

SATELITES DE RADIOAFICIONADOS

*Ignacio Martínez Astorquiza **

Introducción.

La radioafición es una actividad científico-recreativa, que permite a las personas que la practican, investigar, estudiar y experimentar con equipos de radiocomunicaciones, proyectando su quehacer al desarrollo tecnológico, a la ayuda comunitaria y como reserva capacitada en telecomunicaciones para la defensa nacional.

Las primeras organizaciones nacieron a principios de este siglo, siendo en Chile el Radio Club Valparaíso, la primera entidad que obtuviera Personalidad Jurídica en el año 1926.

Hasta fines de la década de los 50, los radioaficionados, en general, construían sus propios equipos y antenas, operando sus estaciones en amplitud modulada y telegrafía. A principios de los 60 se implementó la comunicación en banda lateral única y en frecuencia modulada.

Coincidente con los últimos años indicados, se produjo una verdadera revolución en los equipos electrónicos, derivada de la implementación de los semiconductores y circuitos integrados, la que generó que los equipos alcanzaran tales características de diseño y complejidad, que hizo difícil que los radioaficionados pudieran, por sí mismos, continuar construyendo sus equipos.

La constante inquietud tecnológica de los radioaficionados hizo que incursionaran en el mundo de las telecomunicaciones digitales y en el uso de las bandas de VHF y UHF. Fue así como en la década de los 70 y 80 se desarrollaron redes de repetidoras de VHF-FM, tanto para comunicaciones análogas como para digitales.

Debe hacerse presente que la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ha asignado a los radioaficionados, en algunos casos en forma exclusiva y en otros compartida, segmentos del espectro radioeléctrico que van desde 1.8 MHz a los GHz.

La Federación de Clubes de Radioaficionados de Chile, Corporación que agrupa a la mayoría de los Radio Clubes del país, consciente de la trascendencia de las comunicaciones espaciales, dio vida en 1992 a la Fundación de Desarrollo de Satélites de Aficionados a las Radiocomunicaciones, AMSAT-CE, fijándole como objetivo un carácter científico y tecnológico, traducido en el diseño, construcción, lanzamiento y operación de satélites experimentales de aficionados a las radiocomunicaciones, la transferencia tecnológica y otros experimentos relacionados con telecomunicaciones espaciales.

Evolución.

Desde el lanzamiento del primer artefacto artificial que orbitó la tierra en 1957, el Sputnik, la palabra satélite pasó a ser un vocablo de dominio general. En los años siguientes un grupo de entusiastas radioaficionados, agrupados en una organización llamada OSCAR ASSOCIATION con Sede en el estado de California, EE.UU., inició el diseño y construcción del primer satélite no gubernamental, llamado OSCAR-1 (OSCAR por Orbiting Satellite Carryng Amateur Radio), el que fue lanzado al espacio por NASA el 12 de diciembre de 1961.

De ahí en adelante y hasta el 23 de enero de 1970, los radioaficionados construyeron 4 satélites más, siendo el quinto el Australis-OSCAR-5, lanzado en la fecha antes indicada. Estos satéli-

* Presidente de AMSAT-CE, Fundación de Desarrollo de Satélites de Aficionados de Radiocomunicaciones.

tes fueron de corta vida, experimentales y de órbita baja.

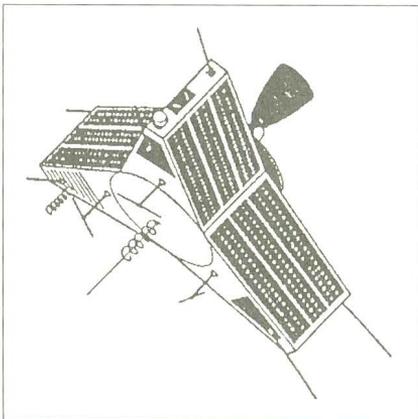
En 1969 se funda en Washington DC., EE.UU., la Corporación AMSAT (AMateur by SATellite), entidad que agrupó con más formalidad a los radioaficionados del mundo interesados en las comunicaciones espaciales. AMSAT tuvo originalmente la responsabilidad de construir y operar los satélites OSCAR-6, 7 y 8 (años 72, 74 y 78 respectivamente).

En el intertanto nacía en Inglaterra la Corporación AMSAT-UK, la que a través de NASA, lanzó al espacio el 6 de octubre de 1981, el UOSAT-OSCAR-9, el primero en llevar una cámara CCD para enviar imágenes de la tierra, formateadas de manera tal, que era posible observarlas en una pantalla de televisión, después de un mínimo procesamiento.

Luego vino el AMSAT-OSCAR-10 lanzado por un cohete Ariane el 16 de junio de 1983 el que aún está operando ocasionalmente.

El satélite UOSAT-OSCAR-11 es el primero de la serie de satélites educacionales y de investigación, construido y controlado por estudiantes y docentes de la Universidad de Surrey de Inglaterra.

El satélite AO-13 está operativo desde el 15 de junio de 1988 y es un satélite que vuela en órbita elíptica (Molniya) operando en comunicaciones análogas (de voz en SSB y CW).



AO-10 AO-13

Más adelante fue puesto en órbita el satélite FO-12 (FUJI-OSCAR-12) el primer satélite diseñado y construido por JAMSAT (AMSAT-JAPON).

La serie antes enunciada de satélites de radioaficionados corresponde a aquellos llamados Fase 1 y Fase 2. Básicamente estos términos significan Satélites de baja altura con tiempos de vuelo escaso o prolongado y netamente experimentales (Fase 1) o de operación esencialmente en comunicaciones digitales (Fase 2).

En un lanzamiento simultáneo a bordo de un cohete Ariane, el 12 de enero de 1990, fueron puestos en órbita 6 satélites de radioaficionados. Dos de ellos el UO-14 y el UO-15 usaron la tecnología desarrollada por AMSAT-UK (Reino Unido) y los otros cuatro la tecnología llamada Microsat implementada por los voluntarios de AMSAT-NA. Estos últimos se denominaron AO-16, DO-17, WO-18 y LO-19.

El UO-14 fue destinado a ser usado por la Organización VITA (Volunteers for International Technical Assistance) para cursar tráficlos de diagnósticos médicos desde Africa a Europa.

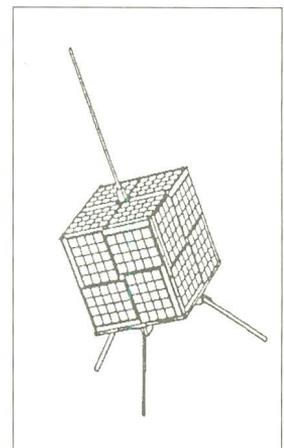
El satélite UO-15 aún cuando fue lanzado con éxito tuvo fallas en sus equipos, por lo que nunca funcionó.

El AO-16 llamado PACSAT, es un satélite destinado al tráfico digital de radioaficionados. El DO-17 fue construido en EE.UU. por encargo de BRAMSAT (AMSAT-Brasil) y su misión es transmitir en voz sintetizada mensajes de paz grabados por un centenar de jóvenes de diversos colegios del mundo.

La Universidad de Weber, Utah, EE.UU., tuvo la responsabilidad de construir el satélite WO-18. Se trata de un ingenio espacial destinado tanto a recibir imágenes enviadas desde la tierra para posteriormente retransmitirlas a ella, como a enviar imágenes de la tierra que filma con sus cámaras CCD (Charged-Coupled Device).

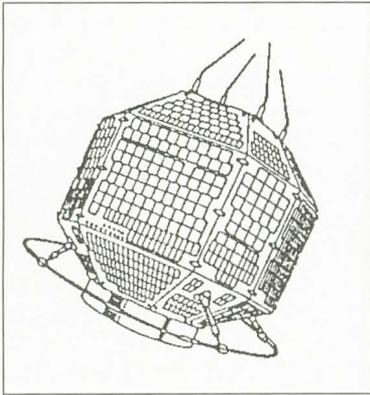
A M S A T - Argentina encargó a AMSAT-NA la construcción del satélite LO-19, una réplica del AO-16, es decir su objeto es la transmisión digital.

El siguiente satélite lanzado al espacio para el Servicio de Radioaficionados fue el FO-20 construido por JAMSAT. Se trata de un aparato destinado tanto a las comunicaciones análogas (Voz y CW) como digi-



AO 16; DO-17; WO18; LO-19; JO-26; AO-27

tales (protocolo AX.25). Fue lanzado el 7 de febrero de 1990.



FO-20

El satélite AO-21 es un esfuerzo en común de AMSAT-DL (Alemania) y AMSAT-Rusia. Consiste en estaciones de radioaficionados, instaladas a bordo del satélite ruso de investigación geológica GEOS. Aún cuando éstas contenían una serie de experimentos, sólo algunos de ellos funcionaron. Este satélite (GEOS) fue apagado por las autoridades rusas en 1994 por falta de presupuesto para mantenerlo en operación, lo que significó, por ende, que los experimentos de radioaficionados dejaran de funcionar. También se le llamó RS-14 (Radio-Sputnik) como una de la unidades satelitales desarrolladas por los Radioaficionados Rusos.

Otro satélite de la serie UOSAT fue el UO-22, lanzado el 17 de julio de 1991 y destinado, en la actualidad, a tráfico digital de radioaficionados.

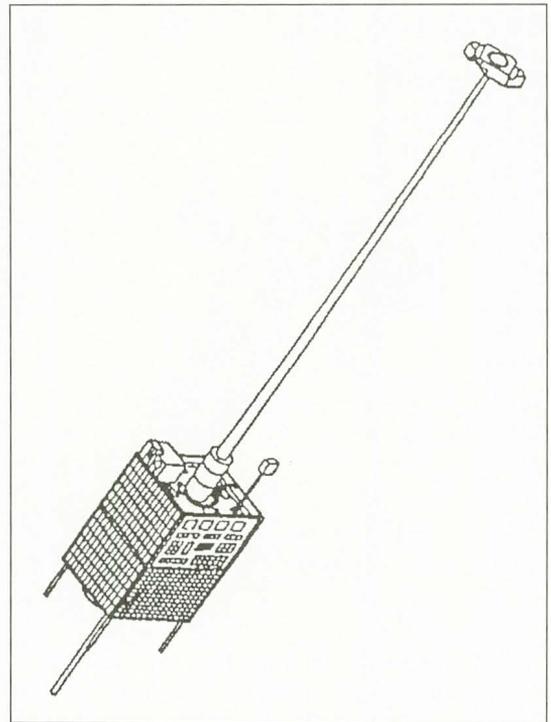
Un grupo de ingenieros del Instituto de Tecnología Avanzada de Corea, tuvo la responsabilidad de desarrollar en la Universidad de Surrey el satélite KO-23. Contiene a bordo además de operación digital a 9600 baudios, una cámara CCD. Esta última graba imágenes de la tierra de un área de 1600 x 1800 kms., proveyendo una resolución terrestre menor a 2 kms. Fue lanzado al espacio el 10 de agosto de 1992.

El próximo satélite fue el KO-25 (el número 24 no se ha usado hasta la fecha). Fue construido por el Instituto de Tecnología Avanzada de Corea (KIST). Lleva a bordo, los mismos sistemas del KO-23 más 3 experimentos adicionales: un sensor de rayos infrarrojos, un experimento de detección de electrones de baja energía y un nuevo procesador diseñado para probar modems de alta velocidad. Fue lanzado el 26 de septiembre de 1993.

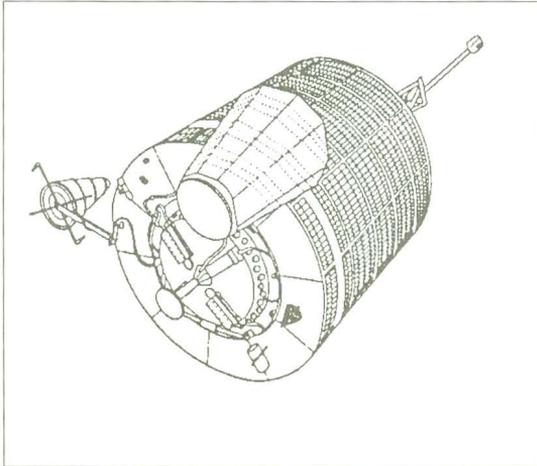
En la misma fecha del lanzamiento antes enunciado, se pusieron en órbita los satélites IO-26, AO-27 y PO-28. El IO-26 fue construido por AMSAT-I (Italia); es muy similar al AO-16 y LO-19, emplea la estructura Microsat y está destinado a transmisiones digitales. El AO-27 es un satélite comercial, similar al IO-26, que lleva además equipamiento para transmisión digital de radioaficionados.

Finalmente el AO-28, llamado POSAT, fue construido para un Consorcio Comercial Portugués por SSTL (Surrey Satellite Technology Limited), subsidiaria de la Universidad de Surrey, y lleva a bordo, al igual que el AO-27, equipos para transmisión digital de radioaficionados.

Dentro de los esfuerzos de comunicaciones y experimentos espaciales de radioaficionados y al igual que en el caso del AO-21, los radioaficionados rusos han colocado 15 estaciones de radioaficionados a bordo de satélites mayores (RS-1 al RS-15). Estas estaciones han permitido a los radioaficionados, experimentar con comunicaciones de voz a largas distancias, usando básicamente la misma tecnología que las repetidoras de VHF-FM terrestres.



UO-22; KO-23; KO-25; POSAT



RS

También se ha obtenido que tanto en la estación espacial MIR, como en los transbordadores espaciales, se hayan implementado estaciones de radioaficionados en los más variados modos, es decir operaciones en audio, digitales, televisión de barrido lento, etc. Lo anterior ha permitido tanto a los cosmonautas como a los astronautas el tener un medio de recreación en sus horas de descanso al tener contacto con diferentes radioaficionados de todo el mundo, como también para comunicarse con sus familias y amigos a través de estaciones de radioaficionados.

Pero no todo ha sido éxito. También ha habido algunos fracasos, derivados unos, de fallas de operación de los satélites y otros, de la

explosión de los cohetes lanzadores. De los más recientes puede mencionarse, en el primer caso, al UO-15 y al satélite francés Arsene, y en el segundo, la reciente falla (28 de marzo de 1995) de un cohete ruso que significó la pérdida del UNAMSAT (AMSAT-México) y del TECHSAT (AMSAT-Israel).

Satélites activos.

Hoy están orbitando y operando normalmente 13 satélites de radioaficionados propiamente tales. En comunicaciones en fonía, el AO-10, AO-13 y FO-20; en comunicaciones digitales el AO-16, AO-19, UO-22, KO-23, KO-25 e IO-26 (ocasionalmente el AO-27 y PO-28); en transmisión de imágenes el WO-18 y en transmisión de voz digitalizada el DO-17. Además, la estación espacial MIR; las estaciones rusas RS-10/11, RS-12/13 y RS-15; y los transbordadores espaciales.

Esta constelación es el resultado de 37 años de trabajo voluntario ininterrumpido de entusiastas radioaficionados de todo el mundo.

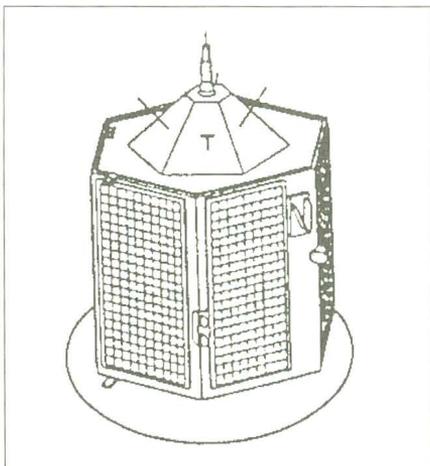
De estos satélites, la mayoría gira en órbita polar heliosincrónica a baja altura y con una vida útil de más de cinco años. Con justicia se dice que la implementación de esta tecnología por los radioaficionados, desde 1988 a la fecha, ha dado paso a la concepción de las comunicaciones personales del futuro, que están desarrollando Consorcios tales como Iridium, Globalstar, Ellipso, CCI y Odyssey.

Futuros satélites.

A nivel mundial, la radioafición está empeñada en un gran proyecto, el satélite FASE3-D el que tiene programado su lanzamiento para los primeros meses de 1996 a bordo de un cohete Ariane V. Su órbita será elíptica (Molniya), con una inclinación de 63° , un apogeo de 47.000 kms. y un período de 16 horas. Contendrá un complejo sistema de receptores y transmisores los que permitirán comunicaciones desde telegrafía hasta televisión digital, en forma fácil y al alcance de todos los radioaficionados de la tierra. Su peso será de 360 kilos, con un diámetro de 2,25 mts. y una altura de 0,9 mts. Su costo es de alrededor de US\$ 4.000.000.

La Universidad de Alabama está construyendo el Satélite SEDSAT-1 el que contiene un transpondedor de voz, un transpondedor digital a 9600 bps y cámaras CCD. El satélite se encuentra listo y en espera del lanzador.

El satélite SUNSAT construido por estu-



ARSENE

diantes de la Universidad de Stellenbosh de Sudáfrica, contiene un transpondedor de voz y otro digital, además de cámaras CCD. Se encuentra a la espera del lanzador.

Tanto el Instituto Politécnico de Israel como la Universidad Autónoma de México, han anunciado que en base a las unidades de vuelo de respaldo existentes, esperan este año, poner en órbita el TECHSAT-1 y UNAMSAT-1 cuyo lanzamiento fracasara por explosión del cohete lanzador.

AMSAT-CE

En 1988, el Comité de Asuntos Espaciales (CAE) dependiente del Ministerio de Defensa Nacional, al analizar el Artículo 19 del Convenio de Mataveri, sugirió la posibilidad de utilizar uno de los transbordadores espaciales para lanzar un satélite de telecomunicaciones desarrollado por el Servicio de Aficionados a las Telecomunicaciones de Chile.

Durante los años 1988 a 1992, el CAE tomó contacto con la Federación de Clubes de Radioaficionados de Chile, FEDERACHI, para plantearle la posibilidad de llevar a la realidad este proyecto. Dado que la altura orbital de los transbordadores es muy baja (300 a 400 kms.) y a que los satélites de órbita baja de radioaficionados requieren orbitar a una altura de 800 a 900 kms., además de otras consideraciones, se resolvió desear este medio de transporte.

FEDERACHI, mantuvo varias conversaciones desde fines de 1992 a principios de 1993, con la Fuerza Aérea de Chile, destinadas a posibilitar la construcción del primer satélite de radioaficionados construido en Chile. Lamentablemente las negociaciones no tuvieron el resultado esperado, lo que movió a la radioafición chilena, a través de FEDERACHI, a crear la Fundación de Desarrollo de Satélites de Aficionados a las Radiocomunicaciones, AMSAT-CE.

La Fundación ha firmado diversos Convenios y Acuerdos de Cooperación Tecnológica, con el propósito de posibilitar una mayor participación de la comunidad nacional en el desarrollo de esta tecnología y permitir obtener los recursos materiales y financieros necesarios para satisfacer, en parte, las necesidades del proyecto que desarrolla. Es importante considerar que el costo de actividades de este tipo, es financiado en un 65% con trabajo voluntario en sus horas libres, y a veces no tan libres, de quienes en ellas participan y sólo un 35% está representado por los elementos materiales que se utilizan.

Entre estos Convenios pueden mencionarse los firmados con Entel S.A., con la Subsecretaría de Telecomunicaciones, con la ARMADA DE CHILE, con la Universidad de la Frontera y con el Centro de Estudios Espaciales de la Universidad de Chile.

También se han suscrito Convenios de Cooperación Tecnológica y de Licencias con AMSAT-NA, BekTeck y AMSAT-I.

CESAR-1

El primer proyecto de AMSAT-CE es el satélite denominado CESAR-1 (CE Chile, Satélite de, Aficionados a las Radiocomunicaciones). Su diseño está basado en la tecnología Micosat. Su estructura está compuesta de 5 marcos cuadrados de aluminio espacial de 20 x 20 x 4 cms. aproximadamente, los que se unen entre sí mediante pernos pasados en sus extremos conformando un cubo que, terminado, mide 23 cms. por arista.

En la cara superior se ubican las antenas de recepción en tanto que en la inferior van las antenas de transmisión. Todas las caras del cubo van cubiertas con celdas de energía solar. En el interior de las 4 aristas verticales se ubican imanes permanentes que controlan la actitud del satélite (posición del satélite referida al eje +Z). En la base del tercer módulo van 7 barras de acero al hidrógeno destinadas a controlar la velocidad de giro del satélite en el eje +Z.

Los marcos se numeran del 1 al 5 desde abajo hacia arriba.

El interior del marco 1 está destinado a contener dos transmisores de 436 MHz. y uno de 2420 MHz., además del mecanismo de disparo del satélite.

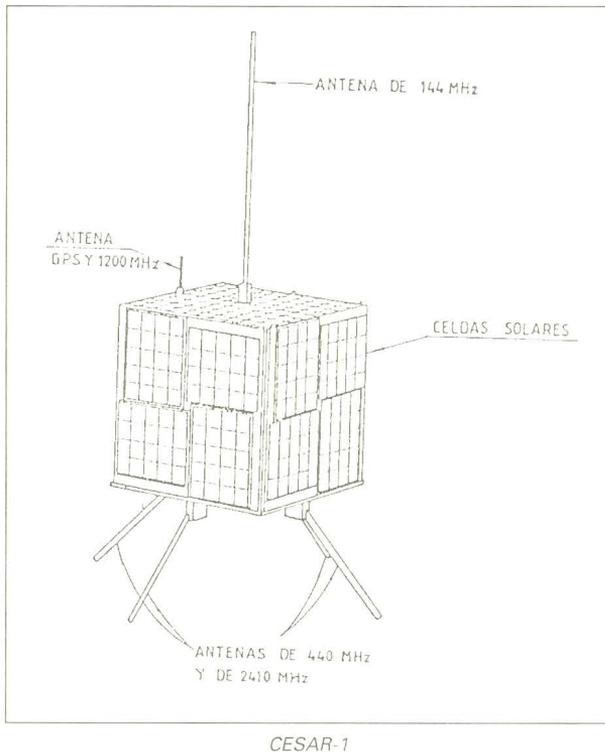
En el marco 2 se ubica el computador con sus diferentes tarjetas electrónicas incluidas las memorias RAM.

El marco 3 contiene 8 baterías de Ni-Cad y la fuente de poder que, alimentada por las celdas solares, entrega los diferentes voltajes necesarios para alimentar los circuitos electrónicos de a bordo. Cuando el satélite está en eclipse la alimentación de la fuente de poder es obtenida de las baterías de Ni-Cad.

El marco 4 contiene en su interior un receptor GPS (Global Positioning System) y los circuitos de voz digital comprimida.

En el marco 5 se ubican 3 receptores de 145 MHz. y 2 receptores de 1267 MHz.

El peso total del satélite terminado es de apro-



ximadamente 12 kilos.

El satélite está diseñado para volar en una órbita polar, heliosincrónica y a 800 kms. de altura. La inclinación (ángulo medido desde el Ecuador hacia el Norte) de la órbita será de 98,62° y con un período (tiempo en una revolución) de 100,87 minutos.

Los experimentos.

El CESAR-1 contiene 5 experimentos complementarios entre sí:

El primero es un repetidor de datos, entre dos estaciones, en tiempo real (Rx-145 MHz., Tx-436 MHz.). Permite enlazar instantáneamente a dos estaciones terrestres que, operando en modo Packet con protocolo AX.25, estén dentro del área de cobertura del satélite (huella terrestre) la que en promedio tiene 6500 kms. de diámetro. Para efectuar este experimento, el satélite usa 1 receptor de 145 MHz. en FSK a 1200 bps y 1 transmisor de 436 MHz. FSK a 1200 bps.

El segundo experimento consiste en un BBS (Bulletin Board System) complementado con un buzón electrónico. La tecnología Microsat permite que el satélite actúe con una rutina de Broadcasting, transmitiendo en forma secuencial

la información que ha almacenado durante un período de tiempo determinado (el que depende de su capacidad de memoria RAM). Esto hace posible que todos aquellos radioaficionados que están recibiendo las señales digitales del satélite, registren la información que éste transmite. Lo anterior minimiza los requerimientos de transmisión de mensajes al satélite por parte de los usuarios, ya que lo habitual es que un mismo mensaje o boletín le interese a varios. En todo caso, los requerimientos de transmisión al satélite por los usuarios, son procesados secuencialmente por éste, aceptando un máximo de 20. Utiliza 2 receptores de 145 MHz. en FSK a 9600 bps y 2 transmisores de 436 MHz. FSK a 9600 bps.

El tercer experimento es un compresor de voz digital que utiliza uno de los receptores de 145 MHz. y uno de los transmisores de 436 MHz. Consiste en digitalizar y comprimir la voz, en la estación de control terrestre, de diversos mensajes que son almacenados en el computador del satélite para luego ser descomprimidos y analógicos a fin de transmitirlos a tierra, de acuerdo a un programa prefijado. También será posible recoger información digital del receptor

GPS y transmitirla en forma análoga hacia la tierra. Otra utilización de este experimento será la difusión a nivel escolar de las transmisiones vía satélite, para lo cual se programarán demostraciones efectuadas por radioaficionados, con el propósito de generar conciencia en la juventud de las posibilidades que este medio de comunicación ofrece a la humanidad.

El cuarto experimento es un transpondedor digital que usa un receptor de 1267 MHz. y un transmisor de 2420 MHz. Se trata de obtener que un radioaficionado, utilizando un transceptor portátil, pueda comunicarse en forma instantánea con otro que se encuentre operando en las mismas condiciones dentro del área de cobertura del satélite (6500 kms.). Para hacer esto posible, se utilizan repetidoras terrenas análogas-digitales. Un transceptor portátil se comunica a través de una repetidora análoga en VHF-FM. Esta está conectada físicamente a una repetidora digital la que, transformando la voz de análoga a digital, la envía al satélite usando un transmisor de 1267 MHz. El satélite recibe y transmite (Bend pipe) la señal digital usando un transmisor de 2420 MHz. La señal es recibida por la repetidora digital, la que la trans-

forma en análoga para luego ser transmitida por la repetidora análoga de VHF-FM, llegando así al otro radioaficionado. Para ambos operadores el experimento es transparente, es decir, es igual a una comunicación en audio a través de una repetidora análoga VHF-FM. (Los radioaficionados poseen más de 40 de estas repetidoras VHF-FM operando a lo largo de Chile).

El quinto experimento consiste en un receptor GPS el que utiliza una CPU (Central Processing Unit) la que permite almacenar los 3 parámetros que mide el GPS (latitud, longitud y altura), los que serán utilizados tanto para dar la posición en el espacio del satélite a través del experimento de voz digitalizada como para efectuar estudios orbitográficos y gravimétricos.

El proyecto CESAR-1, se encuentra actualmente en la etapa de construcción del modelo de ingeniería, para luego de efectuadas las pruebas y mediciones, iniciar la construcción de las unidades de vuelo.

El lanzamiento está planificado para 1996. Aún no se ha decidido sobre el cohete lanzador. El costo total en dinero del satélite lanzado, se estima en US\$ 350.000. El éxito de este proyecto demostrará que es posible, primero, construir un

satélite en Chile y, segundo, a un costo en dinero más que razonable.

La trascendencia de este y otros proyectos a que se aboque AMSAT-CE en el futuro, fuera de desmitificar el uso pacífico del espacio con artefactos construidos en Chile y por chilenos, permite que la comunidad nacional, tanto del área científica como tecnológica y empresarial, pueda materializar inquietudes y anhelos que, hasta la fecha, no les había sido posible lograr.

Conclusiones.

AMSAT-CE cree poder demostrar con sus proyectos, que Chile cuenta con las capacidades científicas y tecnológicas para diseñar, construir y controlar Satélites Experimentales de Telecomunicaciones. La tecnología de satélites de baja altura hará posible su utilización, a futuro, en las áreas de percepción remota (meteorología, nevogación, geología, agricultura, cartografía, etc.), así como en experimentos físicos, químicos y de medicina.

Una política nacional debe considerar en su formulación a todas las áreas de interés y su proyección al siglo XXI, el que sin duda será el de las estaciones orbitales habitadas.

