

PEDRO DUQUE

Ciencia en microgravedad

22 DE JUNIO DE 2006

PEDRO DUQUE

NACIÓ EN MADRID.

INGENIERO AERONÁUTICO POR LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

EN EL AÑO 1986 EMPEZÓ SU COLABORACIÓN CON LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA Y EN MAYO DE 1992 FUE SELECCIONADO PARA INTEGRARSE EN EL CUERPO DE ASTRONAUTAS.

EL 29 DE OCTUBRE DE 1998 VOLÓ POR PRIMERA VEZ AL ESPACIO A BORDO DEL TRASBORDADOR DISCOVERY.

EN EL AÑO 2003 VUELVE AL ESPACIO A BORDO DE LA CÁPSULA SOYUZ PARA PARTICIPAR EN LA MISIÓN CERVANTES. OCUPÓ EL PUESTO DE INGENIERO DE VUELO PARA EL DESPEGUE, APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE.

ACTUALMENTE COMPARTI SU TRABAJO ENTRE LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA Y LA DIRECCIÓN DEL USOC, EL CENTRO ESPAÑOL DE ASISTENCIA A LOS USUARIOS DE LAS INSTALACIONES EXPERIMENTALES DE LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA.

SU TRABAJO HA SIDO RECONOCIDO CON NUMEROSOS GALARDONES, ENTRE OTROS: LA «ORDEN DE LA AMISTAD» CONCEDIDA POR EL PRESIDENTE YELTSIN DE LA FEDERACIÓN RUSA; LA GRAN CRUZ AL MÉRITO AERONÁUTICO, IMPUESTA POR EL REY DE ESPAÑA; Y EL PREMIO PRÍNCIPE DE ASTURIAS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL.



La Ciencia estudia la Naturaleza de forma sistemática. En general, un experimento científico consiste en elegir una porción de la Naturaleza, medir muy bien las diversas influencias que el resto de ella tiene sobre nuestra porción, y medir también de la mejor forma posible las respuestas que nuestra porción de Naturaleza tiene a estas influencias externas. Esto debe hacerse variando lo más posible las condiciones en las que se encuentra lo estudiado, de forma que se pueda discernir la acción de cada una de ellas.

El estudio de sustancias concretas, pongamos por caso el butano, supone colocar una cantidad pura de él en una botella lo más limpia posible, aislar la botella bien del calor o frío exteriores, comprobar que el material de la botella no influye en el butano apreciablemente y otras medidas similares. Cambiando de forma controlada por ejemplo la presión y la temperatura se pueden medir las diferentes características del butano en las diferentes condiciones. Algunas magnitudes comprensibles intuitivamente son la transparencia, la subida de temperatura al aplicarle calor, la bajada de temperatura al hacer mayor la botella, etc. Cuanto más precisamente se conozcan estas y muchas otras características de este gas, mejores perspectivas hay de inventar nuevos, más eficaces y más limpios modos de utilizarlo.

Muchos de los fenómenos naturales son reacción a la fuerza de la gravedad. Siguiendo con nuestro ejemplo, para estudiar la transparencia del butano a diversas temperaturas es necesario que todo esté caliente por un igual, y quieto. Sin embargo, si ponemos la botella sobre un calentador el butano más caliente subirá y bajará el frío, como consecuencia de la diferente densidad y por estar sometido a la gravedad. Esto tiene como consecuencia que habrá ciertas variaciones de temperatura y además que posiblemente nunca esté quieto del todo. Por lo tanto, la transparencia que medimos depende de lo rápido que se esté moviendo y esto a su vez es consecuencia de la acción de la gravedad.

QUÉ ES LA MICROGRAVEDAD (MICROGRAVEDAD - μG)

Se puede definir de varias maneras. En general la descripción más exacta, porque lo expresa de forma que todo el mundo puede imaginarlo, es:

Donde «no se siente» la gravedad

En una nave espacial las personas no tienen la sensación de estar atraídas hacia el centro de la Tierra. Tampoco, por supuesto, los mecanismos ni los fluidos sentirían esa fuerza si sintieran.

Otra definición equivalente, expresada en términos más cuantitativos:

Donde la gravedad es [casi] la única fuerza

Al fin y al cabo, estamos ante una situación en la que la Estación (pongamos por caso) y lo que está dentro de ella están atraídos por la Tierra pero nada se interpone entre esta atracción y ellos. Otra forma de expresar esta definición:

Donde las básculas miden millones de veces menos

Este es el origen de la partícula «micro» en microgravedad. Como consecuencia de lo dicho anteriormente, si uno se pesara en la Estación, tanto la báscula como la persona están volando en la misma dirección, así que una no aprieta sobre la otra y la báscula marcaría un millón de veces menos.

CONSECUENCIAS

Debido a lo antedicho, hay ciertas consecuencias, las cuales se pueden clasificar en varias categorías.

Los líquidos no reciben reacción del recipiente

Es decir, los líquidos pueden estar quietos sin tocar otras cosas sin necesidad de tener recipientes que los empujen hacia arriba. Por tanto, los líquidos están sujetos a menos fuerzas y se pueden estudiar en diferentes condiciones.

La diferencia de densidades no crea flujo

Como hemos visto, lo denso va abajo y lo menos denso arriba, en condiciones terrestres. En ingravidez, no hay ninguna tendencia a que los líquidos o los gases se ordenen de esta manera. Es decir, en estas condiciones los líquidos y los gases están

más quietos ante diferencias de temperatura o densidad u otras, por lo que gran variedad de mediciones se ven facilitadas, sobre todo si la cantidad de fluido es grande. Por otro lado, si se requiere que los líquidos estén muy quietos durante tiempos prolongados a temperaturas reguladas para que tengan lugar procesos físicos de larga duración, las condiciones son ideales.

Las estructuras de soporte se descargan

Muchas cosas en la Tierra tienen estructuras internas o externas que sujetan todo de manera que no se caiga. Por ejemplo, los cuerpos humanos tienen huesos duros para que las otras partes del cuerpo se apoyen en ellos y ellos finalmente en los pies. En ingravidez, los huesos no tienen necesidad de soportar el peso de nada.

Los mecanismos con masas funcionan diferente

Todos los mecanismos que funcionan por el principio del péndulo no funcionan igual. Un reloj de péndulo no funcionaría, y existen muchos tipos de mecanismos equivalentes.

CÓMO SE CONSIGUE: DEJÁNDOSE CAER (!!!)

En efecto, no hay otra manera. Es imposible, según la física que conocemos, contrarrestar la fuerza de la gravedad y producir las consecuencias descritas más arriba. La única forma de escapar a la sensación de gravedad es dejándose llevar por ella. Esto es en realidad fácil; requiere inacción más que acción. El único problema reside en impedir chocar con algo duro durante la caída. Veremos algunas soluciones más adelante.

PARA QUÉ INVESTIGAR EN μg

Existen una serie de motivos que nos impulsan a investigar en estas condiciones.

Para medir mejor parámetros básicos

Al describir los fenómenos de la Naturaleza por medio de fórmulas matemáticas, la física requiere efectuar mediciones para poder determinar los parámetros que intervienen en ellas. Estos parámetros a veces se pueden deducir de otras leyes físicas, otras veces (aún) no. Para hacer medidas con la mayor precisión, han de escogerse sistemas cuyo comportamiento sea lo más simple posible y ahí entra la microgravedad en muchos casos.

Concretamente: la industria electrónica necesita comprender las aleaciones de silicio fundidas y la de motores de alto rendimiento las aleaciones de aluminio y

magnesio. Para ello usan sofisticados modelos de ordenador que proporcionan predicciones de todo el proceso. Sin embargo, los datos de entrada para el ordenador son estas constantes básicas, por ejemplo, el calor específico o la conductividad térmica de los líquidos en cuestión. Sin medidas precisas, hasta ahora imposibles de hacer en los laboratorios terrestres, los modelos tienen una utilidad limitada.

Obtener realmente resultados teóricos

Dado que el comportamiento de los sistemas físicos en muchos casos es más simple en microgravedad, también resulta más fácil predecir exactamente los resultados que se obtendrían de experimentos concretos. En el caso de la solidificación de aleaciones metálicas, por ejemplo, el metal sólido se forma como unión de pequeños cristales que llamamos «granos». La forma y tamaño de dichos granos son consecuencia de diversos factores, y son también el origen de muchas propiedades como la misma resistencia mecánica del material. Predecir la forma de los granos en condiciones de laboratorio normales es mucho más difícil que en ingravidez por las razones antes expuestas. Por lo tanto, es la comparación entre el resultado en ingravidez y el teórico el que nos informa si la física entiende de verdad el proceso.

Aparte, muchos procesos industriales se beneficiarían en cuanto a calidad del producto final si la producción se realizara en ingravidez. Tal no es posible puesto que el tamaño de las factorías que pudiéramos poner en órbita no sería ni con mucho suficiente. Pero sí podemos ayudar mucho, puesto que la fabricación de pequeñas muestras perfectas en órbita permite a los ingenieros disponer de un modelo al que paulatinamente irse acercando con los métodos de producción terrestres.

Mejorar sistemas o estudiar la reacción humana para futuros vuelos

Es obvio este uso de la ingravidez: para estudiar, ahora que estamos cerca de la Tierra y podemos hacer todas las pruebas necesarias, los sistemas que nos permitirán hacer naves autónomas en el futuro. Para la exploración de los planetas, es necesario que las naves espaciales se independicen de la Tierra y para ello se necesitan complejos sistemas de reciclado de todo en la nave espacial. Es impensable mandarles la comida a los astronautas que estén en Marte durante meses, así que necesitamos instalaciones donde ésta pueda producirse. Por supuesto, el agua y el aire deben reciclarse al 100%. Todos estos sistemas están en desarrollo, pero dado que serán de importancia capital para estas misiones han de sufrir fuertes procesos de prueba hasta que tengamos la confianza suficiente en ellos para hacer depender la vida de los astronautas de su correcto funcionamiento. Este es un área de investigación importante en el presente.

Aparte de los sistemas, la exploración debe llevar personas (los exploradores, claro está). Un viaje por el espacio implica radiación, ingravidez prolongada, aislamiento, consumo de material reciclado, y otros factores durante muchos meses. Por lo

tanto, el área de investigación en fisiología humana que trata de determinar las mejores maneras de asegurar la salud de los astronautas y su plena capacidad de trabajo es fundamental para la siguiente fase de exploración. De hecho, esta área constituye la prioridad máxima en la estrategia científica de la agencia americana (la NASA) en el corto plazo. La Agencia Europea del Espacio mantiene la prioridad equilibrada entre esta línea y las otras.

Observar en esas condiciones esperando nuevas ideas para hipótesis

Siempre son de menor categoría, en general, los experimentos que se hacen «simplemente para ver qué pasa». Lo normal es que los científicos tengan una idea muy concreta sobre cómo funciona la naturaleza, fruto de observaciones acumuladas, y la formulen en lenguaje matemático (el modelo). Este mismo lenguaje matemático proporciona predicciones sobre el comportamiento de la naturaleza en condiciones en las que aún no se ha estudiado. Y el experimento consiste en reproducir esas condiciones y verificar si el modelo era o no correcto.

Sin embargo, en ciertos casos o ciertas disciplinas la ciencia no está lo suficientemente avanzada para describir en lenguaje matemático el modelo. En esas áreas hay que seguir tomando datos con rigor pero sin tener todavía claro el modelo matemático final resultante. A esta categoría pertenecen experimentos como los que investigan los cambios en las proteínas del genoma de plantas en ingravidez, o diversas clases de experimentos de medicina. Intentan ver qué pasa en estas condiciones tan nuevas y especiales y de esa forma ir recopilando ideas para aproximarse a los modelos matemáticos.

ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EN μg

Un gran número de disciplinas científicas pueden potencialmente beneficiarse de la investigación en condiciones de ingravidez. A continuación hacemos un somero repaso de las más evidentes, en todas las cuales ya se han producido avances significativos usando esta herramienta. Según vaya extendiéndose entre la comunidad científica la capacidad de usar la microgravedad de forma sistemática podría, y seguramente así será, extenderse esta lista.

Física de fluidos en general

Muchos procesos industriales, si no todos, tienen fases en las cuales el rendimiento depende de la precisión con la que se conoce el comportamiento de los fluidos implicados. Mejoras en esta precisión son obtenibles usando la experimentación en microgravedad, concretamente en las áreas siguientes al menos:

- Entrefases: la frontera entre un líquido y un gas. Por ejemplo, la tensión superficial en las microgotas de las impresoras.
- Cambio de fase: el proceso de, por ejemplo, la cristalización de moléculas complejas como las proteínas está en la base de muchos métodos de creación de medicinas sintéticas.
- Fluidos críticos: el estudio de las condiciones en las que líquido y gas se hacen indistinguibles es particularmente difícil en laboratorios terrestres porque el mismo peso del líquido hace colapsar el gas y el estado crítico desaparece.
- Espumas: la formación de frágiles películas de líquido en un medio gaseoso es la base de muchos procesos industriales, como por ejemplo la fabricación de aislantes. El estudio de estas estructuras en ingravidez arroja mucha luz sobre sus características exactas.
- Combustión: Toda la combustión se realiza, para aumentar su eficiencia, con el combustible finamente pulverizado. Las características de una minúscula esfera de combustible son difíciles de estudiar directamente. Sin embargo, en microgravedad se pueden estudiar esferas mucho mayores flotando libres como flotan normalmente las microscópicas, y obtener datos exactos con más facilidad.

Física de los materiales

Los materiales industriales se fabrican siguiendo diferentes procesos pero es común que se pase en algún momento por una fase líquida a altas temperaturas. Por lo tanto este epígrafe está relacionado con el anterior pero se estudia separado por tratarse de fluidos a altas temperaturas y por ser una faceta de la física con utilización directa en la industria.

Aleaciones complejas: mezclando diversos metales se obtienen aleaciones, y la física predice que determinadas mezclas aún no ensayadas tengan características muy aprovechables. Sin embargo, los metales fundidos no se mezclan así como así y la producción de estas mezclas «ideales» a veces se ve dificultada por la diferente densidad de los componentes. En ingravidez se puede a veces crear la aleación buscada fácilmente.

Autolubricantes: relacionado con lo anterior, hay mezclas de metales que no forman aleaciones sino pequeñas zonas de un metal dentro de la matriz de otro. Usando un metal duro para la matriz y uno blando para las incrustaciones se puede realizar un material que se lubrica a sí mismo hasta un cierto límite. En este caso incluso subsiste en mayor medida el problema de la densidad, puesto que el metal lubricador suele ser el plomo, muy denso.

Semiconductores: El material para fabricar microelectrónica es cada vez más sofisticado y nuevos materiales de esta clase se pueden fabricar también por primera vez con más facilidad en ausencia de la influencia de la gravedad.

Biología

Crecimiento de plantas: Las plantas tienden a crecer hacia la luz y en la dirección vertical. Si se las tuerce, detectan y recuperan la vertical. Para la industria de la madera, por ejemplo, es importante el conocimiento exacto de este fenómeno puesto que la forma que tienen los árboles de recuperar la vertical produce zonas de madera más dura en el interior de la curva y por tanto el árbol pierde valor económico. En microgravedad se puede diferenciar la reacción al peso de las reacciones a las otras influencias externas.

Diferenciación de embriones: es fundamental en biología el proceso por el cual las células embrionarias, en principio todas iguales, se diferencian para dar lugar a las distintas partes del cuerpo. Varias influencias podrían ser determinantes, incluida la gravedad. El tema está en estudio.

Expresión de genes: en biología, desde que aparecieron las técnicas de análisis del genoma, hay una labor ingente de estudio para averiguar qué hace cada gen que ahora conocemos. Al someter a los seres vivos a diferentes valores de influencias externas vamos obteniendo datos para llegar a este conocimiento detallado. Uno de los parámetros que más influye en los seres vivos es la gravedad.

Medicina

La reacción del cuerpo y la mente humanas a las condiciones más variadas son también útiles en general a la ciencia. En el caso de la medicina, además se dan dos circunstancias que condicionan el tipo de experimentos realizados: una, que las reacciones de astronautas a las condiciones del vuelo espacial en ciertos casos son análogas a reacciones a trastornos de la gente en general, y por tanto su estudio podría aportar datos para tratar estos.

Equilibrio: los astronautas, debido a las condiciones del vuelo espacial, en alrededor de la mitad de los casos tienen frecuentes mareos los primeros días. Estudiando su origen y su adaptación se tiene esperanza de comprender mejor casos análogos en pacientes tratados con quimioterapia.

Pulmones: La distribución de sangre dentro de ellos determina su rendimiento. Las condiciones de ingravidez son las únicas que permiten estudiar los pulmones en un estado en el que la presión sanguínea en todos los puntos es la misma. Esto ayuda a mejorar los modelos de funcionamiento de las unidades funcionales del pulmón, puesto que es más fácil extrapolar los resultados del sistema completo a los de cada una de sus partes cuando las condiciones de todas son iguales.

Corazón: El sistema circulatorio en la Tierra tiene como una de sus funciones principales y a la cual dedica la mayor parte de su energía bombear siempre suficiente sangre a la parte más alta y más necesitada del cuerpo, el cerebro. Al eliminar completamente la necesidad de regular la presión para cada postura, las otras funciones, que normalmente son difíciles de medir, cobran más visibilidad.

Huesos: los astronautas comienzan a perder materia ósea en seguida, con efectos mucho más agudos según las estancias se prolongan. Al retornar a la tierra se recuperan, no sabemos si completamente pero bastante. El estudio de este fenómeno, especialmente la recuperación, da esperanzas de encontrar respuestas al problema de la osteoporosis.

Músculos: no pierden demasiada fuerza, pero al individuo le cuesta muchísimo más ejercerla al volver de la ingravidez, con un período de recuperación bastante rápido. Similarmente a lo que ocurre con los huesos, esta recuperación debe estudiarse para buscar métodos naturales de rehabilitación.

CÓMO CONSEGUIR MICROGRAVEDAD

Ya hemos llegado a una conclusión: únicamente se puede conseguir dejándose caer. Los diferentes métodos de que contamos para ello varían solamente en el origen de esta caída y la forma de conseguir que no se inmiscuya la resistencia del aire ni ninguna otra fuerza importante.

Torres de caída

La inventó W. Watts en Bristol en 1775. Cuentan que este señor era fabricante de balas de entonces, las cuales consistían en esferas de plomo. Cuanto más perfecta fuera la esfera, menores eran los huecos que existían entre ellas y el cañón y menores por tanto eran las pérdidas de empuje en el momento de dispararlas, aparte de tener probablemente una trayectoria más rectilínea. Las balas muy pequeñas ya se hacían dejando caer gotas de plomo fundido a un recipiente de agua fría, y Watts ensayó tirar balas más grandes desde cada vez más alto para conseguir el mismo resultado esférico. Fue añadiendo estructuras a su casa para tener más altura hasta que dio con el proceso adecuado y su patente le enriqueció.

Actualmente se utilizan torres para realizar experimentos en los que el equipo experimental tenga pequeño volumen y los resultados requieran sólo unos pocos segundos de ingravidez. La más capaz, la ZARM de Bremen, tiene 120 metros de caída y consigue 8 segundos de ingravidez por medio de un sistema que catapulta el experimento hacia arriba desde el suelo, por lo que la longitud de la caída libre se duplica. Como es natural, una parte importante de estas instalaciones es el sistema de recogida de los experimentos, porque a toda caída libre sigue una gran velocidad y ésta no debe terminar bruscamente. En estas torres hay un gran recipiente lleno de material muy ligero para amortiguar la caída. Durante la caída, en algunas se hace el vacío y en otras se hace al experimento caer dentro de una cápsula más grande de modo que la resistencia del aire no afecta al interior.

Las ventajas de este sistema son el poco gasto y la facilidad con la que se hacen repeticiones del mismo experimento, hasta tres por día. Como desventajas, además del tamaño máximo, el experimento ha de funcionar de forma totalmente automática.

Vuelos Parabólicos

Consisten en hacer con un avión maniobras sin sustentación y compensando la resistencia del aire con los motores. De esta manera, sobre los objetos en su interior sólo actúa la gravedad, es decir, están en caída libre. La precisión con la que la maniobra se puede realizar es limitada, consiguiéndose reducir a una centésima parte la acción de la gravedad. Una tal maniobra se puede hacer con cualquier avión, aunque existen limitaciones en la longitud de ella tanto por la velocidad inicial conseguible como por otras consideraciones como los sistemas de lubricación y aporte de combustible, que en aviones no acrobáticos no están pensados para hacer estas cosas.

Las Agencias espaciales todas reconocen la necesidad de este medio de producción de condiciones de ingravidez y por tanto todas tienen en propiedad o subcontratados una serie de aviones especialmente preparados. El mayor y más moderno es el que utiliza la Agencia Europea del Espacio (ESA), un Airbus 300 que, si llevara pasajeros, podría acomodar 250. Este avión puede hacer maniobras de microgravedad, lo que llamamos «parábolas», de hasta 25 segundos de duración, y hasta 30 en un solo vuelo.

En estos sistemas el volumen y el peso de experimentos puede ser muy grande por lo que se prestan a hacer pruebas (en 25 segundos) de los más variados equipos que deban después funcionar en la Estación Espacial. Muchos tipos de experimentos se pueden hacer en estos 25 segundos, con lo que se realizan campañas de vuelo regulares que obtienen resultados científicos reales.

Una gran ventaja de este sistema es la posibilidad de llevar como operadores del experimento a los investigadores mismos, después de pasar un corto cursillo de seguridad. Por tanto, no hay necesidad de fabricar instrumentos totalmente automáticos sino que los mismos equipos del laboratorio terrestre en principio pueden adaptarse a funcionar allí. La ESA organiza incluso programas en los que las Universidades presentan experimentos diseñados por los estudiantes y ellos mismos tienen la oportunidad de operarlos en ingravidez.

Las desventajas de este sistema son fundamentalmente la longitud de los períodos de ingravidez y la limitada ausencia de perturbaciones. Los mareos inevitables en gran parte de los investigadores se sobrellevan con determinación y buen humor en casi todos los casos.

Cohetes

Sin llegar a entrar en órbita, un cohete lanzado verticalmente puede alcanzar durante bastante tiempo condiciones muy perfectas de ingravidez. El sistema MAXUS

europeo, por ejemplo, permite hacer experimentos durante 12 minutos en ingravidez con experimentos de hasta 400 kg.

Las ventajas de este sistema son la longitud y absoluta limpieza del período de ingravidez. El coste es inferior en general al de realizar los mismos experimentos en medios más sofisticados. Como desventaja debe citarse la necesidad de diseñar aparatos experimentales totalmente automáticos y en los que los datos se obtengan por medio de telemetría o grabaciones: es decir, casi tan complejos o más que los necesarios para su uso en la Estación Espacial. Además, las oportunidades de realizar estos lanzamientos son limitadas.

Satélites autónomos

Para experimentos cuya duración tenga necesariamente que ser mayor de 12 minutos, existe como opción el sistema de colocarlos a bordo de un satélite autónomo que les proporciona potencia eléctrica y transmisión de datos. Los científicos europeos han utilizado tanto un satélite propio lanzado al espacio en la bodega de carga del transbordador de la NASA (el «Eureca») como naves rusas lanzadas con sus cohetes («Fotón» y «Bión»).

El Eureca era un gran satélite de cuatro toneladas y media que acomodaba hasta mil kilos de instrumentos, con mil vatios de potencia disponible. Desarrollado durante los años 80, voló al espacio en 1992 con el transbordador NASA. Durante un año estuvo operando de forma autónoma y por telecomandos, y fue recuperado con otro transbordador. El éxito de la misión fue indudable, pero el elevadísimo coste de dos misiones de transbordador no permitió que se repitiera.

Los satélites Fotón y Bión son derivados de antiguas naves rusas. El Fotón, actualmente en uso, lo es de las primeras cápsulas tripuladas rusas, las «Vostok». Puede llevar hasta 500 kg de equipo experimental, proporciona 400 vatios de potencia y permanece en órbita unas dos semanas. Actualmente la ESA es el principal cliente del Fotón y se realiza un vuelo cada año o año y medio. El próximo tendrá lugar en otoño de 2006, ya que el último fue este mismo Mayo de 2005.

Las ventajas son obvias: se pueden estudiar fenómenos cuyos efectos tarden más de 12 minutos en manifestarse. Entre ellos están casi todos los experimentos de biología, los que necesiten fundir aleaciones en ingravidez, los que necesiten repeticiones en diferentes condiciones, en fin, una gran variedad. Por supuesto que el coste de una misión de este tipo es elevado, pero sin embargo sigue siendo menor que los costes asociados a la realización de experimentos en la Estación Espacial, aunque la diferencia podría invertirse cuando ésta esté funcionando a pleno rendimiento.

Como inconvenientes aparece otra vez la necesidad de la automatización. Los aparatos son necesariamente más complicados que los que se operan manualmente. Además, a diferencia de los usos de estos automatismos en los sistemas precedentes, el fallo de un automatismo da al traste con toda la inversión puesto que no se puede

«repetir» tan fácilmente como con un cohete de sondeo o por supuesto una torre de caída.

La Estación Espacial

Así llegamos al sistema por excelencia de investigación en microgravedad: la estación tripulada. En ella, los experimentos pueden estar funcionando de forma casi indefinida, durante meses si es necesario. El volumen de los equipos puede llegar a ser grande, limitado por las capacidades de envío a la estación por medio de transbordadores o naves de carga. Cada experimento dispone si lo necesita de hasta 6 kilowatios de potencia, y de several megabits por segundo de transferencia de datos.

Por otra parte, y como gran ventaja de la Estación, ésta está continuamente tripulada por operadores que pueden intervenir en los experimentos. Por lo tanto, el diseño de los aparatos experimentales no tiene necesariamente que ser completamente automático porque siempre se puede contar con que el astronauta podrá intervenir para cambiar las muestras del experimento o para diagnosticar o resolver los problemas que en los aparatos pudieran surgir.

La Estación está compuesta de diversos módulos cilíndricos que se van acoplando unos a otros según se van poniendo en órbita sucesivamente. Tres módulos rusos hacen las veces de zona técnica y de habitación, mientras que los tres americanos añaden la posibilidad de acomodar instrumentos científicos de gran tamaño como los descritos más arriba. El laboratorio europeo «Columbus», terminado a final del 2004, aún no está acoplado a la estación por estar diseñado para su lanzamiento por medio del transbordador de la NASA. El primer lanzamiento de éste después del accidente del «Columbia» está previsto actualmente para Julio de 2005 y el «Columbus» deberá esperar al noveno o décimo lanzamiento, debido a que aún faltan otras piezas, para poder acoplarlo debidamente. El laboratorio europeo será posiblemente el más completo, ya que cuenta con diez alojamientos normalizados para experimentos, que son estructuras normalizadas de un par de metros cúbicos y las características de potencia y flujo de datos antes mencionadas. Para ellos la Agencia Europea del Espacio ya ha diseñado y fabricado cuatro completísimos mini-laboratorios dedicados a física de fluidos, física de materiales, fisiología y biología, los cuales multiplicarán las posibilidades de la Estación ya que los módulos de NASA no tienen aparatos ni con mucho tan capaces.

Al terminar la Estación contará ésta también con un laboratorio japonés, que ya está terminado también, y que tendrá en su interior capacidades análogas al europeo. Con ello se podrán estar llevando a cabo, de forma continuada, más de doscientos experimentos simultáneamente a los que los astronautas darán servicio de cambio de muestras, apertura y cierre manual de válvulas, puesta en marcha y apagado, y por supuesto de diagnóstico y reparación de posibles fallos. Es claro que se necesitan varios astronautas para realizar tantas funciones y está previsto que la tripulación se

componga de seis personas dentro de poco. Aún así, será necesario que los experimentos tengan un cierto grado de automatismo, y que haya la posibilidad de variar condiciones y parámetros de los mismos desde tierra por medio de telecomandos.

Para dar mejor servicio a los investigadores europeos, y asegurarse de que tienen a su disposición las instalaciones necesarias para hacer esta tarea de enviar comandos a los experimentos y recibir e interpretar resultados (lo que llamamos teleciencia) la ESA ha dispuesto una serie de Centros de Apoyo al Usuario y Operaciones en diversos países de Europa. En España, este Centro (conocido por sus siglas en inglés de E-USOC) está encargado a la Universidad Politécnica de Madrid, y su ya experimentado Instituto de Microgravedad «Ignacio da Riva» será responsable de sus operaciones. Situado en un Campus de la Universidad, prestará su apoyo a todos los científicos españoles y previsiblemente también de otros países a partir de este mismo año 2005.

DIFERENTES CARACTERÍSTICAS

Como resumen, se incluye una tabla de los diferentes métodos de experimentación en microgravedad, la cual sirve para tomar las primeras decisiones sobre la estrategia que deberá seguirse para conseguir un determinado resultado. Normalmente se elige un medio más sencillo al principio, tanto para probar el concepto de experimento como las primeras versiones de los aparatos, y después se busca el medio que sea más conveniente, sobre todo teniendo en cuenta las perturbaciones admisibles y el tiempo mínimo necesario.

CONCLUSIONES

La investigación en Microgravedad es una herramienta de uso amplio para la Ciencia. Hay muchas disciplinas que se pueden beneficiar de su utilización, y sin duda surgirán muchas líneas nuevas de investigación en las áreas generales descritas según se vaya facilitando a los investigadores el acceso a este medio.

Existen una serie de sistemas, entre los cuales se elige por características y precio. La Agencia Europea del Espacio tiene acceso regular a la totalidad de estos sistemas; en el mundo es la única Agencia que ha mantenido esta capacidad a lo largo de los años. Como dato adicional, la ESA admite experimentos propuestos para su ejecución en microgravedad y los redirige a los diferentes medios dependiendo de las necesidades de cada uno y su grado de madurez; es decir, el investigador propone la idea y la Agencia le ayuda a llevarla a cabo por el medio y con los pasos intermedios más convenientes.

Sistema	Aviones de vuelo parabólico	Torres de caída	Cohetes de sondeo	Satélites automáticos	Estación Espacial
Ejemplos	Novespace Airbus NASA KC 135 NASA DC 9	NASA Glenn INTA Madrid ZARM Bremen JAMIC (J) MG-LAB (J)	Mini-TEXUS TEXUS MAXUS	EURECA Foton-Bion	MIR IML ISS
Tiempo Ingravidez	20 s	2.2s - 10 s	Minutos	Semanas-meses	Horas-meses
Perturbaciones (g)	10^{-2} - 10^{-4}	10^{-5} - 10^{-6}	10^{-4} - 10^{-5}	10^{-6}	10^{-3} - 10^{-5}
Acceso manual	Sí	No (sí entre caídas)	No	No	Sí
¿Automático?	Recomendado	Obligatorio	Recomendado	Obligatorio	Recomendado
Telemetría / comandos	No	Sí	Sí	Sí (intermitente)	Sí (intermitente)
Campañas	2/año	Diarias	1-2/año	Irregulares	Irregulares
Flexibilidad cambios	Baja	Alta	No	No	Baja
Ayuda in-situ	No	Sí	No	No	Sí

La Estación Espacial funcionando completa favorecerá avances significativos en Ciencia. Sobre todo, el cambio fundamental se producirá cuando las instalaciones estén a pleno rendimiento y la realización de experimentos no suponga para el grupo investigador una inversión de tiempo de años como hasta ahora, sino que una vez planteado el esquema general pueda hacer modificaciones sin mayores dificultades en plazos de semanas. Esperemos que los retrasos acumulados hasta ahora sean definitivos y el pleno rendimiento de la Estación sea posible en un par de años, a final del 2007.

Miércoles 7, Junio 2006. Diario de Ferrol.

CONFERENCIA

Pedro Duque cerrará el actual ciclo de la Cátedra Jorge Juan

El astronauta impartirá una charla el próximo día 22

El astronauta español Pedro Duque será, el próximo día 22, el último conferenciante del ciclo 2005/2006 de la Cátedra Jorge Juan. Su actual directora, Araceli Torres, cierra su etapa con un científico de gran relevancia después de haber logrado contar en este foro con personajes de la talla de Elvira Rodríguez, Rosa Regás o Manuel Toharia.

REDACCIÓN • FERROL

■ A falta de concretar el título de su conferencia, la presencia de Pedro Duque en Ferrol se convertirá, sin duda, en el broche de oro de un ciclo de la Cátedra Jorge Juan que ha resultado especialmente brillante. La profesora de la Universidad de A Coruña Araceli Torres, que se encargó de la dirección del foro en el último año, dará el relevo, previsiblemente el mismo día, a un miembro de la Armada cumpliendo con ello la al-



El astronauta español Pedro Duque

ternancia que marcan los estatutos de la institución.

Pedro Duque (Madrid, 1963) es el primer astronauta español de la historia. Se tituló como ingenie-

ro aeronáutico de la Universidad Politécnica de Madrid en 1986 y ese mismo año comenzó a trabajar con el grupo empresarial español GMV (Grupo de Mecánica de Vuelo) en un simulador del rotor de un helicóptero. Su carrera dio un paso importante en 1992, año en el que fue seleccionado por la Agencia Espacial Europea para convertirse en astronauta. Fue entrenado en la Ciudad de las Estrellas de Moscú y en Estados Unidos y asumió su primera misión espacial en 1998, a bordo del transbordador Discovery. En 2003 participó en otra misión en el Soyuz TMA.

Entre otras distinciones, Pedro Duque recibió en 1999 el Premio Príncipe de Asturias de Cooperación Internacional junto con los astronautas Chiaki Mukai, John Glenn y Valery Polyakov.

Miércoles 21, Junio 2006. La Voz de Galicia

La Cátedra Jorge Juan finaliza el curso con una conferencia de Pedro Duque

LA VOZ | FERROL

■ Una conferencia del astronauta Pedro Duque, que tendrá por título *Ciencia en microgravedad*, culminará mañana, jueves (12.30 horas, salón de actos del Vicerrectorado del Campus Universitario de Esteiro, entrada libre), las actividades del curso de la Cátedra Jorge Juan. Un curso con el que finaliza, también, el mandato al frente de esta institución de la profesora Araceli Torres Miño, a quien

ahora relevará en el cargo, como nuevo director de la Cátedra Jorge Juan, el general, médico y académico Adolfo Rey Seijo.

«Fue todo un reto»

Araceli Torres expresaba ayer su satisfacción por los resultados de las actividades llevadas a cabo por la Cátedra Jorge Juan a lo largo del curso que ahora finaliza: «Fue todo un reto —señaló la profesora Torres—, pero estoy verda-

deramente contenta de cómo han salido las cosas. Vamos a finalizar el curso con una conferencia de Pedro Duque, tras haberlo comenzado con una conferencia sobre la primera expedición científica en la que participó España con Jorge Juan, y durante todos estos meses —explicó— hemos tenido entre nuestros conferenciantes a la directora de la Biblioteca Nacional, Rosa Regás, a González de Posada, a Toharia, a Alcina...».

Jueves 22, Junio 2006. La Voz de Galicia

El astronauta Pedro Duque imparte una charla en Ferrol

Conferencia ■ El astronauta de la Agencia Europea del Espacio Pedro Duque imparte una conferencia en el salón de actos del campus de Esteiro sobre *Ciencia en microgravedad*. El acto supone la clausura del curso en la Cátedra Jorge Juan y el relevo en su dirección, que asumirá el general Adolfo Rey Seijo.

■ ■ ■

Campus. 12.30 horas



Viernes 23, Junio 2006. La Voz de Galicia

El astronauta español pronunció ayer una conferencia en el campus de Esteiro

Pedro Duque: «¡Malo será que no haya vida extraterrestre...!»

«¿Cómo no van a existir en el universo cosas que no conocemos?», se preguntó

Ramón Loureiro

FERROL

■ Al astronauta español Pedro Duque, convencido de que en el universo casi todo es, para nosotros, materia ignorada, no le extrañaría —más bien al contrario— que algún día se llegase a tener constancia de que la vida no existe sólo en cuanto hemos visto hasta hoy.

«¿Cómo no van a existir en el universo cosas que no conocemos?», preguntaba Duque ayer, momentos antes de iniciar la multitudinaria conferencia con la que, en el campus universitario de Esteiro, clausuró el curso de la Cátedra Jorge Juan. «¡Malo será que no haya vida extraterrestre...!», exclamó, al ser preguntado sobre esa hipótesis que tanto cine y tanta literatura —mejor el primero que

la segunda, para qué nos vamos a engañar— ha inspirado en las últimas décadas. «Ni siquiera sabemos de dónde venimos», añadió el astronauta, sonriente, mientras apuntaba que lo que comprendemos del universo es «una parte infinitesimal».

Ante los mitos

Duque confesó su admiración por los protagonistas de las primeras gestas espaciales, esas que Tom Wolfe inmortalizó en su libro *Elegidos para la gloria*. Y durante su comparecencia ante los periodistas, citó expresamente a un hombre a quien él conoce bien, John Glenn, todo un símbolo de la mejor América del siglo XX, cuya vida fue interpretada magistralmente en la gran pantalla por Ed Harris. Pero recordó también, eso sí,



JOSÉ PARDO

Duque habló ayer en el campus, invitado por la Cátedra Jorge Juan

que cuando el hombre empezó a salir al espacio y acabó por llegar a la luna, los recursos que se destinaban a la entonces denominada carrera espacial eran, proporcionalmente, muy superiores a los de hoy.

Duque también lamenta que Europa «esté perdiendo el tren de la investigación». El considera, de hecho, que España

debería «multiplicar por tres» lo que invierte en investigación y desarrollo tecnológico. Además, apuesta por impulsar la formación de calidad como un camino hacia el futuro. Y cuando le preguntan por qué tantas personas dudan que el hombre haya llegado alguna vez a la luna, sonríe de nuevo y recomienda «leer más».

Viernes 23, Junio 2006. Diario de Ferrol.

Pedro Duque apostó en Ferrol por invertir en investigación espacial

CÁTEDRA La conferencia del astronauta cerró el ciclo 2005/06 de la Cátedra Jorge Juan

PÚBLICO Los asistentes hicieron muchas y difíciles preguntas al científico

■ El astronauta español Pedro Duque habló ayer en Ferrol sobre las múltiples utilidades y la gran rentabilidad que tiene cada euro invertido en investigaciones espaciales. "Utilizamos muy poco dinero y, a largo plazo, es muy rentable", señaló el ingeniero aeronáutico, que cerró con su charla un nuevo ciclo de la Cátedra Jorge Juan. El militar Adolfo Rey toma el relevo en un acto que se celebró en el campus de Esteiro y al que asistió numeroso público. > 14



El astronauta español, ayer, entre la directora saliente y el entrante de la Cátedra Jorge Juan

JORGE HEIN