

# La innovación tiene alas

MANUEL MONTES PALACIO

**El Vector Espacial  
*Pegasus*  
es un nuevo sistema  
de lanzamiento  
de pequeños satélites  
que pretende revolucionar  
el mercado internacional  
en este sector.**

**A**LGUNAS empresas americanas como General Dynamics, Martin Marietta o McDonnell Douglas, llevan varios años inmersos en el competitivo mundo del lanzamiento de satélites comerciales de comunicaciones y científicos. Los cohetes que se están empleando, sin embargo, los Atlas, Titán o Delta, no son sino modificaciones de antiguos misiles de origen militar que, a pesar de su remozado aspecto, están muy lejos de poder aportar un descenso apreciable en el precio del kilogramo en órbita. No son en modo alguno el mejor ejemplo del "state of the art" de la tecnología del lanzamiento espacial, simplemente porque han heredado una serie de sistemas que se hallan ya obsoletos técnicamente. En la mayoría de los casos, cumplen adecuadamente con su tarea e incluso poseen buenos porcentajes de fiabilidad. No obstante, para que pueda considerarse de forma definitiva el uso comercial a gran escala del espacio, es necesaria una importante reducción en el precio de los lanzamientos.

*Representación artística  
del lanzamiento del Pegasus.*

*En la parte inferior de la imagen, el bombardero B-52 de la N.A.S.A. (Foto: O.S.C.)*











*Lanzamiento del primer Pegasus. El cohete acaba de abandonar el ala del B-52 e inicia el ascenso a través de la atmósfera merced al empuje de su primera etapa. (Foto: O.S.C.)*

El nivel de actividad comercial a este lado del Atlántico, personificado en la figura de la compañía europea Arianspace y en la de su lanzador estrella, el Ariane-4, parece querer demostrar que estamos ante una industria que, en manos privadas, puede significar también un buen negocio. Quizás a consecuencia de este éxito, han aparecido recientemente una pléyade de compañías dispuestas a construir todo tipo de sistemas de lanzamiento a bajo precio.

Pero, por ahora, el único sistema privado realmente nuevo que ha alcanzado su nivel operativo y que ya ha efectuado sus primeras misiones, es el revolucionario Pegasus de las compañías americanas Orbital Sciences Corporation y Hercules Aerospace Company. El vehículo fue ideado a principios de los ochenta ante la evidencia de que la prometida periodicidad

del Space Shuttle sería difícilmente alcanzable, y por la súbita proliferación de satélites de pequeño tamaño que no encontraban adecuado acomodo en el transbordador. La única opción americana para este segmento, el lanzador Scout, databa de veinte años atrás y el coste de sus vuelos resultaba prohibitivo para universidades y pequeños investigadores.

Para obtener una significativa reducción en el precio de este tipo de misiones, era necesario desarrollar un nuevo sistema más moderno, fiable y preciso. Los ingenieros de O.S.C. diseñaron entonces un vehículo totalmente atípico, reminisciente de estudios efectuados allá por los años sesenta y que nunca fructificaron por su complejidad. La idea puede otorgarse al Dr. Antonio L. Elfás, ingeniero jefe de O.S.C. y prestigioso científico de

origen español.

Armados con las últimas técnicas de diseño mediante ordenador, se echó la vista atrás y, pensando en los éxitos obtenidos por el avión supersónico X-15, idearon un vehículo equipado con alas que como aquél sería lanzado desde un bombardero B-52. Está claro para los ingenieros que el mayor gasto propulsivo durante el despegue se efectúa en los primeros instantes del lanzamiento. El ascenso vertical y la lucha frente al rozamiento atmosférico y la gravedad resultan en un desproporcionado despilfarro energético. Así pues, ¿por qué no trasladar nuestra torre de lanzamiento hasta donde la capa atmosférica es menos densa? De este modo, en su forma original, el Pegasus utiliza un avión B-52 como primer escalón. Este lo sitúa a una latitud y altura convenientes y le proporciona



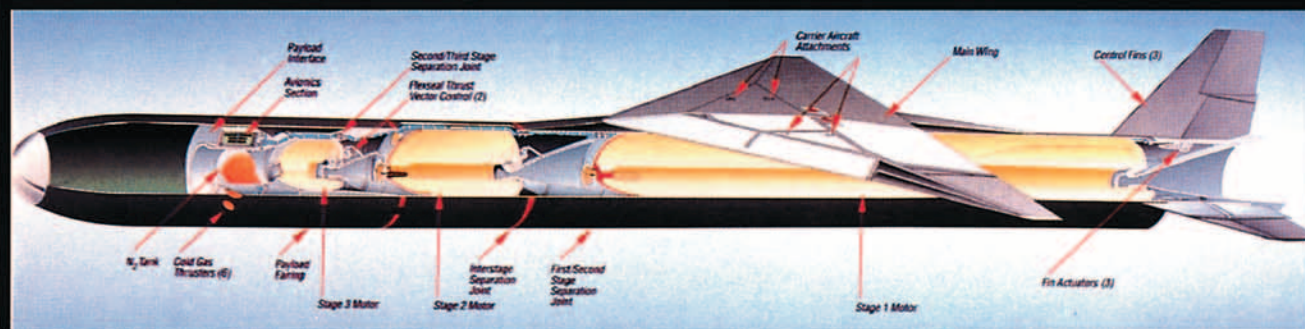


prometedor futuro de la idea fue suficiente argumento para llamar la atención mundial y aún mejor, para obtener los primeros contratos incluso antes de su vuelo inaugural. La D.A.R.P.A., agencia militar de desarrollos avanzados para la defensa americana, comprometió su apoyo y contrató los vuelos iniciales del cohete.

## ESTRUCTURA Y MISION

El carácter innovador del Pegasus viene dado por la utilización de las últimas técnicas en propulsión sólida, navegación y lanzamiento. El sólo hecho de que pueda ser preparado en pocas horas para el despegue, o que éste pueda ser efectuado desde un gran número de lugares (el avión proporciona esta flexibilidad), es suficiente para garantizar su éxito. El uso militar del Pegasus es sumamente atractivo pues posibilita una rápida capacidad de reacción, aunque su bajo coste sea la mejor baza para el usuario científico o para países con menores recursos. Todo ello resulta de la configuración adoptada por el sistema, su modularidad, sus avanzados componentes. Echemos un vistazo a su estructura básica.

La primera etapa "virtual" del Pega-



Corte esquemático de un Pegasus. Destaca la configuración de cada una de las tres etapas básicas. (Foto: O.S.C.)

además una velocidad suplementaria. El uso de un avión es siempre mucho más económico que una etapa-cohete no reutilizable. Desde el punto de liberación, a unos 12 kilómetros de altitud, el Pegasus utiliza su propia propulsión (3 etapas de combustible sólido) para adquirir la velocidad orbital. Equipado con una superficie alar insignificante y sistemas de orientación aerodinámicos, el vehículo goza de

sustentación adicional, aumentando la eficacia de los motores.

Las dos compañías americanas han financiado de forma privada y completa el desarrollo del Pegasus. El programa se inició en abril de 1987, aunque el acuerdo entre las empresas se firmó en diciembre de ese mismo año. Orbital Sciences se encarga de la supervisión general y Hercules Aerospace construye el sistema propulsivo. El

us es el bombardero modificado que le traslada hasta la altitud y velocidad adecuadas. En el futuro, está prevista la utilización de otro modelo de avión, el Lockheed L-1011 Tristar (uno de los cuales ha sido ya comprado por O.S.C.), lo que permitiría reducir aún más el coste de cada misión. Se ha usado hasta ahora el B-52 porque ya fue empleado durante el programa X-15, siendo su método de sujeción a la



parte inferior del ala del gigantesco aparato muy semejante al que permitía la liberación de aquél.

Gracias al uso de esta técnica de lanzamiento aéreo, el Pegasus puede satelizar el doble de masa útil que si despegara verticalmente desde el suelo. Esto permite aún mayores reducciones de coste por unidad de peso. Externamente, el Pegasus tiene una apariencia cilíndrica, mide aproximadamente 15 m de largo y 1,27 m de diámetro. Dividido en tres etapas de combustible HTPB, sobre la primera se halla instalada el ala delta, de aspecto triangular y unos 6,7 m de envergadura, así como tres aletines en el extremo que proporcionan un cierto control aerodinámico.

Después de alcanzar los 12.200 m de altitud, el B-52 libera su preciosa carga y efectúa una maniobra de evasión. En ese momento, el Pegasus está viajando a una velocidad de Mach 0,8. Cinco segundos después, entra en acción la primera etapa. Esta, con un peso de 14.020 kg, desarrolla un empuje medio de 486.700 newtons durante 77 seg. Durante esta fase de la ascensión, el control aerodinámico lo proporcionan los alerones instalados en la cola. Alcanzada una velocidad de Mach 8,7 y una altitud de 43.900 m se efectúa el desprendimiento de la primera fase. Tras un breve período de ascenso inercial y a unos 64.900 m de altitud, hace ignición la segunda fase. Esta posee un peso de 3.402 kg y un empuje medio de 122.800 newtons. Funciona durante 75 seg., tras lo cual, el Pegasus ha alcanzado los 169 km de altitud y una velocidad de 5,3 km/s. Durante el período de combustión de esta etapa, a unos 112 km de altura, se efectúa la eyección del carenado que protege la carga útil. En esos momentos, el control de la orientación se lleva a cabo gracias a un sistema que utiliza pequeñas toberas que expelen gas frío (nitrógeno) a presión. La tercera fase no entrará en funcionamiento hasta que el conjunto haya alcanzado los 459 km de altitud y su velocidad se haya visto disminuida hasta los 4,8 km/s. Con un peso de 1 t, este escalón proporciona un empuje de 34.560 newtons durante 66 seg., suficientes como para alcanzar la velocidad orbital necesaria (463 km de altitud, 7,6 km/s).

La estructura del Pegasus es muy ligera ya que está construida en materiales compuestos, como el grafito-epoxy. Esto posibilita una máxima carga útil. Sobre el cohete propiamente dicho se halla la aviónica y el sistema de guiado, totalmente computarizado. Dependiendo de la órbita elegida, el vehículo puede satelizar entre 400 y 600 kg en forma de instrumentos, satélites, etc. Está preparado para enviar al espacio varios ingenios a la vez.

Las mayores ventajas de esta configuración residen en que todo el conjunto puede ser integrado horizontalmente, precisa de un relativo bajo número de personas en las tareas de preparación y lanzamiento, y puede ser enviado al espacio desde una gran variedad de zonas, incluso desde países que nunca lo hayan hecho.

Para justificar el mayor potencial de carga del Pegasus debemos fijarnos en la energía cinética adicional aportada por el avión que lo transporta durante la fase inicial de la misión, el menor rozamiento atmosférico que debe soportar a dichas altitudes, la mejora propulsiva que aporta el diseño de sus toberas, y la reducida inclinación de ascenso (la cual, junto a las alas, aporta mayor sustentación y menor pérdida gravitatoria). El ritmo de ascenso proporciona menores aceleraciones, así como sufrimientos estructurales limitados.

Es conocida la dificultad de lanzar satélites hacia determinadas órbitas desde un sitio u otro. La ruta de ascenso no debe transcurrir nunca sobre zonas pobladas, lo que impide enviar ingenios hacia órbitas polares desde Cabo Cañaveral o hacia órbitas geoestacionarias desde Vandenberg. El uso de un avión permite acceder a la zona más adecuada para el lanzamiento sin peligro para la población.

Puede ser usado para enviar objetos en órbitas bajas, trayectorias de escape o para acelerar a grandes velocidades ciertos experimentos que no requieran inyección orbital, como sería el caso de la obtención de información para el desarrollo de los motores del futuro avión hipersónico N.A.S.P.

El Pegasus, en fin, representa la más avanzada aplicación de las técnicas computacionales en dinámica de flui-

dos, lo que ha permitido no utilizar túneles de viento para demostrar sus características.

Su punto fuerte es, sin duda, la rapidez de su preparación. Tengamos en cuenta que el vehículo, sus motores, la carga útil, son integrados muy poco antes del lanzamiento. Las piezas que lo componen llegan al hangar sólo dos semanas antes del despegue. A cinco días del momento previsto, el vehículo está ya montado y totalmente verificado. Las sustancias volátiles no son introducidas en el cohete hasta un día antes, y doce horas después, se procede a la instalación del vehículo bajo el ala del avión.

Tras el despegue del sistema de transporte aéreo, el conjunto llega a la zona de la separación, y durante veinte minutos, se efectúan todas las comprobaciones necesarias. Diez minutos después, el Pegasus se halla ya en modo interno y listo para abandonar el complejo. Lo que sigue a esto se ha descrito ya someramente cuando se describió la estructura del vehículo.

## VIDA OPERACIONAL

Con todo a punto, era necesario comprobar que todo funcionaba a la perfección, así que se preparó un breve programa de prueba durante el cual se verificaría la adecuada integración entre el avión y el Pegasus. Para ello se utilizaría un modelo del cohete sin combustible, y no se le liberaría en ningún momento.

El 10 de agosto de 1989, se presentaba al público el primer Pegasus inerte para dichas pruebas. Una vez instalado bajo el ala del B-52 cedido por la N.A.S.A., se efectuaron diversos recorridos a baja velocidad, rodando sobre la pista de despegue. Era el 4 de noviembre de 1989. Cuatro días después, estas pruebas se repitieron a mayores velocidades, siempre para comprobar el nivel de interacción entre el Pegasus y el sistema de unión al B-52.

Por fin, el 9 de noviembre, se efectuó el primer despegue, con el ex-astronauta Gordon Fullerton a los mandos del B-52. Durante una hora y media, los controladores dispuestos en tierra tomaron buena nota de toda la telemetría y sacaron numerosas conclusiones. La velocidad de navegación

no fue demasiado alta, apenas diez nudos por encima de la necesaria para el despegue. Aparecieron algunos problemas en las comunicaciones y en el material de protección térmica, pero éstos se solucionarían antes del próximo intento. El segundo vuelo se realizó el 15 de diciembre de 1988. En esta ocasión, se trataba de alcanzar la máxima altitud posible. De nuevo, aparecieron algunos problemas en las comunicaciones que aconsejaron efectuar un tercer vuelo de prueba. El tercer y último vuelo de verificación, exitoso, se llevó a cabo el 30 de enero de 1990.

El Pegasus-1 debía transportar consigo dos cargas útiles: el satélite GLOMR-2 y el sistema Pegasus (integrado en la tercera etapa del vehículo y preparado para obtener información del vuelo inaugural). El 4 de abril de 1990, el B-52 se disponía a alzar el vuelo desde la Base Aérea de Edwards, en California, en dirección al punto de separación previsto. Pero, varios aviones con instrumental meteorológico aconsejaron posponer el intento y la misión fue abortada hasta el día siguiente. Entonces, todo se desarrollaría con normalidad. Cada una de las etapas funcionaron según lo previsto y ambos objetos fueron orbitados en la órbita e inclinación adecuadas.

Tras la natural euforia, se preveía una rápida sucesión de vuelos durante los siguientes meses. Sin embargo, esto no ocurriría así. El próximo lanzamiento consistía en la satelización de siete pequeños Microsats del Departamento de Defensa, y las necesidades de la misión obligaban al desarrollo de una cuarta etapa.

A pesar de construirse ésta en un tiempo récord, aproximadamente un año, tuvimos que esperar hasta julio de 1991 para contemplar el siguiente vuelo de un Pegasus. Esta cuarta etapa, en contraste con las otras, utiliza combustible líquido. El H.A.S.P. (Sistema Auxiliar de Propulsión mediante Hidracina) posee tres pequeños motores con capacidad de reencendido que consumen este propelente y sirven para incrementar la precisión durante la inyección orbital. Se trata de un kit propulsivo opcional y sólo será usado si es necesario.

El Pegasus-2 abandonó la Base Aérea de Edwards el 17 de julio de 1991. Siguiendo una trayectoria parecida a la de su predecesor, la misión no fue del todo bien. Durante el proceso de separación de la primera y segunda fases, el cohete se vio desestabilizado y sólo el oportuno uso de las posibilidades de corrección de trayectoria le permitieron alcanzar el espacio. La utilización del combustible para corregir el rumbo impidió alcanzar la órbita esperada y los satélites fueron desplegados en una altitud inferior. A pesar de que los Microsats tendrían una vida menor a la prevista, el Pegasus demostró su habilidad en cuanto a corregir problemas durante las fases críticas del vuelo. Otro de los problemas detectados fue la separación del carenado protector, lo que obligaría al completo rediseño de la carcasa y el sistema de eyección. Debido a ello y a diferentes retrasos en la construcción del próximo satélite que debía ser lanzado por el Pegasus, el tercer vuelo no se efectuaría hasta un año y medio más tarde.

El Pegasus-3, lanzado el 9 de febrero de 1993, llevó hasta el espacio a un satélite brasileño denominado Satélite Coleta de Datos-1 (SCD-1) y a un vehículo de demostración del sistema Orbcomm (CDS). El B-52 partió desde Florida, liberando al Pegasus a unos 100 km al este del Kennedy Space Center. El SCD-1 fue el primer contrato realmente comercial para el Pegasus, y la firma del contrato definitivo con el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), realizada el 2 de septiembre de 1992, es una muestra de la rapidez con la que se pueden lanzar los satélites al espacio. El vuelo se efectuó con éxito, y el SCD-1, pensado para transmitir información suministrada por diversas estaciones medioambientales terrestres, se halla ya en servicio.

Poniendo de manifiesto la madurez del sistema, el Pegasus-4 partiría muy poco después, el 25 de abril de 1993, desde el área de la Base Aérea de Edwards, en California. El Alexis-1 de la U.S.A.F. sería su carga útil. Todo se desarrolló con normalidad pero, durante el ascenso, parece que fue arrancado uno de los paneles solares del satélite, precisamente el que poseía una

de las antenas de comunicaciones y uno de los transmisores. Los técnicos lograrían establecer contacto más tarde, aunque con algunas dificultades.

## UN BRILLANTE FUTURO

En el momento de escribir estas líneas, el calendario previsto para los próximos meses mantenía en línea de tiro a los Apex, MSTI, Geosat FO, Seastar y Clementine-2 y la compañía O.S.C. tenía una cartera de 24 vuelos en firme y otros 62 opcionales para el Pegasus y para el Taurus, un cohete derivado del primero cuyo primer vuelo es inminente.

El Taurus, esponsorizado por el Departamento de Defensa americano, consiste en un Pegasus sin alas actuando como segunda, tercera y cuarta etapas de un vector de despegue vertical y rampa fija. Utilizará como primera fase la procedente de un misil intercontinental de combustible sólido MX, (en el futuro un motor Thiokol Castor-120, una derivación moderna del anterior) y está previsto que pueda satelizar cargas algo más pesadas que las que puede transportar el Pegasus.

Pero también se esperan innovaciones en el propio Pegasus. Se anuncian nuevas versiones denominadas Pegasus-XL y Pegasus-Turbo. La primera debería realizar su primer vuelo en 1993, y consiste en diversas mejoras en el sistema de propulsión y guiado. Podrá transportar más masa hasta la órbita. El segundo es un Pegasus-XL equipado bajo las alas con dos motores turbojet de corto funcionamiento. Proporcionarán un impulso específico de unos 1.800 segundos y permitirán un incremento de un 125% de carga útil respecto al modelo XL. O.S.C. poseerá entonces una completa gama que cubrirá casi cualquier necesidad entre la capacidad del primer Pegasus y el más potente Taurus ■

## BIBLIOGRAFIA

-*International Reference Guide to Space Launch Systems*, por Steven J. Isakowitz. 1991. AIAA.

-*World Guide to Commercial Launch Vehicles*, por Frank Sietzer Jr. 1991. Pasha Publications.

-Notas de prensa procedentes de Orbital Sciences Corporation y Hercules Aerospace.