazo del Pastizal Pampeano, que según Dinerstein (1995), junto a la Selva Misionera han pasado a constituir los dos ecosistemas más amenazados de la Argentina.

La provincia de San Luis no ha quedado a salvo de este proceso y de los 2.000.000 de hectáreas originales del pastizal pampeano (Anderson *et al.*, 1970), quedan en la actualidad solamente pequeños relictos de pastizal, en buen estado de conservación, concentrados en su mayor parte en la zona central de la provincia (Anderson, 1988).

El objetivo de este proyecto es detectar y cuantificar cambios producidos en el paisaje nativo, debido al avance de la frontera agrícola en las últimas décadas y las prácticas de quema, en un área de la provincia de San Luis a través de herramientas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica.

ESTUDIO MULTITEMPORAL DE GLACIARES Y AMBIENTES ASOCIADOS DEL HIELO CONTINENTAL PATAGÓNICO SUR Y DE HIELOS TERRESTRES Y MARINOS EN LA PENÍNSULA ANTÁRTICA

El proyecto tiene como objetivo el estudio de la cobertura de glaciares y forestación en el área del hielo continental patagónico sur, y de glaciares, barreras y hielo marino en la península Antártica, mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales de radar y ópticas, evaluando el grado de aporte que en dicho análisis realizan los datos *radar* todo tiempo, disponibles actualmente en diversas polarizaciones y bandas de frecuencia. En particular, presenta los siguientes objetivos específicos:

- Monitoreo y estudio de cambios recientes en la dinámica de superficie de los 13 principales glaciares y de hielo marino en las área de estudio, mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales ópticas y de radar, figura 17.

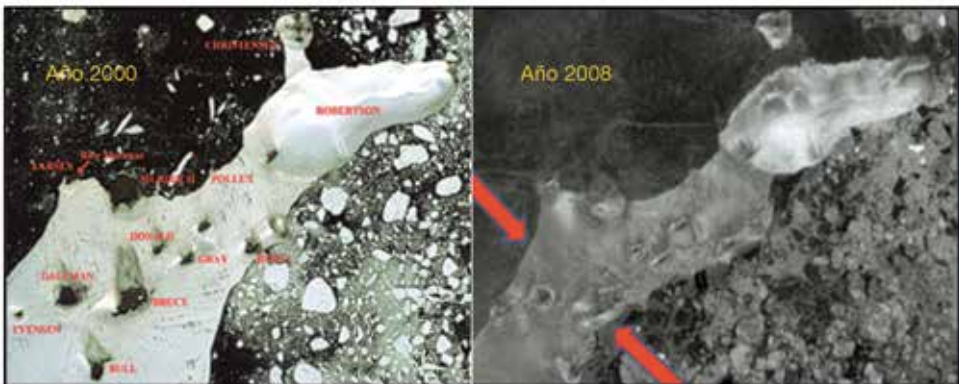


Figura 17. — Cambios en la barrera de hielos Larsen.

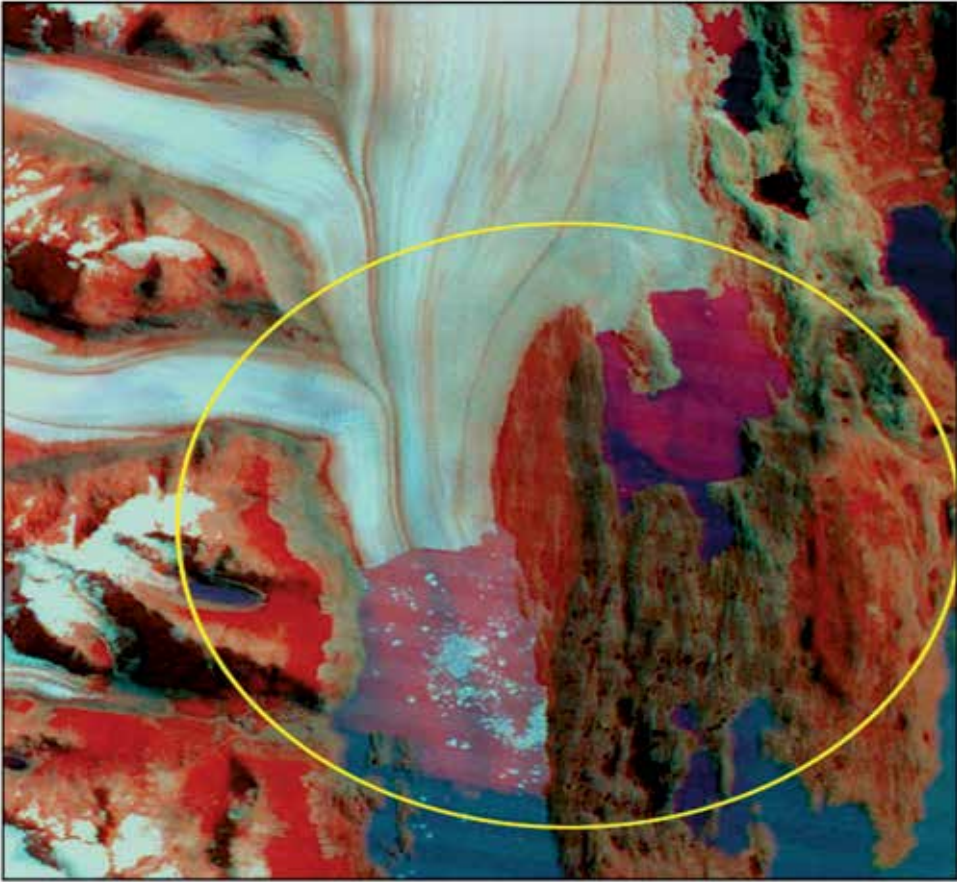


Figura 18.— *Glaciar Upsala, variación años 1981-2005.*

- Clasificación, mediante imágenes, de los distintos tipos de hielos, tanto de origen terrestre como marino, y generación de productos clasificados en las zonas de interés.
- Confección de mapa temático 3D de hielos a partir de modelos digitales de elevación. Estudio de la correlación de las condiciones meteorológicas con las variaciones en concentración del campo de hielo marino y el desplazamiento de témpanos, figura 18.

PROGRAMA DE DESARROLLO SUSTENTABLE
EN ÁREAS MONTAÑOSAS DE PAÍSES ANDINOS

Integrado por los siguientes organismos:

- Oficina de Naciones Unidas para el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre (OOSA).
- La ESA.
- La CONAE.
- Agencia para el Desarrollo y la Cooperación del Gobierno de Suiza.

ESTUDIO MULTITEMPORAL DE GLACIARES
DE HIELO CONTINENTAL PATAGÓNICO SUR

Estudio preliminar de las variaciones experimentadas en los últimos 22 años en los frentes y superficies de seis glaciares muy próximos entre sí, que terminan en lagos glaciarios ubicados en el parque nacional los Glaciares Se estudiaron los glaciares Upsala, Onelli, Bolados, Agassiz, Spegazzini, Mayo y Ameghino. Para ello se procesaron imágenes *Landsat* entre los años 1981 y 2006 y se confeccionó un mosaico de datos de elevación de terreno basado en la información suministrada por la Misión Topográfica Radar del Transbordador Espacial (SRTM) de Estados Unidos, figura 19.

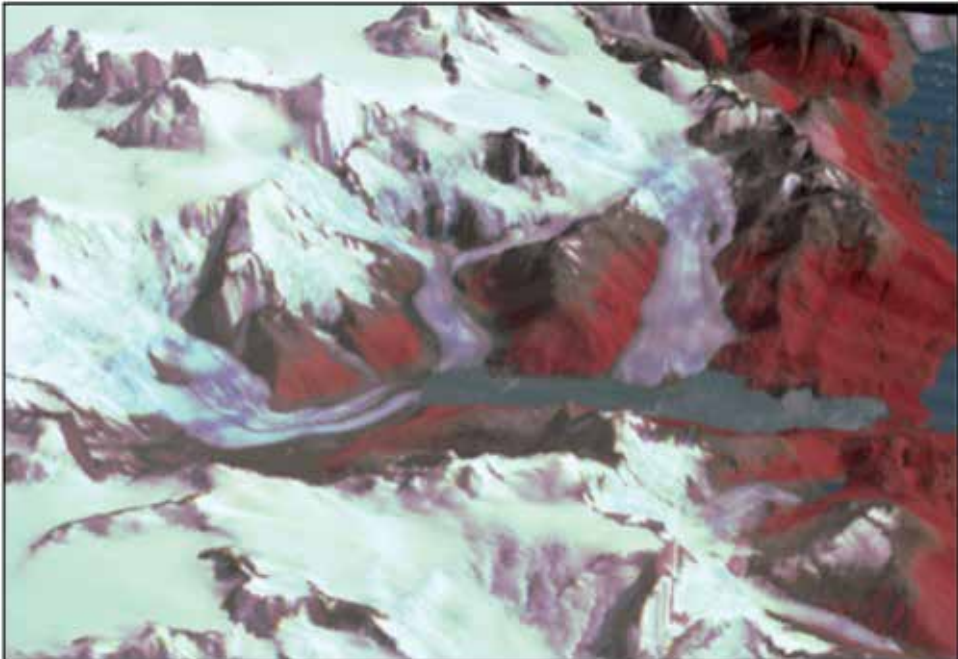


Figura 19.— *Vista 3D del lago Onelli y los glaciares Onelli, Bolados y Agassiz (de derecha a izquierda).*

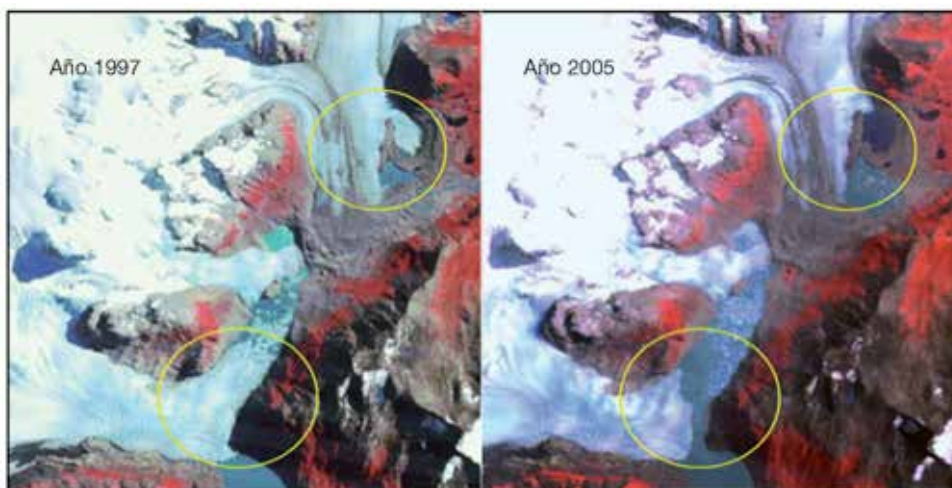


Figura 20. — Detalle de los glaciares Frías y Grande.

INVENTARIO DE LOS HIELOS CONTINENTALES PATAGÓNICOS SUR

Inventario y monitoreo de los glaciares ubicados al sur de la Patagonia argentina. La metodología empleada se basa en el procesamiento digital de imágenes *Landsat* MSS, TM y ETM, con fechas variables entre los años 1981 y 2006, actualizados con mediciones de campo con GPS. Se identificaron 300 glaciares con el código numérico correspondiente a la numeración del libro *Inventario de glaciares*. Se superpuso un modelo de elevación de terreno con un espaciado de 100 metros sobre el terreno. Se evaluaron los cambios multitemporales sufridos por los glaciares, figura 20.

Trabajos operativos

En el área de seguridad y defensa territorial, los trabajos del CSR están dirigidos a prestar soporte técnico a los distintos programas operativos que llevan adelante los organismos de la Fuerza Aérea argentina y otras Fuerzas de Seguridad del Estado Nacional.

El CSR realiza trabajos operativos en apoyo a organismos y operativos de la Fuerza Aérea argentina, cumplimentando requerimientos de la superioridad, a través de la provisión imágenes satelitales para distintas aplicaciones: apoyo al vuelo, planificación de misiones, elaboración y actualización de cartografía aeronáutica, entre otras.

Las actividades de carácter operativo que realiza el CSR están relacionadas con la preparación de las imágenes para su utilización en las distintas aplicaciones. Las tareas de procesamiento operativo de imágenes satelitales son:

- Georeferenciamiento de imágenes en base a cartas o datos GPS.
- Fusión de bandas *Landsat* para mejoramiento también de la resolución espacial.
- Georeferenciamiento de cartas aeronáuticas digitalizadas.
- Generación de mosaicos de imágenes.
- Generación de mosaicos de datos de elevación de terreno de georeferenciamiento.
- Generación de productos en diversas proyecciones cartográficas y formatos.
- Generación de una base de datos geoespacial para usos operativos, figura 21.

Los productos generados en los trabajos operativos tienen aplicación y destino específico:

- Procesamiento de imágenes para la confección de cartografía para búsqueda y rescate
- Procesamiento de imágenes para apoyo de la cartografía aeronáutica para operaciones aéreas.
- Procesamiento de imágenes satelitales actuales también con fines de instrucción.

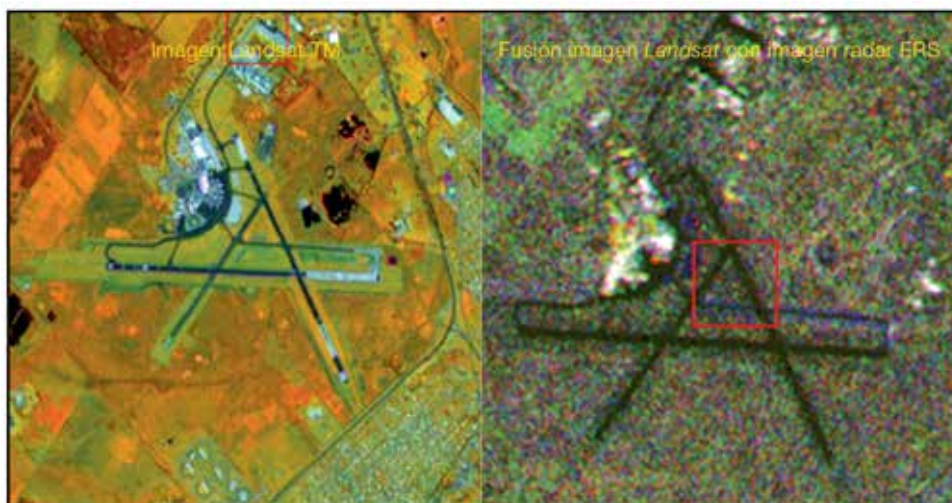


Figura 21. — Aeropuerto Ezeiza.

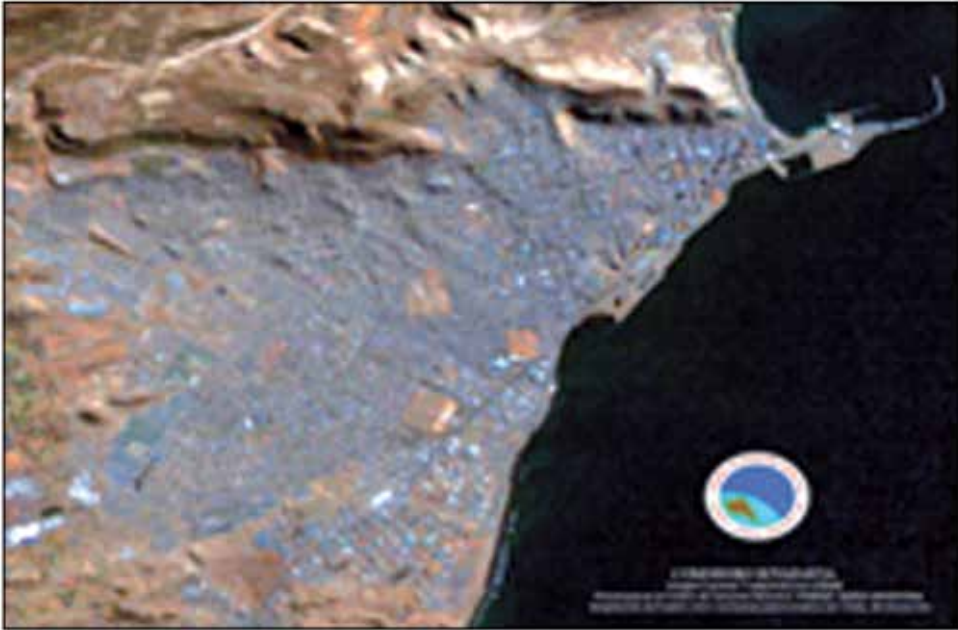


Figura 22.— Comodoro Rivadavia fusión con banda de mayor resolución Landsat TM.

- Procesamiento de imágenes actuales para la detección de pistas de aterrizaje clandestina en áreas de difícil acceso cercanas a las zonas de frontera.
- Cartografía satelital actualizada para simuladores de vuelo de aviones de entrenamiento y combate.
- Generación y administración del Sistema de Información Geográfica de la Fuerza Aérea Argentina (SIGFAA), figura 22.

EL SIGFAA

El SIGFAA tiene por finalidad cubrir las necesidades de planeamiento a través del análisis geoespacial de la información y la generación de cartografía base para la elaboración de productos temáticos y para la toma de decisiones a nivel estratégico, operativo y táctico, figura 23, p. 136. El *software* utilizado es el *gvSIG*, de código abierto (*open source*); el mismo dispone de herramientas para la visualización y navegación de la información espacial, y es capaz de trabajar con las extensiones más comunes, incluyendo formatos raster y vectorial, base de datos geoes-

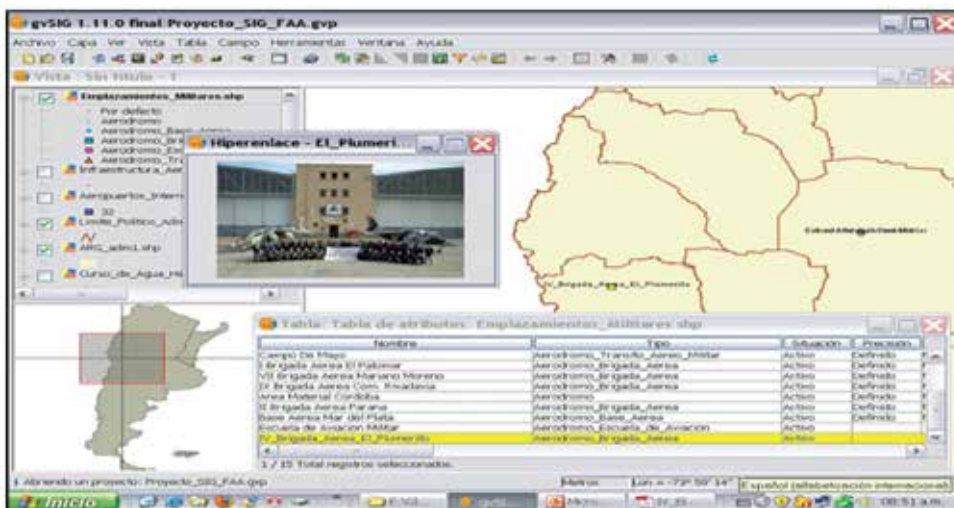


Figura 23.— Representación del SIGFAA.

paciales y los estándares de servicios remotos del OGC (*Open Geospatial Consortium*): WMS (*Web Map Service*), WFS (*Web Feature Service*), WCS (*Web Coverage Service*), Servicio de Catálogo y Servicio de No menclator, asegurando así la interoperabilidad entre los sistemas. Al ser

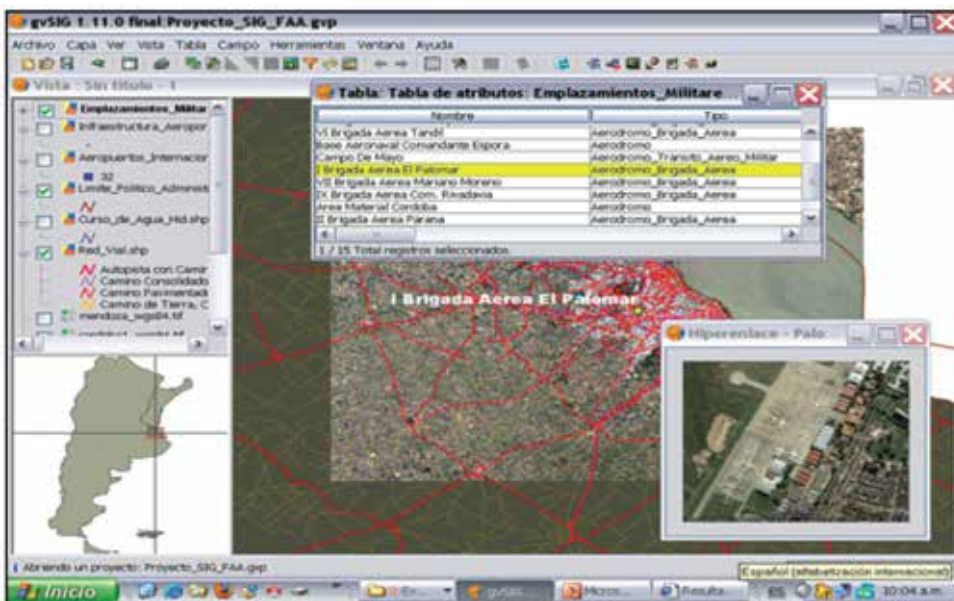


Figura 24.— Proyecto cartográfico.

un *software* libre, no tiene costo de adquisición ni de mantenimiento, figura 24.

El CSR, como Centro de consolidación SIG, actúa como administrador, creando una base de datos geoespacial, la que es alimentada con los datos geográficos proporcionada por cada unidad operativa y por la información geográfica (raster y vectorial) ya existente en el CSR en imágenes satelitales y radar, cartografía aeronáutica, trabajos de investigación, etc.

El objetivo final es que cada unidad operativa logre generar sus propios productos derivados del Sistema de Información Geográfica, figura 25.

El CSR está en condiciones de generar Cartografía Aeronáutica Visual (VFR) para uso militar, a escalas 1:1.000.000 y 1:500.000 en soporte digital y en soporte papel, dependiendo siempre del tipo de requerimiento operativo.

Para ello se ha generado el *Manual de procedimientos específicos para la generación de cartografía aeronáutica* y el *Manual de especificaciones técnicas y de calidad*, los que establecerán las bases técnicas para la producción de cartografía aeronáutica a partir de la definición de los datos fundamentales y temáticos organizados en base a normas y estándares internacionales (ISO/TC 211 serie 19100) y empleo de bases de datos geográficas comunes, figura 25.



Figura 25. — Sistema de Información Geográfica.

Capacitación

El CSR realiza anualmente cursos de diferentes especialidades para el personal militar de las Fuerzas Armadas y las Fuerzas de Seguridad con el propósito de difundir el conocimiento de esta poderosa herramienta de exploración y reconocimiento.

También se dictan cursos internos de perfeccionamiento en los distintos programas y metodologías de procesamiento de imágenes y Sistema de Información Geográfica, con el fin de incrementar los conocimientos y capacidades del personal, figura 26.

Los cursos regulares que se desarrollan son:



Figura 26.— Estación Espacial Receptora «Mar Chiquita»-ANTENANOAA.



Figura 27. — Imágenes NOAA.

- Curso de Radar de Apertura Sintética y sus Aplicaciones. Duración 50 horas, 30 cursantes, 15 oficiales y suboficiales de la Fuerzas Armadas y 15 invitados de otras Fuerzas Armadas y de Fuerzas de Seguridad e instituciones, se dicta desde el año 1993.
- Curso de Sensores Multiespectrales. Otorga subespecialidad avanzada a cabos y cabos primeros de la especialidad sensores de imagen, duración: 90 horas, se dicta desde el año 2006.
- Curso de Sensores Aerotransportados (para suboficiales subalternos). El CSR tiene capacidad profesional y organizativa para elaborar y dictar cursos requeridos por demandas específicas en todos los campos relacionados con la teledetección, tanto de sistemas ópticos como radar, aerotransportados o satelitales.

Subcentro Estación Espacial Receptora «Mar Chiquita»

La Estación Espacial Receptora «Mar Chiquita» recibe en forma regular datos del satélite NOAA y está abocado al desarrollo de Sistemas de Recepción Satelitales multipropósito y algoritmos de generación de imágenes para posibilitará la recepción de imágenes de otros satélites-sensores como el MODIS, figura 27.

A través convenios de colaboración realizados con la Universidad Nacional de Mar del Plata, colabora y brinda asistencia técnica para la utilización de estas imágenes en proyectos de investigación sobre los recursos y medio ambientes regionales.

En particular, con el Centro de Geología de Costas de la facultad de Ciencias Exactas, el Subcentro lleva adelante trabajos en los siguientes temas:

- Estudios de erosión costera.
- Mapas de valor conservativo reserva Mar Chiquita.
- Desertificación en la zona central del país.
- Humedales en zonas costeras.

Acerca de los vehículos estratosféricos no orbitales

Aspectos generales a considerar

El alcance pretendido para este tipo de proyecto es proveer al Estado de una plataforma que situada en niveles estratosféricos, permita reemplazar a través de una red de procesamiento distribuido, de servicios similares a los que ofrecen algunas constelaciones de satélites, en lo referido a comunicaciones, control del espectro electromagnético, información por imágenes (visuales, infrarrojas, multiespectrales, etc.), así como otros empleos que pudieren surgir.

VENO es un concepto de evolución a partir de los actuales desarrollos de vehículos no tripulados hasta un ingenio que permita trabajar de manera similar a un satélite, pero dentro de la alta atmósfera (aproximadamente 25 a 30.000 metros), a partir de un vehículo no tripulado de muy alta cota, con capacidad de operar entre tres a seis meses operando cargas pagas superiores a los 200 kilogramos.

Los VENO están previstos para que su propulsión sea a través de energía limpia (solar y celdas de hidrógeno). Actualmente existen las tecnologías para este tipo de desarrollo pero cuentan con deficiencias de rendimiento, particularmente en lo referido a sistema de propulsión, que se estima serán superados en el próximo lustro.

Este título intenta ordenar, los esfuerzos de coordinación en las diferentes áreas de conocimiento, que en primera instancia se entiende componen el proyecto. Entendiendo que en muchas de ellas existen antecedentes de desarrollos y organizaciones que permitirían obtener un adecuado punto de partida, debiéndose centralizar los esfuerzos en la organización de los mismos en un programa de innovación.

La temática de las cargas útiles no constituye un eje de trabajo inicial hasta tanto la plataforma se encuentre en un mayor grado de maduración, pero a los efectos de dar una idea de la potencialidad de este tipo de desarrollos la carga útil para estos dispositivo sería de tecnologías ta-

les que permitiera obtener información en diferentes bandas, brindando numerosos servicios no sólo a la Defensa, sino además a todo lo relacionado con agricultura, aguas, plagas y soporte de diferentes actividades del quehacer productivo.

Las tecnologías que se aprecia se encuentran vinculadas al desarrollo, son: procesamiento de señales, fusión de datos, integración de sistemas, sensores activos y pasivos, desarrollo de *software*, desarrollo y gestión de proyectos, ingeniería de confiabilidad, ensayos y homologación, estructuras, diseño aerodinámico, Sistemas de Energía-Propulsión, Telemetría y Telecomando, Sistema de Seguimiento y Corrección de Posición, carga útil, física de la atmósfera, inteligencia artificial.

Acerca de las implicancias del desarrollo

Básicamente VENO propende a desarrollar capacidades de vigilancia y reconocimiento desde la alta atmósfera, a través de la ubicación de los mismos sobre posiciones estacionarias por periodos superiores a los cuatro meses, con capacidad de operar con múltiples tipos de sensores, cargas Sistemas de Inteligencia de Señales (SIGINT), sistemas de comunicaciones y otros.

En el plano legal y de las relaciones internacionales, contribuye a entablar un debate acerca del concepto de estado volumétrico, desde el punto de vista de la ocupación permanente por parte del Estado de la franja estratosférica con fines de servicio público y seguridad.

En síntesis, algunos de los aspectos rectores que debiera esbozarse en un escenario de evolución a través de la alta atmósfera, con capacidad residual para la Defensa Nacional depende de:

- Desarrollar VENO, incluyendo las configuraciones para las diferentes misiones que se le asignen.
- Desarrollar la legislación que permita la evolución en la alta atmósfera.
- Desarrollar una administración que permita la prestación de los servicios así como el control guiado y mantenimiento de los vehículos.
- Estos aspectos configuran los básicos para permitir consolidar las capacidades y operaciones de exploración y reconocimiento, inteligencia, guerra electrónica así como comando y control, a la vez que otorga un alto potencial para otras tareas relacionadas con agricultura, ganadería y pesca, control de incendios, inundaciones, defensa civil, ayuda humanitaria, polución, radiofrecuencia, control del espectro

electromagnético, seguridad y navegación aérea, u otras que surgieran como consecuencia del desarrollo social durante todo el proceso.

Aporte del desarrollo en los ámbitos no terrestres de la guerra futura

La guerra futura será una heredera de la problemática de indivisibilidad del aeroespacio, en tal sentido y de continuarse con las actuales conductas de los países beligerantes, se mantendría el respeto a las soberanías nacionales, no obstante el espacio exterior, no se encuentra incluido dentro de este concepto, sí la estratosfera, ello le da al Estado aún en un conflicto que afecte al los servicios del espacio exterior, el Estado mantendría la capacidad de: detección de intrusiones, auxilio a la seguridad aérea, Sistema CyC, direccionamiento de fuerzas, alerta temprana, entre otras, figura 28.

Un aspecto singular de este Sistema, lo constituye el cambio que reportaría a la funcionalidad del Estado, ya que la estratosfera, se encontraría ocupada de manera permanente con fines exclusivos de servicio público y de seguridad. Ello es posible a la luz de las actuales legislaciones para uso del espacio aéreo, pero debiera ser reforzada en el nivel internacional, ya que este tipo de dispositivos ocupan áreas de manera permanente.

Finalmente, la implementación de un servicio de estas características, puede convertirse en competidor de los satélites también por las siguientes razones:

- No requiere los costos de hundido por lanzamiento que signifiquen el empleo de inyectores satelitales (de 10.000 a 30.000 dólares por kilogramos de carga puesta en órbita) (15).
- Se encuentra dentro del área de soberanía nacional reconocida internacionalmente, por ello en caso de existir una amenaza contra ingenios espaciales, estos no serían afectados.
- Su servicio y cobertura son permanentes, ya que no se encuentra órbita, sino estacionario en un área definida, cuya capacidad se extiende al trabajar en red con el resto de los VENO del Sistema.

(15) OBERG, James E.: «Teoría del Poderío Espacial (Space Power Theory)», imprenta del Gobierno Estados Unidos, Washington, D.C. 1999. *Air & Space Journal* (español cuarto trimestre 2000, BARRY, Jhon L. mayor general (SEL) (USAF) y HERRIGES, Darle L.: coronel (USAF): *Integración del aeroespacio no a la separación, Air & Space Power Journal-Español*, cuarto trimestre de 2000.

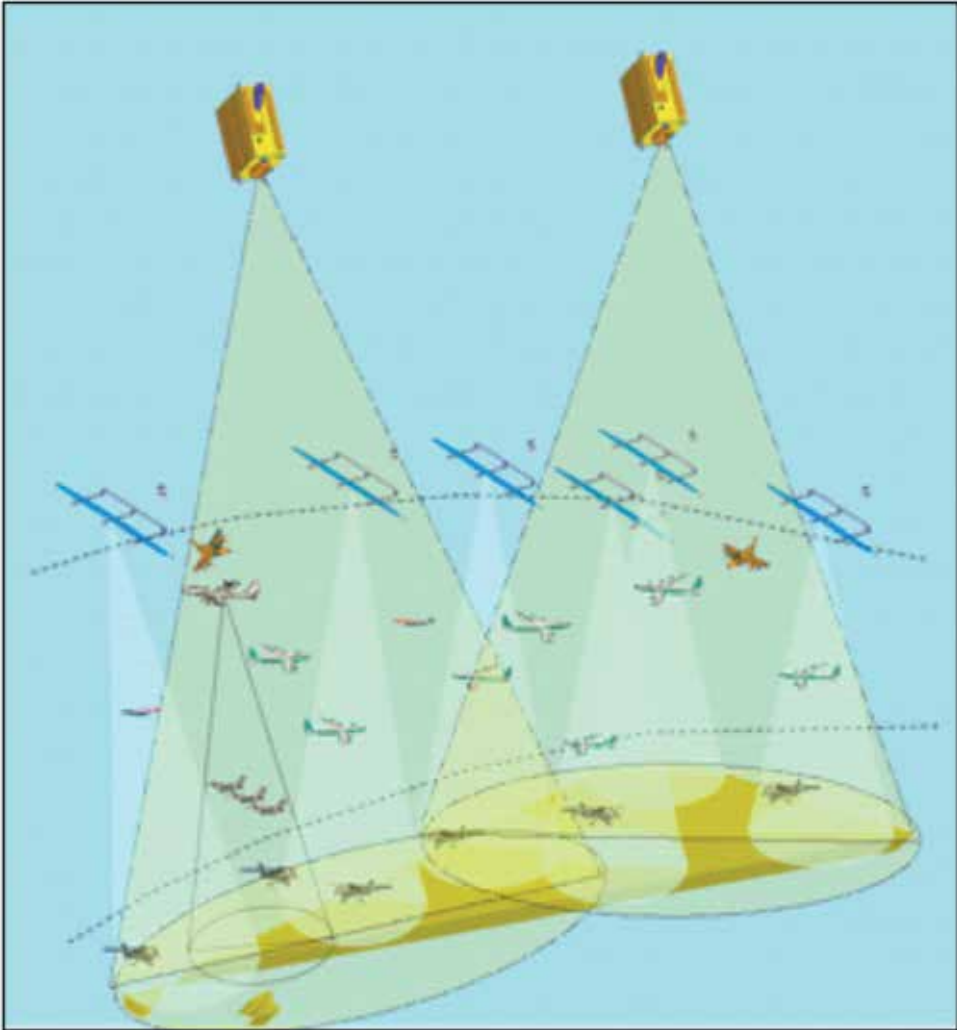


Figura 28. — Ilustración que modelo ISR con soporte tecnológico de la Defensa.

Situación

Este tipo de proyectos se encuentran actualmente transitando sus primera etapas, consistentes en la integración de las áreas de cocimiento requeridas, ya que se trata de un vehículo de características no convencionales, particularmente en lo referido a su escenario operacional y sistema propulsivo, ambos con fuertes requerimientos de investigación tanto en lo referido a modelos atmosféricos, así como en lo relativo a

las fuertes radiaciones a que son sometidos los materiales en el área de operación.

Algunas de las ventajas que permite este desarrollo son:

- Emplea una franja de la atmósfera hoy no explotada.
- Permite brindar un servicio similar al de los satélites de órbita baja.
- Se trata de un proyecto de características duales, que asegura un adecuado ejercicio de la soberanía, sin posibles interferencias externas y con aplicaciones en agricultura, ganadería y pesca, control de incendios, inundaciones, defensa civil, ayuda humanitaria, contaminación, radiofrecuencia, control del espectro electromagnético, seguridad y navegación aérea y requerimientos propios de la Defensa Nacional.
- Es un desarrollo de largo plazo con innovaciones de vanguardia.
- Llevar este proyecto adelante resulta en un desafío para y alcanzarlo implica numerosas tecnologías, multiplicidad de disciplinas, estudios y desarrollos orientados hacia su logro, que lo convierten necesariamente en un programa interesante desde el punto de vista estratégico
- Las características de proyectos tendientes a evolucionar a través de la alta atmósfera, hoy son poco conocidas en el mundo, más allá que se pueden encontrar numerosas experiencias aisladas que permitirían una más rápida evolución.

Aspectos a considerar en el plano de las tecnologías concurrentes

El proyecto VENO, apunta al desarrollo de una aeronave no tripulada que pueda evolucionar en forma segura y controlable en zonas de la atmósfera comprendidas entre 25 y 30 kilómetros de altitud, manteniendo siempre una posición casi estacionaria durante largos periodos de tiempo (tres-seis meses), que permita explotar empleos en las áreas de comunicaciones, imágenes de espectro visual e infrarrojo, sistema de aumentación en forma similar a la tecnología satelital.

Las particulares condiciones de la atmósfera a esa altitud, exigirá la adopción de soluciones no convencionales prácticamente en todas las áreas involucradas, generando numerosos temas de investigación e innovación tecnológica de nivel superior, desarrollo de recursos humanos de grado doctoral, modernización de laboratorios, formación de redes de conocimiento a nivel nacional, trabajo en equipo multidisciplinarios e interuniversitarios, etc., aportando en suma un salto cuántico en el conocimiento de temas estratégicos de aplicación dual.

A modo de síntesis, se señalan algunas de las disciplinas concurrentes a este desarrollo.

ESTRUCTURAS

El entorno de vuelo seleccionado requiere de configuraciones de baja carga alar, gran alargamiento, elevada relación de planeo, mínimo gasto de energía por resistencias parásitas, extremo bajo peso, en simultáneo con una resistencia estructural suficientemente alta como para soportar el ascenso hasta la altura operacional.

Lo anterior implica el uso de materiales compuestos, aunque la alta exposición a radiación UV, exigirá el desarrollo de pinturas protectoras que retarden la degradación de la estructura con el tiempo (nanotecnología).

Un aspecto que se muestra particularmente amenazante en este tipo de configuraciones, son los relacionados con los fenómenos aeroelásticos, por lo que esta temática generará importantes temas de análisis, modelización numérica, simulación, etc.

Otra área importante en el diseño de la configuración es la de transferencia de calor, en donde se requiere lograr un adecuado balance térmico compatible con el funcionamiento del equipamiento de abordaje, tanto de día como de noche.

DISEÑO AERODINÁMICO

Debido a que la aeronave es de baja carga alar, alto alargamiento y vuelo a altitudes extremas, la misma se categoriza por un régimen de números de Reynolds inusualmente bajos, lo que exigirá la investigación de estas fronteras que a la luz de la aerodinámica convencional se consideran situaciones anómalas.

No se descarta, tanto en el área de diseño estructural, material y aerodinámico, convocar a grupos de investigadores de ciencias biológicas, a fin de analizar soluciones por similitud que las propias adaptaciones de la Naturaleza han brindado a especímenes vivientes voladores.

SISTEMAS DE ENERGÍA-PROPULSIÓN

La energía disponible será el Sol, por lo que el diseño global del Sistema deberá permitir acomodar la suficiente cantidad de celdas de energía solar que haga posible el vuelo durante el día, al tiempo de

acumular hidrógeno (como disociación de moléculas de agua), el que será utilizado durante la noche en celdas de combustible para la generación de corriente eléctrica, que alimente los motores de propulsión, carga útil y sistemas asociados, para la manera de mantener un ciclo continuo.

De lo anterior surge la necesidad de obtener el mayor rendimiento posible de las celdas fotovoltaicas, así como del resto de los sistemas involucrados (motores *brushless*, hélices, sistema de disociación de la molécula de agua, almacenamiento de hidrógeno, celdas de combustible, etc.), de manera tal de colaborar con la obtención de un balance de energía entre la generación y el gasto levemente positivo, que nos permita mantener ciclos prolongados de vida.

Como en todo proyecto aeronáutico, el peso interviene fuertemente en la eficiencia global, por lo que algunos sistemas ya desarrollados para uso terrestre, deberán ser reformulados para su adecuación en este ámbito.

VUELO NO TRIPULADO

Esta característica exige la incorporación de un piloto automático, sistema de control y computadora de navegación, que permita el vuelo programado desde el despegue hasta la posición asignada de operación. Es necesario tener en cuenta que para llegar a la altura operacional, se deberán atravesar capas de la atmósfera con actividades convectivas, turbulencia y vientos de intensidades variables, por lo que la programación del vuelo y su oportunidad demandarán importantes planificaciones previas, ensayo frecuente de las condiciones atmosféricas presentes, instalación de acumuladores de energía descartables para las etapas de vuelo en ascenso, análisis de riesgo, trayectografía, emergencias, etc., que en conjunto constituyen un área de estudio e investigación de gran envergadura.

TELEMETRÍA Y TELECOMANDO

Como toda aeronave no tripulada, es necesario conocer en tiempo real todos los parámetros que hacen al vuelo, posición y funcionamiento de cada subsistema, por lo que será necesaria la integración de un transmisor de telemetría que brinde esta información. Paralelamente, un receptor de telecomando permitirá el control manual de la aeronave cuando condiciones particulares así lo exijan, incluyendo emergencias.

Sistema de Seguimiento y Corrección de Posición. A los efectos de posicionarse en el espacio y mantener una coordenada preestablecida, el sistema de navegación necesita de referencias geodésicas con actualizaciones frecuentes (GPS, uno de los más difundidos). Sin embargo, se analiza el uso de un radar de trayectografía (por ejemplo, VITRO 778C), que mediante el desarrollo de un *software* específico, permitiría cubrir íntegramente el seguimiento y corrección de posición, con total independencia del GPS u otro sistema similar.

CARGA ÚTIL

La bodega para carga útil permitirá acomodar distintas cargas de acuerdo a la misión asignada. Se planifican entre otras:

- Imágenes en el espectro visual e infrarrojo digital (día-noche) giroestabilizada y georeferenciada.
- Antena repetidora de comunicaciones
- Comunicación y transpondedores.
- Otros.

FÍSICA DE LA ATMÓSFERA

El estudio de la atmósfera a la altura propuesta y en posiciones geográficas que se seleccionen como apropiadas para las misiones que se asignen, significa caracterizar el medio en donde se deberá evolucionar y sostener durante grandes periodos de tiempo. Se desprende entonces, que es de fundamental importancia esta fase de investigación, ya que definirá las condiciones de contorno para el diseño y dimensionamiento de todo el proyecto.

Un aspecto que se manifiesta de interés, son las posibles desviaciones causadas por el calentamiento global respecto a los valores históricos de los parámetros atmosféricos, que pudieran modificar sensiblemente las hipótesis hasta el momento adoptadas.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La complejidad casi extrema de los sistemas involucrados en este desarrollo, así como su autonomía y necesaria adaptabilidad, muestran oportuno recurrir a la aplicación de *Software Auto-Adaptativo (Self Adaptive Software)*, sistemas basados sobre conceptos como el de redes neuronales, que implica «la capacidad de evaluar su propio comportamiento

y alterarlo en consecuencia», tanto con la finalidad de introducir correcciones, como también para mejorar su rendimiento. Así, la computación adaptativa hará posible la adecuación del *software* a los numerosos cambios en su entorno.

PROCESAMIENTO DE SEÑALES

En general, puede afirmarse que todo desarrollo tecnológico que involucre procesos de telemetría, necesita de manera crucial de un procesamiento matemático específico de la señal obtenida como resultado de la medición. Este tratamiento matemático, permite reducir notablemente las componentes espurias inherentes a todo proceso de medición real, las cuales son generadas por diferentes fuentes de *ruidos*.

Cabe destacar que la teoría de tratamiento de señales, provee un variado espectro de métodos de filtrado, en concordancia con el tipo de *ruido* que puede estar afectando al proceso de medición real.

A modo de ejemplo puede mencionarse el filtro de Kalman, cuyo uso se encuentra muy difundido en procesos de guiado, navegación y control. Este tratamiento logra una notable reducción del *ruido* en la medición, si se dispone de un modelo confiable del sistema físico que genera la señal que se desea medir. También citaremos *Wavelets*, filtros apareados, métodos de coherencia y correlación cruzada, métodos estadísticos Bayesianos, métodos de semicoherencia análisis estocástico, simulación de Montecarlo, entre otros

Conclusiones

«El poderío espacial es tan importante para la Nación como lo es el poderío terrestre, naval y aéreo» (16).

«Acceso irrestricto al espacio y el uso del mismo es esencial para proteger la seguridad nacional de Estados Unidos» (17).

(16) Ministro de Defensa, William Cohen: *Informe Anual al Presidente y el Congreso (Annual Report to the President and the Congress)*, pp. 7-1, imprenta del Gobierno, Washington, D.C., 1998.

(17) La Casa Blanca: *Una Estrategia de Seguridad Nacional para el nuevo siglo (A National Security Strategy for a New Century)* p. 25, imprenta del Gobierno, Washington, D.C., 1998.

«Es importante prestar atención a las advertencias del comandante del Comando Espacial de Estados Unidos de que los sistemas espaciales de nuestra nación son “un objetivo muy tentador para las operaciones de terrorismo o de militares adversarios”» (18).

Acerca del espacio como ámbito de la guerra futura

A lo largo del presente capítulo, se ha tratado una serie de aspectos que hacen a la problemática de la guerra futura en los ámbitos no terrestres, más allá del tratamiento del conflicto armado, el espacio, hoy constituye un ámbito de potencial conflicto, pese a ser una zona de paz internacional, tal conclusión surge de lo expresado por diferentes fuentes y fundamentalmente en relación con la alta densidad de tráfico, la cual en tiempos recientes se ha constituido en una cuestión de dominio público, en razón de los reingresos que se producen al planeta de vehículos orbitales.

El espacio es uno de los ambientes críticos para las operaciones militares actuales y futuras, ya que en él operan los sistemas de información y apoyo que hacen viables operaciones y comunicaciones, en tal sentido la defensa debe asegurarse contando con vehículos espaciales (satélites con diferentes capacidades ISR, comunicaciones, posicionamiento, etc.), capacidad de acceder al espacio, disponibilidad de órbitas para su tarea, soporte legal y seguridad para los activos de comando y control en tierra. Todo ello resulta en un complejo conjunto de elementos de alta tecnología y valor que permita la supervivencia en el espacio exterior. Se estima que el próximo paso en la actividad espacial de la Defensa será asegurar la supervivencia de los activos espaciales y establecer un orden más rígido en el empleo del espacio controlado.

Acerca de la historia de la actividad espacial argentina

La atracción natural del hombre por alcanzar el espacio se encuentra más allá de los intereses de los Estados, ello hace de la actividad espa-

(18) BARRY, John L. mayor general (SEL) (USAF) y HERRIGS, Darrel L. coronel (USAF): «Integración del espacio, no la separación», *Air & Space Power Journal-Español*, cuarto trimestre de 2000. General Richard B. Myers, comandante del Comando Espacial de Estados Unidos, en comentarios ante la Fundación Espacial de Estados Unidos, Colorado Springs (Colorado), 7 de abril de 1999.

cial un anhelo propio del género humano, y dadas las características del medio su restricción resulta difícil.

La inclusión de la Defensa en la actividad espacial resulta inherente a la capacidad operacional del instrumento militar pretendido, por ende la política del Estado debería tender a su regulación y legislación.

Como corolario de esta introducción podemos afirmar que la obtención de la tecnología espacial es tan complicada como la nuclear, y que los países que dominan la tecnología espacial han hecho lo imposible para conservar el monopolio del conocimiento, básicamente trabando la exportación del *know how* y de sistemas que posibiliten desarrollos semejantes en los países menos avanzados.

Los cohetes sonda tienen valiosas aplicaciones, pero además son muy útiles para el desarrollo y testeo de instrumentos, la formación de recursos humanos, a la implementación de programas relativamente económicos de estudios de la atmósfera, etc. Por estas razones el desarrollo de una familia de cohetes sonda es casi la etapa inicial obligada de todo proyecto que apunte a un lanzador satelital.

Acerca de los activos espaciales

Las tecnologías no resultan buenas o malas en sí mismas, sólo son herramientas para alcanzar fines y objetivos, sólo pueden ser penalizables las intenciones que se persiguen con su empleo.

La situación actual pone sobre la mesa el tratamiento la disyuntiva de si existen o no dispositivos militares en el espacio exterior. La realidad es que en la medida que dichos dispositivos no sean armas en sí mismos, sólo constituyen herramientas que entregan un servicio, independientemente de las intenciones o del uso del mismo.

La búsqueda de tecnologías de procesamiento y operación distribuida en pequeños satélites, constituye una de las posibles formas de reducir costos y crecer de manera sistemática y modular a través de la colocación de dispositivos *Just in Time* que incremente la capacidad general de procesamiento de los activos espacial.

Los pequeños satélites con capacidad de mantenerse en órbita a través de motores de plasma, constituyen una oportunidad para la consolidación del proceso, distribuido en una constelación de satélites.

La única soberanía que se prevé en el espacio es la de los vehículos y su capacidad para sostenerse y protegerse a sí mismos y a su órbita.

*Acerca del empleo del aeroespacio
en el ámbito de la Defensa*

Los Estados que pretendan óptima explotación de los tiempos de reacción, maximizando la Capacidad de Alerta Estratégica, debieran prever una fuerte integración de sus medios aeroespaciales al Sistema de la Defensa.

El aeroespacio como ámbito operacional y las características de los medios que en él operan, constituye el campo más adecuado para el ejercicio de la disuasión que un Estado posee ante diferentes amenazas.

El espacio exterior constituye un área de oportunidades para la humanidad. Su organización y explotación, estimamos se iniciará en la presente década, cuestión que puede afectar el concepto operacional de algunas fuerzas en relación al concepto de aeroespacio.

El aeroespacio aglutina tres modelos (operacional, ISR y ciberespacial) y un Sistema CyC que resultan esenciales a la explotación del poder aeroespacial.

Existe una región del aeroespacio (la estratosfera), que aguarda su momento en los progresos de la tecnología, para convertirse en el punto fuerte de explotación de capacidades ISR, comunicaciones y otras por parte de un Estado que vea truncada su capacidad de acceso al espacio.

El empleo del aeroespacio constituye la opción de obtención de alerta temprana más adecuada, cuando existe por parte de los Estados una actitud estratégica defensiva.

La incorporación de la capacidad satelital a la Defensa permite incrementar la capacidad de comando y control de la Defensa, posibilitando un importante avance en todos los aspectos relacionados con la interoperabilidad de los Sistemas de CyC y el accionar en tiempo real, proporcionando, de esta forma, un salto cualitativo en el manejo de las operaciones militares.

Acerca de los sistemas de aumentación

Las redes de aumentación son sistemas de Defensa con capacidad concreta de extrapolarse al campo civil y comercial (es decir, potencialidad dual).

La existencia de un receptor universal no se ha generado en forma concreta por el momento por la enorme masa de usuarios que utilizan los sistemas actuales y los que se colocarán en órbita hacen pensar que los factores de poder concurrentes tienen todavía un largo camino por delante. Existen organismos internacionales que buscan este acuerdo, pero no han llegado a una concreción del esfuerzo que pueda decirse significativa.

Las estaciones denominadas totales de uso geodésico (y elevado costo) pueden ser adaptadas para poder conformar un primer segmento operativo de una red de aumentación, con lo cual existe una disminución de costo y despliegue al usuario que ya podría servir como primer escalón de servicio. Éste, desde ya, deberá ser potenciado gradualmente de acuerdo al nivel de decisión político que se adopte para llevar a buen puerto una iniciativa como la mencionada ya que en sí mismas no configuran una red de aumentación, pero sí un principio.

No existen en Latinoamérica redes de aumentación públicas específicamente orientadas a la provisión masiva de servicios militares y civiles, sino solamente provisión de servicios rentados de algunas empresas de Estados Unidos que disponen de estaciones terrestres fijas en varios países y operan comercialmente para determinados usuarios (especialmente para la prospección de recursos hidrocarbúricos). Es muy probable que esta gama reducida de uso esté extendida a la comunidad de inteligencia de varias potencias mundiales, particularmente a zonas en donde los recursos naturales puedan plantear una riqueza *defendible* por las mismas, pero no existe constancia concreta de lo expuesto. De cualquier forma, *todos* los recursos naturales son localizables geográficamente con un altísimo grado de precisión al usarse estas tecnologías.

Una red terrestre de aumentación disminuye muy especialmente la vulnerabilidad al medio espacial, y su concepción y uso no implican dejar de lado el segmento espacial (es decir, los satélites). En el mejor de los casos se trata de un sistema de arquitectura compuesta. En este panorama el segmento espacial no tiene necesariamente que estar compuesto por satélites de órbitas medias, ni de costos siderales (existen antecedentes de esto último en Israel).

La percepción a nivel de ingeniería hace pensar en que una red de aumentación puede tener muchas formas diversas de radiodifundir la información, con lo cual los receptores deberán necesariamente operar en

varias frecuencias distintas, con lo cual es necesario la conformación de una ingeniería de detalle acorde para poder absorber en primera instancia a los usuarios más necesitados, y luego en un segundo o tercer paso las restantes estructuras de uso.

Acerca de la explotación de la información

La información espacial sólo es útil cuando existe una compleja red de explotación de la misma, su línea base se encuentra en el desarrollo de CSR.

Aún sin activos espaciales, la capacidad de operación de CSR, permite la adecuada explotación de información obtenida por activos espaciales no propios.

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS UTILIZADOS

AES: Agencia Espacial Suramericana.

BOL: Vida Útil.

CELPA: Centro de Experimentación y Lanzamiento de proyectiles Autopropulsados.

CIA: Centro de Investigaciones Aplicadas de las Fuerza Aérea argentina.

CIC: Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

CIDEM: Centro de Investigación y Desarrollo Espacial Mendoza.

CIOP: Centro de Investigaciones Ópticas de la Provincia de Buenos Aires.

CITEDEF: Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa.

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica.

CNIE: Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales.

CONAE: Comisión Nacional de Actividades Espaciales.

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

CSR: Centro de Sensores Remotos.

CyC: Sistema de Comando y Control.

DGFM: Dirección General de Fabricaciones Militares.

ESA: Agencia Espacial Europea (*European Space Agency*).

FFMM: Fabricaciones Militares.

FMA: Fábrica Militar de Aviones (hoy FAdeA).

GE: Guerra electrónica.

GICOR: Grupo de Identificación y Control Remoto.

GNSS: Sistemas Globales de Navegación por Satélites (*Global Navigation Satellite Systems*).

GPS: Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System*).

ICTE: Instituto Civil de Tecnología Espacial.

IDEA: Instituto de Experimentaciones Astronáuticas.

I+D: Investigación y Desarrollo.

IIAE: Instituto de Investigación Aeronáutica y Espacial.

INSTITUTEC: Instituto Aeronáutico.

ISR: *Intelligence Surveillance and Rescue*.

ISS: Estación Espacial Internacional (*International Space Station*).

LEIC: Laboratorio de Electrónica Industrial Control e Instrumental.

LEO: Óptica Baja.

MAB: Programa *Man and the Biosphere* de la UNESCO.

MTCR: Régimen de Control de Misiles.

NASA: Administración Nacional del Espacio y la Aeronáutica (*National Aeronautics and Space Administration*).

OGC: Consorcio Abierto Geospacial (*Open Geospatial Consortium*).

ONALAR: Observatorio Nacional de La Rioja.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

OSSA: Comisión Espacio de las Naciones Unidas (*Committee on the Peaceful Uses Of Outer Space*).

PRADAS: Programa de Recolección Autónoma de Datos Ambientales mediante Satélites.

SA: Sociedad Argentina Interplanetaria.

SAS: *Software* Autoadaptivo.

SAR-ISAR: *Surveillance and Rescue-Intelligence Surveillance and Rescue*.

SIGINT: Sistema de Inteligencia de Señales.

SIGFFAA: Sistema de Información Geográfica de la Fuerza Aérea Argentina.

SRTM: Misión Topográfica Radar del Transbordador Especial.

UNASUR: Unión de Naciones Suramericanas.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*).

UTI: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

URSS: Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

VENO: Vehículo Estratosférico No Orbital.

VFR: Cartografía Aeronáutica Virtual.

WCS: Servicio de Cobertura de la WEB (*Web Coverage Service*).

WFS: Característica de servicio de la WEB (*Web Feature Service*).

Anexo.— Hitos de la República Argentina en el espacio.

Fecha	Hitos
Agosto de 1947	Se crea la División de Proyectos Especiales del INSTITEC para investigación de vehículos teledirigidos y motores cohetes.
Años de 1947-1948	Se desarrolla un motor cohete de combustible líquido, el AN-1 para impulsar un aeromóvil, llamado <i>Tábano</i> . Fue construido por el Instituto de Investigaciones Científicas de las Fuerzas Armadas bajo la dirección y proyecto del ingeniero don Ricardo Dyrgalla.
20 de octubre de 1949	Prueba del motor cohete líquido AN-1 con cámara de combustión con camisa de refrigeración regenerativa.
2 de febrero de 1961	El INSTITEC efectúa su primer lanzamiento de un cohete construido en el país. Es a su vez uno de los primeros de Suramérica. Se trata de un cohete para investigaciones meteorológicas <i>Alfa Centauro-Apex 01</i> , lanzado desde la pampa de Achala, con resultados altamente satisfactorios.
27 de junio de 1961	Es creado el CEPAL.
30 de septiembre de 1961	Primer lanzamiento de un cohete de dos etapas, el <i>Apex-A1-S2-015 Beta Centauro</i> , desde la pequeña base de «Santo Tomás» de la Fuerza Aérea argentina, situada en pampa de Achala, provincia de Córdoba.
13 de octubre de 1961	El INSTITEC efectúa su segundo lanzamiento, de un cohete <i>Beta Centauro</i> con éxito.
10 de mayo de 1962	Lanzamiento de un cohete de la familia <i>Centauro</i> , con éxito.
15 de noviembre de 1962	Lanzamiento de un cohete <i>Gamma Centauro</i> , desde Chamental, con éxito.
27 de noviembre de 1962	Lanzamiento de un cohete <i>Centauro 30</i> , desde la base Chamental, finalidad: aeronomía, con éxito.
30 de noviembre de 1962	Lanzamiento de un cohete <i>Centauro 29</i> , desde la base Chamental, finalidad: aeronomía; con éxito.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
8 de diciembre de 1962	<i>Centauro 28Centauro 31Nube de SodioCentauro 35, Centauro 39,Gamma-Centauro, Proson M1Gamma CentauroCentauro 78,Centauro 79,Centauro 80,Nike</i>
9 de diciembre de 1962	<i>Cajun I 64-1,</i>
25 de mayo de 1963	
30 de mayo de 1963	
Agosto de 1963	
23 al 26 de agosto de 1963	
27 de julio de 1964	
4 de noviembre de 1964	
5 de noviembre de 1964	
6 de noviembre de 1964	
1 de diciembre de 1964	

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
4 de diciembre de 1964	Lanzamiento de un cohete <i>Nike Cajun I 64-2</i> , finalidad: aeronomía, con éxito.
6 de febrero de 1965	Se realiza por vez primera en el país, el lanzamiento conjunto y sincronizado de dos cohetes <i>Gamma Centauro</i> desde el CELPA y dos cohetes <i>Gamma Centauro</i> desde la base argentina Vicecomodoro Matienzo en la Antártida, pasando la Argentina a ocupar el tercer puesto entre las naciones que realizaron esta prueba desde regiones polares, después de Estados Unidos y de Rusia.
8 de febrero de 1965	Se vuelve a realizar, el lanzamiento conjunto y sincronizado de un cohete <i>Gamma Centauro</i> desde el CELPA y un cohete <i>Gamma Centauro</i> desde la base argentina Vicecomodoro Matienzo en la Antártida. La finalidad era el estudio de rayos X, resultado exitoso.
Septiembre de 1965	Lanzamiento de un cohete <i>Gamma Centauro</i> desde el CELPA La finalidad estudio de rayos X, resultado exitoso.
Octubre de 1965	Lanzamiento de un cohete <i>Orión 1 #1</i> desde el CELPA. La finalidad era su evaluación en vuelo, resultado exitoso.
25 de noviembre de 1965	Lanzamiento de cohete <i>Centauro 91</i> y cohete <i>Centauro 93</i> , desde la base CELPA Chemical, finalidad: aeronomía, con éxito.
27 de abril de 1966	Primer lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chemical, finalidad: mediciones de vientos, Programa Exametnet, carga útil de chaff.
18 de mayo de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chemical, carga útil de chaff y de otro cohete <i>Judi</i> , carga útil de termistor. Ambos para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
19 de mayo de 1966	Se produce en la fecha el primer lanzamiento del cohete <i>Orión II #1</i> , que alcanza la altura de 100 kilómetros, desde Chamental, en la provincia de La Rioja. Este artefacto fue diseñado y construido en el país.
15 de junio de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamental, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
13 de julio de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamental, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
14 de julio de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamental, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
Julio de 1966	Lanzamiento del cohete <i>Orión I #8</i> .
13 de agosto de 1966	Lanzamiento del cohete <i>Orión II</i> , desde la base CELPA Chamental, con una carga útil de 16 kilogramos logra un apogeo de 114 kilómetros.
17 de agosto de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamental, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos y temperatura.
Año 1966	Lanzamiento del cohete <i>Orión II #2</i> , lanzamiento del cohete <i>Orión II #3</i> .
8 de septiembre de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamental, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos y temperatura.
Septiembre de 1966	Lanzamiento del cohete <i>Orión II #4</i> .
14 de septiembre de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamental, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
21 de septiembre de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos y temperatura.
28 de septiembre de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
6 de octubre de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
13 de octubre de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
4, 7 y 9 de noviembre de 1966	Lanzamiento en la base de Wallops Islands (NASA) de tres cohetes <i>Orión II</i> argentinos, para evaluación de performances.
12 de noviembre de 1966	Da comienzo el 10 de noviembre de 1966 en Tartagal (Salta), la operación <i>Orión-Eclipse</i> , con motivo del eclipse total de Sol. Fueron lanzados tres cohetes <i>Orión II</i> , el 12 de noviembre de 1966 para el estudio del flujo de neutrones. Constituyó el aporte del IIAE al estudio del fenómeno mencionado y en el que estaban empeñadas numerosas instituciones del mundo. También se lanzaron un cohete <i>Arcas</i> y dos cohetes <i>Titus</i> , con éxito.
16 de noviembre de 1966	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil de termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: medición de temperatura.
18 de enero de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , a las 14:13 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: también mediciones de vientos.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
15 de febrero de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chemical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
21 de marzo de 1967	Lanzamiento del cohete con carga biológica (<i>Anastasio</i>).
12 de abril de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chemical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
17 de mayo de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , desde la base CELPA Chemical, carga útil termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
19 de mayo de 1967	Lanzamiento de un cohete, con carga biológica (<i>Celedonio</i>).
14 de junio de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , desde la base CELPA Chemical, carga útil termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
16 de agosto de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chemical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
30 de agosto de 1967	Lanzamiento de dos cohetes <i>Nike Apache</i> para estudios de la ionósfera. <i>Apogeos</i> de 222 kilómetros y 225 kilómetros.
6 de septiembre de 1967	Lanzamiento de un cohete <i>Centauro 143</i> , desde la base CELPA Chemical, finalidad: aeronomía; con éxito.
7 de septiembre de 1967	Lanzamiento de los cohetes <i>Centauro 92</i> y de <i>Centauro 144</i> , desde la base CELPA Chemical, finalidad: aeronomía; con éxito.
13 de septiembre de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chemical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
18 de octubre de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
15 de noviembre de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
13 de diciembre de 1967	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
14 de diciembre de 1967	Lanzamiento del cohete <i>Orión II</i> , desde la base CELPA Chamical, finalidad: estudio de rayos cósmicos, con éxito.
17 de enero de 1968	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , a las 17:25 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
24 de enero de 1968	Lanzamiento del cohete <i>Orión II</i> , desde la base CELPA Chamical, finalidad: estudio de rayos cósmicos, con éxito.
14 de febrero de 1968	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , a las 13:33 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
13 de marzo de 1968	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , a las 15:28 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos y temperatura.
20 de marzo de 1968	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , a las 16:00 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
27 de marzo de 1968	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , a las 15:58 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos y temperatura.
3 de abril de 1968	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , a las 13:39 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos.
10 de abril 1968:	Lanzamiento de cohete <i>Arcas</i> , a las 2:10 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil termistor. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos y temperatura.
16 de abril de 1969	Lanzamiento del cohete <i>Canopus 2</i> , finalidad: su evaluación tecnológica; con éxito.
17 de abril de 1969	Lanzamiento de cohete <i>Judi</i> , a las 16:26 horas, desde la base CELPA Chamical, carga útil chaff. Para el Programa Exametnet, con finalidad: mediciones de vientos. Este fue el último lanzamiento en Chamical. Los siguientes de este programa se realizaron en la base CELPA «Mar Chiquita».
28 de mayo de 1969	Lanzamiento del cohete <i>Orión II #26</i> , con carga biológica (ratón).
30 de agosto de 1969	Lanzamiento del cohete <i>Orión II #31</i> , con carga para estudios de astronomía y de otro <i>Orión II #27</i> , con carga biológica (ratón).
12 de septiembre de 1969	Lanzamiento del cohete <i>Rigel</i> , finalidad: su evaluación tecnológica, con éxito.
14 de septiembre de 1969	Lanzamiento de un cohete <i>Nike Apache</i> , desde la base CELPA Chamical, finalidad: estudio de la ionosfera.
23 de octubre de 1969	Lanzamiento del cohete <i>Canopus 2</i> , finalidad: su evaluación tecnológica y recuperación.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
22 de diciembre de 1969	Se realiza en el CELPA en Chamental (provincia de La Rioja), el lanzamiento de un cohete compuesto de dos etapas del tipo <i>Canopus</i> combinados, alcanzando una altura de 550 kilómetros (el satélite lanzado ahora en el año 2011 alcanzó los 650 kilómetros) y colocando a la Argentina en el primer lugar del mundo en realizar este tipo de experiencias.
23 de diciembre de 1969	Lanzamiento de un cohete <i>Canopus 2 #3</i> , finalidad: carga biológica (mono).
3 de mayo de 1970	Lanzamiento del cohete <i>Orión II</i> , con finalidad de estudio de partículas y campos magnéticos.
6 de mayo de 1970	Lanzamiento del cohete <i>Dragón 37</i> , desde la base CELPA «Mar Chiquita», con finalidad de estudio de la magnetosfera, apogeo 425 kilómetros.
Mayo de 1970	Desarrollo de una estación telemétrica terrestre y de equipamiento carga útil en los cohetes. Todo el desarrollo de la parte electrónica fue realizado por el plantel de profesionales y técnicos altamente calificados de la Dirección de Electrónica Aplicada y del proyecto aire-superficie de CITEFA.
29 de junio de 1970	Se realiza lanzamiento en la base militar aeronaval de Puerto Belgrano de un misil aire superficie MP 2, resultado: éxito.
1 de noviembre de 1970	Se realiza lanzamiento en la base militar aeronaval de Puerto Belgrano de un misil aire superficie MP3 (<i>Martín Pescador</i>), resultado: éxito.
16 de diciembre de 1970	Se realiza en el CELPA, en Chamental (provincia de La Rioja), el <i>Operativo Ñahi</i> , lanzándose un cohete <i>Castor X2</i> y dos cohetes <i>Canopus</i> . Es la primera experiencia con un cohete sonda con carga útil fotográfica, para tomas de gran altura, que se lleva a cabo en el país.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
14 de septiembre de 1971	Se realiza lanzamiento en la base Chamical, de un misil aire-superficie MP 4 (<i>Martín Pescador</i>), resultado de éxito.
16 de septiembre de 1971	Se realiza lanzamiento en la base Chamical, de un misil aire-superficie MP 5 (<i>Martín Pescador</i>), resultado de éxito.
18 de septiembre de 1971	Se realiza lanzamiento en la base Chamical, de un misil aire-superficie MP 4 (<i>Martín Pescador</i>), resultado de éxito.
23 de septiembre de 1971	Se realiza lanzamiento en la base Chamical, de un misil aire-superficie MP 6 (<i>Martín Pescador</i>), resultado de éxito.
19 de diciembre de 1971	Lanzamiento del cohete <i>Orión II</i> , con finalidad de evaluación tecnológica.
16 de marzo de 1971	Se realiza lanzamiento en la base Chamical, de un misil aire-superficie MP 8 (<i>Martín Pescador</i>), resultado de éxito.
2 de noviembre de 1972	Lanzamiento de un cohete <i>Rigel</i> , desde la base CELPA Chamical, finalidad: <i>Campaña Nube de Sodio</i> , apogeo 240 kilómetros.
4 de noviembre de 1972	Lanzamiento de un cohete <i>Rigel</i> , desde la base CELPA Chamical, finalidad: <i>Campaña Nube de Sodio</i> , apogeo 252 kilómetros.
7 de noviembre de 1972	Lanzamiento de un cohete <i>Canopus</i> , desde la base CELPA I Chamical, finalidad: medición de actitud.
11 de noviembre de 1972	Lanzamiento de un cohete <i>Rigel</i> , desde la base CELPA Chamical, finalidad: <i>Campaña Nube de Sodio</i> , apogeo 260 kilómetros.
12 de diciembre de 1972	Lanzamiento de un cohete <i>Dragón 38</i> , desde la base CELPA «Mar Chiquita», finalidad: estudio de la magnetosfera, apogeo 450 kilómetros.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
22 de marzo de 1973	Lanzamiento de un cohete <i>Skylark</i> SL1182, desde la base CELPA Chamental, finalidad: fotografías en el espectro visible e infrarrojo, apogeo 240 kilómetros.
28 de marzo de 1973	Lanzamiento de un cohete <i>Skylark</i> SL1181, desde la base CELPA Chamental, finalidad: fotografías en el espectro visible e infrarrojo, apogeo 240 kilómetros.
18 de noviembre de 1973	Lanzamiento de un cohete <i>Rigel</i> , desde la base CELPA Chamental, finalidad: nubes de iones, ensayo dos etapas.
19 de noviembre de 1973	Lanzamiento de un cohete <i>Rigel</i> , desde la base CELPA Chamental, finalidad: estudio de nubes de iones, apogeo 260 kilómetros.
22 de noviembre de 1973	Lanzamiento de un cohete <i>Castor #1</i> , desde la base CELPA Chamental, finalidad: estudio de nubes de iones, apogeo 260 kilómetros.
6 de junio de 1974	Se realiza en el CELPA, en Chamental (provincia de La Rioja), el <i>Operativo Astro X</i> , lanzándose un cohete <i>Rigel</i> y dos cohetes SS/40 para desarrollo de un motor experimental de 70 toneladas. de empuje, con combustible nacional.
30 de septiembre de 1975	Lanzamiento de un cohete <i>Castor</i> , desde la Antártida, finalidad: estudio de nubes de iones.
3 de octubre de 1975	Lanzamiento de un cohete <i>Castor</i> , desde la Antártida, finalidad: estudio de nubes de iones.
21 de marzo de 1979	Lanzamiento de un cohete <i>Castor</i> , desde Punta Lobos (Perú), finalidad: estudio de nubes de iones.
22 de marzo de 1979	Lanzamiento de un cohete <i>Castor</i> , desde Punta Lobos (Perú), finalidad: estudio de nubes de iones, apogeo de 268 kilómetros.
Años 1980-1996	16 años sin lanzamiento ni nuevos proyectos.

Anexo.— (Continuación).

Fecha	Hitos
Año 1996	El Instituto Universitario Aeronáutico pone en órbita el microsatélite <i>Micro-Sat I Víctor</i> , fruto de largos años de investigación aeronáutica y espacial, con lo cual integra el privilegiado grupo de universidades en el mundo que ha obtenido este logro científico.
21 de noviembre de 2000	Lanzamiento del satélite argentino SAC-C.
3 de diciembre de 2000	Se realizó un nuevo ensayo del <i>Motor Cohete Híbrido</i> desarrollado, y construido por el grupo de investigación que dirige el profesor ingeniero don Jorge Lassig, de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue.
17 de septiembre de 2007	Lanzamiento del <i>Tronador I</i> .
26 de marzo de 2009	Por Directiva del jefe del Estado Mayor General de la Fuerza Aérea se reinstala la Vertical Espacial dentro del SIDFAA, como área de interés de la Fuerza Aérea argentina.
17 de diciembre de 2009	Proyectos PCX 2009, homologación en vuelo de <i>Gradicomp</i> , Serrezuela (Córdoba), CITEDEF.
11 de julio de 2011	<i>Gradicomp II</i> , CELPA I Chemical, La Rioja.

COMPOSICIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

Presidente: D. ALEJANDRO DANIEL GIROMINI

*Vicealmirante de Infantería de Marina (R).
Jefe del Gabinete de Estrategia Militar
del Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas argentinas.*

Coordinador: D. HÉCTOR RODOLFO FLORES

*Coronel de Infantería.
Jefe del Departamento de Análisis Estratégico Militar
del Gabinete de Estrategia Militar.*

Vocales: D. ALEJANDRO ANÍBAL MORESI

*Brigadier de la Fuerza Aérea argentina.
Director General de Investigación
y Desarrollo de la Fuerza Aérea Argentina.*

D. HÉCTOR RODOLFO FLORES

*Coronel de Infantería.
Jefe del Departamento de Análisis Estratégico Militar
del Gabinete de Estrategia Militar.*

Colaboradores: D. JORGE FERRANTE

Ingeniero.

D. NICOLÁS MÉNDEZ

Ingeniero.

D. ARNALDO GUEVARA

Ingeniero.

D. HERNÁN BRITO

Ingeniero.

D. GUSTAVO TORRESÁN

Ingeniero.

D. CARLOS YEDRO

Vicecomodoro.

D. GUILLERMO BAZÁN

Vicecomodoro.

D.^a SILVIA DIAZ

D.^a I PAOLA SOSA

Las ideas contenidas en este trabajo son de responsabilidad de sus autores, sin que refleje, necesariamente el pensamiento del CESEDEN, que patrocina su publicación