

T.S.S.:

un nuevo concepto en tecnología espacial

MANUEL MONTES PALACIO
*Miembro de la British Interplanetary Society,
del American Institute of Aeronautics and Astronautics y de la American Astronautical Society*

El desenfadado desarrollo de las nuevas tecnologías espaciales bajo la pauta de ciertas bases establecidas no parece tener fin. Pero otros conceptos

científicos de nuevo cuño han alcanzado ya su adecuado grado de madurez y esperan ser también llevados a la práctica.

INTRODUCCION

Un concepto tan bien establecido como el principio de acción y reacción, se ha convertido durante el último siglo en el verdadero padre de la Astronáutica. Partiendo de este relativamente sencillo precepto, numerosos desarrollos han visto la luz en forma de múltiples modos de propulsión con fines aeroespaciales. Como aquel, durante los primeros treinta años de exploración espacial, se han llevado a la práctica muchos otros conceptos no tan triviales y otros igualmente lógicos. Gracias a su explotación y diversificación, hoy tenemos a nuestro alcance una gran variedad de satélites de todo tipo (comunicaciones, meteorológicos, etc.).

Sin embargo, actualmente, el estado de desarrollo alcanzado en varios de los campos que tan gentilmente abarca la Astronáutica está demasado relacionado con parámetros tan indeseables como los presupuestos y el tiempo. Algunas ideas esperan ser puestas en práctica (si hay suerte y dinero) en los próximos decenios. Si tuvieran fortuna y fueran llevadas a cabo, se abriría para cada una de ellas un amplio abanico de nuevas posibilidades y aplicaciones.

El sistema que en este artículo va a merecer nuestra especial atención, destaca por su gran innovación, su aparente sencillez y su inmediata puesta en práctica. El nombre de dicho sistema, Tethered Systems, es difícilmente traducible sin caer en la vulgaridad lingüística. No siempre los nombres de los programas tienen tanto mérito como sus posibles aplicaciones y la mayoría de las veces sólo pretenden describirse a sí mismos.



Impresión artística de lo que será la primera misión del Tethered Satellite System, prevista para 1992. El satélite será desplegado hasta la distancia de 20 Km. Obsérvese la torre que ayuda a la liberación del T.S.S.-1 (Foto: Aeritalia S.S.G.)

SPACE TETHER

El "Space Tether" es un concepto, no una aplicación, aunque de su estudio se desprenden inmediatamente muchas de ellas.

La más sencilla descripción del sistema nos dice que consiste en dos masas conectadas entre sí mediante un cable o cordón umbilical. Con esta aplastante facilidad se nos explica los rudimentos de una verdadera fuente de aplicaciones a cuál de ellas más inesperada.

La palabra "Space" nos obliga a pensar en situar inmediatamente uno de estos sistemas en un medio ambiente lejano a nuestro rutinario modo de vida: la órbita circunferencial. Imaginemos, pues, dos masas unidas o "agarradas" entre sí (de ahí viene el nombre de "Tethered") por un filamento resistente de longitud incierta pero suficiente, y dispuestas formando una línea perpendicular a la superficie terrestre.

Todos sabemos que la velocidad de rotación, la velocidad angular de un satélite, depende de la altitud en la cual se halla orbitando, siempre a la búsqueda de esa sagrada regla que es el equilibrio de fuerzas. Gracias a esta norma, inferimos que un satélite situado a mayor altitud que otro tendrá un mayor período de rotación alrededor de la Tierra y, por ende, una menor velocidad angular. Pero, en nuestro caso, las dos masas de nuestro sistema están unidas entre sí, con lo cual, se ven forzadas a orbitar con una sola velocidad angular: la de su mutuo centro de gravedad. Hasta ahora hemos considerado, idealmente, que el sistema formado por los dos objetos forma una línea vertical en relación al centro de la Tierra, una línea perpendicular a su superficie.

Las leyes físicas nos dicen que, en esta situación, la masa situada en la parte superior (órbita más elevada) está sufriendo una mayor velocidad de rotación alrededor de la Tierra que si estuviese orbitando en solitario. Al contrario, la masa inferior está girando más lentamente que si estuviese actuando independientemente en esa misma altitud. En este sistema, el centro de gravedad orbita en perfecto equilibrio de fuerzas (fuerza centrífu-

ga se hace igual a fuerza de gravedad), pero en sus extremos, las masas experimentan en un caso una mayor fuerza centrífuga y en el otro una mayor fuerza gravitatoria. La diferencia de estos desequilibrios produce una tensión en el cable de unión y mantiene en orden la estabilidad del sistema. Es un fenómeno que denominamos "Gradiente Gravitatorio".

Las consecuencias de estas inesperadas aceleraciones son muy interesantes. En ambos extremos del cable, existirá una fuerza aprovechable que podríamos equiparar, por ejemplo, a un cierto tipo de gravedad artificial. Si nos dirigimos hacia el centro de gravedad del sistema (dependiendo de las masas de los objetos que están unidos a él, no tiene porque estar situado en el centro del filamento), la fuerza de aceleración disminuye hasta quedar anulada (ingravedez).

Las aplicaciones inmediatas que se desprenden de esto son múltiples, pero las más importantes son las siguientes: la variabilidad de la fuerza gravitatoria podría utilizarse como ideal laboratorio de experimentación donde fuera necesario obtener diversos niveles de tal gravedad; la tendencia física y natural hacia la orientación vertical respecto a la Tierra (es su configuración más estable) permitiría la utilización del sistema para estabilizar artificialmente grandes astronaves o estaciones espaciales sin necesidad de utilizar métodos propulsivos.

Aunque el concepto no es nuevo, su aplicación a las modernas técnicas espaciales debe una gran parte de su futuro éxito a un solo hombre, un italiano llamado Giuseppe Colombo, verdadero pionero en estas lides. Muchas de las aplicaciones prácticas que tales sistemas podrán tener provienen directamente del desarrollo mental y matemático de este venerable científico, nacido en 1920. Aunque murió en 1984, su labor sería definitiva para que su trabajo y el de otros ingenieros se viera fructificado en un programa de colaboración italo-americano.

El proyecto, llamado oficialmente T.S.S., no pretende otra cosa sino demostrar la viabilidad de tales conceptos y su posible futura aplicación en diversos campos de la Astronáutica.

TETHERED SATELLITE SYSTEM

En 1984, Italia y los Estados Unidos acordaron la firma de un tratado de colaboración por el cual se establecían varios equipos de trabajo en ambos países con el fin de desarrollar el que se haría llamar programa T.S.S. Intimamente relacionado con el sistema de transporte espacial americano o Space Shuttle, el proyecto pretendía comprobar algunas de las inmediatas aplicaciones de un sistema de tales características y la validez de sus principios científicos en la más pura práctica.

El programa queda cristalizado en un satélite, construido por Italia como parte definitoria de su participación en el acuerdo, y un sistema enclavado en la lanzadera, construido por los Estados Unidos, que se encargará de la delicada tarea de "soltar" y recoger el satélite durante la misión.

Las pruebas de ingeniería que el T.S.S. representa no están exentas de dificultades ni de retos técnicos. El satélite, diseñado y puesto a punto por la división espacial de la compañía Aeritalia (ahora llamada Alenia) deberá permanecer unido al transbordador mediante un cable de 100 km. de longitud (aunque probablemente no se proceda más allá de 20 km. durante su bautismo espacial).

El cable, flexible, estará unido por un lado al satélite instrumentado y por otro a una plataforma o "pallet" procedente del programa Spacelab. Martín Marietta, la empresa americana encargada de modificar la plataforma, deberá prepararla para mantener al satélite de forma segura durante el lanzamiento, así como proporcionar los medios adecuados para desplegar lentamente el cable y recogerlo de nuevo tras la misión. El cable, también construido por Martín Marietta, es un verdadero reto de la ingeniería.

Durante su primera misión, el T.S.S.-1 será colocado lejos del orbitador tripulado, en dirección contraria a la Tierra, en busca de una órbita 100 km. (o 20 km.) más elevada. Su principal función será la de demostrar la viabilidad de tal despliegue y la operatividad de todos los sistemas

desarrollados para la ocasión. Pero, además, con la utilización de un cable electro-conductor, se prevé efectuar experiencias científicas sobre estudios electrodinámicos, una de las posibles aplicaciones que se muestran más prometedoras.

En una segunda misión, T.S.S.-2, el satélite será desplegado en dirección a la Tierra. Para ello, el T.S.S.

todos los subsistemas, incluido un pequeño paquete propulsivo (sus toberas expelen gas nitrógeno), y la carga útil especializada. Esta última está incluida en el peso anterior e independientemente, no puede sobrepasar los 66 kg. En el hemisferio superior está previsto colocar la carga científica, mientras que en el inferior se situarán los subsistemas y equipos

El cable, pieza fundamental del sistema, tiene un diámetro de entre 1,5 y 2 mm. La combinación de su longitud y la altitud orbital de la lanzadera permitirá trabajar al T.S.S. en un rango amplio de órbitas (130 a 330 km.). El mecanismo que permite desenrollar el cable de su cabrestante está controlado por ordenador. Construido mediante Kevlar, es sufi-

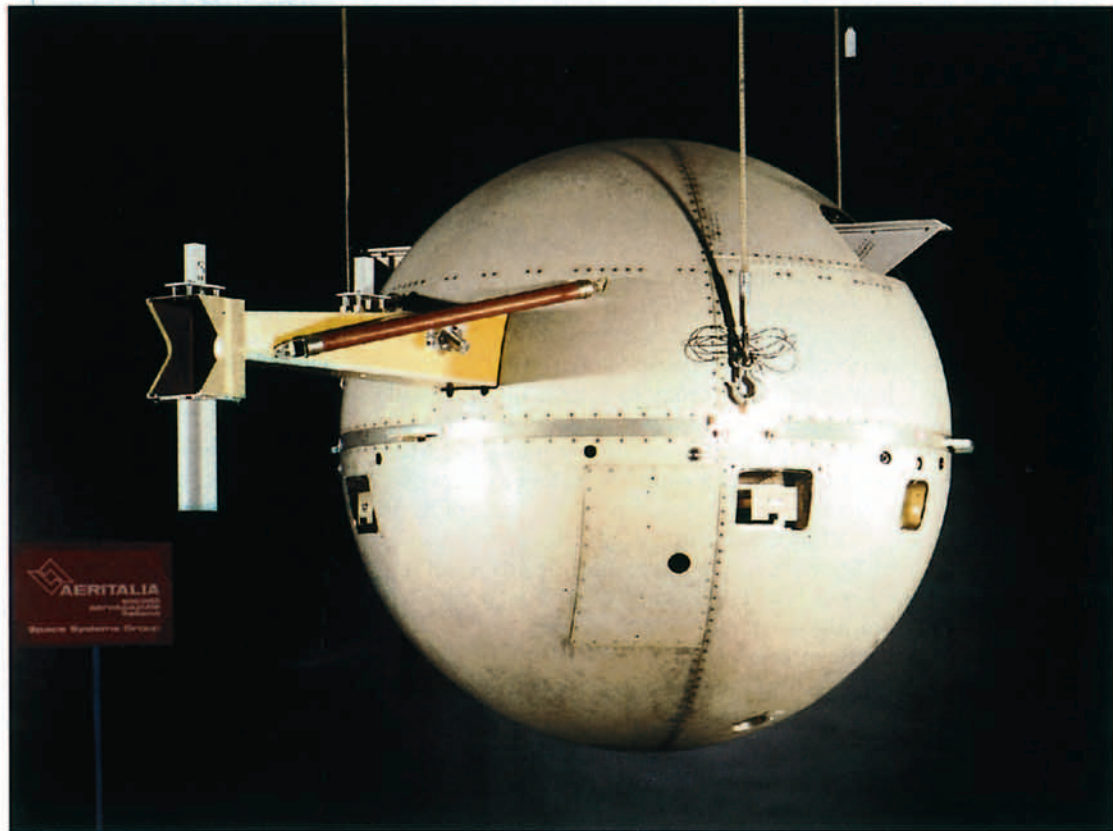
cientemente fuerte y a la vez flexible como para desempeñar adecuadamente su tarea (su resistencia es superior al acero y su naturaleza fibrosa lo hace mucho más ligero). Una capa de Nomex lo protege del medio ambiente espacial. En su primera misión, el cable poseerá un ánima eléctricamente conductora. En sí misma un experimento muy importante, esta conductividad permitirá investigar sobre la posibilidad de generar electricidad mediante la interacción del cable con el campo magnético terrestre (algo que podría resultar muy útil en futuras naves espaciales y a un coste relativamente bajo).

El sistema que debe desplegar el satélite desde la bodega del transbordador, como ya se ha dicho, consiste en un "pallet" tipo Spacelab. Incluye una torreta móvil. Durante la maniobra final, el satélite es levantado por la torreta (que alcanza unos 12 metros de altura), dejando espacio franco para su desenvolvimiento. Izado verticalmente desde su posición primitiva, el T.S.S. utiliza sus pequeños propulsores y abandona la torreta y el transbordador. A continuación, el cable es sucesivamente extendido,

será ampliamente modificado para estudios atmosféricos. Podrán así realizarse diversas experiencias como la investigación de la atmósfera en cotas raramente alcanzables (los satélites no pueden girar largo tiempo alrededor de la Tierra en altitudes bajas porque el rozamiento les hace reentrar inmediatamente, y al mismo tiempo, son altitudes sólo alcanzables mediante cohetes sonda, lo que sólo permite duraciones de vuelo raquíticas).

El T.S.S., al menos en su primera misión, es una esfera de unos 1,6 metros de diámetro y unos 550 kg. de peso. En su interior se albergan

de apoyo. En el interior del satélite encontramos 0,43 metros cúbicos de volumen disponible, proporcionando un medio ambiente térmico situado entre -10 y +50 grados Centígrados. Las baterías de a bordo proporcionan 2.000 W/h y los adecuados medios de comunicación para la carga de pago. Siendo reutilizable, el satélite tiene una vida útil de unas diez misiones, con una duración cada una de ellas de entre 36 y 96 horas. La mayoría de experimentos que se llevarán a cabo estarán relacionados con actividades atmosféricas e ionosféricas, y electrodinámica y plasma espacial.



Esta fotografía nos muestra un modelo térmico-estructural del satélite que será lanzado a bordo de un transbordador americano. (Foto: Aeritalia S.S.G.)

permitiendo el alejamiento del satélite. El equipo incluido en el "pallet" tiene que ver con la distribución adecuada de comunicaciones con el satélite, gestión energética, etc.

Durante su primera misión, el T.S.S.-1 proporcionará las pistas adecuadas para comprender la interacción electromagnética entre el satélite, el cable y el transbordador, verificando, si es el caso, su inocuidad para con la tripulación. También se buscará comprender las fuerzas dinámicas que actuarán sobre el sistema, medirá las propiedades electromagnéticas de la ionosfera y los campos magnéticos y el plasma de esta zona. En cuanto al experimento de generación de electricidad, está previsto recoger los electrones procedentes de la ionosfera (el satélite es eléctricamente positivo) para volver a emitirlos al espacio mediante un cañón de electrones situado en la bodega del transbordador. El flujo producido podrá proporcionar unos 4 KW. de potencia eléctrica. El satélite y todo lo necesario para la misión del T.S.S.-1 están en el Centro Espacial Kennedy desde finales de 1990.

Aunque depende del devenir actuar de la genda de lanzamientos del transbordador, está previsto que el T.S.S.-1 viaje a bordo del vehículo Atlantis en su misión STS-46, allá por septiembre de 1992, compartiendo protagonismo con la plataforma europea Eureka. La STS-46 ha sido una misión repetidamente retrasada a consecuencia de los numerosos problemas técnicos que han plagado a los transbordadores desde el accidente que en 1986 acabó con uno de ellos.

La segunda misión prevista para el sistema T.S.S. se llevará a cabo, si todo sale bien con el experimento inicial, un par de años después. En esta ocasión, el T.S.S.-2 será desplegado en dirección a la Tierra y su tarea estará dedicada a estudios de la atmósfera superior.

El satélite utilizado estará equipado con unos aletines para aumentar la aerodinámica del vehículo, mientras que el cable de sujeción no será eléctricamente conductor. El transbordador permanecerá en una órbita estable de unos 330 km. de altitud. El cable, extendido hasta su longitud

máxima, permitirá alcanzar una cota de 130 km. Allí, el T.S.S.-2 podrá medir los fenómenos relacionados con los procesos atmosféricos, ionosféricos y magnetosféricos, estudiando temperaturas, composición de gases, vientos termosféricos, densidades, etc.

La exploración de la atmósfera a más de 7 km/seg. pondrá las bases para su futura utilización como túnel de viento natural para diseños hipersónicos.

FUTURAS APLICACIONES ESPACIALES DEL CONCEPTO

Una vez demostradas las capacidades del sistema en dos o tres vuelos del Space Shuttle, el camino quedará abierto para un mayor y más profundo estudio de futuras aplicaciones que emanan de este revolucionario concepto espacial. Todas ellas podrán ser verificadas en sendas misiones del transbordador. Dado el limitado espacio del que disponemos, nos limitaremos a enunciarlas brevemente:

- El ascensor espacial: Utilizando el Space Shuttle como uno de los cuerpos y al T.S.S. como el otro, podrá instalarse un modelo a escala de un ascensor espacial. En este caso, el cable serviría para trasladarlo de un sitio a otro. Bajo el principio de "gradiente gravitacional", el ascensor, de unos 70 kg. de masa, podría ser el prototipo de un laboratorio espacial de gravedad variable, un simple método de transporte entre dos cuerpos unidos por un cable, un sistema de mantenimiento y reparación del fundamental cable, y un medio de transporte hacia zonas inferiores de la atmósfera para sondas de reentrada sin necesidad de paquetes propulsivos ni retrocohetes.

- Generador de energía eléctrica: la corriente inducida en un cable conductor óptimo de 10 a 20 km. de longitud, podría generar hasta 1 MW. La creación de energía eléctrica provoca una fuerza deceleradora que hace disminuir la órbita de la nave.

- Generador de energía propulsiva: utilizando a la inversa el concepto anterior, pueden producirse hasta 200 Newtons de empuje, aplicables a as-

tronaves que deban maniobrar. La fuerza aceleradora producida incrementa la altitud de la órbita de la nave.

- Túnel de viento: diseños avanzados de futuros aviones o naves hipersónicas pueden ser probados sólo de forma limitada en tierra. Un modelo a escala situado al final de un cable conectado a un transbordador, evolucionando a velocidad orbital a través de la atmósfera, sería un perfecto medio de comprobar la exactitud de dicho diseño. Adicionalmente, se puede conseguir información sobre la propia atmósfera con el mismo experimento.

- Sistemas de reentrada: un refinamiento del ascensor espacial permite utilizar el sistema para devolver productos producidos en órbita de regreso a la Tierra. La cápsula sería descendida hasta la altitud correcta, suficiente para que ésta inicie espontáneamente una reentrada controlada y un aterrizaje mediante paracaídas. Un sistema así podría utilizarse como método de rescate y regreso desde la estación espacial Freedom, a un mínimo coste.

- Sistemas de transferencia orbital: una plataforma al final de un largo cable unido al Space Shuttle podría ser utilizada para el lanzamiento de satélites y otros objetos a órbitas superiores. Con la lanzadera situada por debajo del centro de gravedad del sistema, el momento inercial de ésta es transferido a la plataforma. Al liberar el satélite almacenado en ella, su momento es más elevado de lo normal, propiciando un inmediato aumento de la altitud. En ese momento, la órbita del Shuttle disminuirá, ayudándole a regresar a la Tierra. Todo ello reporta una sustancial disminución de combustible.

- Sistema de posicionamiento: la tendencia natural de un sistema de dos cuerpos unidos en el espacio a orientarse verticalmente puede utilizarse para mantener esta posición sin gasto de combustible. Si variamos el punto de conexión del cable al satélite de forma controlada, puede variarse también la orientación.

- Construcción orbital: a la espera de su construcción definitiva y completa, grandes estructuras pueden permanecer totalmente estables si se

utilizan satélites opuestos unidos a la estructura por sendos cables.

- Grandes antenas: un cable electromagnético, unido a varias masas adecuadamente distribuidas, permite la sencilla creación de antenas de extraordinarias dimensiones.

Todas estas aplicaciones tienen algún punto útil de contacto con la futura estación espacial internacional Freedom. En su vertiente más futurista, el concepto podría utilizarse para crear estaciones mayores a partir de elementos diversos (tanques externos de combustible, etapas propulsivas agotadas...), unidos entre sí a base de cables. Una estructura así serviría, por ejemplo, como gigantesco puerto espacial donde estacionar al Space Shuttle.

Los productos elaborados a bordo de la Freedom o la basura inservible podrían ser eliminados de las cercanías de la estación sin el uso de cohetes de frenado de costosa manufactura. Plataformas suplementarias po-

drían estar unidas a la estación y cederse a ellas mediante el concepto de ascensor espacial. En ellas se situarían telescopios o actividades que precisen de un mayor aislamiento o de espacio suplementario no disponible a bordo de la Freedom.

CONCLUSION

La validación de este revolucionario concepto no va a hacerse esperar mucho. Con él se abren tremendas expectativas y demuestran la gran cantidad de aplicaciones de utilidad que nuevas ideas pueden tener en el campo aerospacial. Sus enormes perspectivas contrastan con la sencillez de su temprana experimentación.

No habrá que esperar únicamente al Space Shuttle para tener noticias sobre la evolución de los "Space Tethered Systems". Experiencias adicionales han sido previstas o propuestas a bordo de cohetes desechables. Entre ellos destacan el aprovechamiento

de la velocidad orbital de la segunda etapa de un lanzador Delta-II para desplegar, una vez en el espacio, sistemas en miniatura de estas características. Un ejemplo lo es el Tethered Dynamics Explorer (T.D.E.-1), previsto para dentro de pocos meses.

BIBLIOGRAFIA

- Diversos folletos y noticias proporcionados por las compañías Martin Marietta Astronautics Group, y Aeritalia Space Systems Group (1990).

- Varios ejemplares de Aviation Week and Space Technology, Space News y Flight International.

- Aeritalia for Tethered Space Systems. Space Tethers. Septiembre de 1987.

- Space Tethered Atmospheric Systems (J.L. Anderson/N.A.S.A.). Journal of British Interplanetary Society Vol. 44, Marzo de 1991.



PRIMERA EMPRESA ESPAÑOLA SUMINISTRADORA DE EQUIPOS DE AVION

CESA es la primera empresa española dedicada exclusivamente al **diseño, fabricación, producción y mantenimiento** de equipos hidráulicos, neumáticos y de combustible de a bordo.

Y no es sólo la primera en términos cronológicos, sino la primera en **tecnología y penetración** tanto en el mercado nacional como internacional.

Nacida de la segregación de la división de accesorios de C.A.S.A. en una empresa independiente, hereda más de veinte años de experiencia en esta actividad. La incorporación de LUCAS Aerospace con el 40% del capital garantiza el posicionamiento internacional en nuevos programas de desarrollo.

Peró su vocación es también servir las necesidades internas en **mantenimiento y reparación** de equipos embarcados.



CAD.



Algunos productos CESA



Banco de pruebas de mandos de vuelo. (F.B.W.)



Avd. John Lennon, s/n. 28906 Getafe (Madrid). Spain.
Tels. (91) 624 01 14 / 06 / 07. Fax (91) 624 05 14