

EDITORIAL

Otra Buran ve la luz del día, más concretamente es la decimotercera Buran que lo hace, y desde aquí, la editorial, espero que salgan muchas más.

Antes que nada, me gustaría informaros de lo que está ocurriendo durante estos días en la UPC (Universidad Politécnica de Barcelona). Se va a celebrar el 1er Congreso Nacional de la Rama de Estudiantes de IEEE.

Este congreso, que se celebra estos días 29, 30 de Abril y 1 de Mayo, tiene la finalidad de reunir las diferentes ramas de las distintas universidades de España. En él, compararemos métodos de trabajo, puntos de vista...y quien sabe a lo mejor es la base para algún proyecto nuevo en común!

Sea como fuere, esperemos que sea el primero de una larga saga de futuros congresos.

En este número encontrareis que se ha dedicado una parte importante de la revista a «Expo-esa». Es una exposición virtual sobre la Agencia Espacial Europea (E.S.A.), en la que se intentará dar a conocer a los estudiantes el mundo del espacio. Se llevarán a cabo diversas conferencias, en las que participaran algunas de las más importantes empresas relacionadas con el sector, así como mesas redondas o exposiciones fotográficas.

Bien, y para acabar, solo falta recordaros que Buran no es una revista cerrada... es decir estamos abiertos a recibir nuevos artículos. ¿Qué eres proyectista? Pues ven a hablarnos de tus ideas, y si no lo eres, también. Así pues, cualquier persona que esté interesada en algún tema y se sienta capaz de escribir un artículo sobre él, puede enviarnos su artículo a Buran (véase el Call For Papers de la página 44).

También puedes colaborar en la edición de la revista. Tan sólo tienes que acercarte por nuestro despacho, B5 S104 del Campus Nord de la UPC, y podrás entrar en el apasionante mundo Buran.

Sed fieles.

EDICIÓN

BARCELONA

Marta Castillo Franco
José A. López Salcedo
Xavier Palau Marqués
Daniel Prado Rodríguez
Jorge Sáiz Fernández
Miguel A. Sastre Serna
Anna Urbiztondo Fernández
Jose Castor Vallés Martínez

REVISIÓN

José A. López Salcedo
Daniel Prado Rodríguez
Jorge Sáiz Fernández
Jose Castor Vallés Martínez

COORDINACIÓN

BARCELONA

Jorge Sáiz Fernández

AGRADECIMIENTOS

II. Dir. Antoni Elias Fusté, Elisa Pla,
Ángel Cardama, Pere Camps, AEES Estudiantes
y a los puntos de distribución en la UPC:
Abacus, CPET, CPDA, Kiosk Campus Nord
y Reprografía Sant Just.

IMPRESIÓN

RET, s.a.l.

FOTOMEcÁNICA

Sistemes d'Edició

DEPÓSITO LEGAL

B-19.950-96

Servei d'Informació i Publicacions de la UPC. 1999 (452)

En la portada una visión artística de la sonda espacial Huygens. Agradecemos a la Agencia Espacial Europea (ESA) la cesión de la fotografía.

Agradecemos también a la Rama de Estudiantes de la Aerospace and Electronic Systems Society (AEES) la aportación de la misma.

La organización se reserva el derecho de publicar los artículos. La opinión expresada en los artículos no tiene por qué coincidir con la de la organización.

Agradecemos las colaboraciones hechas desinteresadamente, y a causa de la falta de espacio, pedimos disculpas a todas aquellas personas a las cuales no se les ha publicado su colaboración. Esperamos que en un próximo número tengan cabida.



PREMIO EITP'98 PARA LAS ANTENAS FRACTALES

Carlos Prieto¹, Carlos Puente², Jordi Romeu³ y Ángel Cardama⁴

¹Becario del Dpto. de TSC y estudiante de la ETSETB,

^{2,3,4}Grup d'Enginyeria Electromagnètica i Fotònica del Departament de TSC de la UPC,
¹prieto@voltor.upc.es, ²puente@tsc.upc.es, ³romeu@tsc.upc.es, ⁴cardama@tsc.upc.es

El pasado año 1998, la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) conjuntamente con la empresa Sistemas Radiantes Francisco Moyano S.A (SRFM), fueron galardonados con uno de los premios más prestigiosos en el ámbito de las Tecnologías de la Información a nivel europeo, obteniendo uno de los tres grandes premios del EITP'98 (European Information Technology Prize, 1998).

Nuestro equipo de investigadores ha sido el primer equipo de una universidad europea, además del primer grupo español, que ha sido galardonado con uno de los tres grandes premios de este certamen, pues hasta entonces, en los cuatro años de vida de estos premios, nunca un grupo español había sido preseleccionado entre los 25 ganadores que podían optar a uno de los tres grandes premios, siendo otorgados siempre a equipos de compañías y empresas europeas.

Dicho galardón fue fruto del desarrollo de antenas basadas en la tecnología fractal, que trabajan simultáneamente en las bandas de frecuencia utilizadas por los sistemas de telefonía móvil GSM 900 y DCS 1800.

¿QUÉ ES EL EUROPEAN IST PRIZE?

El "European IST Prize" (European Information Society Technologies Prize) es el principal galardón para productos innovadores en el mundo de las tecnologías de la información, teniendo como una de las bases del concurso el premiar "productos novedosos con un alto contenido en Tecnologías de la Información y un mercado potencial evidente". Estos premios han sido creados para todas las contribuciones encaminadas a generar y convertir ideas innovadoras y resultados de I+D en productos comerciales. Estos productos deben ser como mínimo un prototipo demostrable y, si ya han sido comercializados, estos deben haber sido introducidos en el mercado después del 1 de junio de dos años atrás.

El principal objetivo de estos premios es promover la investigación y el avance tecnológico, y

recompensar el esfuerzo y los excelentes resultados obtenidos en el campo de las tecnologías de la información, además de estimular las relaciones empresariales, la innovación y la competitividad en la industria.

Este premio se distingue por la calidad de sus participantes, por su clara objetividad y su inmediata relevancia en los negocios y en la sociedad. Este galardón concede la más clara marca de distinción a sus ganadores, un reconocimiento que aporta pos sí mismo una importante referencia para todos los inversores, desde los grandes financieros hasta los consumidores.

El criterio de selección incluye un contenido innovador, potencial para mejorar la competitividad, potencial de mercado, capacidad para generar empleo abriendo nuevos mercados o abriendo nuevas compañías, contribución a aumentar la aceptación y el entendimiento de las tecnologías de la información por la sociedad, y contribución de beneficios a la sociedad.

Organizado juntamente por Euro-CASE (European Council of Applied Sciences and Engineering) y el programa Esprit (European Information Society Technologies Programme), el EITP fue creado en 1995. La intención de estos premios es la de dar reconocimiento a los productos innovadores dentro de las tecnologías de la información con un excelente potencial de mercado. Los ganadores deben demostrar creatividad y buen sentido de los negocios en el uso de las tecnologías de la información para generar desarrollo y empleo. En 1998, una lista de 25 compañías fueron seleccionadas de entre cerca de 300 candidatas de 27 países europeos e Israel, siendo solamente 3 de estas 25 compañías galardonadas con el Gran Premio.

Los productos que reciben este premio no contribuyen únicamente a aumentar la competitividad europea en un sector industrial de vital importancia sino que además mantienen a Europa dentro de los líderes en este sector.



Los 3 Grandes Ganadores del premio EITP'98. De izquierda a derecha, el Sr. Hirshberg de ID2 (Suecia), Mr. Kamatakis de MLS Laser Lock (Grecia) y el prof. Carles Puente i Baliarda (UPC).



El profesor Carles Puente i Baliarda (derecha), recibiendo el premio a las Tecnologías de la Información de manos del Canciller Austríaco, el Sr. Victor Klima (izquierda).

GANADORES DEL GRAN PREMIO

Como ya hemos comentado, uno de los tres Grandes Premios del European Information Technology Prize 1998 fue concedido a la Universitat Politècnica de Catalunya por haber encontrado una solución revolucionaria a un problema al que se han enfrentado siempre los ingenieros que trabajan en radiocomunicaciones. Este problema es el hecho de que el comportamiento de una antena depende de su tamaño físico, relativo a la longitud de onda de la señal para la cual ha sido diseñada para trabajar - una antena, una longitud de onda.

¿Cómo realizar entonces la migración de la red celular europea de telefonía móvil del actual sistema GSM (890-960 MHz) al futuro sistema DCS (1710-1880 MHz)? Hasta ahora, la única solución era instalar dos tipos de antenas, incrementando así masivamente tanto el coste como el impacto ambiental que supone el doblar el número de estas.

Ahora, la colaboración entre la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y la empresa Sistemas Radianes F. Moyano (SRFM), ha dado lugar a la aparición de las antenas multibanda Fractus®, capaces de operar simultáneamente a ambas longitudes de onda.

En un proyecto de investigación apoyado por la Comisión Europea y el gobierno español, nuestro equipo de investigadores ha utilizado una patente de tecnología fractal para la construcción de una antena con geometría con características de autosimilitud a diferentes escalas. Este único principio de diseño tiene un enorme potencial para numerosas aplicaciones que requieren una antena multi-servicio.

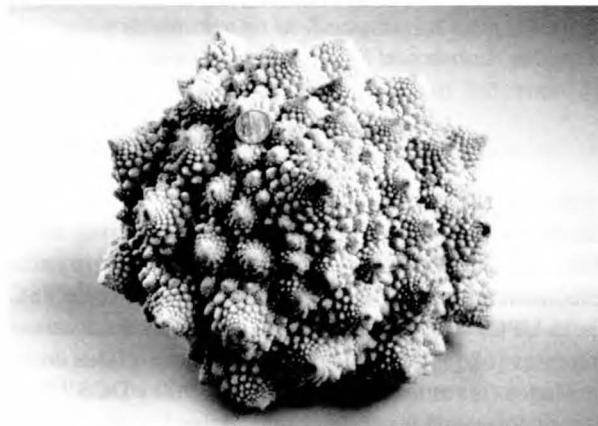
ANTENAS FRACTALES

La tecnología fractal consiste en una filosofía de diseño de antenas totalmente novedosa a nivel mundial, desarrollada por el grupo de "Enginyeria Electromagnètica i Fotònica" (EEF) del Dpto. de TSC de la UPC, y por la que la UPC es titular de diversas patentes [6]-[7]-[8]. Los productos comerciales desarrollados (las antenas fractales GSM 900 y DCS 1800, marca *Fractus®*), se han obtenido gracias al esfuerzo conjunto de la UPC y de la empresa Sistemas Radianes F. Moyano S.A. (SRFM) de Madrid. En Octubre de 1997, la UPC y la empresa firmaron un convenio de colaboración por el cual un equipo de investigación del grupo EEF, encabezado por el Dr. Carles Puente i Baliarda (profesor del Dpto. de TSC de la UPC), proyectaría la aplicación de la tecnología fractal al diseño de antenas para las estaciones base de los sistemas de telefonía celular GSM i DCS. Durante el proyecto ha habido una estrecha colaboración entre el equipo de ingeniería de la UPC (integrado por los profesores Carles Puente, Jordi Romeu, Jordi Berenguer, Rafael Pous y Angel Cardama, y por los ingenieros doctorantes Carmen Borja, Mónica Navarro y Jaume Anguera, además de varios estudiantes de los últimos cursos de la ETSETB y la EUPBL), y el equipo de ingeniería de la empresa SRFM. Además, han colaborado en la financiación del proyecto la empresa AIRTEL, el Ministerio de Industria y Energía (programa ATYCA), la Comisión Europea a través del fondo FEDER y la Generalitat de Catalunya a través del programa de soporte a los Grupos de Investigación de Calidad.

La teoría de la geometría fractal fue desarrollada hacia finales de los años 70, principalmente gracias a las contribuciones del profesor Benoit B. Mandelbrot. En su famoso libro "La Geometría Fractal de la Naturaleza", Mandelbrot describió geométricamente una serie objetos que bautizó con el nombre de fractales y que a menudo



huían de los tradicionales principios matemáticos de la geometría Euclídea, geometría que es la base de las ciencias matemáticas desde la época de los griegos hasta la actualidad. A menudo clasificados como ‘monstruos’ matemáticos o casos ‘patológicos’ por sus particulares propiedades geométricas, en realidad los fractales se encuentran entre las formas más comunes en la naturaleza (de aquí el título del libro del autor del neologismo ‘fractal’). Los ríos, las costas naturales, las nubes, las montañas, las coliflores, así como la distribución de capilares en el cuerpo humano son algunos de los ejemplos típicos de formas naturales de las cuales encontramos su marco descriptivo idóneo en la teoría fractal.



Las coliflores, son ejemplos de estructuras fractales naturales. En la fotografía, una coliflor de la variedad romanesco, donde se observa claramente la propiedad de autosimilitud de los fractales.

Entre las particularidades que más resaltan en la geometría fractal, encontramos la autosimilitud [1]-[9]. A grandes rasgos, decimos que un objeto es autosimilar cuando está compuesto por diversas copias de sí mismo en una multitud de escalas diferentes. Por lo tanto, los fractales son objetos en los que el todo y cada una de sus partes tienen la misma forma. Cuando dividimos un fractal en pequeños trozos, cada uno de estos trozos contiene una infinidad de copias del fractal original, pero a tamaños reducidos.

El diseño de antenas multifrecuencia, es decir, antenas que trabajan a diversas longitudes de onda (diversas bandas), ha sido siempre problemático. La limitación principal está en que el funcionamiento de una antena depende fuertemente de la relación entre su tamaño, y el tamaño de la longitud de onda de trabajo. Típicamente, muchas antenas se diseñan de manera que su tamaño total sea del orden de media longitud de onda. El problema de trabajar a diversas longitudes de onda a la vez reside por lo tanto, en que la antena tendría que ser capaz también de tener diversos tamaños simultáneamente. Desde el punto de vista de la geometría clásica, no es fácil imaginar un

objeto que mantenga la misma forma a diversos tamaños, y es en este sentido en el que los fractales ofrecen una infinidad de posibilidades en el diseño de antenas. El mencionado equipo de la UPC fue el primero en demostrar que antenas con una forma fractal autosimilar ideal, presentan exactamente el mismo comportamiento en un conjunto arbitrariamente grande de longitudes de onda (es decir, el mismo comportamiento en diversas bandas o frecuencias). También fue el primero en construir una antena fractal real que mantuviera el mismo comportamiento a diversas frecuencias.

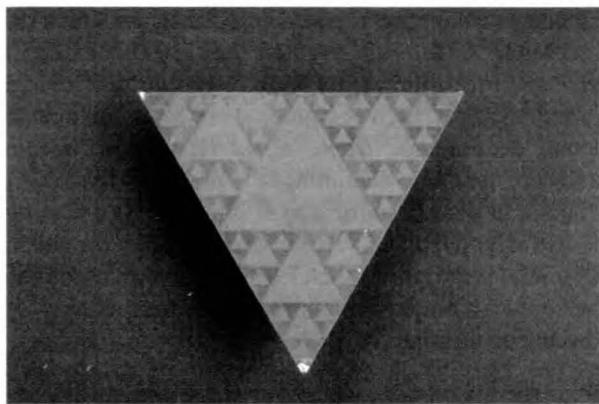
El hecho de conseguir que una sola antena pueda operar en diversas frecuencias [5] (diversas longitudes de onda) abre toda una serie de perspectivas de nuevas aplicaciones en el ámbito de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información. Habitualmente, los diferentes sistemas de telecomunicación (radio, televisión terrena, televisión vía satélite, telefonía móvil, sistemas GPS, etc.) operan en diversas bandas frecuenciales para no interferirse mutuamente. Esto hace que utilizando la tecnología de antenas convencional, nos veamos obligados a utilizar una antena diferente para cada servicio a cada frecuencia.

Sin ir más lejos, sólo en el ámbito de la telefonía móvil, debido al creciente número de usuarios del sistema GSM, los operadores se han visto obligados a dar servicio dentro de la banda de DCS, por lo que nos encontramos actualmente con dos bandas de frecuencia diferentes operando simultáneamente, una para el sistema GSM y otra para DCS. Este último sistema comienza a implantarse actualmente, y el hecho de que trabaje a una banda diferente que la del sistema antiguo hace que sea necesaria la implantación de una infraestructura de antenas totalmente nueva, a menos que se disponga de antenas multibanda que operen simultáneamente a ambas bandas de frecuencia. El coste de la implantación de una nueva red de antenas es alto, tanto desde el punto de vista económico, como desde el punto de vista urbanístico, paisajista y medio ambiental. Es en este sentido en el que las antenas Fractus® desarrolladas conjuntamente por la UPC i SRFM, comienzan a aportar las primeras soluciones en este campo, ya que la tecnología fractal permite, en determinados casos, utilizar una única antena en lugar de dos.

FRACTUS

Esta es una nueva generación de antenas multibanda para las estaciones base de los sistemas de telefonía celulares europeos (GSM + DCS) y es gracias a ellas que la UPC ha recibido el premio EITP'98. Como ya se ha comentado, su único principio de diseño es el de la tecnología fractal, permitiendo así presentar el mismo comportamiento en ambas bandas.

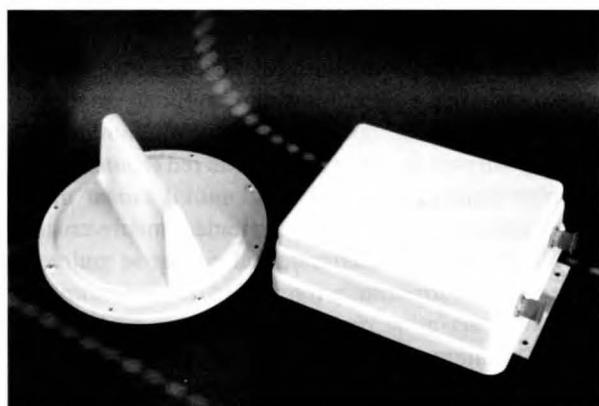
Las antenas Fractus® premiadas son antenas de un único elemento basadas en la geometría fractal del triángulo de Sierpinski (Sierpinski gasket) [2]-[3]-[4]. Esta geometría fue a partir de la cual nuestro equipo de investigadores obtuvo resultados satisfactorios consiguiendo antenas con propiedades multibanda: la impedancia de entrada presenta una periodicidad logarítmica y los diagramas de radiación son similares en diversas bandas.



Monopolo Sierpinski, En esta fotografía podemos observar claramente la geometría fractal basada en el triángulo de Sierpinski aplicada a las antenas

Tales resultados iniciales dieron pie al grupo de Ingeniería Electromagnética y Fotónica (EEF) de la UPC, juntamente con la empresa de antenas Sistemas Radianes F. Moyano S.A., a explorar la posibilidad de diseñar antenas para estaciones base multibanda que trabajan en las bandas de GSM y DCS.

El monopolo FRACTUS®-MSPK y el PANEL-01 de Fractus®, antenas premiadas en el EITP'98, son antenas derivadas del monopolo «Sierpinski gasket» y ambas presentan un comportamiento dual en las dos bandas, GSM y DCS [7]-[9].



Las Antenes Fractus, objeto del Premio EITP'98. Los fractales se encuentran en el interior de la cubierta.

Este comportamiento dual logra que utilizando una única antena Fractus® los operadores de telefonía móvil reducirán sus costes y simplificarán los recursos necesarios para introducir el nuevo sistema DCS además de minimizar el impacto ambiental. En consecuencia, apare-

ce un amplio abanico de nuevas aplicaciones dentro del campo de las tecnologías de la información donde se requieran un servicio multisistema o una antena miniatu-
ra.

CONCLUSIONES

El esfuerzo realizado por nuestro equipo en el desarrollo de las antenas fractales, consiguiendo el diseño de dos antenas que cumplen los requisitos necesarios para trabajar simultáneamente en las bandas de GSM y DCS, ha sido recompensado con la obtención de este galardón. Ahora tenemos la magnífica oportunidad de darnos a conocer en nuestra sociedad, y que esta vea que en nuestro país y en nuestra universidad también se crea tecnología puntera capaz de competir sin complejos a nivel europeo.

REFERENCIAS

- [1] C.Puente, R.Pous, «Fractal Design of Multiband and Low Side-Lobe Arrays», IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol.44, no.5, pp.730-739, May 1996.
- [2] C.Puente, J.Romeu, R.Pous, X.Garcia, F.Benítez, «Fractal Multiband Antenna Based on the Sierpinski Gasket», IEE Electronics Letters, vol.32, no.1, pp.1-2, January 1996.
- [3] C.Puente, J.Romeu, R.Bartolomé, R.Pous, «Perturbation of the Sierpinski antenna to allocate the operating bands», IEE Electronics Letters, vol. 32, no.24, pp. 2186-2188, November 1996.
- [4] C.Puente, J.Romeu, R.Pous, A.Cardama, «On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna», IEEE Trans. on Antennas & Propagation, vol.46, no.4, pp.517-524, April 1998.
- [5] C.Puente, J.Romeu, R.Pous, A.Cardama, «Multiband Fractal Antennas and Arrays», in Fractals in Engineering, J.L.Véhel, E.Lutton, C.Tricot editors, Springer, New York 1997.
- [6] C.Puente, «Fractal Antennas», Ph.D. Dissertación al Departamento de Teoría del Señal y las Comunicaciones, Universitat Politècnica de Catalunya, June 1997.
- [7] C.Puente, «Fractal AntennasTM – Fractal Shape Antennas and Arrays», http://www-tsc.upc.es/eef/research_lines/antennas/fractals/fractal_antennas.htm, April 1998.
- [8] C.Puente, R.Pous, J.Romeu, X.García, «Antenas Fractales o Multifractales», Patent d'Invenció, nº: P-9501019. Presentat a la «Oficina Española de Patentes y Marcas». Propietari:Universitat Politècnica de Catalunya, May 1995.
- [9] C.Puente, J.Romeu, M.Navarro, C.Borja, J.Anguera, «Antenas Multitriangulares Diales para Telefonía Celular GSM y DCS», Invention Patent, nº: 9800954(0). Presented at the Oficina Española de Patentes y Marcas. Owner: Universitat Politècnica de Catalunya, 1998.





MOBILE IP: UNA SOLUCIÓN PARA PROPORCIONAR LA MOVILIDAD DE LOS TERMINALES EN INTERNET

Miquel Oliver, Óscar Louro

Grup de Comunicacions Mòbils i de Banda Amplia

Departament de Matemàtica Aplicada i Telemàtica (DMAT)

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han ido produciendo numerosos avances en el campo de las tecnologías de comunicación. Dos de los más relevantes son, sin duda, el rápido desarrollo de la informática portátil y la importante implantación de los sistemas de comunicaciones móviles. La conjunción de ambos factores permite a los usuarios acceder a una red en cualquier momento y en cualquier lugar, aún cuando se encuentren en movimiento.

Sin embargo, los actuales protocolos de *internetworking* (TCP/IP, IPX ó AppleTalk) presentan serias complicaciones a la hora de tratar con nodos que disponen de un cierto grado de movilidad entre redes. La mayoría de las versiones del protocolo IP (Internet Protocol) asumen de manera implícita que el punto al cual el nodo se conecta a la red es fijo. Por otra parte, la dirección IP del nodo identifica al mismo de manera única en la red a la que se encuentra conectado. Por consiguiente, cualquier paquete destinado a ese nodo es encaminado en función de la información contenida en la parte de su dirección IP que identifica la red en la que está conectado.

Esto implica que un nodo móvil que se desplaza de una red a otra y que mantiene su dirección IP no será localizable en su nueva situación ya que los paquetes dirigidos hacia este nodo serán encaminados a su antiguo punto de conexión a la red.

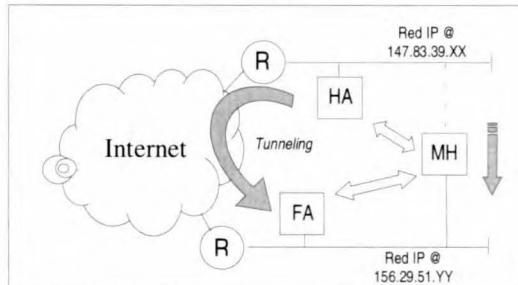


Fig. 1: Escenario utilizado por el protocolo IP Móvil

El protocolo IP Móvil constituye una mejora del protocolo IP citado anteriormente. Mobile IP permite a un nodo circular libremente a través de Internet

siendo éste siempre accesible mediante una única dirección IP. La *Internet Engineering Task Force* (IETF) propone una arquitectura Mobile-IP que funciona, a grandes rasgos, bajo el siguiente concepto: un agente local, denominado *Home Agent* (HA) y un agente externo, también denominado *Foreign Agent* (FA) colaboran para permitir que el nodo móvil o *Mobile Host* (MH) pueda moverse conservando su dirección IP inicial (ver figura 1). En los siguientes apartados se presenta el funcionamiento de este protocolo y se discute su utilidad.

SOLUCIONES PARA PROPORCIONAR MOVILIDAD A LAS ESTACIONES EN REDES IP

Para dotar de movilidad a un nodo de la red, aparecen diferentes alternativas que son estudiadas con más detalle para ver la viabilidad de su implementación dentro de Internet. Algunas de las soluciones que apuntamos son las siguientes: establecimiento de rutas específicas para terminales con movilidad, cambio de la dirección IP de los terminales y soluciones basadas en realizar cambios a nivel de la capa de enlace.

Creación de rutas específicas para nodos con movilidad

La utilización de rutas específicas para los nodos a los que se les quiere dotar de movilidad implica la reconfiguración de las tablas de encaminamiento de los dispositivos de interconexión de red (*routers*) para permitir contactar con el nodo móvil en su nueva ubicación. Esta solución es extremadamente costosa debido al gran incremento de tráfico que se generaría en la red para soportar la movilidad de los terminales. Para ello sería necesario actualizar las tablas de encaminamiento de como mínimo todos los *routers* entre el enlace local y el nuevo punto de enlace. Si se tiene en cuenta el número de nodos móviles en la red y la velocidad con que éstos cambian de ubicación, estas actualizaciones podrían llegar a colapsar la red. Por lo tanto es importante minimizar el número de *routers* a actualizar y esto a su vez limitará las posibilidades de encaminamientos alternativos propias del protocolo IP.

Cambio de dirección IP

Otra posible solución consiste en asignar al nodo móvil una nueva dirección IP acorde con su nuevo punto de conexión a la red.

Esta solución no es en absoluto recomendable ya que requiere que la entrada del nodo móvil en el sistema de nombres de dominio sea actualizada cada vez que el nodo móvil cambia de dirección IP. Si esta operación no se realiza de forma instantánea, cualquier consulta de la dirección IP del nodo móvil puede ser errónea. Por otra parte, y dada la velocidad a la cual el nodo móvil puede cambiar de dirección IP, se hace necesario un mecanismo para verificar la actualidad de la dirección IP devuelta por el servidor de nombres de dominio (DNS). El resultado es un gran número de consultas y actualizaciones que generan, al igual que en el caso anterior, un alto nivel de tráfico inyectado a la red.

Finalmente a nivel local un cambio de dirección IP, provoca generalmente el cierre inmediato de todas las aplicaciones abiertas asociadas a la antigua dirección IP.

Soluciones a nivel de la capa de enlace

Existen dos grandes soluciones a nivel de la capa de enlace que pretenden permitir la movilidad de los nodos.

La primera de ellas se basa en el *Cellular Digital Packet Data* (CDPD), que se trata de un estándar diseñado para transmitir paquetes IP a través de canales de radio no utilizados por el servicio de voz en el sistema de telefonía celular norteamericano. El CDPD asigna a cada nodo móvil una dirección IP fija dentro de su área de cobertura. La segunda solución se basa en el estándar IEEE 802.11, realizado por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) para la comunicación de redes de área local inalámbricas.

Ambas soluciones presentan dos grandes inconvenientes. Por un lado, las soluciones a nivel de la capa de enlace proporcionan movilidad para un solo tipo de medio físico. Por lo tanto, para N tipos de medios físicos diferentes, se requieren N soluciones de movilidad diferentes. Por otro lado, estas soluciones proporcionan una movilidad más o menos limitada geográficamente, lo cual entra en directa contradicción con el afán expansionista de Internet.

Como presentaremos en la siguiente sección, el protocolo IP Móvil es el único capaz de proporcionar movilidad en cualquier tipo de medio y en una extensa área geográfica.

PROTOCOLO IP MÓVIL

El protocolo IP Móvil fue creado para proporcionar movilidad a los nodos dentro de Internet. Su diseño se basó desde un comienzo sobre las siguientes premisas mínimas e indispensables:

- El nodo móvil debe ser capaz de comunicarse con los demás nodos aún después de haber cambiado su punto de conexión a Internet.
- Esta comunicación debe efectuarse siempre con una única dirección IP para el nodo móvil que deberá ser su dirección IP en la red de origen, se encuentre donde se encuentre.
- El nodo móvil debe ser capaz de comunicarse con otros nodos que no implementen las funciones de movilidad del protocolo Mobile IP.
- El nivel de seguridad y de privacidad de las comunicaciones de un nodo móvil no debe ser menor que el de cualquier otro nodo fijo.
- El medio entre el nodo móvil y su punto de conexión a Internet será a menudo un enlace inalámbrico. Muy probablemente, el nodo móvil estará alimentado por pilas o baterías, lo que hace importante minimizar el consumo reduciendo al mínimo el número de mensajes de señalización.

El principal objetivo del protocolo IP Móvil es sencillo: permitir el encaminamiento de paquetes IP hacia nodos móviles que pueden cambiar rápidamente su punto de conexión a Internet. Este objetivo implica la transmisión de actualizaciones de encaminamientos entre numerosos nodos de la red. Para permitir su uso a través un gran número de enlaces inalámbricos, es muy importante reducir el tamaño y la frecuencia de estas actualizaciones al mínimo posible.

Por otra parte, para que el protocolo IP Móvil pueda ser soportado por el mayor número posible de nodos, se requiere que su implementación software sea lo más sencilla posible en términos de carga computacional y memoria. De esta manera, tanto ordenadores portátiles como otros instrumentos con prestaciones hardware reducidas, como por ejemplo buscadoras, teléfonos celulares u organizadores personales puedan gozar de la funcionalidad del protocolo.

Por último, cabe destacar el importante problema que supone la escasez de direcciones IP versión 4. El protocolo IP Móvil contribuye claramente a la no proliferación de nuevas direcciones IP ya que asigna a cada nodo móvil una única dirección IP en todo momento.



Funcionamiento

El funcionamiento del protocolo IP Móvil consiste en la consecución de la siguiente serie de operaciones:

Los agentes local y externo (ver figura 1) anuncian su presencia al nodo móvil mediante *mensajes de anuncioamiento* que se generan periódicamente en la red. Opcionalmente, el nodo móvil puede solicitar tales mensajes a un agente cercano a través de un *mensaje de solicitud de agente*.

El nodo móvil recibe el mensaje de anuncioamiento y determina si se encuentra en su red local o en una red externa.

Si el nodo móvil deduce que se encuentra en su red local, opera sin funciones de movilidad. Por otro lado, si ha regresado tras haber sido registrado en otra red, procede a *deregistrarse* a través de su agente local.

Si el nodo móvil detecta que se encuentra en una red externa, obtiene su dirección de cuidado (*care-of-address*) en la nueva red. Esta dirección puede ser la del agente externo o una dirección de cuidado colocada (*collocated care-of-address*).

Si el nodo móvil se encuentra fuera del alcance de ningún tipo de agente, el nodo móvil debe obtener su dirección de cuidado como una dirección IP local por algún método como, por ejemplo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). En estos casos, se trata de una dirección de cuidado «colocada».

El nodo móvil registra su dirección de cuidado con su agente local. Este proceso se realiza enviando una solicitud de registro al agente local y recibiendo de éste un mensaje de contestación.

Todo paquete destinado al nodo móvil es interceptado por el agente local y enviado mediante *tunneling* por éste hacia la dirección de cuidado. Al otro lado del túnel, el agente extranjero recibe el paquete y lo envía al nodo móvil. Si el nodo móvil posee una dirección de cuidado colocada, el agente extranjero no interviene en la recepción del paquete.

Por su parte, los paquetes originados por el nodo móvil pueden ser transportados hasta la dirección IP de destino sin pasar necesariamente por el agente local.

Procedimientos

· Descubrimiento de agente

El descubrimiento de agente es un procedimiento utilizado en el protocolo IP Móvil mediante el cual

el nodo móvil determina si se encuentra conectado a su red local o a una red extranjera, si se ha desplazado de un enlace a otro, y también sirve para obtener una dirección de cuidado cuando se encuentra conectado a un red extranjera.

El procedimiento mediante el cual se realiza el descubrimiento de agente es relativamente sencillo y precisa únicamente de dos tipos de mensaje: el de anuncioamiento de agente y otro de solicitud de agente.

· Anuncioamiento de Agente

La primera acción a realizar para permitir la movilidad de un nodo es la de anunciar por parte del agente local o externo de la disponibilidad para aceptar al nodo móvil en su red. El nodo móvil utiliza mensajes de anuncioamiento para determinar su punto de conexión actual a Internet. El agente local deberá estar siempre listo para servir a sus nodos móviles. Para evitar una posible saturación debida al exceso de nodos móviles en una determinada red, es factible configurar múltiples agentes locales en una única red local, asignando a cada agente local una porción de la población de nodos móviles.

Por otro lado, es plausible que un agente externo no tenga capacidad para servir a un nodo móvil no perteneciente a su red. Aún en ese caso, el agente externo debe continuar emitiendo mensajes de anuncioamiento para que el nodo móvil sepa que se encuentra dentro de su área de cobertura o que no ha fallado.

El mensaje de anuncioamiento consiste en un mensaje ICMP de anuncioamiento de router al cual se le ha añadido una extensión para permitir la gestión de los nodos móviles. Esta extensión tiene la forma que presentamos en la figura 2. Los campos de la extensión de anuncioamiento de agente son los siguientes:

- Type: 16
- Length: $(6+4*N)$, donde N es el número de direcciones de cuidado anunciadas.
- Sequence number: Número total de mensajes de anuncioamiento enviados desde que el agente fue inicializado.
- Registration lifetime: Tiempo de vida máximo (s) que este agente acepta en una solicitud de registro. $(65,535=(\infty))$
- R: Registro solicitado. Es conveniente registrar con un agente extranjero en vez de usar una dirección de cuidado colocada.
- B: El agente extranjero no puede aceptar nuevos registros, al estar ocupado (Busy)
- H: Este agente ofrece servicios de agente local (Home Agent) en esta red.
- F: Este agente ofrece servicios de agente extranjero (Foreign Agent) en esta red.

- M: El agente soporta encapsulado mínimo.
- G: El agente soporta encapsulado GRE.
- V: El agente soporta la compresión de cabecera Van Jacobson.
- Reserved: Reservado.
- Care-of addresses: La dirección de cuidado anunciada por el agente extranjero.

Para que un nodo móvil pueda averiguar si se encuentra en su red local o, por el contrario, se ha desplazado hacia una red extranjera, tan solo ha de verificar los bits F y H de alguno de los mensajes de anuncioamiento que capture. De esta manera, sabrá si el agente está actuando como agente local o externo. La obtención de su dirección de cuidado se realiza a partir del campo de datos care-of address del mensaje de anuncioamiento de agente.

	0	1	2	3
IP header (RFC 791)	Ver=4	IHL	Type of Service	Total Length
			Identification	Flags Fragment offset
	Time to Live	Protocol = ICMP		Header Checksum
			Source Address = home and/or foreign agent address on this link	
			Destination Address = 255.255.255.255 (broadcast) or 224.0.0.1 (multicast)	
ICMP Router Advertisement (RFC 1256)	Type = 9	Code	Cheksum	
	Num Addrs	Addr. Entry Size	Lifetime	
		Router address (1)		
		Preference Level (1)		
		Router address (2)		
		Preference Level (2)		
Mobility Agent Advert. Ext. RFC 2002	Type = 16	Length	Sequence Number	
	(max) Registration Lifetime		R B H F M G V RESERVED	
		Care-of address (1)		
		Care-of address (2)		
Prefix-Length Ext. (option.)	Type = 19	Length	Prefix Length (1)	Prefix Length (2)

Fig. 2: Mensajes de Anuncioamiento de Agente

• Solicitud de agente

Los mensajes de solicitud de agente son enviados por los nodos móviles que no desean, o pueden esperar hasta la siguiente transmisión periódica de mensajes de anuncioamiento de agente. Por lo tanto, el único objetivo de un mensaje de solicitud de agente es forzar a cualquier agente ubicado en el mismo enlace a transmitir un mensaje de anuncioamiento de agente de manera inmediata. Esto resulta especialmente útil en aquellos casos en los cuales la frecuencia de los mensajes de anuncioamiento es demasiado baja para un nodo móvil que cambia rápidamente de enlace.

El formato de los mensajes de solicitud de agente es exactamente idéntico al de los mensajes ICMP de solicitud de router (ver fig. 2). La única diferencia reside en que los mensajes de solicitud de agente deben

tener su campo de tiempo de vida (Time To Live - TTL) a 1.

• Registro

El protocolo IP Móvil tipifica varias circunstancias bajo las cuales todo nodo móvil debe registrarse. La primera de ellas es cuando detecta que su punto de conexión a Internet ha variado respecto a un instante anterior. También deberá registrarse si, aún sin haber cambiado su punto de conexión a Internet, el registro anterior está a punto de caducar. Finalmente, cuando el nodo móvil en una red extranjera detecta que su agente extranjero se ha reiniciado.

El procedimiento de registro sirve para solicitar los servicios de un agente externo. Acto seguido, el nodo móvil procede a informar a su agente local de su nueva dirección de cuidado en la red. Por el contrario, si el nodo móvil detecta que ha regresado a su red local tras haber permanecido fuera de ella, debe iniciar el procedimiento para desRegistrarse con su nodo local para poder continuar funcionando como cualquier otro nodo fijo.

El procedimiento de registro comprende los siguientes pasos:

1. El nodo móvil envía un mensaje de petición de registro. Según el caso, este mensaje se enviará directamente al agente local o vía el agente externo, previa aceptación del mismo.
2. El agente local recibe la petición de registro y envía a su vez al nodo móvil un mensaje de contestación de registro. Éste último informa al nodo móvil si su petición de registro ha sido o no aceptada.
3. Si el nodo móvil no recibe la contestación de registro en un período razonable de tiempo, procede a retransmitir las peticiones de registro con intervalos cada vez más largos entre ellos, hasta recibir contestación.

Para poder llevar a cabo el procedimiento es necesaria la cooperación entre los agentes local y externo, intercambiando mensajes de petición de registro, de respuesta de registro además de datos opcionales.

• Petición de registro

Un nodo móvil se registra con su agente local mediante un mensaje de petición de registro. De esta manera, el agente local puede crear o modificar la entrada del nodo móvil en su lista de nodos con movi-



lidad. El mensaje de petición de registro presenta el formato mostrado en la figura 3.

	0	1	2	3
IP Header (RFC 791)	Ver=4	IHL	Type of Service	Total Length
	Identification		Flags	Fragment offset
	Time to Live	Protocol = UDP		Header Checksum
	Source Address			
	Destination Address			
UDP header	Source port		Destination Port = 434	
	Length		Checksum	
Fixed Length Portion of Registration Request	Type = 1	Lifetime		
	Mobile Node's Home Address			
	Home Agent Address			
	Care-of Address			
	Identification			
	Optional Extensions			
	...			
Mobility Home Agent Allocation (RFC 2002)	Type = 32	Length	Security Parameter...	
	Index (SPI)			
	Autenticator			
	Optional extensions			

Fig. 3: Mensaje de petición de registro.

Los diferentes campos que conforman el mensaje de petición de registro son los siguientes:

- Type: 1 (Petición de registro)
- S: El nodo móvil solicita que el agente local mantenga sus anteriores entradas de movilidad.
- B: El nodo móvil pide solicita al agente local que tunele hacia él los paquetes de broadcast que se reciban en la red local.
- D: El nodo móvil informa al agente local que desencapsulará los paquetes que le sean enviados a su dirección de cuidado. Esto implica que el nodo móvil está utilizando una dirección de cuidado colocada.
- M: El nodo móvil solicita que el agente local utilice encapsulado mínimo para los paquetes destinados a él.
- G: El nodo móvil solicita que el agente local utilice encapsulado GRE para los paquetes destinados a él.
- V: El nodo móvil solicita que el agente local que su agente de movilidad emplee la compresión de cabeceras de Van Jacobson.
- Reserved: Reservado.
- Lifetime: Número de segundos restantes antes de la caducidad del registro actual.
- Home Address: Dirección IP del nodo móvil
- Home Agent: Dirección IP del agente local del nodo móvil.
- Care-of Address: Dirección de cuidado=dirección IP a la salida del túnel.
- Identification Número de 64 bits creado por el nodo móvil para asociar peticiones de registro con contestaciones de registro. También sirve para proteger contra contestaciones de registro fraudulentas.

- Extensions: Extensiones

• Respuesta de registro

Como ya se ha explicado anteriormente, tras la recepción de una petición de registro, el agente local devuelve al nodo móvil un mensaje de respuesta de registro.

Si el nodo móvil solicita el servicio a través de un agente externo, será éste quien reciba la contestación de registro y la envíe a continuación al nodo móvil. Por otro lado, si el nodo móvil está utilizando una dirección de cuidado colocada, será él mismo quien reciba la el mensaje de respuesta de registro.

Este mensaje informa al nodo móvil sobre el resultado de su petición de registro y del tiempo de vida del registro, que puede ser inferior o igual al solicitado por el nodo móvil. El agente externo no puede en ningún caso modificar el tiempo de vida asignado por el agente local.

El formato del mensaje de respuesta de registro es el mostrado en la figura 4.

	0	1	2	3
Fixed Length Portion of Registration Reply (RFC 2002)	Type = 3	Code	Lifetime	
	Mobile Node's Home address			
	Home Agent Address			
	Identification			

Fig. 4: Mensaje de respuesta de registro.

Los campos del mensaje son los siguientes:

- Type: 3 (Contestación de registro)
- Code: Código indicador del resultado de la petición de registro.
- Lifetime: Tiempo de vida, en segundos, de la entrada del nodo móvil en la lista de movilidad del agente local.
- Home Address: Dirección IP del nodo móvil.
- Home Agent: Dirección IP del agente local del nodo móvil.
- Identification: Número de 64 bits creado por el nodo móvil para asociar peticiones de registro con contestaciones de registro. También sirve para proteger contra contestaciones de registro fraudulentas.
- Extensions: Extensiones.

Posibilidades opcionales del procedimiento de registro

Además de las acciones anteriormente descritas, el procedimiento de registro permite también llevar a

cabo otras interesantes funciones que se enumeran a continuación:

- Descubrir la dirección de un agente local si el nodo móvil no ha sido configurado con esta información.
- Seleccionar diferentes tipos de encapsulado de los paquetes.
- Utilizar la compresión de encabezados de Van Jacobson.
- Mantener varios registros simultáneos para que cada dirección de cuidado activa reciba una copia de los paquetes destinados al nodo móvil.
- Des registrar ciertas direcciones de cuidado manteniendo otras activas.

Tratamiento de los paquetes: Encaminamiento y tunneling

Una vez analizados los procedimientos de descubrimiento de agente y de registro, presentamos los diferentes modos en que un paquete puede ser encaminado desde su dirección IP de origen hasta la dirección IP de destino en función de la situación del nodo móvil.

Encaminamiento de los paquetes

En primer lugar, cabe distinguir dos posibles escenarios: uno en el que el nodo móvil está conectado a su red local, o bien si éste se encuentra en una red externa.

Nodo móvil en red local

Si el nodo móvil se encuentra en su red local, actúa como si de cualquier otro nodo fijo se tratase. Por lo tanto, las reglas para el encaminamiento de paquetes en este caso son las mismas que para el encaminamiento de paquetes IP hacia cualquier nodo o router convencional.

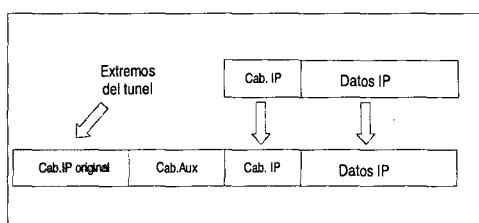


Figura 5: operación de encapsulamiento.

Nodo móvil en red extranjera

• Hacia el nodo móvil

El protocolo IP Móvil requiere que los paquetes enviados desde la red local hasta el nodo móvil sean encapsulados. El encapsulado altera el encaminamiento habitual de los paquetes ya que éstos atraviesan un

nodo intermedio antes de llegar a su destino. Una vez ha llegado al nodo intermedio, éste procede a desencapsularlo y enviar el paquete original al destinatario final.

De manera general, las operaciones que comprende el envío de un paquete hacia un nodo móvil en una red extranjera son las siguientes:

1. Un router en la red local, generalmente el agente local, anuncia que existe conectividad hasta el prefijo de red equivalente al de la dirección local del nodo móvil. Por lo tanto, todo paquete destinado al nodo móvil es encaminado hacia su red local y, en concreto, es recibido por su agente local.
2. El agente local intercepta el paquete destinado al nodo móvil y consulta su entrada en su lista de movilidad para conocer las direcciones de cuidado registradas.
3. A continuación, el agente local envía una copia del paquete hacia cada dirección de cuidado a través de túneles (tunneling).

En cada dirección de cuidado (la del agente externo o una dirección de cuidado colocada), se extrae el paquete original y es entregado al nodo móvil.

Antes de enviar un paquete a través del túnel, el agente local realiza la operación de encapsulado dentro de un nuevo paquete cuya dirección de destino es la dirección de cuidado (ver figura 5).

Si se trata de una dirección de cuidado de un agente externo, éste deshace el encapsulamiento exterior del paquete para recuperar el paquete original. A continuación consulta el campo de dirección IP de destino para comprobar si coincide con alguno de los nodos móviles a los que está prestando servicio. Si es este el caso, el agente externo envía el paquete al nodo móvil a través de la interfaz adecuada.

Si la dirección de cuidado es colocada, el nodo móvil no recibe los servicios de ningún agente extranjero y, por lo tanto, efectúa él mismo las operaciones de desencapsulamiento.

• Desde el nodo móvil

Para poder enviar paquetes a otros nodos, un nodo móvil debe encontrar la dirección de un router que pueda dar salida a estos paquetes. Si el nodo móvil depende de un agente externo, existen dos alternativas a la hora de determinar un router adecuado:

- El propio agente extranjero, según especifica el campo IP Source Address del mensaje de anuncio de agente.



- Cualquier router cuya dirección IP aparezca en los campos Router Address del mensaje de anuncioamiento de router, porción del mensaje de anuncioamiento de agente.

Sin embargo, esta última alternativa tan solo es válida si el nodo móvil es capaz de determinar la dirección de la capa de enlace del router deseado, sin enviar peticiones de ARP (Address Resolution Protocol) que contengan su dirección IP local.

Si el nodo móvil posee una dirección de cuidado colocada, es decir, no depende de ningún agente externo, también tiene dos alternativas a la hora de seleccionar un router:

- Escoger algún router que esté enviando mensajes de anuncioamiento de router (no de agente) en la red en la que se encuentra.
- - Mediante el mismo mecanismo por el que obtuvo su dirección de cuidado colocada puede obtener la dirección de un router adecuado. Por ejemplo, el protocolo DHCP ofrece todo tipo de información al nodo móvil, incluida la dirección de un router.

Contrariamente a los nodos móviles dependientes de un agente externo, los nodos móviles con una dirección de cuidado colocada pueden enviar peticiones ARP con su dirección local.

Tunneling

El término encapsulado es un equivalente al de tunelado o tunneling. Ello consiste en la inserción de un paquete IP dentro de otro paquete del mismo tipo u otro. El paquete resultante es, a continuación, enviado a un nodo intermedio entre el nodo origen y el nodo destino final.

El escenario más habitual de utilización de túneles es el presentado en la figura 6.

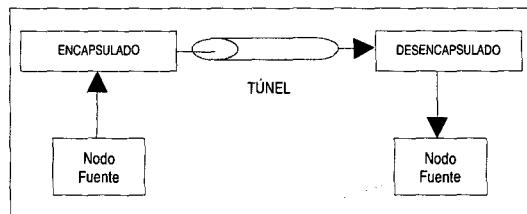


Figura 6: Escenario típico para acciones de tunneling

El nodo encapsulador es generalmente considerado el punto de entrada al túnel y el nodo desencapsulador el punto de salida del túnel.

Actualmente las técnicas de encapsulado IP son especialmente útiles para realizar transmisiones multicast, e incluso llevar a cabo acciones de seguridad y privacidad en Internet.

El protocolo IP Móvil requiere que los agentes locales, los agentes externos y los nodos móviles con una dirección de cuidado colocada soporten el encapsulado IP-in-IP. En esta sección se presentan éste y otros tipos de encapsulado que el agente local puede emplear para enviar los paquetes a través de túneles.

Encapsulado IP-in-IP

El encapsulado IP-in-IP consiste en insertar una cabecera IP adicional antes de la cabecera propia del paquete inicial como se muestra en la figura 5.

También es posible insertar otras cabeceras (como por ejemplo, requisitos de seguridad para proteger el paquete original durante el tunelado) entre las dos cabeceras anteriores.

La cabecera exterior contiene información sobre los extremos del túnel. La cabecera interior contiene información sobre los nodos origen y destino del paquete inicial y no puede ser modificada en ningún caso, salvo para decrementar el tiempo de vida (TTL - Time To Live) del paquete, aunque tan solo una vez dentro del túnel, a pesar de que pueda atravesar varios routers.

A simple vista podría parecer que resulta imposible saber si se ha producido algún problema con el paquete mientras éste se encuentra dentro del túnel. No obstante, el punto de entrada al túnel mantiene una serie de informaciones, compuesto por un juego de variables que describen las características del túnel. Esta información consta de:

- Máxima MTU (Maximum Transfer Unit) del túnel.
- Longitud del túnel, contabilizada en hops.
- Si el extremo final del túnel es alcanzable

El punto de entrada al túnel actualiza estas variables mediante mensajes ICMP que recibe de los routers en el interior del túnel.

Encapsulado mínimo

El encapsulado suele conllevar el duplicado innecesario de numerosos campos de la cabecera IP interna. El encapsulado mínimo intenta minimizar al máximo la información de overhead de encapsulado para disminuir el tamaño del paquete resultante.

Según puede observarse en la figura 7, la cabecera IP original es modificada y la cabecera de encapsulado mínimo es insertada entre la cabecera original modificada y la información.

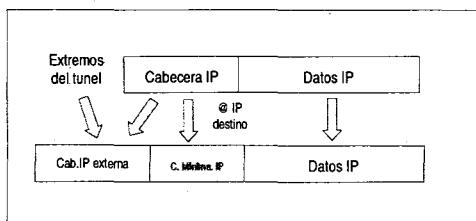


Fig. 7: Encapsulado mínimo

Al desencapsular un paquete con encapsulado mínimo, se deberán restaurar los campos modificados en la cabecera original con los datos de la cabecera de encapsulado mínimo, actualizando los campos que así lo requieran como por ejemplo el campo de longitud del paquete, y el de checksum.

A pesar de todo, el encapsulado mínimo no está ampliamente difundido ya que presenta ciertas desventajas. Concretamente, no funciona con paquetes ya fragmentados. Además, este encapsulado fuerza que el valor TTL sea decrementado en cada router dentro del túnel por lo que, puede suceder que los paquetes caduquen antes de llegar a su destino.

Encapsulado GRE

El encapsulado GRE (Generic Record Encapsulation) es el más flexible los tres estudiados en este documento, ya que permite la encapsulación de cualquier tipo de paquete, incluidos los paquetes IP. El formato del paquete GRE es el que se presenta en la figura 8.

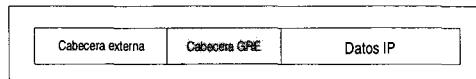


Fig. 8: Formato del paquete GRE

Contrariamente a los encapsulados IP-in-IP y mínimo, el encapsulado GRE ha sido específicamente diseñado para prevenir encapsulamientos recursivos. Concretamente, el campo *recur* en la cabecera GRE es un contador que informa del número de encapsulados adicionales que son permitidos. En el protocolo IP versión 6 se está estudiando implementar un mecanismo similar a éste en su documento borrador sobre acciones de tunelado.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado el funcionamiento detallado del protocolo denominado IP Móvil. Este protocolo facilita la movilidad de terminales dentro de redes IP versión 4 sin tener que realizar ninguna modificación ni en el mismo protocolo IP, ni en los elementos de interconexión routers encargados de realizar el encaminamiento de los paquetes. De esta manera se permite que un ordenador portátil pueda moverse con total libertad y acceder a los servicios de red que le ofrece su entorno local desde cualquier parte del mundo sin tener que realizar ningún tipo de modificación en la configuración de sus aplicaciones ni del sistema operativo.

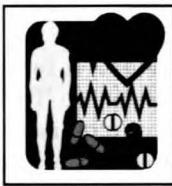
En situaciones en las que la conexión física a la red se produce mediante técnicas inalámbricas, como por ejemplo utilizando redes de área local wireless, o bien a través de servicios de datos proporcionados por los sistemas celulares (GSM, GPRS, CDPD, etc.) es cuando se pone de relieve la importancia de poder acceder de forma transparente a cualquier aplicación.

En la última edición del protocolo IP, la denominada versión 6, ya se prevén este tipo de acciones modificando de forma notable todos los aspectos relacionados con el formato de las direcciones de red.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DOCUMENTO INTERNET ENGINEERING TASK FORCE: Request For Comments RFC 2002 «IP Mobility Support».
- [2] DOCUMENTO INTERNET ENGINEERING TASK FORCE: Request For Comments RFC 2003 «IP Encapsulation within IP».
- [3] DOCUMENTO INTERNET ENGINEERING TASK FORCE: Request For Comments RFC 2004 «Minimal encapsulation within IP».
- [4] DOCUMENTO INTERNET ENGINEERING TASK FORCE: Request For Comments RFC 768 «User Datagram Protocol»
- [5] DOCUMENTO INTERNET ENGINEERING TASK FORCE: Request For Comments RFC 791 «Internet Protocol»
- [6] DOCUMENTO INTERNET ENGINEERING TASK FORCE: Request For Comments RFC 1256
- [7] James d. Solomon, Mobile IP: THE INTERNET UNPLUGGED, editorial Prentice Hall series in computer networking and distributed systems, 1996-97





LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA, UN PROBLEMA EN LA SOCIEDAD ACTUAL

Ramón Pallás Areny y Ferran Silva,
Departament d'Enginyeria Electrònica, UPC

Las interferencias electromagnéticas son un problema que nos ha afectado a todos alguna vez. ¿Quién no ha oído nunca ruidos extraños en la radio del coche que impiden escuchar la programación deseada? El motivo puede ser una motocicleta defectuosa que circula cerca o una línea de alta tensión que queda encima de nosotros. Otro problema común son las rayas que aparecen en la pantalla de algunos televisores al poner en marcha otro electrodoméstico. Estas interferencias, aunque llaman nuestra atención y pueden ser a veces molestas, no suponen sin embargo ningún peligro.

Pero hay otras situaciones en las que las interferencias electromagnéticas han provocado accidentes graves. Un minusválido en una silla de ruedas electrónica, recién mudado de casa, estaba enseñando el barrio a sus amigos, usuarios también de silla de ruedas. Cuando iban calle arriba, nuestro hombre oyó unos ruidos extraños en el motor de la silla y apartó su mano de la palanca de control. De repente, la silla giró en redondo y se desplazó cuesta abajo a gran velocidad. Al final, la silla volcó y despeñó a su usuario, quien resultó con fractura de cadera y otras lesiones. Las sillas de ruedas de sus amigos, que eran de otros fabricantes, no resultaron afectadas. Este suceso ocurrió en un barrio próximo a una autopista en los EE.UU. donde circulan muchos camiones dotados de radioteléfono.

Un estudio preliminar realizado en la Clínica Mayo en Rochester, Minnesota, ha demostrado que algunos teléfonos móviles digitales pueden interferir con el funcionamiento de marcapasos cardíacos implantados si se colocan muy próximos a éstos

También en los EE.UU., otro usuario de una silla de ruedas electrónica perdió el control de ésta al pasar cerca de un coche de policía equipado también con radioteléfono. Estudios bien documentados han demostrado que el sistema de control de algunas de estas sillas falla al

someterlas a campos eléctricos de tan sólo 5 V/m. Campos de esta magnitud se producen a 2 m de un teléfono móvil de 4 W.

Un estudio preliminar realizado en la Clínica Mayo en Rochester, Minnesota, ha demostrado que algunos teléfonos móviles digitales pueden interferir con el funcionamiento de marcapasos cardíacos implantados si se colocan muy próximos a éstos. El marcapasos puede dejar de funcionar e incluso emitir una serie de descargas irregulares que pueden ser fatales para el corazón. El Ministerio alemán de Sanidad aconseja a los pacientes con marcapasos implantados que no se acerquen a menos de 10 cm de un teléfono móvil. Por otra parte, pruebas realizadas en detectores de apnea han revelado que hay modelos que fallan cuando se les somete a un campo eléctrico de tan sólo 0,1 V/m.

Cualquier persona que haya viajado en avión conoce el aviso que, recitado de forma rutinaria poco después de haber tomado asiento, recuerda a los pasajeros la prohibición de usar toda una serie de aparatos electrónicos durante diversas fases del vuelo, especialmente las más críticas: el despegue y el aterrizaje. Se han dado casos en los que se ha podido comprobar el fallo de instrumentos de a bordo debido a las perturbaciones electromagnéticas producidas por aparatos electrónicos de los pasajeros. Sin ir tan lejos, ¿cuántos usuarios de teléfonos sin hilos han tenido que pedir a sus hijos que dejen de jugar con un coche teledirigido mientras intentan hablar por teléfono? En nuestras ciudades verticales no es raro encontrarse que el vecino usa un terminal telefónico sin hilos que funciona a la misma frecuencia que el nuestro, de manera que acabamos hablando pegados al receptor telefónico fijo, esperando, ingenuamente, mantener así la conversación en privado.

Todas estas situaciones son muestras de un problema que no por invisible deja de ser real. Hay un recurso escaso que es compartido, y muchas veces invadido, por la multitud de aparatos electrónicos que son fruto, y en algunos casos símbolo, de nuestra civilización. Este recurso es el denominado «espectro radioeléctrico», es decir, el conjunto de frecuencias disponibles para enviar los mensajes bien por el aire, bien a través de hilos. Efectivamente, hay muchos aparatos que emplean señales de la misma frecuencia, como pueden ser algunos teléfonos sin hilos y juguetes teledirigidos. En estos casos basta una mínima

disciplina de los usuarios para evitar las interferencias: no utilizar los dos equipos simultáneamente. Si dos vecinos tienen teléfonos que funcionan a la misma frecuencia, el problema ya es más difícil de resolver. En el caso de las emisoras de radio y televisión, son las autoridades competentes las que administran el espectro radioeléctrico asignando las bandas de frecuencia de una manera ordenada.

Estamos, pues, ante un nuevo tipo de contaminación ambiental: la contaminación electromagnética

El problema grave lo plantean aquellos aparatos eléctricos y electrónicos que emiten señales de radiofrecuencia de manera no intencionada. ¿Cuáles son? Prácticamente todos, desde las reactancias de los tubos fluorescentes hasta los ordenadores personales. Estamos, pues, ante un nuevo tipo de contaminación ambiental: la contaminación electromagnética.

Vistas las posibles consecuencias de las interferencias electromagnéticas, el riesgo parece grave, y lo es. Por esto la Unión Europea publicó ya en 1989 una directiva sobre compatibilidad electromagnética, modificada en 1991 y 1992, y que desde el 1 de enero de 1996 es de obligado cumplimiento. Esta directiva limita el nivel de las emisiones electromagnéticas generadas por los equipos eléctricos y electrónicos comercializados en los países de la Unión, y obliga a estos mismos equipos a funcionar correctamente cuando están sometidos a perturbaciones electromagnéticas de una determinada intensidad.

Esta directiva sobre compatibilidad electromagnética ha producido, y sigue produciendo, un gran revuelo entre fabricantes, consultores y laboratorios de ensayos. El cumplimiento de la directiva conlleva, para algunos equipos, un mayor coste y unas dificultades de diseño adicionales. Por otra parte, el incumplimiento de la directiva impide la comercialización del producto en todos los países de la Unión Europea. En algunos casos, por ejemplo para los fabricantes de automóviles, el problema de la compatibilidad electromagnética es grave en sí mismo, no porque lo diga una directiva. Basta imaginar qué sucedería si un sistema ABS fallara cuando, pongamos por caso, el conductor utilizara un teléfono móvil. Para evitar estos problemas de seguridad, ya hace tiempo que los automóviles tienen, por voluntad de sus fabricantes, niveles de inmunidad de hasta 200 V/m.

Para el usuario de equipos electrónicos la cosa es mucho más fácil. Basta que compruebe que el equipo que compra tiene el marcado CE. Estas siglas significan «Conformidad Europea» e indican que el fabricante del produc-

to declara que éste cumple todas las directivas y normas que le son aplicables, que suelen concernir a la seguridad eléctrica, compatibilidad electromagnética, salud pública y medio ambiente.

Es obvio, sin embargo, que no bastan las normas. Los equipos de comunicación generan inevitablemente emisiones electromagnéticas; no se les puede exigir que no produzcan ningún tipo de interferencia. En último término hay que pensar en la educación y responsabilidad del usuario como solución a muchos problemas de compatibilidad electromagnética. En los hospitales, por ejemplo, hay una gran cantidad de aparatos electrónicos diseñados hace años y que cumplen perfectamente su función. Pedir su sustitución simplemente porque no son compatibles con algunos sistemas de telecomunicación actuales, no es ni razonable ni viable desde el punto de vista económico. ¿Qué se puede hacer? Simplemente no incurrir en riesgos innecesarios y ser muy prudente en el uso de aquellos aparatos sobre los que recae alguna sospecha de afectar a algún equipo de uso médico. Para mayor seguridad se pueden hacer algunas pruebas técnicas simples. Este tipo de precauciones son válidas en la mayoría de situaciones prácticas.

Los ciudadanos de nuestros días tienen que acostumbrarse a exigir la marca CE en los aparatos que compran y deben ser prudentes en el uso de todo tipo de equipos electrónicos

Hacer una llamada a la responsabilidad de los usuarios no significa dejar el problema sin resolver. ¿Acaso no aceptamos que el equipo de alta fidelidad y el aspirador son incompatibles desde el punto de vista acústico? A nadie se le ocurriría plantearse la búsqueda de alguna solución drástica que los hiciera compatibles. El hecho de que no percibamos los campos electromagnéticos no debe envolverlos en una aura de misterio. Basta tener una información clara. A los pacientes que llevan un marcapasos se les informa de que no pasen por debajo de los arcos de detección de metales en establecimientos bancarios y aeropuertos. Los ciudadanos de nuestros días tienen que acostumbrarse a exigir la marca CE en los aparatos que compran y deben ser prudentes en el uso de todo tipo de equipos electrónicos. Ahora que por fin se ha incluido la tecnología en la enseñanza secundaria obligatoria, la labor puede ser más fácil. En la UPC, afortunadamente, ya se ha recorrido un buen camino, y las empresas pueden encontrar titulados bien preparados para resolver problemas de compatibilidad electromagnética.





VISITA AL C.C.S. DE TELEFÓNICA EN "LA GRANADA"

José Antonio López Salcedo

*Estudiante de la ETSETB y Miembro de la Rama de Estudiantes del IEEE Barcelona
j.lopez@ieee.org*

El pasado día 23 de diciembre y como actividad promovida por el Chapter de la Communications Society de la Branca d'Estudiants de l'IEEE de Barcelona, se realizó una salida a las instalaciones del Centro de Comunicaciones por Satélite que Telefónica posee en La Granada, a pocos kilómetros de Vilafranca del Penedès.

Allí, los responsables de Telefónica Sr. Ricardo Espejo y Sr. Torroja, nos guiaron a través de las distintas zonas en que se divide este centro, cuya construcción se realizó principalmente para la transmisión televisiva de los eventos de las Olimpiadas de Barcelona'92 a todo el mundo. Su peculiar estructura arquitectónica se basa en tres alas laterales formando una "Y" alrededor de un patio central de forma circular. Cada una de estas alas laterales ubica una zona del centro: la de administración, la de equipos electrónicos para el control de satélites, y la de seguridad y energía.

Fue precisamente esta última zona, la primera parte del centro que visitamos. Allí observamos el emplazamiento de los grupos electrógenos dispuestos para la generación de energía eléctrica en caso de fallo en el suministro en la red. Dada la vital importancia de este centro debido a la enorme cantidad de información que transmite, se hace imprescindible un equipo de generación de electricidad en caso de emergencia. Tal y como pudimos observar, no sólo en esta zona sino en todas las demás, y como resultado de una seria política de seguridad, para el desempeño de una determinada función se dispone siempre de un equipo de emergencia.

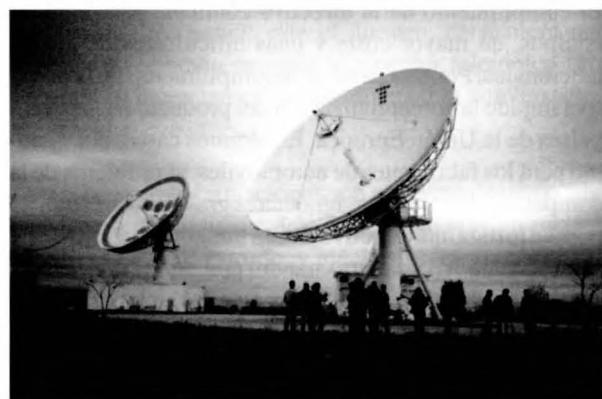
En este caso, se disponía de tres grupos electrógenos, dos de los cuales se activarían automáticamente en caso de fallo en el suministro eléctrico, permaneciendo siempre libre el tercer grupo para cubrir un posible fallo en uno de los dos grupos principales.

Debido al periodo que habría entre el corte del suministro eléctrico y la posterior reanudación del flujo eléctrico gracias a los grupos electrógenos

de emergencia, se dispone de toda una sala con baterías en forma de prisma rectangular, de aproximadamente un metro de altura, capaces de proporcionar cada una aproximadamente 2.1V. En total, se dispone de cerca de 200 baterías, las cuales están destinadas a proporcionar durante ese lapso de tiempo en que los grupos electrógenos alcanzan el pleno rendimiento, los 380V que necesitan las instalaciones. Estas baterías podrían abastecer a las instalaciones durante un tiempo máximo de 45 minutos. Por otra parte, deben de ser revisadas cada mes para comprobar los correctos niveles de concentración y densidad de iones, de manera que en caso de que deban entrar en funcionamiento, lo hagan correctamente.

Una cosa a tener en cuenta es que, dado que la central utiliza corriente alterna y la única manera de almacenar la energía eléctrica es en forma de continua utilizando baterías, la electricidad que proporcionan las mismas ha de ser previamente transformada a alterna para poder ser inyectada a las instalaciones.

Tras las Olimpiadas, este centro ha quedado básicamente para la transmisión vía satélite de señales telefónicas.



Momentos de la salida que se realizó al campo de antenas, donde se pueden observar dos de las antenas más grandes de que dispone el Centro.

Tras esta visita a la zona de energía de las instalaciones, entramos en la zona de control. Cabe destacar que tras las Olimpiadas, este centro ha quedado básicamente para la transmisión vía satélite de señales telefónicas, aunque ocasionalmente se pueden hacer transmisiones de señal de televisión. Otra función de este centro es la de sondeo de los cables submarinos que enlazan Europa con Estados Unidos y Canadá, y de los que enlazan con Sudáfrica. En caso de avería en uno de estos cables, el tráfico sería encaminado a través de este centro y la información llegaría a su destino a través de enlace vía satélite mientras se procediera a la reparación del cable averiado.

En esta zona de control se dispone por un lado, de los equipos necesarios a 565Mb/s para la multiplexación-demultiplexación de las señales digitales que llegan a la central, siendo posible monitorizar los diferentes tributarios que contienen. Además, y debido a que desde este centro se distribuyen señales a todo el mundo, se dispone también de equipos para la conversión de tramas en estándar europeo MIC 30, al estándar americano de 24 canales, utilizado también para la transmisión de señales a Sudáfrica.



Equipos de desmultiplexación de las señales telefónicas que llegan al Centro.

Finalmente, en la parte de la zona de control, desde donde podemos observar el campo de antenas, se dispone de un equipo de control de las 7 antenas de que se dispone. A pesar de que los

satélites son geoestacionarios (orbitando a unos 36000 km de la Tierra), sus órbitas sufren pequeñas variaciones, las cuales se van acrecentando a medida que el satélite envejece (la vida media de uno de estos satélites está en unos 10 años). Es por ello que, junto con la gran directividad que se precisa para conectar con el satélite, se hace imprescindible ir ajustando continuamente la posición de las antenas, aunque tan sólo sea en unas cuantas centésimas de grado, para asegurar unos niveles de señal adecuados.

Se hace imprescindible ir ajustando continuamente la posición de las antenas, aunque tan sólo sea en unas cuantas centésimas de grado.

La posición de estas antenas (siendo las principales de un diámetro de 18m) se controla mediante la monitorización de sus respectivas posiciones en azimut y en elevación, parámetros que son controlados automáticamente. Para ello, se hace necesario tener una referencia sobre la posición que tiene el satélite, lo cual se consigue mediante una señal que éste emite para tal propósito, denominada *señal de baliza*. Esta señal, situada fuera del ancho de banda de la señal que se transmite, se utiliza para ir ajustando la antena de transmisión o recepción de manera que la posición correcta de la antena respecto al satélite sea aquella en la que mejor se reciba dicha señal.

Además, desde el puesto de control se puede variar la antena de salida de una determinada señal a transmitir, mediante un panel de monitorización y conmutación donde figura la disposición de las diferentes entradas, los caminos a seguir hasta la antena, y el paso por diferentes amplificadores de alta potencia (HPA). Controlando los diferentes interruptores que hay por el camino, podemos elegir la ruta que seguirá nuestra señal hasta la antena.



Paneles de monitorización de las señales a transmitir, en su camino desde el centro de control a las antenas.



Una vez visto el proceso de control de las antenas, era hora de examinarlas in situ. Para ello salimos al campo de antenas y nos dirigimos a una enorme parabólica que teníamos en frente nuestro.

Entramos primero en la caseta que hacía de base de la antena, donde pudimos observar un impresionante entramado de guías de onda rectangulares. Dentro de éstas se estaban propagando las señales en polarización circular en su camino a la antena, tras pasar por una etapa de amplificación de potencia que utilizaba amplificadores tipo Klistrón.

Estas antenas no se pueden mover 360º en azimut sino que su trayectoria en el plano horizontal está dividida en tres sectores de 120º.



Momentos de la subida a las antenas.

Tras visitar la sala de amplificadores, y desafiando al frío que hacía en aquellos momentos, nos decidimos a subir a la propia antena para examinar la estructura de la misma y la zona donde se ubica la terminación de la guía de onda y los amplificadores de bajo ruido (LNA). Desde allí observamos los brazos mecánicos que se encargan de ajustar la posición de la antena. En principio, estas antenas no se pueden mover 360º en azimut sino que su trayec-

toria en el plano horizontal está dividida en tres sectores de 120º, para los cuales es preciso desmontar unos tornillos en el mecanismo de giro, ajustar la antena al nuevo sector, y volver a fijar el mecanismo. Es por ello que estas antenas se van ajustando automáticamente a la trayectoria del satélite, siempre dentro de una región de giro de 120º en horizontal.

Seguidamente, nos adentramos en los túneles subterráneos que atraviesan el campo de antenas, y por donde se lleva todo el cableado de las señales provenientes de la zona de control hasta las diferentes antenas del campo. A través de uno de estos túneles nos dirigimos a lo que sería la última parte de la visita.

Al salir del túnel nos encontramos de nuevo junto a la zona de control, y a nuestro lado se erigía una torre metálica con una escalera de caracol. En la cima de dicha torre se encontraban diversas antenas de recepción de televisión terrena, así como diversas antenas de telefonía móvil. Desde lo alto de la torre pudimos contemplar un espléndido paisaje que comprendía todo el campo de antenas, así como la llanura en la que está emplazado este centro de control de satélites.



Canalización subterránea del entramado de guías por las cuales se van propagando las diferentes señales que transmite la zona de control hacia el campo de antenas.

Ya por último, y para concluir nuestra visita al centro, descendimos de la torre y nos dirigimos nuevamente a la entrada, donde habíamos sido recibidos, y desde donde había comenzado nuestro recorrido por las instalaciones.

Aprovechamos para agradecer desde aquí al Sr. Andreu Abat y al Sr. Jordi Torroja Fontanet, así como a los responsables del centro, la amabilidad y disposición con la que nos recibieron y guiaron por las instalaciones de Telefónica en "La Granada".

EDITORIAL: EXPO ESA, EL SECTOR ESPACIAL AL ALCANCE DE LA MANO.

Como miembros de AESEST Estudiants, una asociación que centra sus actividades en el sector espacial, sabemos que mucha gente califica el trabajo en este sector como elitista, restringido, o simplemente muy alejado de la realidad cotidiana, cuando en realidad el aura que lo rodea está generado por el tema que trata, más que por los métodos de trabajo o investigación que utiliza.

Expo ESA nace con el propósito de acercar el trabajo que realiza la Agencia Espacial Europea y un amplio elenco de empresas e instituciones relacionadas a la gente no vinculada al sector espacial, dando a conocer los diferentes proyectos que se están llevando a cabo en la actualidad y su relación directa con la vida cotidiana.

Para ello contamos con un amplio conjunto de posibilidades que harán que Expo ESA resulte de interés tanto al visitante casual que quiere informarse acerca de las actividades de la Agencia y el estado actual de la investigación espacial, como al estudiante técnico o profesional que desee conocer cómo introducirse en este fascinante campo de trabajo.

Hemos decidido centrar este evento en dos áreas principales: exposición y conferencias.

La exposición intenta ofrecer en el mínimo espacio la mayor cantidad de información posible sobre la Agencia Espacial Europea, sus proyectos, su organización interna, etc...

Para hacer que esta información sea de fácil acceso, hemos recurrido a las herramientas más visuales: por una parte contamos con pósters ilustrativos de los principales programas de la

Agencia, acompañados por textos que informan al visitante sobre el desarrollo, objetivos y estado actual de estos programas de investigación.

Pero en un evento que está centrado en un sector con tanto futuro, no podemos olvidar herramientas de divulgación más modernas como la informática y la red Internet.

Por ello contamos con una batería de ordenadores mediante los cuales podrá acceder a una gran cantidad de información sobre todos los aspectos relevantes de la Agencia Espacial Europea, ya sea mediante páginas web o software especializado, además de estar informado acerca de las actividades de la Expo ESA.

Por otra parte, contamos con la presencia de profesionales de todos las áreas de este sector: la Agencia Espacial Europea, empresas que realizan proyectos para ella, instituciones de investigación y educación espacial, etc... que ofrecerán conferencias sobre temas de interés para los interesados en pertenecer a este sector, o a los que simplemente están intrigados por conocer cómo se trabaja en uno de los campos de investigación y desarrollo con más futuro.

Todo lo expuesto es la plasmación de una idea emprendida por un grupo de estudiantes que desean que el sector espacial esté un poco más cerca del público en general.

Para conseguirlo, hemos puesto toda nuestra ilusión y deseos de hacerlo bien, y por ello esperamos que este acto sea de su interés y agrado.

Hasta la próxima Expo ESA

La Organización

Daniel González
Marc Bertran
Marta Casar
Xavier Cortés
Rafael Gallego
Marcos Sánchez
Eduard Vilar
Guillem Ramón



El sector de l'espai ha estat sempre un repte per a qualsevol tecnologia, de fet és en les d'aplicacions espacials on les tècniques i tecnologies demostren la seva maduresa. Els requeriments de fiabilitat, robustesa, treball en condicions extremes de temperatura, fatiga mecànica etc. que l'aplicació aerospatial exigeix, duen al límit les possibilitats d'una tecnologia i la imaginació i creativitat dels enginyers. A mig i llarg termini, són aquestes exigències les que propicien els grans avenços tecnològics i l'esclat d'altres aplicacions en qualsevol altre sector de l'activitat humana.



En Europa, el motor de les iniciatives aerospacials és l'Agència Espacial Europea (ESA), per això és important l'Exposició Virtual «Expo ESA» que avui ens presenta l'Associació d'Estudiants de l'AESEST (Aerospace and Electronic System Society), per un costat perquè representa la constatació de l'ideal tecnològic d'un centre docent per a les Noves Tecnologies de la Informació i les Comunicacions (NTIC) com és l'ETSETB. Per l'altre, perquè representa la motivació i la capacitat d'iniciativa dels estudiants de l'Escola vers el món empresarial de la indústria i els serveis d'alta tecnologia.

Expo-ESA és, sens dubte, un apropament al món de l'alta tecnologia, una aproximació al límit temporal de les prestacions que les tecnologies poden donar en cada moment, però Expo-ESA és també un atansament a les empreses que han sabut acceptar els reptes que l'Agència Espacial Europea ha anat proposant en els darrers vint anys.

Expo-ESA és una iniciativa lloable en el fons i en la forma, a la que sense por a equivocar-me li auguro un gran èxit. Vagi doncs, des d'aquí, la meva felicitació als organitzadors (AESEST estudiants) junt amb la sol·licitud de que continuïn oferint a tota la comunitat universitària tant bones iniciatives.

*Antoni Elias Fusté
Director de l'ETSETB-UPC*



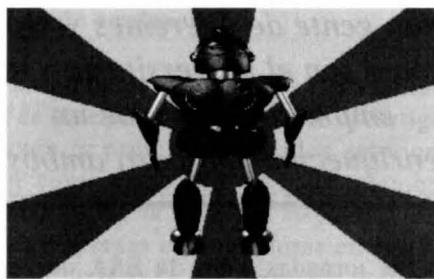
AESS ESTUDIANTS

*Marta Casar i López,
Presidenta d'AESS Estudiants
marta27@casal.upc.es*

AESS (Aerospace & Electronic Systems Society) es una sociedad del IEEE internacional cuyos principales campos de interés recaen sobre temas como los sistemas de control y comunicación, sistemas espaciales, sistemas de seguimiento, radar, robótica, etc.

AESS Estudiants es el capítulo de estudiantes de dicha sociedad en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de Barcelona (ETSETB). Con sede en el Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), la asociación está integrada por alumnos de la mencionada escuela, así como de otras escuelas técnicas o facultades, con intereses comunes en conocer las aplicaciones de las materias que se estudian en la carrera...

Internamente la asociación se estructura en tres ramas, Astronomía, Nuevas Tecnologías y Robótica, según el campo principal de interés. A lo largo del año se organizan diferentes actividades, que intentan acercar a la comunidad universitaria a un ámbito científico-técnico que nos rodea en la temática que estudiamos, pero que a la vez nos parece lejano.



Entre estas actividades encontraríamos conferencias de especialistas en distintas materias y personajes de interés dentro del mundo del espacio y las comunicaciones, visitas a observatorios, proyecciones de vídeo con debate posterior, cursos y talleres prácticos de Introducción a la Robótica y Diseño de Páginas Web, y el Concurso Nacional de Robótica, quizás la actividad de más proyección fuera de la propia Universidad.

La primera edición del Concurso de Robots Luchadores de Sumo tuvo lugar el 29 de marzo de 1995, siendo el primero en su categoría que se realizaba en el estado español. En sucesivas ediciones ha ido aumentando el número de categorías, así como también el de participan-

tes, creando un seguimiento masivo por parte de los estudiantes de la Politécnica, y una gran repercusión en los medios de comunicación.

Es importante destacar la participación de equipos de fuera de Catalunya, que vencen las dificultades de tener que desplazarse hasta aquí en épocas lectivas gracias a su gran entusiasmo, aportando así su grano de arena en la consolidación del concurso y en la mejora de su calidad año tras año.



Actualmente se está organizando la 5ª edición de este concurso de ámbito estatal en sus dos categorías: RCO (robots controlados por ordenador) y RA (robots autónomos), juntamente con la 3ª edición del Concurso de robots Rastreadores y la 3ª edición del Concurso de Robots Limpiadores de Superficies.

En estos momentos tiene lugar la Expo-ESA, una exposición en la que se intenta mostrar el alcance de las actividades de la Agencia Espacial Europea, arropada por una intensa semana de conferencias, mesas redondas y presentaciones mediante las cuales se pretende ofrecer una visión de la situación actual de la «carrera espacial» en Europa, el estado Español y, más cercano a nosotros, en Catalunya. Para ello se ha contado con el apoyo de la propia ESA y del «Museu de la Ciència», así como de diversas empresas con un ámbito de actuación relacionado con la temática de la exposición.

Invito por tanto a todos, tanto a estudiantes, profesores o interesados en el tema, a visitar la exposición y asistir a los actos que se celebren simultáneamente. Para algunos será una oportunidad de ampliar sus conocimientos disfrutando con las actividades. Pero para otros puede ser el descubrimiento un mundo nuevo, el camino que va desde la tecnología a la ciencia ficción.





EXPO-ESA

Xavier Cortés i Timoner¹, Guillem Ramón Zabía

Estudiantes de la ETSETB y miembros de AESSTB

¹xct27@casal.upc.es

INTRODUCCIÓN

El objetivo de estas jornadas es aproximar a los estudiantes y al colectivo universitario en general, a las actividades de la Agencia Espacial Europea; centrándonos más objetivamente en el macroproyecto que va a tener lugar en los próximos años, y que colabora activamente junto a la NASA y la Agencia Rusa del Espacio: la ISS.

En la parte correspondiente a la ESA en este titánico esfuerzo, están colaborando catedráticos del departamento de la Teoría de la Señal y Comunicaciones de la UPC. Más concretamente, en el acoplamiento de las naves de suministro a la estación, tema más que delicado pues ha sido el desencadenante de todos los problemas que la MIR ha tenido desde hace un año y medio.

Paralelamente, la ESA está realizando diversos proyectos de gran magnitud y muy ambiciosos, los cuáles queremos dar a conocer y divulgar en estas jornadas en torno a la ESA. Entre los proyectos, misiones y programas científicos que está llevando a cabo la ESA cabría destacar los programas de observación espacial con los satélites Planck (para el estudio de la radiación cósmica remanente del 'Big Bang') y FIRST (con un gran telescopio espacial infrarrojo) previstos para el año 2007; la preparación de la misión XMM para el 2000; las nuevas investigaciones sobre el módulo Rosetta Lander; los proyectos basados en las naves Cluster II; los estudios del telescopio espacial infrarrojo ISO sobre el 'Big Crunch'; el proyecto SMART1 y sus avances...

Así pues, el ciclo de conferencias y jornadas sobre la ESA que estamos preparando, pretende hacer llegar todos estos conocimientos sobre la carrera espacial y científica europea de la ESA a todos aquellos que puedan estar interesados en dicho tema, dentro de la comunidad universitaria y empresarial: alumnos, profesores y empresas.

Es importante destacar que el hecho de reunir alrededor de un tema en común gente de diferentes sectores como son el universitario y el empresarial

supone un enriquecimiento para ambos. Este encuentro es sumamente importante por el hecho de acercar y contrastar los conocimientos teóricos adquiridos durante toda la formación universitaria con una realidad empresarial y científica de vanguardia. Se expondrán los últimos avances y los proyectos más ambiciosos llevados a cabo por empresas que colaboran con o para la ESA, y se dará la visión de distintas personalidades relacionadas con algún proyecto con la ESA, como profesores, periodistas, etc.

No debemos olvidar que a raíz de estas jornadas puede surgir un gran interés por parte del sector universitario hacia las empresas relacionadas con el mismo, y por ello se pondrá a disposición de todo aquel que esté interesado, la documentación e información necesaria para realizar becas o cursos con la ESA o con algún proyecto paralelo dentro del sector aeroespacial.

Es importante destacar que el hecho de reunir alrededor de un tema en común gente de diferentes sectores como son el universitario y el empresarial supone un enriquecimiento para ambos

En las jornadas sobre la ESA que estamos preparando se intentará dar una visión global de todo el entorno profesional, institucional y de investigación, que rodea el sector aeroespacial en Europa. En este aspecto, en nuestro país contamos con empresas de diversa importancia y magnitud que realizan proyectos y programas como los descritos anteriormente. Entre las compañías más relevantes podemos citar, por ejemplo, a Nuevas Tecnologías Espaciales, SA, empresa enfocada al desarrollo y dirección de proyectos de investigación contratados, relacionados con la instrumentación de alta tecnología; sus principales actividades se centran sobre todo en los sectores de biomedicina y del espacio; sus proyectos principales en relación con la ESA son dos sistemas para los módulos europeos

(ESA) – MARES: investigación de la fisiología humana - y estadounidense (NASA). Otra empresa que cabe nombrar es GTD Ingeniería de Sistemas y Software Industrial, SA, que centra su desarrollo profesional en aplicaciones de alta tecnología con proyectos en diferentes ámbitos como la ingeniería de sistemas y comunicaciones, ingeniería informática, mantenimiento y explotación, cálculo científico, calidad y seguridad de funcionamiento e investigación y desarrollo; entre sus actividades más notables con el proyecto europeo estudian la trayectoria de las misiones espaciales. Aparte de las citadas, contamos con otras empresas como INDRA ESPACIO, SA, y MIER COMMUNICATIONS, Inc., cuyo conjunto de actividades en el sector aeroespacial es mayor y más general, con líneas de investigación en múltiples campos y ramas.

Paralelamente, existen varios centros de investigación y gestión de proyectos no tan relacionados con la producción de sistemas sino con la divulgación científica y espacial en nuestro país como son el Institut d'Estudis Espacials de Catalunya, el CDTI (empresa gestora de proyectos de la ESA en España), la International Space University, el Departamento de Teoría y la Señal de la UPC, etc.

Nuestra aportación a la divulgación de la ESA y su entorno, dentro de este proyecto de la exposición virtual que estamos preparando, abarcará varios temas, agrupados en diferentes eventos, de entre los que destacamos los siguientes:

Ciclo de conferencias

A cargo de personalidades representantes de algunas de las empresas, centros de investigación y divulgación, y profesores, citados anteriormente. También contaremos con algunos miembros y/o representantes de la Agencia Espacial Europea. Todas las empresas colaboradoras en estas conferencias aportarán sus conocimientos acerca de proyectos en común con la ESA tratando temas que compiten en interés y vanguardia.

Exposición virtual

Conexión de veloces ordenadores a las páginas Web de la ESA, donde se podrán observar imágenes y documentación de sus últimos proyectos, así como obtener información relacionada con su estructura interna. En estos mismos ordenadores se podrá consultar la página Web que AELESS estudiantes ha diseñado exclusivamente para el evento, con información referente a la exposición y las actividades diarias que estén relacionadas con la misma.

Carteles y video-fórum

Aprovechando el material que la ESA ha enviado especialmente para esta exposición, tendremos la oportunidad de poder visualizar y comentar los vídeos de los últimos lanzamientos y los montajes sobre el estado final de la estación espacial internacional.

Uno de los puntos de mayor interés de nuestra exposición, amén de las conferencias, serán los 30-40 carteles que la ESA nos proporciona con imágenes espectaculares y representativas de las gestas. Estos carteles se podrán observar durante los cinco días que dura la exposición en la Sala de Exposiciones del Campus Nord (UPC).

Mesa redonda:

Algunos de los conferenciantes se ofrecerán a hablar de manera más distendida con el público, favoreciendo el debate, sobre los temas que hayan despertado más interés. Es muy probable que para esta mesa redonda podamos contar con representantes de organizaciones y empresas tan significativas dentro del sector como son la ISU, la ESA y la IEEC.

Exposición de maquetas

Algunas de las empresas colaboradoras se han ofrecido a proporcionar maquetas de los proyectos espaciales de la ESA que serán expuestas durante los cinco días de la exposición.

Publicaciones

Se editará una publicación que se difundirá a nivel nacional con el objetivo de exponer los contenidos que serán tratados durante la exposición. Se utilizarán dos idiomas: castellano e inglés, potenciando la difusión a todos los niveles.

Las conferencias tendrán lugar en el Aula Master del Campus Nord de la UPC, a lo largo de una semana hábil (5 días, de lunes a viernes), y los elementos incluidos dentro de la exposición permanecerán abiertos al público durante 8 días (desde el lunes hasta el miércoles de la semana siguiente).

No se descarta la posibilidad de organizar un piscolabis como acto de inauguración del evento. Queda pendiente de la disponibilidad de medios.

La exposición virtual permanecerá abierta todos los días, mientras que las conferencias tendrán un horario fijado. Todo asistente tendrá a su disposición una copia de la publicación de las jornadas, con extractos de las conferencias y todos los contenidos de las exposiciones.





VIAJE HACIA EL SOL

Manuel Montes Palacio

Editor del Boletín de Noticias del Espacio
<http://www.amazings.com/notesp/index.html>
montes@ctv.es

Fuente de luz y de vida, el Sol es la estrella que se encuentra más próxima a nosotros. Sin embargo, a pesar de su cercanía, muchas de sus características físicas y el modo en cómo éstas influyen sobre el resto de cuerpos del Sistema Solar continúan siendo una incógnita para los científicos. Para intentar resolver alguno de estos enigmas, la sonda europea Ulysses sobrevoló una de las zonas hasta ahora prohibidas, vetadas para la astronáutica moderna: los polos solares.

Desde tiempos inmemoriales, el Sol ha ejercido siempre una enorme influencia sobre las razas que han poblado y siguen viviendo todavía sobre la faz de la Tierra. Sin su calor y su luz la vida no sería posible, y es por ello que nuestra estrella se ha convertido a lo largo de los siglos en uno los objetos celestes más venerados por la Humanidad.

Los tiempos han cambiado ahora, por supuesto, y aunque continuamos reconociendo el inmenso valor vital y sentimental que el Sol posee para nosotros y nuestro desarrollo, hemos empezado a contemplarlo como lo que verdaderamente es: el centro físico del Sistema, una inmensa esfera de gas y plasma en proceso de fusión termonuclear.

Es por ello que, desde hace varias décadas, la Ciencia ha intentado comprender mejor los mecanismos de su funcionamiento y evolución. Gracias a estos estudios, acabaremos conociendo también la estructura y el latir de las demás estrellas, en esencia muy semejantes a la nuestra pero mucho más alejadas para permitir un estudio tan exhaustivo.

Con el advenimiento de la astronáutica, y con ella de la exploración del espacio, hemos sabido trasladar nuestros observatorios solares a puntos más aventajados, lejos de la perturbación de la atmósfera terrestre. Desde allí estamos examinando a nuestra estrella de forma sistemática, alcanzando un grado de precisión nunca antes obtenido.

Pero no sólo hemos observado a este astro desde la órbita terrestre. También nos hemos atrevido a enviar sondas automáticas hacia él para intentar recabar información que de otro modo sería imposible conseguir.

LAS PRIMERAS INVESTIGACIONES

Abandonar la órbita de la Tierra para dirigirnos hacia las proximidades del Sol no es nada sencillo. En realidad, es más difícil que viajar hacia los planetas exteriores. Ello es debido a que la sonda, en vez de acelerar, debe «frenar» para que su órbita heliocéntrica se reduzca, equiparando su velocidad de traslación (otorgada inicialmente por la posición de nuestro planeta) con la que tiene que tener un objeto situado muy cerca del Sol. Y la energía necesaria para ello es considerable.

Hasta que los expertos dispusieron de cohetes lo suficientemente potentes no fue posible diseñar sondas capaces de acercarse a nuestra estrella.

Después, no obstante, se encontrarían con otros problemas incluso mayores:

por ejemplo, a menor distancia, la temperatura reinante crece de forma exponencial, con lo que las naves deben ir protegidas de forma adecuada para no fundirse en el camino.

Pero, hay alguna razón especial por la que resulte tan interesante acercarnos al Sol? Aunque al principio sólo eran suposiciones, se ha comprobado que el ambiente que reina en las zonas más próximas a él difiere algo del que nosotros podemos experimentar aquí, a unos 150 millones de kilómetros de distancia. Y no hablamos sólo de la temperatura, sino también de la población de meteoritos, que ha resultado ser 15 veces mayor, o de la intensidad del viento solar. Cualquier variación en su comportamiento produciría efectos inmediatos sobre la Tierra y sobre la vida que ésta alberga. Además, si sabemos interpretar su estructura y disposición estaremos al mismo tiempo aprendiendo cuál es el origen del Sistema Solar, cómo se formó éste, e incluso cómo son las demás estrellas, por muy alejadas que estén. Es pues evidente que nos conviene conocer el funcionamiento y la evolución solar de la manera más completa posible.

Para alcanzar estos objetivos, y en cuanto fue posible, las potencias espaciales enviaron sus primeras sondas en órbitas heliocéntricas, es decir, situadas alrededor del Sol, en permanente vigilancia, estudiando su objetivo. Así lo hicieron, por ejemplo, algunas naves de la serie americana Pioneer y otras igualmente primitivas

procedentes de la entonces poderosa Unión Soviética. Sus órbitas eran aún demasiado alejadas, debido a la falta de métodos de propulsión adecuados.

Más adelante, en 1974 y 1976, fueron lanzadas dos sondas alemanas denominadas (muy apropiadamente) Helios, construidas por esta nación en colaboración con la agencia estadounidense NASA. Usando el cohete más potente disponible en aquellos momentos, el Titan-IIIE-Centaur, la Helios-1 pasó a unos 48 millones de km del Sol, «sobrevolándolo» a una velocidad de más de 238.000 km/h. Durante la epopeya, en el exterior del vehículo se alcanzaron temperaturas capaces de fundir el plomo, unos 370 °C. Un sistema especial mantenía a los instrumentos más delicados de la astronave, en el interior de ésta, a «sólo» 30 °C. La Helios-2, por su parte, se aproximó hasta 45 millones de kilómetros de distancia, sufriendo y sopor-tando un 10 por ciento de aumento en las temperaturas.

Hasta este punto, sin embargo, nos habíamos limitado a observar el Sol desde una sola perspectiva: la que nos ofrece el hecho de que nos hallemos girando alrededor de él en un plano único llamado eclíptica, el plano en el que giran casi todos los planetas y el resto de cuerpos del Sistema Solar.

Esto es importante porque el sistema planetario es un ente tridimensional y no una alfombra extendida, así que los científicos se interesaron por una misión capaz de sobrevolar el Sol cerca de sus polos, o lo que es lo mismo, una misión fuera de la eclíptica, que nos permitiera ver el Sistema Solar desde «arriba» y desde «abajo». Como resultado de esta necesidad nació en 1978 el programa ISPM (International Solar Polar Mission), en el que participarían la NASA americana y la ESA europea.

LLEGA LA ULYSSES

Hasta 1981, el proyecto consistía en dos sondas, una europea y otra americana, cada una de las cuales sobrevolaría uno de los polos para obtener información simultánea. Ambas debían ser lanzadas por una etapa impulsora IUS de tres escalones, hacia principios de 1983, después de ser llevadas a la órbita terrestre por una lanzadera espacial.

Cuando la NASA decidió cancelar el desarrollo de la etapa triple IUS tuvo que sustituirla por la poderosa pero a la vez más peligrosa Centaur, un cohete cargado de propelentes criogénicos altamente explosivos. En febrero de 1981, la NASA anunció que debía retirarse del proyecto por problemas presupuestarios, aunque se comprometía a lanzar la nave europea. Ésta, debido a los cambios, fue rebautizada con el nombre de Ulysses.

Los continuos retrasos que plagaron el desarrollo y posterior operación de la lanzadera, obligaron a demorar el lanzamiento de la Ulysses hasta mayo de 1986. Poco antes del despegue, sin embargo, acaeció el desastre que

acabó con la nave Challenger y sus siete astronautas. Al mismo tiempo, ansiosa por reducir los riesgos de las futuras tripulaciones, la NASA eliminó de sus planes la utilización de la etapa impulsora Centaur, con lo que la Ulysses tendría que buscar una alternativa. La fecha del lanzamiento, ahora sobre un complicado sistema impulsor IUS/PAM-S, quedó así prevista para octubre de 1990.

La nave, construida por la compañía alemana Dornier, se convirtió en uno de los más complejos programas llevados a cabo por la industria espacial del continente europeo. Su misión sería la de investigar los campos magnéticos solares, las partículas interplanetarias, el polvo cósmico y el viento solar, desde perspectivas nunca antes alcanzadas. De su aspecto exterior destaca la antena parabólica dedicada a la transmisión de los resultados en dirección a la Tierra y un pequeño generador nuclear de radioisótopos, empleado para producir electricidad.

El despegue se produjo finalmente el 6 de octubre de 1990, a bordo del transbordador Discovery. La acción consecutiva de las etapas impulsoras de combustible sólido y su pequeña masa, apenas 371 kg, la convirtieron en la nave más veloz lanzada jamás por el Hombre: la Ulysses alcanzó 15,4 km/s en el momento de su partida desde la Tierra.

La dirección de su trayectoria, sin embargo, no miraba hacia el Sol, sino en dirección contraria, hacia Júpiter. ¿Por qué? Muy sencillo: a pesar del récord de velocidad, la Ulysses nunca hubiera podido abandonar la eclíptica por sus propios medios. Para lograrlo, los científicos diseñaron una trayectoria alternativa durante la cual la nave efectuaría una asistencia gravitatoria con Júpiter, el mayor de los planetas del Sistema Solar. Sería Júpiter quien, con su enorme fuerza atractiva, redirigiría el vuelo de la sonda como una honda, lanzándola fuera de la eclíptica y en dirección a los polos solares. Este largo camino, aunque prolongaría la duración de la misión, era la única posibilidad real de alcanzar el objetivo.

Tras un fugaz viaje (si Júpiter no se hubiese interpuesto, la Ulysses hubiera podido alcanzar fácilmente la órbita de Urano) y unos 1.000 millones de kilómetros recorridos, la sonda llegó a las cercanías del gigante planetario a principios de 1992, 15 meses después del lanzamiento.

Después de sobrevolar su atmósfera a unos 378.000 km de distancia y estudiar el medio ambiente joviano, la Ulysses se sintió redirigida, expulsada, hacia el exterior de la eclíptica y en dirección al polo sur solar.

Sin mayores problemas técnicos, la astronave inició oficialmente su sobre vuelo del polo sur el 26 de junio de 1994, prolongándose éste hasta el 6 de noviembre. La latitud máxima alcanzada fue de unos 80 grados, con una distancia en ese instante respecto a la estrella de unos 345 millones de kilómetros. Esto es mucho, pero recordemos



que el objetivo principal de la misión no es alcanzar una distancia mínima sino una perspectiva diferente.

Entre otras sorpresas, la sonda descubrió que durante el ciclo mínimo de actividad solar en el que nos encontrábamos, el ángulo entre el ecuador magnético y el ecuador de rotación del Sol había disminuido. En estas condiciones, la Ulysses halló que las áreas de viento solar de baja velocidad estaban confinadas más cerca de este último que en otras épocas del ciclo.

Durante su viaje de constante sobrevuelo, la sonda confirmó diferencias en el viento solar emitido por las altas y las bajas latitudes. La presencia de un ecuador magnético inclinado, unido a la rotación de la estrella, provoca dichas diferencias. Nuestra posición en la Tierra nos sitúa en una región que alterna entre los dos tipos de viento. De este modo, el procedente de latitudes elevadas es rápido y relativamente uniforme, mientras que el de las latitudes más bajas viaja más despacio, todo ello debido a la magnetosfera del Sol. La rotación de éste nos envía los dos tipos de viento. Sin embargo, antes de que la variedad lenta nos alcance, es superada por el viento solar más rápido, produciéndose con ello un «frente» de alta presión. Estos frentes, como ocurre en la meteorología terrestre, son los responsables de las auroras y otros fenómenos interplanetarios, incluidas tormentas magnéticas que pueden impedir o interrumpir las comunicaciones vía satélite o radio en nuestro planeta.

Cuando la Ulysses regresó a las zonas ecuatoriales, la velocidad del viento constatada se redujo de 800 km/s (invariables) a unos 400 km/s, con picos esporádicos de velocidad, densidad de partículas y potencia del campo magnético. Lo sorprendente fue detectar partículas energéticas en latitudes mayores que la situación de los mecanismos que las producen.

También destacó el descubrimiento de eyecciones de masa procedentes de la corona solar, burbujas de gas expulsadas desde ella por las fuerzas magnéticas. Estas burbujas también son responsables de algunos tipos de interferencias en la Tierra. Los rayos cósmicos de baja energía, por otro lado, tienen una menor presencia en el polo sur solar de lo esperado.

La Ulysses llegó al perihelio (mínima distancia al Sol) el 12 de marzo de 1995. Después, continuó su ascenso relativo. El segundo paso polar, ahora en el norte, se inició el 19 de junio; se alcanzó la máxima latitud (80,2 grados) el 31 de julio de 1995, finalizando el 29 de septiembre.

Los resultados obtenidos durante el sobrevuelo del polo norte confirmaron los anteriores descubrimientos. El campo magnético del hemisferio sur, uniforme y radial (sin evidencia de polo magnético), es también una característica de su homólogo del Norte. Las observaciones, sin embargo, podrían diferir en algunos aspectos, ya que el

ciclo solar continuaba avanzando hacia su mínimo de actividad.

Las cosas serían muy diferentes dentro de varios años. Por eso, la ESA se halló absolutamente predispuesta a continuar adelante con la misión si ninguna anomalía técnica afectaba a la sonda. Por el momento, tanto los sistemas de provisión energética como los instrumentos parecían capaces de continuar a pleno ritmo durante una larga temporada suplementaria.

Completado el sobrevuelo para el que fue diseñada, la Ulysses inició su segunda órbita alrededor del Sol el 1 de octubre de 1995. Dicha órbita volvió a llevarla rápidamente hasta la distancia que nos separa de Júpiter.

En esta ocasión el planeta no se encontraba en dicha zona, de modo que la nave siguió su camino regresando hacia las inmediaciones solares para un nuevo período de exploración. El paso por el afelio (máxima distancia con respecto al Sol) se produjo el 17 de abril de 1998. En ese instante, la astronave había recorrido 3.800 millones de kilómetros en siete años. Su misión fue además rebautizada como Ulysses Solar Maximum Mission, en referencia a que su próxima visita solar se produciría durante el máximo solar.

El segundo paso polar se iniciará a principios de septiembre de 2000. Se alcanzará la latitud sur máxima (80,2 grados) a finales de noviembre y la etapa finalizará a mediados de enero de 2001. Después, se hará lo propio con el polo norte, entre septiembre y diciembre del 2001.

En estos momentos, la Ulysses se encuentra a unos 22 grados al sur del ecuador solar. Su salud es buena, aunque en algunas ocasiones ha entrado “en modo seguro” debido a errores de orientación u otros pequeños fallos que son fácilmente resueltos.

Por supuesto, las condiciones que la sonda encontrará serán radicalmente distintas, ya que el Sol se hallará en su período de máxima actividad. Será el momento de ver cómo influyen las manchas solares y otros fenómenos característicos de esta época durante la cual la estrella retorna a su paroxismo.

La ESA ha pronosticado un final de misión oficial para el último día del año 2001. A partir de entonces, será la pericia intelectual de nuestros científicos quien adopte su máximo protagonismo. El inmenso caudal de información acumulado deberá mantenerles ocupados durante mucho tiempo.

MÁS INFORMACIÓN E IMÁGENES SOBRE LA ULYSSES Y SUS INVESTIGACIONES EN:

<http://helio.estec.esa.nl>

MARES Y BIOLAB, DOS PROYECTOS ESPACIALES PARA LA ISS DE NTE

Nuevas Tecnologías Espaciales (NTE) es una empresa de ingeniería fundada en 1987 y perteneciente a la multinacional española C.H. WERFEN, uno de los líderes españoles en la fabricación y distribución de equipos y productos para el sector médico, y de la que forman parte empresas como Izasa, Instrumentation Laboratory (IL), Biokit, Diagniscan y Leventon entre otras.

La plantilla de NTE está actualmente formada por 43 personas, de las que más del 85% son titulados universitarios, distribuidas en las 2 divisiones que tiene de la compañía:

- **División Espacio e Ingeniería:** Dedicada a proyectos de ingeniería para los sectores espacial y comercial (19 personas).
- **División Grupo:** Dedicada al desarrollo de software para los instrumentos de IL (24 personas).

La facturación de NTE en el año 1998 fue de 692 Mptas y están previstos 800 Mptas para 1999 (de ellas, el 42% y 44% corresponden a la División de Espacio e Ingeniería).

Desde 1994, los equipos espaciales diseñados y fabricados por NTE han participado en diversas misiones de la ESA (Agencia Europea del Espacio) y de la NASA, a bordo del Spacelab y Spacehab en los transbordadores Columbia y Atlantis y de la estación espacial MIR.

Los principales proyectos de la División de Espacio de NTE son el MARES y las neveras.

El producto clave de la empresa son las neveras y congeladores para muestras biológicas y fisiológicas, dentro de un rango de temperaturas de hasta -20 °C. Prácticamente todas las que ha precisado la ESA en los 5 últimos años han sido fabricadas por NTE. Precisamente, y para la Estación Espacial Internacional, NTE es la encargada de fabricar 2 congeladores y 2 neveras (TCU) y 4 contenedores climatizados (ATCS) que se integrarán en el laboratorio BIOLAB, uno de los 3 que existen en el módulo europeo (COLUMBUS) de la futura Estación Espacial Internacional. Estos equipos se entregarán en Julio del 2000 y suponen un presupuesto de 400 Mptas.

Una particularidad tecnológica interesante de la línea de neveras es el hecho de que dos de los últimos

modelos fabricados por NTE han sido neveras hinchables. Esto es francamente relevante pues, aparte de la innovación tecnológica que ello supone, comporta una disminución considerable del peso y volumen (puesto que se lanza plegada) del equipo a ser puesto en órbita. Considerando que estas neveras pesan unos 20 Kg menos que las tradicionales y que el coste por Kg de lanzar un equipo al espacio se sitúa en torno a los 3 Mptas, se deduce perfectamente la importancia de este avance tecnológico.

Otros proyectos espaciales relevantes de la empresa son el sistema de teleciencia VISC (teleconferencia y telecomando) para controlar desde la tierra experimentos científicos en órbita, varios contenedores biológicos y hardware para la realización de estudios cromosómicos en moscas, en vuelos espaciales por parte del científico español Profesor Roberto Marco de la UAM y el sistema de detección por técnica de impedancias del desplazamiento de fluidos corporales en los astronautas sometidos a ingavidez. Este último sistema es de gran importancia para la empresa ya que, fruto de la tecnología desarrollada para el mismo, se está actualmente validando la aplicación de la misma en el control de la calidad de los productos cárnicos dentro del sector agroalimentario. Esta validación se está llevando a cabo dentro de un proyecto de la Comunidad Europea en colaboración con diversas industrias nacionales y extranjeras de dicho sector.

Dentro de la política general de NTE de tratar de buscar aplicaciones comerciales y terrestres a los desarrollos tecnológicos llevados a cabo en su actividad espacial, es necesario mencionar que se está trabajando actualmente en las potenciales aplicaciones terrestres del equipo MARES y que se han identificado y empezado a estudiar las siguientes:

- **Sector médico:** Estudio, diagnóstico y terapéutica de los pacientes con trastornos y déficits neuromusculares tales como aquellos que han sufrido parálisis de causas vasculares (trombosis, infartos, hemorragias, etc.) o neurológicas (neuritis, encefalitis, etc.), traumatismos que requieran largas inmovilizaciones o pacientes con largas estancias hospitalarias en cama, todos ellos precisados de sesiones prolongadas de rehabilitación y control de su evolución.

- **Sector deportivo:** Tanto en el área de la competición (entrenamiento profesional, potenciación selectiva



de grupos musculares determinados, seguimiento de lesiones musculares, investigación en medicina del deporte) como en el área del deporte de ocio (utilizando MARES como una máquina de «fitness» o de musculación).

Asimismo, y como ya se ha mencionado anteriormente, es importante resaltar la importancia que la I+D espacial tiene sobre los avances tecnológicos terrestres. Durante el programa Apolo de la NASA, se comprobó que cada dólar invertido en dicho programa, revirtió diez en la economía americana. No hay que olvidar que elementos tan incorporados en la vida cotidiana como son las comunicaciones por satélite (teléfonos móviles y TV por satélite), el teflon (sartenes y prendas de vestir), fibra de carbono (automoción y raquetas de squash), el Meteosat (indispensable para la predicción del tiempo), el velcro y muchos pegamentos, los airbags y ABS, los alimentos liofilizados y deshidratados, tratamiento de imágenes e imágenes digitalizadas, muchos desarrollos en óptica, electrónica e informática y un largo etcétera son fruto de la investigación llevada a cabo en el sector espacial.

Dentro del sector espacial, es vital reseñar el apoyo que la Delegación de España en la ESA (CDTI) ha prestado siempre e incondicionalmente a las empresas españolas de dicho sector.

*Francesc Gallart
Director de Marketing*

MARES (MUSCLE ATROPHY RESEARCH AND EXERCISE SYSTEM)

La empresa NTE es la responsable y contratista principal de este equipo de caracterización muscular que ha sido encargado por la NASA a la ESA (Agencia Europea del Espacio) para instalarlo en la futura Estación Espacial Internacional (ISS).

MARES es un equipo que se utilizará para llevar a cabo investigación en fisiología músculo-esquelética, biomecánica, neuromuscular y neurológica con el fin de estudiar el efecto de la ausencia de gravedad en el cuerpo humano y de evaluar el resultado de las medidas aplicadas para contrarrestar aquel efecto.

La ausencia de gravedad produce en el cuerpo humano pérdida de fuerza muscular con atrofia muscular (pérdida de masa muscular) y osteoporosis (pérdida de calcio de los huesos).

NTE fue seleccionada por la ESA para llevar a cabo dicho proyecto, siendo la responsable de la gestión del mismo, del diseño global del sistema, de toda la electrónica de control, de potencia y de supervisión y del software. Las partes mecánicas y estructurales se subcontratarán a una empresa suiza y otra italiana y el

motor será suministrado por otra empresa helvética. El Centro de Alto Rendimiento (CAR) de Sant Cugat del Vallés colabora con NTE en este proyecto suministrando asesoramiento en el área biomecánica y realizando las pruebas científicas.

En estos momentos ya se ha llevado a cabo la fase de definición del equipo y se ha construido un prototipo funcional del mismo para validar los ejercicios y medidas a realizar en el equipo de vuelo. Durante este año empezará la fase de diseño definitivo y fabricación del equipo de vuelo del MARES que se entregará en Mayo del 2001 y será instalado en el módulo americano de la ISS.

El presupuesto total del proyecto se eleva a 7.300.000 de EUROS.

El equipo MARES consiste en:

- Motor de baja inercia de 6000 W de potencia, 1.200 Nm de par de pico y 900 Nm de par constante controlado para seguir perfiles prefijados de par o velocidad contra una resistencia y en función de la posición y/o tiempo y/o velocidad o par de la resistencia. La máxima dificultad en el diseño y fabricación del motor proviene de los requerimientos de amplio margen dinámico en par, necesario para realizar ejercicios a fuerzas submaximales en articulaciones pequeñas (ej. muñeca) y realizar ejercicios maximales usando grupos musculares más potentes (flexión-extensión de ambas piernas). El motor, siendo grande, debe presentar un rizado de par no mayor al 3% del par ejercido (no del par máximo del motor, como habitualmente se define) para poder mantener la precisión y resolución requerida en las medidas de par.

- Conjunto de adaptadores humanos que permiten inmovilizar al sujeto cuyas características musculares se desea medir y que permiten aplicar los perfiles de estímulo generados por el motor a una articulación o grupo muscular concreto. Los requerimientos más exigentes para los adaptadores y para las partes mecánicas en general provienen de dos fuentes principales. La primera son los requerimientos biomecánicos y antropométricos. MARES debe ser ajustable para ser usado por toda la población (distintos tamaños corporales), debe fijar firmemente al sujeto sin producir daño ni incomodidad y sin presionar sobre los músculos bajo estudio. El siguiente requerimiento proviene de la necesidad de construir los elementos mecánicos con una rigidez suficiente para que su deformación bajo esfuerzo no afecte la precisión de las medidas angulares realizadas. La masa y tamaño de estos adaptadores debe hacerlos manejables.

- Sensores para medir la velocidad y fuerza que el sujeto realiza con el grupo muscular bajo estudio como respuesta al estímulo aplicado por el motor. El requerimiento más estricto para estos sensores es el amplio margen dinámico de medida requerido y la robustez necesaria.

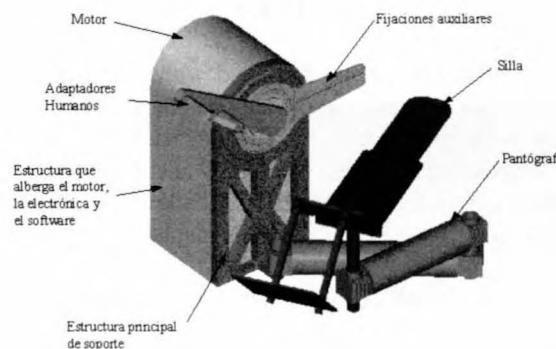
- Electrónica y software de control del motor y los sensores. Debe optimizarse para controlar el motor en pocos milisegundos bajo aceleraciones muy grandes.

- Software de interfaz usuario permitiendo programar las características de ejercicio. MARES es capaz de crear condiciones de ejercicio muy complejas (explicadas más adelante). Es un reto importante ofrecer toda la potencia de las prestaciones de MARES en un lenguaje de usuario sencillo y familiar para la comunidad de usuarios.

- Montaje mecánico compacto, con los caminos de fuerza durante el ejercicio definidos y bajo control (para no introducir deformaciones incontroladas que puedan afectar la precisión de la medida). El diseño debe ser modular y el equipo fácilmente mantible.

- Elementos de seguridad para evitar situaciones de luxación o fractura de articulaciones.

- Estructura mecánica que alberga el motor, la electrónica y el software y que sirve de soporte principal y de fijación de los adaptadores humanos. Está realizada con materiales composites, en particular fibra de carbono.



EJERCICIOS EN MARES

MARES cubre la posibilidad de efectuar mediciones y ejercicios en los siguientes movimientos-grupos musculares:

- Flexo/extensión del tobillo.
- Flexo/extensión del codo.
- Flexo/extensión de la rodilla.
- Flexo/extensión de la cadera.
- Flexo/extensión de muñeca.
- Prono/supinación de muñeca.
- Desviación radial-cubital de muñeca.
- Press de brazos (levantamiento de peso sobre la cabeza o sobre el pecho).
- Press de piernas (flexión y extensión de ambas piernas a la vez).
- Flexo/extensión de tronco.
- Flexo/extensión de hombro.

Los tipos de medida (o modos de funcionamiento) son:

- Obtención de la curva de Hill por sus dos entradas.

El motor permite (concéntrico) o fuerza (excéntrico) al sujeto desarrollar con el grupo muscular bajo medida una velocidad constante. Se mide el par que el sujeto ejerce a esta velocidad.

El motor aplica (excéntrico) o resiste (concéntrico) al sujeto mediante un par constante y mide la velocidad que el sujeto desarrolla.

- Simulación de elementos físicos ideales.

MARES puede simular el efecto combinado de una inercia, un muelle, una fricción, una viscosidad y una fuerza constante. Cada uno de estos elementos variando en el tiempo y con la posición.

Esta herramienta permite simular levantamiento de pesos (incluyendo inercia), ejercicios biocinéticos (el remo es un ejercicio biocinético caracterizado por una fase de resistencia viscosa seguido por una fase de fuerza constante), estimulación neurológica y medida de reflejos (el sujeto puede estar realizando fuerza sobre un adaptador inmóvil que de repente cede, MARES puede medir cuanto tarda en reaccionar el sujeto y que fuerzas aplica en su reacción). Sería prolífico enumerar el largo etcétera de ejercicios y medidas que esta herramienta ofrece a la imaginación del investigador, proviniendo quizás la mayor limitación para su aplicación de la habilidad de crear un interfaz usuario sencillo y directo (alejado de la representación en ecuaciones de estas capacidades de ejercicio) que anime a los usuarios a diseñar ejercicios nuevos.

TCU AND ATCS FOR THE BIOLAB FACILITY

The European Space Agency (ESA) has been mandated to perform in relation to the International Space Station (ISS) programme, a separate optional programme entitled Microgravity Facilities for Columbus (MFC) for the development of five major ESA multi-user payload facilities to be flown on the Columbus Orbital Facility (COF) and in the US laboratory.

The BIOLAB facility is part of the approved element of the MFC programme and it is a multi-user facility to perform biological research and experiments in cell cultures, micro-organisms, small plants and small vertebrates. BIOLAB is a complex facility and its design features include:

- Temperature Controlled Unit (TCU) for storing experiments containers and sample inserts at cooling and freezing temperatures.



- Automatic Temperature Controlled Stowage (ATCS) to cool or freeze samples taken from the experiments containers. The samples are automatically introduced to and retrieved from the ATCS.
- Bioglovebox to prepare experiments
- Incubator with two centrifuges for the execution of 0g and 1g experiment parallel
- Handling mechanism for the automatic (no crew involvement) execution of the experiment following manual loading
- Three types of analysis instruments for diagnostics

BIOLAB will occupy a full International Standard Payload Rack (ISPR) and it is planned to be launched inside the Columbus Orbital Facility (COF) which is the European Module of the ISS.

NTE is in charge of the complete design, development, manufacture, integration, test and qualification of the TCU and ATCS of the BIOLAB facility.

BIOLAB

The BIOLAB facility on board the Columbus Module (COF) is designed for research in the following areas of biological studies: regulatory mechanisms of proliferation and differentiation at cellular levels; role of the cytoskeleton; early development events; graviperception; mechanism of radiation damage and repair in cells and tissues. This applies to research subjects such as cell cultures, tissues, micro-organisms, small plants, and small invertebrates.

BIOLAB is a modular system integrated into an ISPR and is divided into two parts: an «Automated Section», where experiments are performed automatically, and a «Manual Section» dedicated to sample handling by the crew and stowage. The facility, as a whole, is perfectly adapted for telescience operations.

The main components of the BIOLAB Facility are an Incubator with variable gravity centrifuges, Life Support System (LSS), Automatic Temperature Controlled Stowage (ATCS), Automatic Ambient Stowage (AAS), Analysis Instruments (AIs), Handling Mechanism (HM), Experiment Containers (EC), Bioglovebox and Temperature Controlled Unit (TCU).

AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROLLED STOWAGE (ATCS)

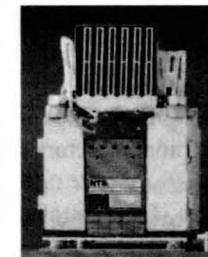
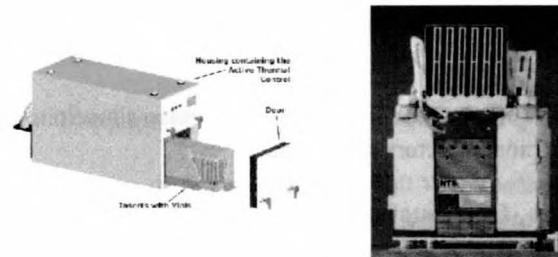
Two ATCS units are used in BIOLAB for sample stowage at selectable temperatures. The content of the ATCS (contained in the ATCS Inserts) can be easily exchanged as a function of experiment requirement needs. The ATCS's can be accessed by the Handling Mechanism

of BIOLAB allowing automatic storing and withdrawal of fluids.

The overall ATCS characteristics are as follows:

Temperature range	-20°C to +10°C
No of sample vials	89
Volume per vial	2 ml

The next images are a computer rendering of the ATCS and a functional prototype:



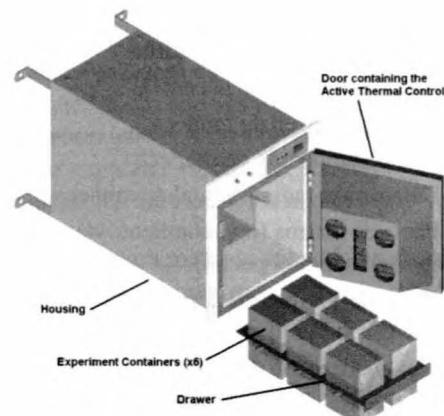
TEMPERATURE CONTROLLED UNIT (TCU)

BIOLAB will be equipped with two TCU's for storage and preservation of biological items. They can be used as a freezer or a cooler. The total useful volume will be approximately 12 litres per TCU and the temperature regulation accuracy will be $\pm 1^\circ\text{C}$. Loading and unloading of sample containers will be done manually.

The overall TCU characteristics are as follows:

Sample capacity	12 EC's or 10 ATCS inserts
Useful volume	approx. 12 litres
Temperature range	-20°C to +10°C
Temperature accuracy	$\pm 1^\circ\text{C}$

The following is a computer rendering of the TCU:





MIER COMUNICACIONES

Rafael Gallego Terris

Astronomía y Nuevas Tecnologías

AESESTUDIANTS

rafa@dat.upc.es

MIER COMUNICACIONES

Mier Comunicaciones es una empresa que mantiene una participación en el sector de las comunicaciones bastante importante en nuestro país, participación mayor de los que en un principio se podía llegar a esperar teniendo en cuenta que no es una de las empresas más conocidas por su nombre.

Y, sin embargo, en lo referente al tema que nos ocupa -el del sector aeroespacial-, Mier Comunicaciones es una de las pocas empresas que colabora en estrecha relación con la Agencia Espacial Europea (E.S.A.).

Mier Comunicaciones es una empresa privada cuya sede central se encuentra en La Garriga, provincia de Barcelona, y cuya relación con la Agencia Espacial Europea, en existencia desde hace ya más de doce años, se lleva a cargo en la División de Espacio y Microondas.

Esta división es la encargada de todos los procesos, tanto de producción como de diseño, relacionados con las comunicaciones satélites en el segmento terrestre y en el segmento de vuelo.

Desde esta división, Mier Comunicaciones colabora con la Agencia Espacial Europea, por ejemplo, suministrando los amplificadores de potencia -operando en banda ku- de los satélites EMS-ITALSAT (Europe Mobile System) y ARTEMIS (Advanced Relay and Technology Mission) o de los satélites METOP -para sus sistemas LRPT del Payload Module-. Por otro lado, también interviene en el desarrollo de receptores de alta tecnología dentro del conocido programa HISPASAT.



Fachada de la empresa Mier Comunicaciones

Por último, señalar también la participación de Mier Comunicaciones en las unidades de RF (Radiofrecuencia) y IF (Frecuencia intermedia) del SKYPLEX, programa que guarda relación con nuestra escuela, la E.T.S.E. de Telecomunicación de Barcelona, y del que hablamos en otro artículo de esta revista.

CONFERENCIA DE MIER COMUNICACIONES

La conferencia que Mier Comunicaciones va a dar durante las jornadas de Expo-esa tratará sobre uno de los proyectos en los que últimamente está trabajando la empresa, el proyecto MIRAS, que consiste en la realización de un radiómetro.

Mier Comunicaciones se encarga de la fabricación de uno de los componentes que equipan este radiómetro: un receptor en banda L, ochenta de los cuales se llevarán a bordo el radiómetro MIRAS. La tecnología utilizada en la fabricación de este receptor es la tecnología MMIC (Microwave Monolithic Integrated Circuit), muy utilizada por Mier Comunicaciones, que suele encargarse de la realización de muchos receptores para equipos espaciales, trabajando la gran mayoría de ellos en las bandas L, K o Ku.

Se trata de un proyecto que se lleva a cabo para la Agencia Espacial Europea (E.S.A.) y que, como han alguno de sus responsables, es bastante complejo y laborioso. En este proyecto están involucradas otras entidades, aparte de la empresa Mier Comunicaciones, como son la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Construcciones Aeronáuticas Inc., así como diversas empresas extranjeras de diferentes países.





UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ESPACIO

Daniel González
Estudiante de la EUPBL
danig27@casal.upc.es

INFORMACIÓN DE CARÁCTER GENERAL

INTRODUCCIÓN

Creada en 1987, la Universidad Internacional del Espacio (ISU) es una institución interdisciplinaria, intercultural e internacional que prepara a individuos para responder a las demandas actuales de aumento y de desarrollo del sector espacial en un mundo que cambia rápidamente.

En la ISU creemos que los programas del espacio no pueden seguir siendo actividades aisladas emprendidas por una comunidad restringida.

Deben convertirse en una empresa global de la humanidad en la cual las diversidades culturales prosperan, produciendo soluciones innovadoras a los problemas del mundo. Los nuevos campos del esfuerzo humano se deben abrir para la exploración. Este concepto básico necesita un acercamiento no tradicional a

Sin embargo, los desafíos de hoy requieren a profesionales con una visión amplia para tratar los campos físicos, sociales, políticos, y el ambiente económico en las cuales se desarrollan los programas, y



resolver los requisitos de las generaciones futuras. Deben por lo tanto tener una buena comprensión de la gama completa de disciplinas relacionadas con el espacio.

ISU resuelve el desafío con su plan de estudios interdisciplinario que proporciona un alcance considerable para la interacción entre sus componentes en un ambiente verdaderamente internacional. El plan de estudios complementa sus programas con secciones educativas tradicionales, relacionadas específicamente con una disciplina.



la educación de los profesionales del mañana en el sector espacial.

UNA EDUCACIÓN INTERDISCIPLINARIA

Los apremios políticos, financieros y técnicos en el sector del espacio están aumentando la tendencia a buscar la cooperación internacional en empresas económicamente viables. Hasta ahora, los programas específicos de una disciplina han preparado a especialistas para trabajar en aplicaciones del espacio, la ingeniería, la ciencia, la gerencia, la política del espacio o el derecho.

UNA RED INTERNACIONAL

El estudiar y el vivir con los colegas profesionales de todo el mundo permite a participantes construir una red mundial. También lo introduce en las nuevas técnicas de trabajo. Ensamblan la comunidad rápidamente cada vez mayor de ISU que proporciona innumerables recursos que tradicionalmente están separados por cuestiones gubernamentales o industriales.

Los programas de la ISU se estructuran de tal manera que todos los participantes aprendan a trabajar con eficacia con los colegas profesionales de fondos culturales diversos usando diversos acercamientos de

solución de problemas. Contribuyen así a la eliminación de barreras, de preconcepciones y de los malentendidos culturales que impiden a menudo el progreso en programas internacionales del espacio.



Hasta ahora, ISU ha recibido 1000 estudiantes de 65 países.

ACERCAMIENTO DE LA ISU

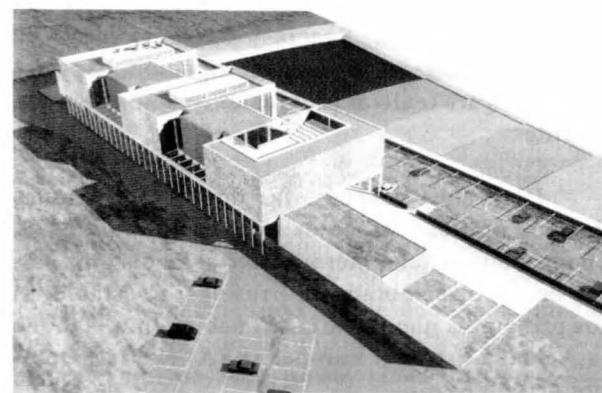
La raza humana ha obtenido avances importantes en prácticas de programas del espacio en las aplicaciones de las telecomunicaciones, los sensores de gran alcance y otros. Las ciencias puras y aplicadas, de la astronomía a la investigación biomédica, tienen gracias al sector espacial progresos de importancia. La cooperación internacional se está convirtiendo en una solución real ya que las industrias en el sector del espacio enfrentan de esta manera los desafíos económicos y técnicos que no pueden resolver solamente.

El acercamiento educativo de la ISU - interdisciplinario, internacional e intercultural - reúne participantes y a profesorado de todas las disciplinas. Esto permite a participantes adquirir una gran vastedad de conocimiento combinada con la capacidad de dominar las interacciones entre las disciplinas y la capacidad de funcionar en un plano internacional - una combinación distintiva de habi-

lidades que es de valor especial en la actualidad. Por otra parte, los programas del espacio capturan la imaginación humana y proporcionan un catalizador sin igual para el deseo humano de la aventura. Su desarrollo seguirá siendo un sector importante de actividad para el futuro próximo.

Así, en la fuente de la ISU, los programas educativos son la necesidad de crear a un cuerpo convenientemente educado de los profesionales capaces de trabajar y de conducir el sector del espacio, el deseo de explorar nuevos horizontes del pensamiento y de desarrollar nuevos conocimientos, y el objetivo de adquirir nuevas perspectivas con los intercambios con otros profesionales dedicados a actividades relacionadas con el espacio en todo el mundo.

PROGRAMAS DE LA ISU



La ISU ofrece actualmente tres programas: la sesión de verano, el Máster en estudios del Espacio (MSS), y el programa de desarrollo profesional. Todos los programas ofrecen las oportunidades únicas para que los individuos adquieran un vasto conocimiento de disciplinas relacionadas con el espacio, para ampliar su comprensión de cómo las actividades del espacio del mundo realmente trabajan y convertirse en parte de una red mundial que sea parte de la comunidad internacional más amplia del espacio.

Para complementar el programa de MSS, la ISU organiza un simposio anual. Con este simposio, la ISU se ofrece como un foro neutral en el cual discutir aplicaciones y las preocupaciones comunes, sin estar influenciadas por prioridades nacionales, imparcial con respecto a disciplinas técnicas o sociales y que se abre totalmente en los diversos modos de la expresión y de la comunicación o a las diversas culturas. El asunto de cada simposio se relaciona con el asunto del proyecto del diseño del grupo de MSS de ese año.





ESA: UNA NUEVA ESTRELLA EN EL FIRMAMENTO... EUROPEO

Marc Bertran i Feixes

*Estudiante de la ETSETB y miembro de AESS Estudiants
marc27@casal.upc.es*

La idea de crear una potencia espacial independiente en Europa se remonta a principios de los 60. Defendiendo que la unión hace la fuerza, en 1962 se unieron seis países europeos (Alemania, Bélgica, Francia, Italia, Países Bajos y Reino Unido) junto con Australia bajo el proyecto ELDO (Organización para el Desarrollo de la Lanzadera Europea), para desarrollar y construir un sistema de lanzamiento propio.

Aquel mismo año y mismos países, junto con Dinamarca, España, Suecia y Suiza se formó la ESRO (Organización de Investigación Espacial Europea) para realizar programas relacionados con satélites.

Diez años después, las dos organizaciones deciden unificar esfuerzos. Así, en Julio de 1973, en una conferencia interministerial de los diez países europeos celebrada en Bruselas, se establecen los principios que llevarían al nacimiento legal de la Agencia Espacial Europea (ESA) el 30 de Octubre de 1980.

Entre los miembros fundadores también se hallaba Irlanda, que expresó su voluntad de unirse a la organización en 1975. Desde entonces, Austria, Noruega y posteriormente Finlandia se han unido a ellos, y acuerdos firmados de cooperación han permitido a Canadá participar en determinados programas de la ESA y gozar de un sitio en el Consejo de la agencia.

LA RAZÓN DE SU EXISTENCIA

En el artículo 2 de la Convención que firmaron todos los Estados miembros de la ESA se apuntaba que su objetivo era «proporcionar y fomentar, con propósitos exclusivamente pacíficos, la cooperación entre estados europeos para la investigación espacial y de tecnologías derivadas, así como su uso para fines científicos y aplicaciones en el espacio».

ESA ha sabido cómo lograr tal hazaña, poniendo en marcha desde buen principio una política a largo plazo que permitiera convertir Europa en una potencia competitiva en el campo de la industria espacial. Asimismo, su éxito también se debe a

astutas cooperaciones con otros gigantes del sector, compartiendo los esfuerzos y recursos sin los cuales algunos de los programas hubieran sido imposibles de llevar a cabo. Además, su papel también ha consistido en coordinar su propio trabajo con los programas nacionales de sus miembros, integrándolos progresivamente en el programa espacial europeo. La observación de la Tierra, las telecomunicaciones, el desarrollo de tecnologías para plataformas y estaciones en órbita, infraestructuras en tierra, y la investigación en sistemas de transporte espacial y microgravedad son algunos de los campos de la ciencia que la agencia ha sabido trasladar al plano espacial.

La agencia ha trabajado en desarrollos industriales y productos actualmente operativos, como son la familia de lanzaderas Ariane y los satélites comerciales ECS, Marecs y el conocido Meteosat

Y por último, más allá de su carácter investigador, un fin industrial: ha esbozado una política financiera - en acorde con sus programas- que fomenta la competitividad y asegura que todo estado miembro goce, en favor de sus inversiones, de justas compensaciones económicas y un justo provecho de los avances tecnológicos obtenidos. Paralelamente a un programa científico, que apunta básicamente a la investigación del Espacio, la Tierra y su entorno, la agencia ha trabajado en desarrollos industriales y productos actualmente operativos, como son la familia de lanzaderas Ariane y los satélites comerciales ECS, Marecs y el conocido Meteosat, o internacionales como Eutelsat, Inmarsat y Eumetsat.

Todas estas políticas son llevadas a cabo por el Consejo de la agencia, compuesta por representantes de todos los estados miembros. Le ayudan en su tarea comisiones especializadas en la gestión de programas específicos y los comités de Programas Científicos, Administración y Financiero, Política Industrial y Relaciones Internacionales.

¿DÓNDE ESTÁ ESA?

HEADQUARTERS:

La Agencia Espacial Europea tiene su sede en París. Allí encontramos la Oficina del Director General, Antonio Rodotá, donde se reúne el Consejo de la agencia, junto con los múltiples comités. También alberga la dirección y los servicios de administración de los diferentes programas, con un personal próximo a las 350 personas. Además cuenta con oficinas en Washington, Moscú y Bruselas para sus relaciones con el gobierno americano, ruso y la Comisión Europea.

ESTEC:

Situado en Noordwijk (Países Bajos), el Centro Europeo de Investigación Espacial y Tecnología es el mayor emplazamiento de la agencia. Como centro neurálgico de las actividades de la agencia, ESTEC es responsable de la preparación técnica de los proyectos espaciales, y de cuya materialización se ocupa la industrial espacial europea. Cuenta con aproximadamente 1075 empleados y laboratorios especializados en todas las disciplinas espaciales para apoyar las actividades que conlleva todo proyecto espacial tripulado o de satélites.

*ESTEC define los futuros
programas científicos y comerciales
de satélites y desarrolla las nuevas
tecnologías necesarias para su
realización.*



Vista panorámica del ESTEC.

También es sede del tan esencial Departamento de Ciencia Espacial, que contacta con los científicos "externos" responsables de los instrumentos y experimentos que se probarán en las distintas misiones de la ESA. Además ESTEC define los futu-

ros programas científicos y comerciales de satélites y desarrolla las nuevas tecnologías necesarias para su realización. Y no podemos olvidar las colosales instalaciones para pruebas ambientales del centro - entre las mejores del mundo -, con una capacidad para someter a prueba desde componentes aerospaciales hasta enteras naves de clase Ariane-4 o Ariane-5.

ESOC:

El Centro Europeo de Operaciones Espaciales en Darmstadt (Alemania) asegura el correcto funcionamiento de las naves en órbita a la Tierra durante su misión. El seguimiento de satélites, desde su lanzamiento hasta el fin de sus reservas, se lleva a cabo en las salas de control del ESOC y de sus nueve estaciones terrenas repartidas por todo el mundo. Desde ellas se transmiten las órdenes para maniobras y operaciones de manipulación del cargamento; y se reciben y procesan todas las señales que provienen de la nave (datos científicos, información meteorológica, imágenes de la Tierra y enlaces de comunicaciones). Cuenta con un personal de 270 personas.

ESRIN:

Pese a que la principal tarea en ESRIN todavía está muy atada al programa de Observación de la Tierra de la agencia (más aún desde el lanzamiento en 1991 y 1995 de las misiones ERS-1 y ERS-2 respectivamente), actualmente también gestiona todas las aplicaciones informáticas de la agencia. El ESRIN se encuentra en Frascati, al sur de Roma (Italia), y sus 140 empleados, llegados de todas partes de Europa, estarían de acuerdo en definirlo como la "ventana al usuario" de la agencia.

EAC:

El Centro Europeo de Astronautas, en Cologne (Alemania) selecciona y entrena los hombres y mujeres que en pocos años tomarán parte de las misiones abordo del laboratorio Columbus, en la Estación Espacial Internacional. Para prepararse, los astronautas primero "debutarán" en vuelos espaciales en el Shuttle de la NASA y en la estación espacial rusa MIR.

KOUROU – EL "PUERTO ESPACIAL" EUROPEO:

Kourou, en la Guayana Francesa, fue elegida en parte por su proximidad al ecuador, el lugar ideal para lanzar satélites. Tras el primer despegue de un cohete Diamant de la Agencia Espacial Francesa (CNES), en 1970, Europa decidió usar el CSG (Centre Spatial Guyanais) en Kourou para sus lanzamientos. Fue en 1975 cuando la ESA aprovechó estas instalaciones europeas

para construir el ELA-1 (el "Ensemble de Lancement Ariane"), el complejo para la lanzadera Ariane-1, que posteriormente sirvió para Ariane-2/3. Con la llegada del Ariane-4, la agencia quiso dar un paso adelante y creó el ELA-2, que permite iniciar un nuevo ensamblaje de otra nave incluso antes de que la anterior haya abandonado su plataforma de lanzamiento.

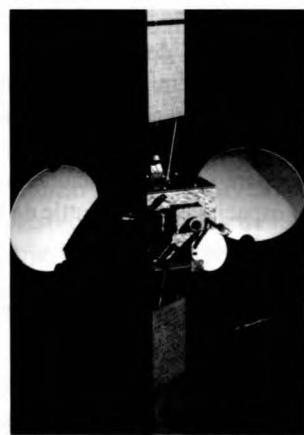
La adopción del programa Ariane-5 trajo la necesidad de un nuevo complejo, el ELA-3, con un diseño totalmente diferente que lo hace más flexible y sencillo de usar, a la vez que más seguro. Desde 1993, las instalaciones ELA-3, que abastan más de 21Km, se usan para pruebas de calidad de varios componentes de la lanzadera Ariane-5. Actualmente están capacitadas para realizar el despegue de un cohete Ariane-5.

El "puerto espacial europeo" cubre una superficie de 96000 hectáreas y cuenta con 1300 trabajadores.

Nuestro planeta está literalmente rodeado por un cinturón de más de cien satélites de radio, televisión y telefonía.

LAS TELECOMUNICACIONES: EL NEGOCIO DEL ESPACIO

Los satélites de comunicaciones y su lanzamiento suponen sin ninguna duda el mercado espacial más provechoso. Nuestro planeta está literalmente rodeado por un cinturón de más de cien satélites de radio, televisión y telefonía. En treinta años han superado toda barrera para llegar a cualquier punto sobre la superficie, y resulta evidente el giro que han provocado en nuestras economías.



El satélite ARTEMIS.

La Agencia Espacial Europea ha sido uno de los artífices de tales cambios. Ya en los 70, apostó por satélites de telecomunicaciones que operaran en la

banda Ku (11-17GHz), tecnológicamente posibles en los 80. Esta última década, la ESA continua explorando las tecnologías del futuro: comunicaciones móviles, navegación por satélite, enlaces entre satélites y servicios multimedia. Su contribución para el 2000 consistirá en varios satélites de telecomunicaciones avanzadas, equipos para satélites de otras agencias, y el desarrollo de una pequeña plataforma que pudiera llevar a cabo diferentes misiones en diferentes órbitas. Echemos un vistazo a sus proyectos más atractivos:

- **ARTEMIS (Advanced Relay and Technology Mission Satellite):**

Con el fin de probar y operar con nuevas técnicas de comunicaciones, el satélite ARTEMIS constará de tres módulos y varios experimentos. Un primer módulo para comunicaciones en ambos sentidos, vía satélite, entre estaciones terrenas y móviles terrestres (camiones, trenes o coches) que operan en la banda L (1.53 a 2.7GHz) en el territorio europeo y norte de África. La ESA espera con ello ocupar el 10% del mercado de comunicaciones móviles.

Los otros dos módulos se centrarán en las comunicaciones directas entre satélites. Actualmente, para recibir información vital de satélites de observación terrestre, como los ERS-1 y ERS-2, los clientes deben conectarse por red a las estaciones terrenas de dichos satélites, lo que resulta lento, costoso y técnicamente cada vez más indeseable dado el aumento de servicios de la información. Es por ello que la ESA está investigado en avanzadas tecnologías para transmitir datos con el método convencional (radiofrecuencia) y con un nuevo método revolucionario usando ráfagas de láser. En la ARTEMIS, un receptor óptico llamado SILEX y otro operativo en las bandas S (2.7 a 3.5GHz) y Ku recogerían los datos de satélites de baja órbita y los transmitirían directamente sobre toda Europa.

Su lanzamiento está previsto para el año 2000 a bordo de una lanzadera H2A japonesa, en el marco de la cooperación acordada con la agencia espacial japonesa (NASDA), que a cambio podrá recibir información de sus satélites a través de la ARTEMIS.

- **Satélites Multimedia y Comunicaciones de Banda Ancha:**

Los satélites van a desempeñar un papel fundamental en la materialización de la Global Information Infrastructure (GII), permitiendo el acceso mundial a servicios multimedia (vídeo, audio y datos en una sola señal digital). Paralelamente, la ESA ha desarrollado, junto con la Unión Europea, fabricantes, operadores y proveedores del servicio, un programa para situar Europa en una posición favorable en la carrera por el control global de servicios multimedia.

• **Sistemas de Navegación Mundial:**

Hoy día funcionan dos sistemas de navegación basados en satélites para obtener la posición precisa de aviones, barcos, camiones, etc.: el Global Positioning System (GPS) americano y el Global Navigation Satellite System (Glonass) ruso. Ambos sistemas son redes militares de 24 satélites.

Europa ha decidido implementar un sistema parecido en dos fases. Un primer paso sería la creación del European Overlay Navigation System (EGNOS) usando las dos constelaciones ya existentes (GPS y Glonass). El segundo paso sería lograr que Europa sea un socio de peso en la realización de un sistema de satélites civiles por allá el 2010. Dicho sistema beneficiaría la comunidad aeronáutica (para aterrizajes precisos), marítima y para los usuarios de móviles terrestres.

Actualmente, tras el proyecto están trabajando la Unión Europea, Eurocontrol y la Agencia Espacial Europea.

EL HORIZONTE 2000

El programa científico de la ESA dio un gran paso en 1985, cuando se aprobó un programa espacial de investigación científica a largo plazo, el Horizon 2000.

La piedra angular de este plan de futuro está formada por las misiones SOHO/Cluster, XMM, Rosetta y FIRST, pero el programa cuenta también con proyectos de menor coste: misiones pequeñas, como los experimentos en Plataformas Espaciales; y de mediano tamaño, como HIPPARCOS, Hubble, Ulysses, ISO, Cassini/Huygens y INTEGRAL.

• **HIPPARCOS:**

Pese a que un fallo en el motor de apogeo lo situó en una órbita errónea, Hipparcos ha llegado a todas las metas científicas que su misión principal contenía.

El acrónimo de HIgh Precision PARallax COLlecting Satellite nos descubre un satélite con un legado que entusiasma a todos los astrónomos desde su lanzamiento en 1989.

Pese a que un fallo en el motor de apogeo lo situó en una órbita errónea, Hipparcos ha llegado a

todas las metas científicas que su misión principal contenía. Esto es: fotometría de alta calidad, el descubrimiento de 15000 sistemas dobles y dos catalogaciones de medidas de posición y desplazamiento: el Catálogo Hipparcos, de más de 120000 astros con una resolución de 2 miliparsec, y el Catálogo Tycho, cerca de un millón. Además los resultados, con una precisión hasta entonces sin precedente, mejoran en 10 y hasta 100 veces los obtenidos desde observatorios terrestres.

Tras más de 4 años en perfecto funcionamiento, los efectos devastadores de la radiación forzaron la cancelación del programa el 15 de Agosto de 1993. Sus catalogaciones se pusieron a disposición de la comunidad científica en 1997.

• **El Telescopio espacial HUBBLE:**

El Hubble fue lanzado en 1990 como fruto de la cooperación entre la NASA y la ESA. Es uno de los proyectos astronómicos más ambiciosos jamás puestos en órbita, basado en cinco instrumentos que procesan la luz recolectada por el corazón del satélite: su gran telescopio reflector de 2.4m de diámetro.

La agencia europea proporcionó los paneles solares que suministran electricidad al sistema, más el FOC (Faint Object Camera), un instrumento científico capaz de reconstruir imágenes muy detalladas de las estrellas y detectar objetos más allá de las posibilidades de los instrumentos en tierra.

Entre el 2 y el 13 de Diciembre de 1993 fue sometido a una «operación de vista» que acabó con su famosa miopía. Tras la intervención, que consistió en la inserción de un dispositivo óptico correctivo (el COSTAR) por parte de los tripulantes de la Space Shuttle americana, se mejoró el rendimiento del FOC y las otras cámaras. Una vez más, la frontera del Universo visible se había expandido.

En 1997 se llevó a cabo una segunda misión para actualizar dos de los instrumentos de a bordo. Este año se prevé una misión para instalar una Cámara Avanzada y renovar por segunda vez los paneles solares, y se habla de una cuarta misión en el 2002 con el fin de prolongar la vida del telescopio hasta el 2005.

• **ULYSSES:**

Jamás ninguna de las sondas anteriores dirigidas al Sol había podido tomar medidas sobre sus polos, dado que su trayectoria había sido la eclíptica (el plano en el que giran los planetas alrededor del Sol).

El Ulysses fue lanzado en Octubre de 1990 y tuvo que pasar cerca de Júpiter para ser devuelto hacia el Sol



como un «boomerang», gracias a la fuerza gravitacional del planeta. Los primeros datos del Polo Sur llegaron en 1994, mientras que los del Polo Norte lo harían un año más tarde.

No será hasta el 2000 y 2001 que repita su proeza alrededor de los dos polos.

• ISO:

El Observatorio Espacial de Infrarrojos fue lanzado el 17 de Noviembre de 1995. Su telescopio cuenta, además de estar refrigerado criogénicamente, con cuatro instrumentos científicos que en conjunto permiten observaciones fotométricas, espectroscópicas y polamétricas, así como grabaciones a longitudes de onda desde los 2.5 a 200 μm . Es el único de su tipo, al menos para lo que queda de siglo. Su estudio de los planetas, astros y cometas (como el Hale-Bopp) está encontrándose con agua por doquier, y plantea nuevas teorías en la formación de las estrellas y galaxias y en la materia interestelar.



Imagen del montaje del observatorio ISO.

• SOHO:

El principal objetivo del Observatorio Heliosférico y Solar es estudiar la estructura interna del Sol, basándose en las oscilaciones de velocidad y variaciones de radiación. Además, las imágenes y análisis espectroscópicos del plasma característico de sus regiones más externas y las medidas in situ de sus vientos solares permitirían examinar los procesos físicos que forman y calientan la corona solar y provocan sus conocidos vientos.

A menos de cuatro años desde su lanzamiento el 2 de Diciembre de 1995, su misión ya ha obtenido resultados impresionantes.



Simulación por ordenador del satélite SOHO en su estudio del Sol.

El satélite SOHO se halla actualmente en órbita alrededor del punto de LaGrange L1 (un punto a 1.5 millones de kilómetros de nosotros en el que se compensan las fuerzas de atracción del Sol y la Tierra). Se diseñó en un principio para una misión de 2 años, pero lleva suficiente energía para cuatro años más.

A menos de cuatro años desde su lanzamiento el 2 de Diciembre de 1995, su misión ya ha obtenido resultados impresionantes. Por ejemplo, fue la primera nave en detectar una explosión masiva en nuestro astro el 6 de Enero de 1997. Tres días después, una fuerte tormenta magnética irrumpió sobre la Tierra y estropeó totalmente un satélite americano de telecomunicaciones. Esto es sólo una muestra de la ayuda que pueden aportar satélites específicos a la predicción del «tiempo espacial», cuyos efectos en la Tierra apenas se conocen. Se espera que sucedan más fenómenos de este tipo durante la actividad solar que se avecinda.

• CLUSTER:

Desgraciadamente, la misión Cluster original fue destruida en la explosión del primer Ariane 5 en Junio de 1996. Estaba diseñada principalmente para el estudio en tres dimensiones de la forma y el comportamiento dinámico de estructuras de plasma de pequeña escala (hasta los centenares de miles de kilómetros) en la Tierra. La nueva misión Cluster-2 cuenta con el satélite Phoenix, construido a partir de módulos sobrantes de la misión original, y tres nuevos satélites idénticos entre sí. Se prevé su lanzamiento a bordo de lanzaderas Soyuz en grupos de dos, a mediados del 2000.

• XMM:

Los objetivos científicos de esta importante misión de espectroscopía con rayos X se basan en un potente instrumento con las mayores dimensiones posibles para medidas espectrales de alta calidad. Su sistema de espejos múltiples permitirá obtener medidas de fuentes débiles (desde 2×10^{-15} erg/cm²/s) conjuntamente con rápidas espectroscopías de pequeña y mediana resolución de objetos más brillantes. El XMM se lanzará a finales de 1999.

• FIRST:

El Far InfraRed and submillimetric Space Telescope examinará la región del espectro electromagnético comprendida entre los 100m y 1μm, prácticamente inexplorada. Además, como objetivos científicos estudiará: los procesos físicos y químicos del medio interestelar y cómo se forman las nubes protoestelares a partir de sus fragmentos; la física involucrada en la formación de las estrellas; y las propiedades de la materia primitiva del Sistema Solar a través del estudio molecular de los cometas. Todo un reto para la Agencia Espacial Europea.

El FIRST es la cuarta piedra angular del proyecto Horizon 2000. se diseñó en 1993 y será lanzado a finales del 2005. Su esperanza de vida es de 6 años.

• ROSETTA:

Originalmente, el programa Rosetta consistía en una cooperación entre la NASA y la ESA para traer de vuelta a la tierra una muestra del núcleo de un cometa. Sin embargo, tan ambicioso proyecto tuvo que desestimarse.

En la misión actual se pretende realizar el análisis en el propio cometa, a cargo de un Paquete Científico en la superficie, cuya implementación queda abierta a colaboraciones internacionales.

El proyecto Rosetta se diseñó en Setiembre de 1993, y su lanzamiento está previsto para principios del 2003. Alcanzará el cometa Virtanen a mediados del 2010 y terminará su labor a finales del 2011.

• INTEGRAL:

El INTErnational Gamma Ray Laboratory obtendrá imágenes y medidas espectroscópicas detalladas de fuentes celestiales emisoras de Rayos Gamma en el margen energético entre los 15keV y los 10MeV. El laboratorio INTEGRAL fue elegido

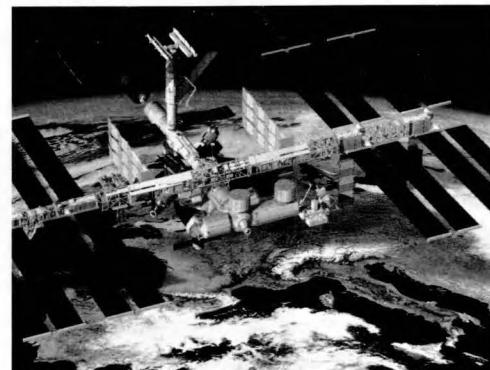
a mediados de 1993 como la segunda misión de envergadura media del proyecto Horizon 2000, y será lanzado en el 2001.

• CASSINI/HUYGENS:

Una nueva colaboración entre la agencia americana y la europea, esta vez para explorar todo el sistema Saturnino: el planeta en sí, los anillos y la magnetosfera, así como algunas de sus lunas (Titán y los satélites helados). Titán es especialmente interesante debido a las similitudes entre su atmósfera y la que rodeaba la Tierra antes de que naciera la vida en ella.

La misión Cassini está formada por el Saturn Orbiter de la NASA junto a la sonda Huygens de la ESA, que descenderá por la atmósfera de Titán. Durante las tres horas de descenso, más lo que dé de sí tras tocar fondo, la sonda estudiará atmósfera y superficie.

La misión salió de la Tierra el 15 de Octubre de 1997 y llegará a Saturno el 25 de Junio del 2004.



Futura estación espacial internacional Alpha.

GENTE EUROPEA Y ESPACIAL

El principio básico de la infraestructura de personal de la ESA es «una selección basada en sus cualidades, teniendo en cuenta una distribución homogénea de los puestos entre ciudadanos de todos los estados miembros». En otras palabras, la elección de las 1850 personas que trabajan para la agencia no solamente tiene en cuenta categorías sociales y profesionales, sino también su procedencia geográfica.

Esperemos que esta selección sea beneficiosa para nuestro país en los próximos años y podamos disfrutar con más de un nombre propio detrás de algunos de los proyectos que nos depara el futuro.

REFERENCIAS:

[1] <http://www.esa.int>



ACTUALIDAD ESPACIAL

Ester Armengou

ester27@casal.upc.es

Miembro de AESE estudiantes

Finalmente, el 29 de octubre pasado fue llevado a cabo el lanzamiento de la tan difundida misión STS-95 Discovery. Para el público en general, estas siglas pueden no significar mucho, pero seguro que todo el mundo reconoce los nombres de dos de sus tripulantes: John Glenn y Pedro Duque. No hay duda de que esto es debido a la amplia cobertura que los medios de información otorgaron al tema.

Puesto que desde entonces ningún otro acontecimiento ha gozado de ese seguimiento tan masivo, puede parecer que no se haya producido nada significativo en el sector aerospacial ni en el campo de las ciencias del espacio. Esto dista mucho de ser así y los aficionados al tema podemos decir con orgullo que estos últimos meses han sido fructíferos. Vamos a intentar hacer un breve repaso de lo que ha sucedido.

Uno de los hechos de mayor trascendencia ha sido la puesta en órbita de los primeros módulos de la estación espacial internacional, ISS. Después de múltiples retrasos, el Zarya, primera pieza de este rompecabezas espacial, fue lanzado en un cohete Protón-K el día 20 de noviembre desde el cosmódromo de Baikonur.

El siguiente paso fue el acoplamiento del módulo Unity. Su lanzamiento con el transbordador Endeavour desde Estados Unidos fue el día 3 de diciembre y el día 5 empezaron las maniobras para ensamblarlo con el Zarya.

Aunque esta primera fase se ha desarrollado razonablemente bien, no se puede hablar con certeza de las fechas para futuros lanzamientos. El próximo módulo en unirse a la estructura debería ser, en julio, el Módulo de Servicio ruso pero ya se ha confirmado que no estará disponible hasta el año 2000.

En cuanto a la Mir, continúa la incertidumbre sobre su futuro. En un principio debía ser desguazada en junio de este año pero el gobierno, a finales de enero, dio la autorización para prolongar las operaciones tres años más si se encontraban fondos privados para hacerlo ya que sólo se dispone de financiación gubernamental para mantenerla hasta agosto.

Dejando de lado el aspecto económico y político del tema, la estación ha seguido con su actividad habitual y con sus fallos y errores más o menos frecuentes. El 2 de febrero fracasó el despliegue previsto de la vela Znamya-

2.5 que debía reflejar hacia la Tierra un haz de luz del Sol de 6 Km. de diámetro.

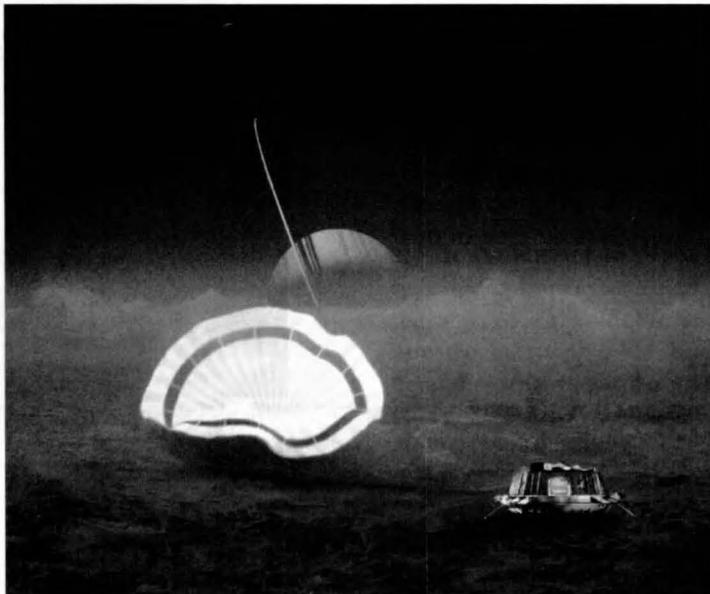
Es justo hablar de los problemas que han aparecido en diversas misiones ya que no todos los acumula la maltrecha estación rusa.

Estaba previsto que la sonda NEAR se colocara en órbita alrededor del asteroide 433 Eros en enero pero hubo problemas en la fase de encuentro y parece ser que no se podrá volver a intentar el acercamiento hasta el año 2000.

Al telescopio Hubble tampoco se le acaba la mala suerte. En marzo se confirmó que necesita reparaciones urgentes y se ha establecido una misión de reparación para octubre. Esta vez los problemas son con los giroscopios (sistema de orientación).

Problemas también con los giroscopios tuvo en diciembre el observatorio solar europeo SOHO que perdió el último que mantenía en funcionamiento.

Pero no caigamos en el pesimismo. Se han iniciado misiones con gran éxito en los últimos meses como el lanzamiento desde Cabo Cañaveral de la sonda Stardust el



7 de febrero, que fue tan preciso que hizo innecesaria la maniobra de corrección de trayectoria prevista. Su objetivo es viajar hasta el cometa Wild-2 para recoger muestras de polvo de su núcleo y traerlas a la Tierra en el 2006. Éste será el primer material extraterrestre del que se dispondrá que no proviene de la Luna.

Del mismo modo, misiones ya iniciadas hace tiempo continúan con éxito, a pesar de pequeñas anomalías que no alteran sus funciones principales: las sondas Voyager 1 y 2 siguen su largo recorrido, la Cassini sigue su camino hacia Saturno y la Galileo nos continúa proporcionando información sobre Júpiter y sus lunas (recientemente ha descubierto una delgada atmósfera de dióxido de carbono en Calisto).

*Podemos prever ya que
en el futuro Marte dará
mucho de que hablar*

En otro orden de cosas, la empresa Motorola puso en servicio el día 1 de noviembre la constelación de satélites de comunicación Iridium. También en febrero y marzo se lanzaron varios satélites de la constelación Globalstar que actualmente cuenta ya con 16 en órbita.

Los aficionados a la astronomía seguro que no se perdieron la impresionante lluvia de las Leónidas la noche del 16 al 17 de noviembre, una lluvia de meteoros visualmente procedentes de la constelación de Leo. Dicen los expertos que se produjo una de las mayores actividades registradas en los últimos años, llegando a una tasa máxima de 350 meteoros por hora.

Tampoco debieron dejar de mirar al cielo el 23 de febrero, ya que Venus y Júpiter se encontraban muy próximos en el firmamento. Fue una ocasión excepcional para hacer una buena fotografía.

Siguiendo con las observaciones, cabe destacar que el 23 de enero pudo captarse una enorme explosión de rayos gamma procedente de una distancia de 10.000 millones de años luz de la Tierra.

Centremos ahora nuestra mirada en Marte que ha sido el objetivo de importantes misiones estos últimos meses.

A principios de diciembre se inició una nueva etapa de exploración marciana con el lanzamiento, el 11 de diciembre, de la sonda Mars Climate Orbiter (MCO) y de la Mars Polar Lander (MPL) el 3 de enero dentro del programa Mars Surveyor 98. Son sondas de bajo coste cuya misión es estudiar la atmósfera, la superficie y la existencia de agua en el planeta.

Recordemos también que la Mars Global Surveyor ya se encuentra en órbita alrededor del planeta y el 8 de marzo inició su trabajo principal de cartografía de la superficie marciana.



Podemos prever ya que en el futuro Marte dará mucho de que hablar.

En medio de esta «euforia marciana» pasó desapercibida el día 21 de diciembre la conmemoración del 30 aniversario del primer vuelo lunar.

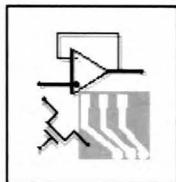
Tampoco suelen ser noticia pero son un buen reflejo del desarrollo de la industria aeroespacial, la creciente cooperación entre países (sirvan como ejemplo el acuerdo entre Argentina y Reino Unido o la colaboración entre China y Corea del Norte) y el aumento de empresas para la comercialización de tecnología espacial en países como la India y Ucrania.

No tan alentador es el recorte del cincuenta por ciento del presupuesto espacial de Brasil ni las ya famosas

*La astronáutica se está
encaminando hacia un
nuevo período dorado*

limitaciones presupuestarias que sufre la NASA año tras año y que la obligan a demostrar que misiones con un bajo coste pueden ser muy provechosas. Un reflejo de esta crítica situación que atraviesa, es el hecho de que se ha visto obligada a solicitar varios segmentos de la lanzadera STS que se hallaban expuestos en un museo, para reutilizarlos en un futuro ya que su nueva construcción representaría un gasto que no puede sufragar.

Con todos estos datos en la mano creo que no es ser demasiado optimista si se piensa que la astronáutica se está encaminando hacia un nuevo período dorado. Eso sí, será un período en el cual las decisiones se tomarán principalmente siguiendo criterios económicos. No se puede tener todo.



SENsoRES INTELIGENTES: LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA INSTRUMENTACIÓN

Msc. Ing. Angel Augusto Custodio Ruiz

Departamento de Ing. Electrónica. UPC – Barcelona. Spain

Departamento de Electrónica. UNEXPO – Puerto Ordaz. Venezuela

custodio@eel.upc.es

¿POR QUÉ LOS SENsoRES INTELIGENTES?

Un problema general de los sensores, es que cada uno tiene una señal de salida diferente, propia, dependiente del fabricante y del medio de transmisión que se utilice. Una de las ventajas de los sensores inteligentes es que permiten uniformizar el tipo de salida de la señal [1] ya sea entregando una señal analógica normalizada, o una digital.

Para lograr este objetivo se suele recurrir a dos estrategias: Integrar sobre una misma pastilla de silicio todos los atributos del sensor inteligente, o lograr utilizar circuitos económicos y pequeños para implementarlo con sensores no inteligentes.

En forma general se puede decir que un sensor inteligente es un equipo en el cual uno o más elementos sensores y algún acondicionamiento de señal son integrados en la misma pastilla de silicio o forman un pequeño sistema miniaturizado.

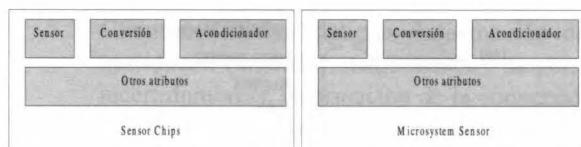


Figura 1. Estructura del Smart Sensor

Se debe notar que los sensores inteligentes se han fabricado en ambos dominios: El digital y el analógico. El caso analógico es importante debido a que sólo este tipo de señal está normalizado a nivel industrial, tanto en corriente como en tensión. La tendencia a ir a un bus digital se debe a que permitiría que todos los sensores y actuadores puedan entregar o recibir información del mismo bus. Así el sistema de control solo tendría que identificar la fuente de cada señal y generar las adecuadas respuestas. En forma gráfica sería como indica la figura 2.

Existen varias definiciones de sensores inteligentes. En forma general se puede decir que un sensor inteligente es un equipo en el cual uno o más elementos sensores y algún acondicionamiento de señal son integrados en la misma pastilla de silicio [2] o forman un pequeño sistema miniaturizado. Cuando inclusive se integra al microcontrolador se dicen “sensores inteligentes integrados”. Otros autores son más exigentes [3-5][1], e incluyen en la integración: conversión A/D, estandarización de la salida, autocalibración, auto-test y auto-identificación. Pero en principio, si alguno de estos parámetros se encuentran en un pequeño sistema miniaturizado podría considerarse suficiente para ser llamado sensor inteligente.

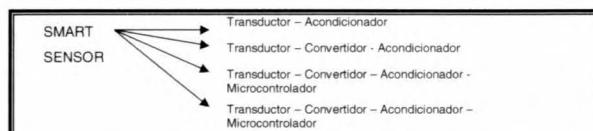


Figura 3: Tipos de definiciones del Smart Sensor

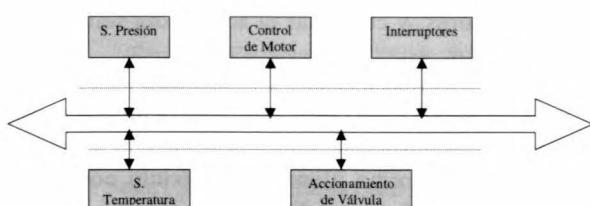


Figura 2: Bus digital

También se ha tratado de agregar inteligencia artificial a los sensores. Artículos al respecto se describen en la literatura: Modelo de un ADC neural [6], compensación del error de los conversores usando redes neuronales [7], incremento de la resolución de los conversores usando redes neuronales



[8] (este último es interesante desde el punto de vista que sin incrementar el hardware, se agregan bits de resolución), conversor utilizando lógica Fuzzy [9], etc.

Un sensor inteligente debe ser diseñado de tal manera que su aplicación no resulte difícil.

QUE DEBE TENER UN SMART SENSOR

Un sensor inteligente debe ser diseñado de tal manera que su aplicación no resulte difícil. Debería tener una salida estándar, disminución del offset, deriva y alinealidades. Podrían autocalibrarse y autotestearse periódicamente. La salida de estos sensores no necesariamente es digital, sino que también puede ser en señales analógicas normalizadas. Lamentablemente el precio de estos elementos aun no es asequible a cualquier usuario. Por este motivo se han incrementado los estudios relacionados con la conversión a frecuencia o digital directa, ya que se eliminan directamente los elementos intermedios entre el sensor y un microprocesador [10].

Las ventajas de la conversión a digital son entre otras:

- 1.- La salida digital no lleva dimensión.
- 2.- Su resistencia al ruido y las interferencias permite colocar los sensores fácilmente interfasados con el PC.

DESCRIPCION DEL SMART SENSOR

Durante bastante tiempo, desde su invención, cada fabricante ha utilizado el sensor inteligente según su conveniencia. A falta de normalización, los diferentes buses digitales tenían la característica que cada fabricante consideraba conveniente.

Motorola por ejemplo no solo plantea el sensor inteligente, sino que también habla del actuador inteligente [11], y plantea un diagrama de bloques muy simple que consta de un sensor, el conversor I/F, el MCU (Unidad Controladora Master), el convertidor I/F y el actuador. Y clasifica las funciones del sensor inteligente en las siguientes:

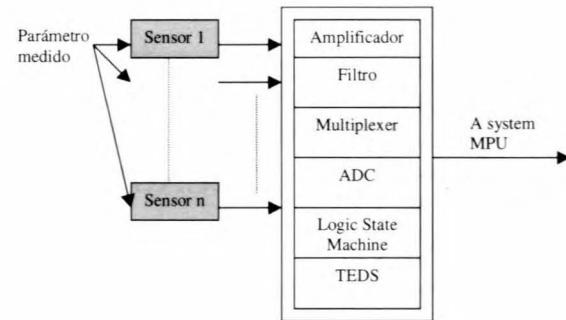
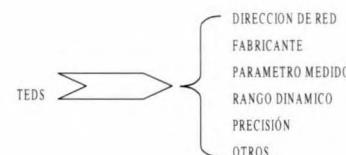


Figura 4: Funciones del Smart Sensor.

El Logic State Machine controla al multiplexor y da los requerimientos del sistema: Compensación / autocompensación, calibración / autocalibración, diagnóstico / autodiagnóstico, testing y comunicación.

El TEDS (Transducer electronics data sheet) es una rom que almacena la información necesaria que permite indentificarse y caracterizarse al mismo: dirección de red, fabricante, parámetro medido, rango dinámico, precisión, etc.



Recientemente ha salido la norma IEEE-P1451 (Transducer to Microprocessor Interface), la cual fija las directivas de los sensores inteligentes, así como la comunicación con el bus digital. A continuación se expone una breve descripción de algunas de sus características[12]:

1. El corazón de la norma es el TEDS, el cual estará físicamente asociado con el transductor. Este permitirá al microprocesador describir al transductor.
2. Los datos de la interfaz digital permitirán al microprocesador: Acceder al TEDS, leer la descripción del sensor, escribir parámetros a los actuadores, y controlar la acción del sensor y el actuador.
3. Actualmente cada fabricante tiene su propio sensor y propias normas de comunicación con las redes. La nueva norma plantea un módulo común de comunicación, para diferentes sensores, y diferentes redes:

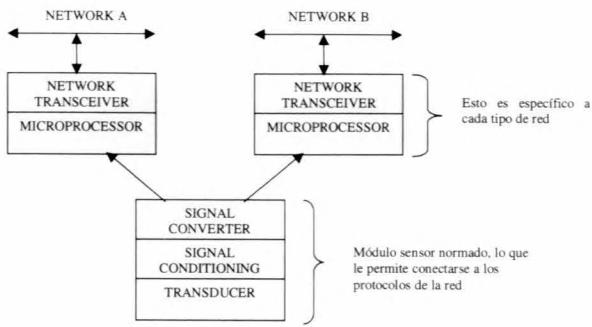


Figura 5: Comunicación entre sensores.

4. El módulo sensor, específico de cada fabricante, estará regido por la norma de tal manera que le permita conectarse no solo a cualquier tipo de red, sino también a tarjetas adquisidoras de datos, e instrumentos portátiles.

5. El TEDS está dividido en tres partes:

5.1. Meta-TEDS: Donde se describen los parámetros del fabricante específico: parámetros de interfaz del hardware, mínima velocidad de transferencia.

5.2. Channel TEDS: Contiene: Información del transductor (unidades, rango menor y mayor, e incertidumbres), información de la conversión de datos (como el transductor puede ser accedido, tiempo de escritura y lectura).

5.3. Calibration TEDS: Aquí se describe un simple o multisegmento polinomial que permitirá al NCAP (network-capable application processor) convertir a unidades de ingeniería estándar para sensores y desde unidades de ingeniería estándar para actuadores.

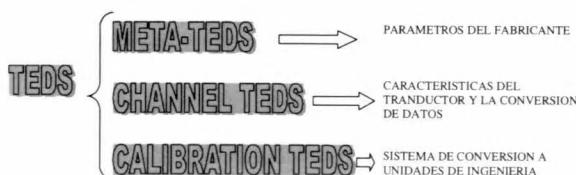


Figura 6: Estructura del TEDS.

6. El Smart Sensor operará como sigue (ver fig. 7):

6.1. Al iniciar, el TEDS de cada transductor P1451 será leído.

6.2. El NCAP usa la información del TEDS para realizar la self-configuration.

6.3. Ahora el NCAP manda una señal de prueba al transductor P1451 y espera hasta leer el dato convertido. El NCAP usa esta información para transformar a unidades de ingeniería estándar.

6.4. Para activar un actuador, el NCAP convierte de las unidades de ingeniería a las leyes que rigen al actuador. Luego se manda una señal de reconocimiento para ver si el actuador ha sido configurado.

7. EL NCAP tiene una memoria y un tranceiver de comunicación para conectarse a la red de control.

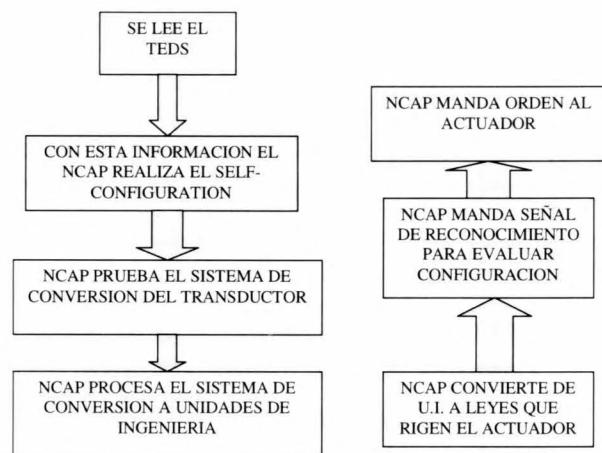


Figura 7: Operación del nuevo protocolo según la norma de la IEEE.

8. Las diversas opciones de ubicar el TEDS se indican en la siguiente figura.

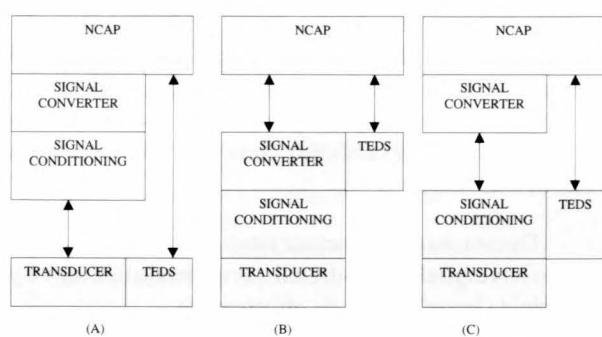


Figura 8 : Ubicación del TEDs dentro del Smart Sensor.



9. La principal desventaja de los dos primeros (A y B) casos es que requiere una interfaz analógica y otra digital. El caso C es el propuesto por la norma ya que reduce todo a una comunicación netamente digital.
10. La interfaz digital consta de nueve líneas, tal como indica la figura 9:

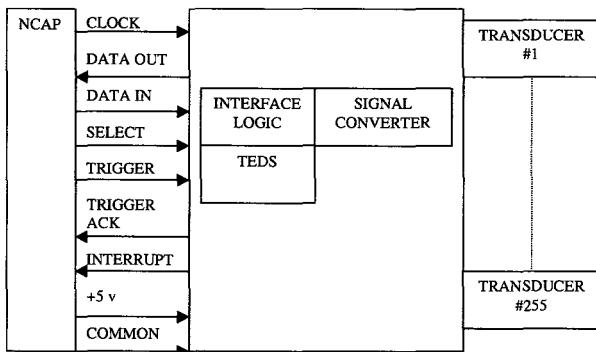


Figura 9: Líneas eléctricas de la interfaz digital.

11. Cuatro líneas para comunicación digital, tres de control (trigger e interrupciones) y dos para alimentación.

Las características del sensor, así como la del bus administrador son recogidas en una norma de reciente data desarrollada por el IEEE.

CONCLUSIONES

Los sensores inteligentes representan una nueva tecnología y un nuevo concepto de plantear el acondicionamiento y adquisición de señales analógicas.

Estos elementos aventajan a los sensores tradicionales en que integran, a parte del sensor, un acondicionamiento de la señal, que puede ser, alguna red eléctrica de conversión de la señal analógica del sensor, en una señal de tiempo, frecuencia o digital , algún elemento de procesamiento como un contador o un microcontrolador.

De esta manera un sensor inteligente puede acoplarse a un bus digital o cuasidigital, permitiendo una mejor y más rápida transferencia de información.

Igualmente permite acoplar en red varios sensores y destinar un elemento central encargado de identificar el sensor respectivo.

Las características del sensor, así como la del bus administrador son recogidas en una norma de reciente data desarrollada por la IEEE.

REFERENCIAS

- [1] J. Huijsing, F Riedijk and G. Horn, "Development in integrated smart sensors", Sensors and actuators A, No.43, pp.276-288, 1994.
- [2] S. Middelhoek ans A. Hoogerwerf, "Smart sensor: When ans Where?", Sensors and actuators, No.8, pp.39-48,1985.
- [3] J. Giachino, "Smart sensor", Sensors and actuator, No.10, pp. 239-248,1986.
- [4] W. Ko and C. Fung, "VLSI and intelligent transducer", Sensors and actuators, No.2, pp.239-250,1982.
- [5] S. Middelhoek, P. French, J. Huijsin and W. Lian, "Sensors with digital or frequency output", Sensors and actuators, No.15, pp.119-133,1988.
- [6] A. Bernieri, P. Daponte and D. Grimaldi, "ADC neural modeling", IEEE 1995. ISSN: 0-7803-2615-6/95. pp. 789-794.
- [7] A Baccagalupi, A. Bernieri and C. Liguori, "Error compensation of A/D convetters using neural networks", IEEE 1995. ISSN No. 0-7803-2615-6/95, pp.644-649.
- [8] X. Z. Gao, X.M.Gao and S.Ovaska, "A/D converter resolution enhancement using neural networks", IEEE Intrm. Measur. Techology Conference. Ottawa, Canada, May 19-21, 1997. Pp.1112-1117.
- [9] B. Ando, S. Baglio, A. Cocuccio, S. Graziani and A. La Terra, "A smart sensor for pressure measurement", IEEE Intrum. Measur. Technology Conference, Ottawa, Canada, May. 19-21, 1997. Pp.1284-1287.
- [10] G: Jordan, "Sensor technologies of the future". J. Phys. E: Sci. Instrum., No.18, pp.729-735, 1985.
- [11] R. Andrei, "Smart silicio sensors/actuators", Motorola, IEEE 1995, ISSN No.0-7803-2647-4/95, pp.619-622.
- [12] S. Woods, "The IEEE-P1451 Transducer to microprocessor interface", Sensors and Systems, June 1996, pp. 43-48.



UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA SAN DIEGO VERSUS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

Juan M. López González

Departament d'Enginyeria Electrònica

E.T.S. d'Enginyeria de Telecomunicació

jmlopezg@eel.upc.es

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS CONDUCENTES A LAS TITULACIONES DE MS ELECTRICAL ENGINEERING (UCSD) Y DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA (UPC)

1. Introducción

Cualquier estudio sobre enseñanza, independiente-
mente de la edad de los alumnos a los que va dirigida esa
enseñanza y de la extensión del estudio, en mi opinión, debe
ser escrupuloso en recordar que los datos y las conclusiones
que establezca son solo una parte del proceso educativo que
se pretende analizar y que sin duda son las actuaciones del
profesor y de los alumnos la parte fundamental de dicho
proceso.

El presente trabajo pretende exponer y comparar el
curriculum de Ingeniería Electrónica de la Universidad
Politécnica de Cataluña (IE-UPC) con el de Electrical
Engineering MS de la Universidad de California San Diego
(IE-UCSD).

La obtención de la titulación de IE-UCSD, sin repetir
asignaturas, necesitaría de aproximadamente unos 5 años y
medio de estudios: 4 años de BS -Bachelor Science- y luego
el MS -Master Science- que consiste en 1 año de asignaturas
y el equivalente a nuestro proyecto final de carrera (recien-
temente existe la posibilidad de obtener un ME -Master
Engineering- en solo 1 año, sin PFC o equivalente). El paso
de BS al MS no es directo, el estudiante debe haber alcanza-
do un nivel aceptable en el BS.

El departamento de Electrical and Computer
Engineering de la UCSD ofrece 3 BS: BS Electrical
Engineering, BS Engineering Physics, BS Computer
Engineering. El estudio que se presenta muestra solo el BS
Electrical Engineering. Conviene señalar que este último
curriculum es el camino natural para realizar el MS Electrical
Engineering (que equivale al título superior en Electrónica
o Telecomunicaciones).

La terminología utilizada en el estudio no es necesaria-
mente la utilizada por las Universidades, con el objetivo
de primar la comprensión de los datos a su mera exposición.
De este modo, para medir la carga académica de las
asignaturas se ha utilizado las horas de clase en lugar de los
«créditos» (UPC) o de las «units» (UCSD).

En los apartados 2 y 3 del presente trabajo se exponen
los datos macróscopicos más relevantes de los estudios de
IE-UPC y de IE-UCSD, respectivamente. En los apartados

4 y 5 se muestra el esquema de las asignaturas que se deben
cursar en cada currículum y los títulos explicativos de las
mismas. En el apartado 6 se comparan los datos
macroscópicos presentados en los apartados 2 y 3. En el
apartado 7 se comentan algunos aspectos sobre los conteni-
dos de las asignaturas y finalmente en el apartado 8 se
enfatizan los aspectos más relevantes del análisis realizado.

2. Grandes rasgos de los estudios de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña (IE-UPC)

En este trabajo se supone que el estudiante de
Ingeniería Electrónica ha realizado el 1er ciclo de Ingenie-
ría de Telecomunicación en la Escuela de Ingeniería de
Telecomunicación de Barcelona. Los datos macroscópicos
más importantes de los estudios de Ingeniería Electrónica
en la Universidad Politécnica de Cataluña son:

NUMERO DE HORAS TOTALES:

1- Número de horas de clase totales (con el proyecto final de carrera o PFC):	3375
2- Número de horas de PFC asignadas:	150
3- Número de horas de clase totales (no PFC):	3225
4- Número de horas de ALE:	300
5- Número de horas de clase totales (no ALE, no PFC):	2925
6- Número de horas de Economía y Organización de Empresas (ECO):	105
7- Número de horas de clase totales (no ALE, no ECO, no PFC):	2820
8- Número de horas de asignaturas optativas (OPT):	300
9- Número de horas comunes a todos los alumnos (no PFC, no ALE, no ECO, no OPT):	2520
12- Número de horas de física:	150
13- Número de horas de química:	0
14- Número de horas de matemáticas:	420
15- Número de horas de matemáticas + física + química:	570
16- Nº de horas de ordenadores, 1er.ciclo comunes (ORD):	120
17- Nº de horas de telemática, 1er.ciclo comunes (TEL):	105
18- Nº de horas de señal y comunicaciones, 1er.ciclo comunes (TSC):	450
19- Nº de horas de electrónica, 1er.ciclo comunes (ELE):	375
20- Número de horas de asignaturas tecnológicas en 1er ciclo (no OPT):	1050
21- Número de horas de asignaturas tecnológicas en 2º. ciclo (no OPT):	900
22- Número de horas de asignaturas tecnológicas (no ALE, no OPT, no PFC, no ECO, no Ciencias Básicas):	1950

CARGA ACADÉMICA:

23- Nº de horas de media por asignatura de ciencia y tecnología cursada:

61



RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE

49

24- Número de semanas de clase al año: (2 cuatrimestres de 15 semanas)	30
25- Número de asig. de ciencia y tecnología (no ALE) cursadas simultáneamente:	6 aprox.
26- Número de horas de clase a la semana:	25 aprox.
27- Número de asignaturas al año:	12 aprox.
28- Duración de los estudios con PFC:	5 años
29- Duración de los estudios sin PFC:	4 1/2 años

NÚMERO DE ASIGNATURAS Y OPTATIVIDAD	
30- Número de asignaturas cursadas (no PFC, no ALE, no ECO):	48
31- Número de asignaturas cursadas en 1er. ciclo (no PFC, no ALE, no ECO):	27
32- Número de asig. tecno. en 1er ciclo comunes a todos los alumnos:	18
33- Número de asig. tecno. en 2o ciclo comunes a todos los alumnos:	17
34- Número de asig. tecno. optativas en 1er ciclo :1 (8 para cubrirla)	
35- Número de asignaturas tecnológicas optativas en 2º ciclo: 4 (61 para cubrirlas)	
36- Especialidades : (3*) -Telemática, Comunicaciones y Electrónica- *Si se tiene en cuenta que el alumno de 1º ciclo puede cursar I. de Telecommunicación	

3. Grandes rasgos de los estudios de Electrical Engineering MS de la Universidad de California San Diego (IE-UCSD)

Los datos macroscópicos más importantes de los estudios de Ingeniería Electrónica en la Universidad de California San Diego son:

NUMERO DE HORAS TOTALES:

1- Número de horas de clase totales (con PFC):	3420
2- Número de horas de PFC asignadas:	180
3- Número de horas de clase totales (no PFC):	3240
4- Número de horas de General Education Requeriments (GER):	540
5- Número de horas de clase totales (no GER, no PFC):	2700
8- Número de horas de asignaturas optativas (OPT) :	660
9- Número de horas comunes a todos los alumnos (no PFC, no GER, no OPT):	2040
10- Número de horas de profundizacion obligatoria especialidad (ESP):	540
11- Número de horas comunes a los alumnos (no PFC, no GER, no OPT, no ESP):	1500
12- Número de horas de física:	240
13- Número de horas de química:	60
14- Número de horas de matemáticas:	420
15- Número de horas de matemáticas + física+ química:	720
16- Nº de horas de ordenadores 1er.ciclo comunes (ORD):	120
17- Número de horas de telemática 1er.ciclo comunes (TEL): 0	
18- Nº de horas de señal y comunicaciones 1er.ciclo comunes (TSC):	60
19- Nº de horas de electrónica 1er.ciclo comunes (ELE):	420
20- Nº de h. de asig. tecnológicas en 1er ciclo (no OPT):	600
21- Nº de horas de asig. tecnológicas en 2o. ciclo (no OPT):	720
22- Número de horas de asignaturas tecnológicas (no GER, no OPT, no PFC, no ECO, no Ciencias Básicas, con ESP):	1320

CARGA ACADÉMICA:

23- Nº de horas media por asignatura de ciencia y tecnologica:	60
24- Número de semanas de clase al año: (3 trimestres de 10 semanas)	30
25- Número de asig. de ciencia y tecnología (no GER) cursadas simultaneamente:	3 aprox.
26- Número de horas de clase a la semana :	22,5 aprox.
27- Número de asignaturas al año:	12 aprox.

28- Duración de los estudios con PFC:	5 1/2 años
29- Duración de los estudios sin PFC:	5 años

NÚMERO DE ASIGNATURAS Y OPTATIVIDAD

30- Número de asignaturas cursadas (no PFC, no GER):	45
31- Número de asignaturas cursadas en 1er. ciclo (no PFC, no ALE, no ECO):	22
32- Nº de asig. tecno. en 1º ciclo comunes a todos los alumnos:	11
33- Número de asig. tecno. en 2º ciclo comunes (con ESP):	2 (11)
34- Número de asig. tecno. optativas en 1er ciclo:	0
35- Número de asig. tecno. optativas en 2º ciclo :	6 en BS (55 para cubrirlas), 5 en MS (97 para cubrirlas)
36- Especialidades : 11 (BS) y 21 (MS)	

4. Curriculum de Ingeniería Electrónica en la Universidad Politécnica de Cataluña

En la primera tabla se indica por cursos y cuatrimestres las asignaturas que el alumno debe cursar para obtener la titulación de Ingeniería Electrónica en la Universidad Politécnica de Cataluña. Entre paréntesis al lado de la denominación que se ha utilizado de la asignatura se muestra el número ponderado de horas de clase de la asignatura, si esta es diferente a 60 horas (por ejemplo: en una asignatura de 45 horas el número que aparece entre paréntesis es 0.75).

En esa tabla se indica el código de la asignatura por si se quiere consultar los contenidos de la misma en la web de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña (www.etsetb.upc.es).

PRIMER CURSO		
OTOÑO	PRIMAVERA	
ELE I	11468	ELE II
ORD I	11470	ELE III (1.25)
FIS I (1.25)	11469	ELE IV (0.5)
MAT I (1.25)	11464	FIS II (1.25)
MAT II (1.25)	11465	MAT III (1.25)
ALE (0.25)		MAT IV (1.25)

SEGUNDO CURSO		
OTOÑO	PRIMAVERA	
ELE V	11478	ELE VI (0.75)
ORD II	11477	ELE VII (0.75)
SEN I (1.25)	11480	SEN II (1.25)
MAT V	11467	RAD I (1.25)
MAT VI	11479	COM I
ECO I	11466	ALE (1.50)

TERCER CURSO		
OTOÑO(Fin 1º ciclo)	PRIMAVERA (Inicio 2º ciclo)	
RAD II (1.25)	11490	DISE
COM II	11487	INST I
COM III (0.50)	11488	SEMI I
TEL I (1.25)	11486	MICR (0.75)
TEL II (0.50)	11489	CONT (0.75)
OPT		ECON II (0.75)
ALE (0.75)	ALE	

CUARTO CURSO		
OTOÑO	PRIMAVERA	
TEL III	11623	DIGI II (0.75)
TEL IV (0.50)	11624	CIRC II
SEMI II	11625	ORD IV (0.50)
CIRC I	11615	CIRC III
DIGI I	11611	SEN III
INST II	11617	OPT
ORD III (0.75)	11621	OPT

QUINTO CURSO		
OTOÑO	PRIMAVERA	
OPT		
OPT		
ALE		
ALE (0.50)		

En la segunda tabla se cita el nombre completo de las asignaturas.

ELE I	Circuitos y Sistemas Electrónicos I
ORD I	Introducción a los Ordenadores
FIS I (1.25)	Física I
MAT I (1.25)	Álgebra Lineal
MAT II (1.25)	Cálculo
ELE II	Circuitos y Sistemas Electrónicos II
ELE III (1.25)	Teoría de Circuitos
ELE IV (0.5)	Laboratorio de Electrónica I
FIS II (1.25)	Física II
MAT III (1.25)	Análisis Vectorial
MAT IV (1.25)	Ecuaciones Diferenciales
ELE V	Circuitos y Sistemas Electrónicos III
ORD II	Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos I
SEN I (1.25)	Señales y Sistemas I
MAT V	Probabilidad y Procesos Estocásticos
MAT VI	Matemáticas de la Telecomunicación
ECO I	Economía
ELE VI (0.75)	Circuitos y Sistemas Electrónicos IV
ELE VII (0.75)	Laboratorio de Electrónica II
SEN II (1.25)	Señales y Sistemas II
RAD I (1.25)	Campos Electromagnéticos
COM I	Comunicaciones I
RAD II (1.25)	Radiación y Ondas Guiadas
COM II	Comunicaciones II
COM III (0.50)	Laboratorio de Comunicaciones
TEL I (1.25)	Arquitectura de Redes
TEL II (0.50)	Laboratorio de Telemática I
DISE	Equipos Electrónicos
INST	Instrumentación Electrónica
SEMI I	Dispositivos Electrónicos y Fotónicos I
MICR (0.75)	Circuitos de Alta Frecuencia
CONT (0.75)	Sistemas Electrónicos de Control
ECONII (0.75)	Organización de Empresas
TEL III	Redes, Sistemas y Servicios de Comunicación
TEL IV (0.50)	Laboratorio de Telemática
SEMI II	Dispositivos Electrónicos y Fotónicos II
CIRCI	Diseño Microelectrónico I
DIGII	Sistemas Digitales I
INSTII	Aplicaciones de la Ingeniería Electrónica I
ORD III (0.75)	Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos
DIGI II (0.75)	Sistemas Digitales II
CIRC II	Diseño Microelectrónico II
ORD IV (0.50)	Lab. de Arquitectura de Computadores y Sist. Operativos
CIRC III	Aplicaciones de la Ingeniería Electrónica II
SEN III	Procesado de Señal y Comunicaciones

5. Curriculum de Ingeniería Electrónica en la Universidad de California San Diego

En la primera tabla se indica por cursos y trimestres las asignaturas que el alumno debe cursar para obtener la titulación de Ingeniería Electrónica en la Universidad de California San Diego.

Al lado de la denominación de la asignatura se da el código de la misma por si se quiere consultar su contenido en la web del Departamento de Electrical and Computer Engineering de la Universidad de California San Diego (www.ece.ucsd.edu).

Las asignaturas GER son General Education Requirements.

Las asignaturas ESP # son asignaturas obligatorias de la especialidad seleccionada en el BS, existen 11 especialidades:

- Circuitos y Sistemas Electrónicos

PRIMER CURSO					
OTOÑO	INVIERNO		PRIMAVERA		
ORD I	cse 11	ELE I	ece 20A	ELE II	ece 20B
MAT I	mat 20A	MAT II	mat 20B	MAT III	mat 20C
QUI	che 6A	FIS I	phy 2A	FIS II	phy 2B
GER (0.75)		GER (0.75)		GER (0.75)	
SEGUNDO CURSO					
OTOÑO	INVIERNO		PRIMAVERA		
ORD II	ece 30	ELE III	ece 60A	ELE IV	ece 60B
FIS III	phy 2C	FIS IV	phys 2D	ELE V	ece 60L
MAT IV	mat 20F	MAT V	mat 20D	MAT VI	mat 20E
GER (0.75)		GER (0.75)		GER (0.75)	
TERCER CURSO					
OTOÑO	INVIERNO		PRIMAVERA		
SEN I	ece 101	RAD I	ece 107	ESP 1	
ELE VI	ece 102	ELE VIII	ece 108	ESP 2	
ELE VII	ece 103	MAT VII	ece 109	OPT	
GER (0.75)		GER (0.75)		GER (0.75)	
CUARTO CURSO					
OTOÑO	INVIERNO		PRIMAVERA		
ESP 3	ESP 4		ESP 5		
OPT	DISE	ece 192	OPT		
OPT	OPT		OPT		
GER (0.75)	GER (0.75)		GER (0.75)		
QUINTO CURSO (MS)					
OTOÑO	INVIERNO		PRIMAVERA		
ESPMS 1	ESPMS 2		ESPMS 3		
OPT	OPT		ESPMS 4		
OPT	OPT		OPT		

- Materiales y Dispositivos Electrónicos
- Teoría de Sistemas y Control
- Maquinas Inteligentes
- Fotónica
- Sistemas de Comunicación
- Redes
- Sistemas de Colas
- Diseño de Ordenadores
- Sistemas Software
- Visual Computing

Las asignaturas ESPMS # se refieren a asignaturas obligatorias de la especialidad elegida en el MS. Las asignaturas se engloban en especialidades y estas en áreas.

- Area FÍSICA APLICADA (5 especialidades)

- Electrónica del estado sólido
- Semiconductores
- Ciencia de Materiales
- Óptica I
- Óptica II

- Area SISTEMAS DE INFORMACIÓN (10 especialidades)

- Procesos aleatorios
- Procesado digital de señal
- Análisis digital de imágenes
- Teoría de errores
- Teoría de la información
- Fuentes de codificación
- Análisis de Series temporales
- Comunicación sin hilos
- Comunicación digital
- Codificación de canales

- Area INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA (6 especialidades)

- Circuitos VLSI



- Tolerancia a fallos
- Diseño de IC analógicos
- Diseño de circuitos sin hilos
- Arquitectura de Computadores
- Diseño Asistido por Ordenador

A continuación se cita el nombre completo de cada asignatura:

ORD I	Introduction to Computer Science: Java
MAT I	Calculus for Science and Engineering
QUI	General Chemistry
ELE I	Introduction to Electrical Engineering I
MAT II	Calculus for Science and Engineering
FIS I	Physics-Mechanics
ELE II	Introduction to Electrical Engineering II
MAT III	Calculus for Science and Engineering
FIS II	Physics- Electricity and Magnetism
ORD II	Introduction to Computer Engineering
FIS III	Physics-Fluids, Waves, Thermodynamics, and Optics
MAT IV	Linear Algebra
ELE III	Circuits and Systems I
FIS IV	Physics-Relativity and Quantum Physics
MAT V	Differential Equations and Vector Calculus
ELE IV	Circuits and Systems II
ELE V	Circuits and Systems Laboratory
MAT VI	Introduction to Active Circuit Design
SEN I	Linear Systems Fundamentals
ELE VI	Introduction to Active Circuit Design
ELE VII	Fundamentals of Devices and Materials
RAD I	Electromagnetism
ELEVIII	Digital Circuits
MATVII	Engineering Probability and Statistics

6. Comparación macroscópica

En este apartado se presentan los datos de los apartados 2 y 3 agrupados de manera que se facilite la comparación de los currículum de Ingeniería Electrónica de ambas universidades. ¿Qué se va a comparar?. Si ponemos títulos a las comparaciones presentadas a continuación, estos podrían ser: Duración de los estudios, Dedicación e Intensidad, Optatividad y Especialización, Materias en el primer ciclo.

6.1 DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS

Por duración de los estudios entiendo no solo la duración de los estudios con o sin PFC (parámetros 28 y 29), sino también otros factores que en mi opinión afectan a esa duración, como el número de asignaturas cursadas, el número de horas de clase totales y el número de asignaturas de libre elección. La tabla siguiente permite observar que, en mi opinión, las diferencias en la duración de los estudios son poco significativas.

Parámetro	IE-UPC	IE-UCSD
1- Número de horas de clase	3375	3420
5- Número de horas de clase (no PFC, no ALE, no GER)	2925	2700
28- Duración de los estudios con PFC	5 años	5 1/2 años
29- Duración de los estudios sin PFC	41/2 años	5 años
30- Número de asig. cursadas (no PFC, no ALE, no ECO)	48	45

31- Número de asig. cursadas 1er ciclo (no PFC, no ALE, no ECO)

27

22

6.2 DEDICACIÓN E INTENSIDAD DE LOS ESTUDIOS

Por dedicación necesaria en los estudios conducen tes a la titulación de Ingeniería Electrónica en la UPC y en la UCSD entiendo (al margen de los contenidos y objetivos de las asignaturas y de la severidad en la valoración de la adquisición de los mismos) el número de horas de clase semanales y el número de asignaturas de ciencia y tecnología cursadas simultáneamente. La comparación de estos parámetros en la tabla siguiente demuestra que la carga académica es mayor en la UPC que en la UCSD.

Parámetro	IE-UPC	IE-UCSD
25-Número de asig. de ciencia y tec. cursadas simultáneamente	6 aprox.	3 aprox.
26-Número de horas de clase a la semana	25 aprox.	22,5 aprox.
27-Número de asignaturas al año	12 aprox.	12 aprox.

6.3 OPTATIVIDAD Y ESPECIALIDAD

La optatividad y la especialización la podemos medir contando el número de horas y asignaturas comunes y optativas en ambas titulaciones. Como se evidencia en la tabla el grado de optatividad y especialización es muy elevado en los estudios de IE-UCSD comparados con los estudios de IE-UPC.

Parámetro	IE-UPC	IE-UCSD
9- Número de horas comunes (no PFC, ALE, ECO, OPT)	2520	2520
11-Número de horas comunes (no PFC, GER, OPT, ESP)	2040	1500
32- N° de asig. tec. comunes en 1º ciclo	18	11
33- N° de asig. tec. comunes en 2º ciclo	17	2
34- N° de asig. tec. optativas en 1º ciclo	1	0
35-N° de asig. tec. optativas en 2º ciclo	4	11
36-Especialidades	3	21

6.4 MATERIAS EN EL PRIMER CICLO

Por primer ciclo se entiende en los estudios de IE-UPC los dos años y medio primeros de estudios (de acuerdo con el apartado 4) y en los estudios de IE-UCSD el equivalente a dos años y medio de estudios, es decir, hasta la mitad de las asignaturas del trimestre de invierno en el tercer año (hemos elegido del 2º trimestre del 3º año las asignaturas GER y MATVII como materias del primer ciclo, ver el apartado 5).

La tabla siguiente permite observar a nivel macroscópico diferencias importantes en el peso que se da a los diferentes campos de la ciencia y la tecnología en los primeros años de estudio. En esa tabla se muestra el número de horas de clase de los diferentes campos del conocimiento tecnológico, a saber: MAT, Matemáticas, FIQ, Física y Química, ORD, Ordenadores, ELE, Electrónica, TEL, Telemática, TSC, Señal y Comunicaciones.

MATERIA	IE-UPC	IE-UCSD
MAT	420	420
FIQ	150	300
ORD	120	120
ELE	375	420
TEL	105	0
TSC	450	60

7. Comparación de los contenidos del primer ciclo.

Dada la optatividad y especialización en las asignaturas del equivalente al segundo ciclo en la titulación de IE-UCSD no tiene sentido comparar los contenidos de ese segundo ciclo con el que se ofrece en la UPC. Por ese motivo en este apartado me limitaré a señalar los contenidos que se explican en las materias fundamentales de primer ciclo en ambas titulaciones.

7.1 MATEMÁTICAS

En la tabla siguiente se muestra que en la práctica los contenidos de matemáticas explicados en la primera fase de ambos estudios coinciden. El análisis de Fourier y variable compleja en la UCSD se estudian en la asignatura «ece 101» de tercer curso que yo he llamado SEN1.

Contenidos	IE-UPC	IE-UCSD
Funciones de una variable	si	si
Límites y sucesiones una variable	si	si
Derivar una variable	si	si
Integral una variable	si	si
Series	si	si
Espacios vectoriales	si	si
Espacios Euclídeos	si	si
Matrices	si	si
Ortogonalidad	si	si
Funciones de varias variables	si	si
Cálculo vectorial	si	si
Integrales de varias variables	si	si
Teoremas integrales	si	si
Cálculo diferencial	si	si
Ec. diferenciales de primer orden	si	si
Ec. diferenciales lineales coef. ctes.	si	si
Geometría vectorial	si	
Transformada de Laplace	si	si
Problemas de contorno en ec. dif.	si	si
Análisis de Fourier	si	si (ece 101)
Funciones de variable compleja	si	si (ece 101)
Probabilidad	si	si
Estadística	si	si
Procesos Estocásticos	si	no

7.2 FÍSICA Y QUÍMICA

Como vemos en la tabla siguiente en los contenidos explicados en las materias de física y química en ambas universidades existen notables diferencias. En la UCSD además de enseñar los que se dan en la UPC se tiene: Estiquiometria, enlaces, Química átomica, termodinámica, óptica y un introducción a la física atómica y cuántica.

Contenidos	IE-UPC	IE-UCSD
Estequiométria	no	si

Enlaces	no	si
Química atómica	no	si
Cinemática	no	si
Dinámica	si	si
Movimiento oscilatorio	si	si
Electricidad	si	si
Magnetismo	si	si
Ondas Electromagnéticas	si	si
Fluidos	no	si
Termodinámica	no	si
Óptica	no	si
Introducción a la física atómica y cuántica	no	si

7.3 ORDENADORES

Los contenidos de las asignaturas de ordenadores en ambas titulaciones presentan alguna diferencia significativa, en particular que en la UCSD se enseña Java y Unix en lugar de lenguaje C.

Contenidos	IE-UPC	IE-UCSD
Introducción a la Programación:C	si	no
Introducción a la Programación: Java y Unix	no	si
Estructura del ordenador	si	si
Lenguaje maquina	si	si
Operaciones de entrada/salida	si	si
Sistemas Operativos	si	no
Programación orientada al objeto	no	si
Corrientes tecnológicas en el diseño lógico	no	si

7.4 ELECTRÓNICA

Los contenidos de electrónica en los primeros cursos difieren de una universidad a otra apreciablemente. en la UCSD los dispositivos semiconductores y los circuitos con dispositivos activos ocupan prácticamente el 50% de las horas de electrónica, en cambio en la UPC estos temas no se explican en el primer ciclo, y en su lugar se incide en la electrónica analógica utilizando amplificadores operacionales y en la electrónica digital básica.

Contenidos	IE-UPC	IE-UCSD
Ley de Ohm	si	si
I(V) en los elementos de circuito:		
R,L,C,diodo, BJT	si	si
Leyes de Kirchhoff	si	si
Thevenin y Norton	si	si
Prácticas de electrónica básica	si	si
Prácticas de electrónica digital	si	si
Transformada de Laplace	si	si
Ánalisis de circuitos con la trans. de Laplace	si	si
Regimen permanente sinusoidal	si	si
Funciones de transferencia, respuesta freq.	si	si
Bipuertos -en la UPC el curso 98/99		
circuitos resonantes	si	si
Introducción a la física de semiconductores	no	si
Introducción a los dispositivos semiconductores	no	si
Física de Semiconductores	no	si
La unión PN (*)	no	si
El transistor bipolar (*)	no	si
El transistor de efecto campo (*)	no	si
Diseño de circuitos activos no lineales	no	si
Modelos de dispositivos no lineales	no	si
Modelos lineales y de pequeña señal	si	si
Diseño lógico	si	no
Circuitos secuenciales	si	no
Circuitos combinacionales	si	no
Diseño lógico NMOS y CMOS	si	no



Modelo no ideal del AO	si	no
Circuitos realimentados	si	no
Aplicaciones lineales y no lineales del AO	si	no
Generadores de señal y otras aplicaciones	si	no
Microprocesadores	si	no
Memorias	si	no
Operaciones de entrada/salida	si	no

*Incidiendo en la física del dispositivo y en la relación con su comportamiento eléctrico

7.5 TELEMÁTICA

La UCSD no imparte contenidos de telemática en el equivalente a nuestro primer ciclo. Por complitud se añade la tabla siguiente donde se indican los temas fundamentales que se imparten en el primer ciclo de los estudios en la UPC.

Contenidos	IE-UPC	IE-UCSD
Fundamentos de redes de Telecomunicación	si	no
Transporte	si	no
Comunicación	si	no
Telefonía móvil celular	si	no
Protocolos	si	no

7.6 SEÑAL Y COMUNICACIONES

La diferencia entre los contenidos de asignaturas de radiación, señal y comunicaciones de los primeros años en ambos estudios es apreciable, aunque dicha diferencia se pueda justificar en gran parte porque el primer ciclo en la UPC es el primer ciclo de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación y no el primer ciclo de una titulación de Ingeniería Electrónica, también es necesario decir que en EEUU especializarse en señal o comunicaciones requiere un Electrical Engineering BS. En el BS de la UCSD (equivalente a 4 años de carrera) solo existen 2 asignaturas comunes de este campo (ece 101 y ece 107 equivalente en parte a Señales y Sistemas I y Campos Electromagnéticos).

Contenidos	IE-UPC	IE-UCSD
Sistemas lineales y sistemas invariantes	si	si
Fouriers	si	si
Respuesta impulsional y frecuencial	si	si
Transformada z	si	si
Convolución, Sampling, Aliasing	si	si
Filtros	si	no
Ecuaciones de Maxwell y Ondas EM	si	no
Propagación guiada	si	no
Radiación electromagnética	si	no
Lineas de transmisión	si	no
Cables	si	no
Antenas	si	no
Propagación no guiada	si	no
Procesos aleatorios y ruido	si	no
Transmisión analógica banda base	si	no
Modulación lineal	si	no
Modulación angular	si	no
Modulación por pulsos codificados	si	no
Transmisión digital banda base	si	no
Transmisión digital paso banda	si	no
Modulaciones de espectro ensanchado	si	no
Medidas en sistemas de transmisión	si	no

8. Conclusiones.

La exposición y comparación de los estudios que conducen a obtener un título superior en Ingeniería Electrónica en la Universidad Politécnica de Cataluña (IE-UPC) y en la Universidad de California San Diego (IE-UCSD), han permitido señalar las semejanzas y diferencias más importantes entre ambas titulaciones. En resumen:

- La duración de los estudios es parecida.
- La carga académica es mucho mayor en la UPC.
- La optatividad y especialización es considerablemente más amplia en la UCSD.
- Los contenidos y nº de horas de matemáticas y ordenadores en primer ciclo son bastante parecidos (salvo que en la UPC se explica lenguaje C y en la UCSD lenguaje UNIX o Java).
- En la UCSD se dan el doble de horas de clase de Física y Química que en la UPC.
- Los contenidos de Electrónica de primer ciclo en ambas universidades difieren en un 50% aproximadamente. En la UPC, se incide en circuitos con bloques básicos (operacionales y puertas), en la UCSD se incide en la física de los dispositivos y en los circuitos con dispositivos activos.
- En la UCSD no se imparten conocimientos de telemática en el equivalente a nuestro primer ciclo.
- El peso de las asignaturas de Radiación, Señal y Comunicaciones en la titulación de la UPC es importantísimo (450 horas en primer ciclo). En cambio en la UCSD las únicas asignaturas comunes a todos los alumnos en el campo de la radiación y las comunicaciones en toda la carrera serían aproximadamente equivalentes, en contenido, a las asignaturas Señales y Sistemas I y Campos Electromagnéticos de la UPC.

No he sacado conclusiones que puedan denotar una decantación sobre que es preferible y porqué en la estructuración de un currículum en Ingeniería Electrónica, porqué en mi opinión además de los aspectos señalados en este estudio se debería realizar:

- 1) Un análisis de la estructura económico-social del entorno universitario: mercado de trabajo, empresas del sector, oferta de estudios similares.
- 2) Un estudio sobre los conocimientos que se desean transmitir, en consonancia con 1), y en qué orden se debe realizar esa transmisión. Así como los objetivos que se pretender conseguir.
- 3) Un estudio del esfuerzo que deben realizar los alumnos para conseguir esos objetivos.
- 4) Un análisis de los métodos y recursos utilizados en el proceso.

Me gustaría terminar este pequeño trabajo realizado sin interés y por sana curiosidad volviendo a repetir lo que en mi opinión no se debe olvidar siempre que se habla de Enseñanza o Aprendizaje. Se necesitan dos sujetos uno (objeto o persona) que quiera y sepa enseñar y otro que quiera y pueda aprender, sin ellos cualquier otro aspecto del proceso no tiene sentido.



ORDEN DE MAGNITUD PERSONAL

Miguel Escudero

*Profesor del Departamento de Matemática Aplicada y Telemática de la UPC
escudero@mat.upc.es*

EL matemático y lógico alemán Gottlob Frege nació hace ahora siglo y medio, unos días después de la llegada del tren a España. En 1879 presentó un nuevo sistema lógico en *Begriffsschrift* (*Ideografía*), un trabajo que anuncia “un lenguaje de fórmulas para el pensamiento puro modelado en el lenguaje de la aritmética”; nótese la búsqueda de pensamiento puro, cuatro años más tarde nacería Ortega, formulador de la razón histórica o acaso sea para algunos hondos sabios pensamiento impuro. En esas páginas aparece el cálculo proposicional, el concepto de predicado con valor de verdad -o verdadero o falso- y dos cuantificadores -el universal y el existencial- empleados en la actualidad por cualquier estudiante de Ciencias. Frege intentaba reducir la aritmética a la lógica, de modo que todos sus teoremas fuesen deducidos a partir de unas reglas y un conjunto de axiomas dados, pero su obra fue desdenada por la aristocracia matemática, que no acababa de digerir su enrevesada notación. Para colmo, en 1902 Bertrand Russell describió una paradoja que delataba una contradicción de aquel sistema (propuso el conjunto de todos los conjuntos que no pertenecen a sí mismos, el cual ni pertenece ni deja de pertenecer a él; esa dificultad le llevaría a descontar el conjunto “universal” y a rechazar, por tanto, el conjunto de todos los conjuntos). Frege (1848-1925) no pudo superarla, y al poco su vida intelectual languideció en medio de la amargura íntima y el descrédito exterior. A pesar del fracaso de su ambicioso plan, hoy se le reconoce el mérito de ser fundador de la moderna lógica matemática, al lado del británico George Boole.

Con fama de persona engreída, distante y fría ante sus alumnos y colegas, el lógico Frege era capaz de grandes e impropias manías: parece ser que profesaba una fobia especial hacia los franceses, los católicos y los judíos y que su monarquismo convergía en apasionado odio por la democracia y la ideología socialista. La Universidad de Jena, en la que había estudiado y en donde fue profesor más de cuarenta años (Fichte y Hegel habían impartido también ahí clases), se sumó al menosprecio que había caído sobre él y le negó la habitual distinción otorgada a sus profesores cuando cumplían sesenta años de edad. A pesar de las mezquindades que rodearon sus días y su figura, ésta ha recobrado con el tiempo entidad. Frege influyó en autores como Russell y Whitehead, quienes, al igual que David Hilbert, hicieron serios esfuerzos por lograr el propósito que perseguía. Sin embargo, Kurt Gödel desbarató hace más de sesenta años ese

proyecto, pues demostró que no se puede construir un sistema de axiomas que sea a la vez consistente (esto es, sin contradicciones) y completo: siempre hay proposiciones que no se pueden justificar como verdaderas o falsas.

A Gottlob Frege se le atribuye una frase de incierta celebridad: “Todo buen matemático es al menos medio filósofo y todo buen filósofo es al menos medio matemático”. Hay conceptos en matemáticas que nos pueden servir de utilidad en la frontera, así sucede con el de “orden de magnitud”. Se trata de subrayar desproporciones acusadas, así hay variaciones de medida que resultan “incomparables”, que no guardan punto de comparación; pero también agrupar “cosas” que por no desentonar entre sí en alguna dimensión, poseen determinada afinidad. (Compárense, por ejemplo, los treinta millones de usuarios que Internet tenía hace cuatro años con los mil millones previstos para el año 2000; es un indudable cambio de orbital, es el franqueo de un umbral. Repárese asimismo en los setenta días -del 3 de agosto al 12 de octubre- empleados por Cristóbal Colón en 1492 para ir de Palos de Moguer a La Española. Lo verdaderamente importante fue el descubrimiento del Nuevo Mundo, no el número de días del viaje. Sin embargo, otro salto cualitativo en las relaciones humanas lo traería el vuelo transoceánico y el transporte aéreo comercial. Todo lo cual da idea de las posibilidades que se llegan a abrir y cerrar a los seres humanos con el devenir del tiempo.)

En matemáticas hay unos símbolos que se usan para comparar dos funciones reales en un paso al límite, cuando en un mismo punto ambas tienden a cero, o bien a infinito. Se trata de indicar cuál de las dos “llega antes”. Así, la expresión $1-\cos x = o(x)$ con x tendiendo a cero, significa que entonces la función cociente $1-\cos x$ dividida por x tiende a cero; esto es, en ese punto, $1-\cos x$ es un infinitésimo más potente que el infinitésimo x , pues alcanza primero el valor nulo. Este símbolo se conoce como la o de Landau. Hay también la O grande, O : escribir $f(x) = O(g(x))$ cuando x tiende al punto a , supone que, en ese caso, el valor absoluto de f dividida por g no sobrepasa un determinado valor real, está acotado superiormente; si además $g(x) = O(f(x))$, se dice que en ese punto f y g tienen el mismo orden de magnitud.

Apenas ningún profesor explica a sus alumnos quién está detrás de cada apellido matemático que irrumpen en la pizarra, ni siquiera el de alguno. Si eso se hiciera,



humanizaríamos algo esas solemnes letras de molde en que andan convertidos tales científicos, y su proximidad beneficiaría el aprendizaje de las matemáticas. No es fácil averiguar algo de ese Landau. Las enciclopedias, al menos las que yo manejo, no lo mencionan; las consultas hechas me han permitido, no obstante, llegar al ruso Lev Landau (1908-1968), niño prodigo y premio Nobel de Física por su teoría del helio-3 superfluido. Gracias a un libro de biografías matemáticas he logrado alguna información del "Landau de las oes", si no me equivoco se trata del matemático y astrónomo Edmund Landau (1877-1938), un judío de nacionalidad francesa a quien los nazis expulsaron de una universidad alemana. Veo también una fotografía que lo muestra con aspecto atildado trabajando sobre una mesa en actitud concentrada. No sigamos más su pista personal, al menos por hoy. Formulémonos tan solo una pregunta: Vicente Aleixandre, nacido hace justo un siglo, dijo que acaso escribía para quienes no le leían, "uno a uno, y la muchedumbre". ¿Suscribirían Frege y Landau estos versos?:

"Para ti y todo lo que en ti vive,
yo estoy escribiendo".

¿Quiénes escriben libros personales, quiénes los reciben? Hay libros que tras una primera lectura sabemos que no los hemos terminado de leer. Ni el escrito ni el autor están plenamente exprimidos y agotados. No me refiero a los libros de especialistas, que por más que los leamos dejaremos de conocer medianamente su sentido y su contenido, porque para nosotros es como si estuvieran en chino mandarín. Me importan los libros que me ayudan a plantear con entereza mi vida, los que nos estimulan a juzgar por nosotros mismos y tener opiniones personales, los que nos empujan a ejercer con ánimo la libertad. La importancia de estos libros y de sus autores tiene para mí, con respecto a mis demás estimaciones, otro orden de magnitud.

Me alienta ver en quienes admiro un verdadero desapego por la ilusión de figurar, la experiencia de la vida enseña que el desinterés por la popularidad da una sorprendente fuerza de reserva vital. Releo unas narraciones de Pedro Salinas y encuentro la hora cierta "en lo callado, en lo sonoramente vacío e inexistente, pura y sin engaño, al modo de esas verdades que acaso son lo más exacto de nuestro yo". En esa onda, uno de sus personajes exclama: "Lo que ansio es verte a tí, es tu persona, tu realidad, no es el sueño de mi gloria".

Maragall distinguía la gloria y la fama como cosas diferentes, al igual que lo son el amor y el placer. En un artículo escrito en 1908, definía la gloria como el resonar de un espíritu en los espíritus, y la fama como el resonar de un nombre en los oídos de las gentes. Unamuno rememoró en 1934 este artículo de su amigo del alma, de quien admiraba su hacer de la actualidad perennidad o perpetuidad, "en rigor: posibilidad". También el autor de "La vaca cega" profesaba afecto y aprecio por el pensador vasco, en una carta le decía que era un hombre fuerte "porque penetra, porque se hace sentir en derredor, por-

que invade", "anima usted, renueva todo lo que toca". Ambos buscaban alcanzar la auténtica gloria, pero un año antes de morir Maragall anotó algo que valdría la pena no olvidar: "el que se lanza a la vida pública para resolver las grandes cuestiones, por fuerte y bueno que sea, se convierte insensiblemente, involuntariamente en un histrión y en vez de trabajar por la 'idea' trabaja pour la galerie. Tal vez se diga que esto es inevitable y que además es necesario. No lo sé; lo único que sé es que cada vez me disgusta más esta posición en los demás y en mí mismo".

La magnitud personal de cada hombre resuena en el encuentro con su soledad. Julián Marías escribió hace años un artículo, incluido en «El curso del tiempo», donde aludía a la aparición televisiva de los poquísimos habitantes de La Hiruela, una pequeña villa situada a unos cien kilómetros de Madrid. Ante las cámaras respondieron durante unos minutos a unas preguntas sobre las expectativas de sus vidas. Observaba Marías con agrado y sorpresa: «saben hablar. Con buena fonética, con seguridad y precisión, formando frases con sentido», se fijaba con respeto y simpatía en «sus expresiones, sus gestos, y sobre todo sus miradas: miraban humana y personalmente». Allá, entre aquellas sencillas gentes, descubría una rica cantera de personas.

Me alienta ver en quienes admiro un verdadero desapego por la ilusión de figurar, la experiencia de la vida enseña que el desinterés por la popularidad da una sorprendente fuerza de reserva vital.

Ortega afirmó que la decisiva liberación del hombre sería la rebelión contra el lenguaje que esclaviza la raíz misma del ser humano que es supensar. Me parece magnífico trabajar por ese movimiento de liberación sin hacerse propaganda, en busca de gloria pero no de fama. La palabra justa y oportuna, disciplinada por la exigencia de verdad, tiene una insólita capacidad para cautivar a la persona que todos llevamos dentro, con frecuencia abandonada en un rincón. El verbo puede incrementar nuestro orden de magnitud, incluso de forma inesperada. Véase lo que el poeta portugués Teixeira de Pascoaes (1887-1952) -Joaquim Pereira Teixeira de Vasconcelos, de nombre oficial- decía en 1918 de Miguel de Unamuno: «e' o escritor espanhol mais lido e mais amado -o que é de toda justiça- em Portugal» y «se houvese muitos escritores na Espanha com identicas qualidades seria tal coisa um perigo para a nossa Independencia! Felizmente para Portugal -Nacionalidade- ha dois apenas».

(Publicado en la revista de pensamiento «Cuenta y Razón».)

ASTRONOMÍA EN LA ANTIGUA CHINA



Francesc Dalmases Marquina

Estudiante de la ETSETB
fdal0261@alu-etsetb.upc.es

La historia de las ciencias y de la técnica en China tiene varios milenios de antigüedad. Hace pocas décadas todavía, todos nuestros conocimientos en este campo de la historia cultural se limitaban a algunas observaciones casuales, a traducciones muchas veces deficientes, elegidas al azar, y a estimaciones cargadas de prejuicios acerca de la capacidad mental y científica de los chinos. Un ejemplo de ello es la astronomía. Cuando se habla de la historia de la astronomía se la confía frecuentemente e indebidamente a los descubrimientos de los griegos y los romanos, desde Tales de Mileto, pasando por Parménides, Hiparco y Tolomeo, hasta llegar a Copérnico, Galileo y Newton. Y en ningún caso se habla de la astronomía china, que en muchos aspectos iba muy por delante de la europea, si bien en otros llevaba ventaja la tradición griega.

En una civilización básicamente agrícola como la china, el establecimiento del calendario por el emperador y la subsiguiente aceptación del mismo por parte del pueblo, mayoritariamente campesino, se consideró tradicionalmente como un acto de lealtad hacia el emperador, el “Hijo del Cielo”. No es de extrañar, pues, que la astronomía adquiriese en China un carácter oficial desde épocas muy remotas. El astrónomo no fue un ciudadano al margen de las convenciones de la sociedad ni un filósofo al estilo griego, sino un funcionario civil que formaba parte del gobierno imperial y tenía una reconocida posición social.

REGISTROS Y CATÁLOGOS ESTELARES

Aparte de los registros astronómicos de Babilonia, antes del Renacimiento, las observaciones más constantes y precisas de todo el planeta fueron las que llevaron a cabo los astrónomos chinos. Una característica específica de la astronomía china fue la realización de observaciones simultáneas y regulares. Decenas de astrónomos trabajaban al mismo tiempo desde diversos emplazamientos repartidos por todo el país. Esto permitió disponer de registros regulares y series continuas de larga duración. Si hay buena colaboración entre sinólogos y astrónomos, éstos tienen un valor único, ya que cubren largos períodos acerca de los cuales no tenemos más registros.

Los primeros registros chinos de eclipses datan nada menos que de 1361 a.C.; se trata, con mucho, del eclipse verificable más antiguo en la historia de cualquier pueblo.

Los registros chinos de cometas, el último catálogo de los cuales incluye 581 entradas entre 1600 a.C. y 1600 d.C., tienen también gran valor. Ya en el 635 d.C. se indicó que las colas de los cometas siempre apuntan en sentido opuesto al sol. La primera observación china del cometa Halley fue, según consta, en el 467 a.C. y sus numerosas reapariciones en estos registros ayudaron a los astrónomos modernos a calcular su órbita aproximada.

Tenemos también abundancia de registros chinos de meteoros y meteoritos, pero tal vez el hecho más extraordinario lo constituyen los registros sistemáticos de manchas solares, llevados adelante desde el año 28 a.C.



Figura 1. He aquí el más antiguo registro de una novedad en cualquier civilización. La inscripción de este hueso oracular Shang que data de aproximadamente 1300 a.C., dice en las dos columnas centrales de caracteres: "En el séptimo día del mes, un día chi-ssu, una gran estrella nueva apareció en compañía de Antares".

En Occidente se creía que los cielos eran tan perfectos que la existencia de manchas solares era algo impensable. La explicación que se daba a la mayoría de las manchas solares observadas antes del siglo XVII era que se trataba de tránsitos del Sol por los planetas Mercurio y Venus. La teoría de la «perfección de los cielos» impedía admitir que hubiera imperfecciones en la superficie del Sol y, en consecuencia, se pensaba que estas máculas eran planetas o pequeños satélites invisibles.



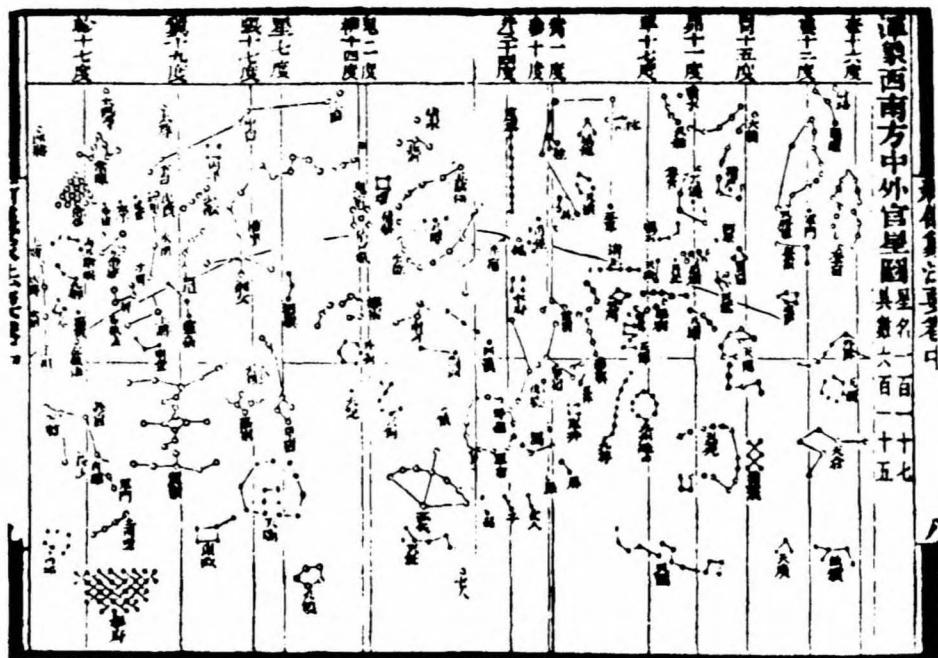


Figura 2. Mapa de estrellas del *Hsin I Hsian Fa Yao* de *Su Sung*, 1094 d.C. Muestra 14 de la 28 hsiu en proyección Mercator -aunque 500 años antes de Mercator- donde el ecuador es la línea recta horizontal. Hay que destacar la anchura desigual de las hsiu.

Los chinos no albergaban tales prejuicios sobre la «perfección». Como en muchas ocasiones las manchas solares son de tamaño suficiente para localizarlas a simple vista, fueron vistas por los chinos que las registraron como tales. Al parecer, los testimonios más antiguos que se conservan de sus observaciones son del siglo IV a.C.

Una serie particularmente interesante es la de las listas de novas (ver figura 1) y supernovas. El más reciente catálogo, preparado bajo los auspicios de la Academia Sínica por el doctor Hsi Tse-Tsung, da detalles sobre noventa, entre 1400 a.C. y 1690 d.C.

Por lo que toca a supernovas, la historia registrada sólo conoce tres; una fue la nueva estrella que Tycho Brahe observó en 1572 d.C. que contribuyó a arruinar la hipótesis tolemaica; otra fue la que vio su discípulo Kepler en 1604, en tanto que la otra, la de 1054 d.C., sólo fue registrada por los astrónomos de China y Japón. Fue el origen de la nebulosa del Cangrejo, en Tauro.

Estas observaciones tienen interés para los radioastrónomos, porque ayudan a dilucidar el origen y la naturaleza de las fuentes de radio que ahora están siendo situadas en el cielo tan distintamente como las estrellas visibles.

Tanto China como Grecia pronto tuvieron catálogos de estrellas; ambas se interesaban por estudios calendáricos, ambas seguían con atención los períodos de revolución de los planetas y sus retrogradaciones. El catálogo Clásico Estelar de China, el *Hsing Ching*, que se remonta al S.IV a.C., es anterior a Hiparco (134 a.C.) y

posee un tercio más de entradas que el Almagesto, el catálogo de Tolomeo (S. II a.C.).

CARÁCTER POLAR Y ECUATORIAL DE LA ASTRONOMÍA CHINA

Otro contraste fundamental entre la astronomía china y la griega provino de la determinación de la posición del Sol con respecto a las otras estrellas (lo que indicaba las estaciones). Como la luz del Sol enmascara la de las estrellas, su posición es difícil de determinar. Para solucionar este problema se adoptaron dos soluciones: mientras los Egipcios y Griegos se fijaron en las estrellas cercanas al Sol, visibles justo antes de amanecer y justo después de la puesta del Sol, la solución China consistió en fijarse en las estrellas opuestas al Sol (estrellas de la región circumpolar) que nunca despuntan ni se ponen. Este método, a diferencia del anterior, exigía el conocimiento del polo y ecuador celestes, por lo que se denomina sistema ecuatorial.

El sistema ecuatorial no fue adoptado por Occidente hasta el Renacimiento. En la última mitad del siglo XVI, el astrónomo danés Tycho Brahe, influido por textos árabes que tenían conocimiento de la astronomía china, usó por primera vez en Europa la ascensión recta y la declinación. Las coordenadas ecuatoriales son las coordenadas usadas más habitualmente en los observatorios astronómicos modernos para determinar la posición de las estrellas.

El hecho de centrar la atención en el Polo Celeste y en las constelaciones a su alrededor - las constelaciones

circumpolares - hacen de éste la base de la astronomía China.

El cielo chino estaba dividido en cuatro grandes "Palacios Celestes", cuyos nombres simbólicos estaban relacionados, según una antigua filosofía natural china, llamada wuxing, con su posición y con las estaciones: el Dragón Verde para el este y la primavera, el Pájaro Rojo para el sur y el verano, el Tigre Blanco para el oeste y el otoño, y la Tortuga Negra para el norte y el invierno. La región circumpolar contaba con un quinto palacio, el Palacio amarillo central, en torno a la estrella Polar. Pero había una división más importante que ésta.

Desde muy antiguo, el ecuador chino estaba dividido en 28 segmentos, llamados "Mansiones Lunares" (*hsiu*), siete por cada uno de los palacios. Cada una de estas mansiones estaba definida por una determinada constelación, y arrancaba de una estrella determinativa en ella, de modo que las distancias cubiertas por cada mansión a lo largo del ecuador diferían considerablemente. Conocidos los límites de las *hsiu*, fijando la posición de las estrellas clave con respecto al ecuador, y observando los tránsitos de éstas, se conocía la posición del resto de estrellas, incluida la del Sol.

NOMBRE DE LAS ESTRELLAS CHINAS

Por lo dicho de las constelaciones y mansiones lunares, se habrá advertido que el cielo chino estaba lleno de figuras enteramente distintas de las que reconocieron los griegos. De los millares de grupos de estrellas, sólo una docena fueron vistas del mismo modo y, por lo tanto, nombradas de la misma manera. Éste es el caso de la Osa Mayor o el Auriga. En el caso contrario tenemos la constelación del Cisne, que atraviesa la Vía Láctea. Los chinos no veían ningún cisne y, como para ellos la Vía Láctea era el Río del Cielo, nombraron a la constelación "vado celeste", *Tien-chin*.

La filosofía confuciana afirmaba que existía un paralelismo entre el orden cósmico y el hombre. Entonces, no es de extrañar que la nomenclatura estelar sea un reflejo de la organización político-militar del imperio, en contraposición con la griega, más relacionada con la mitología.

El tratado *Tian Guan* ("Los gobernadores celestes", en referencia a cinco de los planetas del Sistema Solar) del historiador Sima Qian evidencia ese paralelismo: La misma estrella polar, *Tien-ki*, la "cima" o "el extremo del cielo", o "donde reside la divinidad", supone una clara referencia a la figura central del emperador, el "Hijo del Cielo". El conjunto de estrellas que rodean la estrella polar constituye un séquito que tiene paralelismos con el sistema jerarquizado del estado burocrático imperial. Este cortejo constituye el "palacio púrpura", dentro del palacio central: "Los tres duques o los hijos" (*Shan-Kong*), "La esposa principal" (*Tcheng-fei*), "Los doce súbditos-barreña" (*Fan-tch'en*).

También encontramos estrellas cuyos nombres hacen referencia a cargos políticos: "el general", "el honorable consejero", "el encargado de interior", "el encargado de las recompensas", etc.

Otras actividades de vital importancia, como la guerra y la organización militar, la agricultura, la alimentación, la canalización y el riego, etc., tienen también su reflejo en la nomenclatura de las estrellas. Muestras de ello son nombres como "el guerrero negro" (símbolo del palacio septentrional), "el hacha", "el carro del emperador", "cesto de recolección", "la mano de mortero", "la calabaza", "la cocina", "las letrinas celestes", "el río del sur", "el estanque celeste", etc.

Las teorías naturalistas de los cinco elementos (*wuxing*) y las correlaciones simbólicas también tuvieron sus efectos en la astronomía. Así, los planetas ("Los gobernadores del cielo") y los palacios que dividen la esfera celeste están relacionados con el número cinco. Tenemos cinco planetas: Júpiter, Marte, Saturno, Venus y Mercurio, cada uno con sus correspondencias simbólicas que, como en el caso de los palacios, relacionan cada planeta con un animal, una estación, una dirección y un color.

EL RELOJ MECÁNICO Y LA ESFERA ARMILAR

De la insistencia polar-ecuatorial china emanaron dos grandes consecuencias instrumentales: la invención del montaje ecuatorial de los tubos de observar y de los telescopios, y la invención del reloj mecánico.

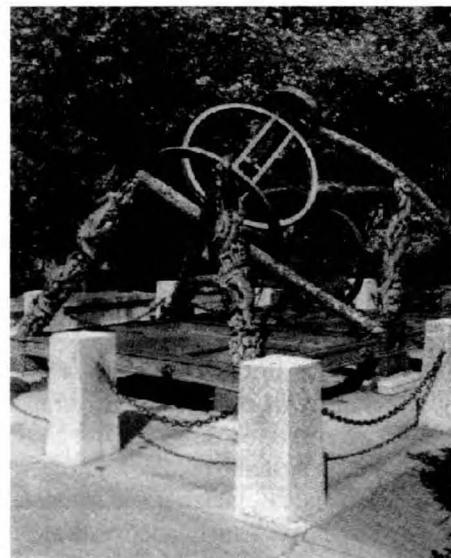


Figura 3. 'Instrumento simplificado' fabricado en el cuarto año del reinado Zhengtong (1439) de la dinastía Ming. También fue trasladado a Nanjing en 1931.

La esfera armilar consistía en una esfera compuesta por un número de anillos correspondientes a los grandes círculos de la esfera celeste, y que alojaban un tubo de



observación de suerte que pudiera ser apuntado lo más precisamente posible a cualquier punto dado de la bóveda celeste. La esfera armilar se desarrolló en China aproximadamente en la misma época que en Grecia. Keng Shou-Chhang inventó una armilla ecuatorial en el año 52 a.C. y el erudito Chang Heng añadió un anillo para el meridiano y otro para el horizonte en el año 125 d.C. Durante toda la historia china, fue mejorada y modificada. Pero el invento decisivo que señaló la transición de los instrumentos medievales a los modernos fue el montaje del tubo de observación en el eje polar, de Kuo Shou-Ching, el astrónomo real de la dinastía Yuan, en 1276. Este aparato deriva del conocimiento del *torquetum*, instrumento árabe en el que los anillos no estaban contenidos en una sola esfera, sino

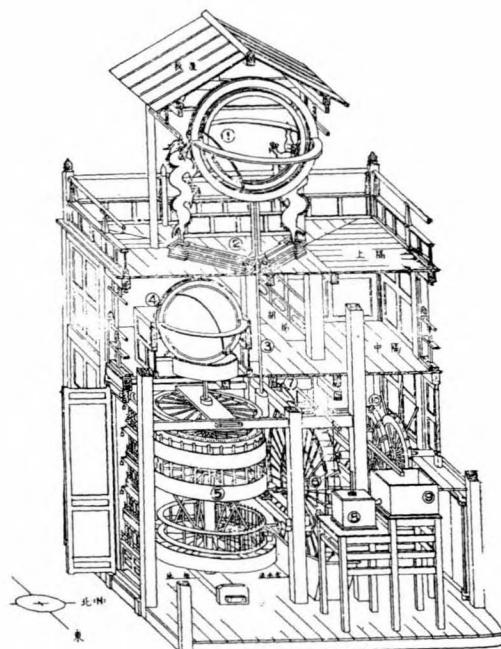


Figura 3. Reloj hidromecánico de Su Sung (1092)

montados en una especie de riestras, por lo que resultaba un sistema más cómodo y avanzado que la esfera armilar. Kuo Shou-Ching eliminó los componentes ecuatoriales del *torquetum* en su “instrumento simplificado” (*chien i*) (ver figura 3) siendo así el precursor de todas las monturas ecuatoriales de un gran número de telescopios modernos.

Los astrónomos medievales chinos también abrieron el camino en la mecanización de los aparatos de demostración y observación, de manera que girasen lentamente al paso de la aparente revolución nocturna de los cielos. En otras palabras, hicieron que la esfera armilar girase automáticamente. Esto implicó nada menos que la invención del mismísimo reloj mecánico, invento hasta ahora tenido por europeo occidental, de principios del siglo XIV. La investigación moderna ha mostrado, sin embargo, que el primer reloj mecánico se debió al monje budista I-Hsing y sus colaboradores, hacia el año 723, y supone la transición del reloj de agua al puramente mecánico. Pero el mayor de los relojes chinos del medievo fue,

sin duda alguna, la “máquina cósmica” de Su Sung, construida el año 1092.

El reloj de Su Sung era una torre astronómica de aproximadamente seis metros de altura. La parte superior del aparato tenía una esfera armilar que giraba sincronizada con una esfera celeste en el interior de la torre, de modo que se podían comparar las observaciones del cielo “real” con los datos de la máquina. Todos estos indicadores de tiempo funcionaban gracias a la misma maquinaria gigantesca que consistía en una enorme rueda hidráulica vertical con arcadas en el extremo de las paletas en las que goteaba el agua de un reloj que funcionaba con este líquido.

Probablemente el reloj de Su Sung fue el mayor avance mecánico del medievo en todo el mundo, y gracias a que sus principios llegaron a Europa, dos siglos más tarde los relojes mecánicos empezaron a construirse en Occidente.

CONCLUSIÓN

Uno puede preguntarse sobre el considerable adelanto chino en la mecanización de los instrumentos. Este hecho se debe, tal vez, a su insistencia en las coordenadas polar-ecuatoriales. Al contrario que la latitud y longitud de las coordenadas eclípticas, los paralelos de la declinación son precisamente las líneas naturales por las que discurre el movimiento aparente de las estrellas. Esto pudo inspirar a los astrónomos chinos la idea de exhibir el movimiento en esferas armilares movidas automáticamente.

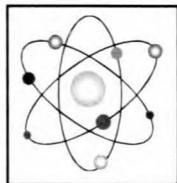
También hay que tener en cuenta el hecho de que la astronomía china, ecuatorial y diurna, no se vio atrapada por el pensamiento tenaz y obstinado de las esferas perfectas que envolvió la astronomía occidental durante casi dos milenios y, por tanto, los astrónomos chinos no tuvieron necesidad de considerar ningún tipo de esferas cristalinas para explicar el movimiento planetario, ni siquiera el estelar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] NEEDHAM, Joseph, *De la Ciencia y Tecnología Chinas*, Siglo XXI Editores, 1978
- [2] RONAN, Colin A., Joseph Needham, *The Shorter Science & Civilisation in China* (Vol.2), Cambridge University Press, 1992
- [3] TEMPLE, Robert K.G., *El Genio de China*
- [4] Internet:
Beijing Ancient Observatory:
china-indow.com/beijing/tour/museum/guan/index.html

Su Song's Clock: 1088:
www.ncts.edu.acad/history/WebChron/China/SongClock.html

The Noble Dane: Images of Tycho Brahe
www.mhs.ox.ac.uk/tycho/index.htm



MANHATTAN PROJECT: "EL PAPEL DE LOS CIENTÍFICOS EN EL DESARROLLO DE LA BOMBA ATÓMICA"

Elena López Aguilera¹, Daniel Prado Rodríguez², Miguel Ángel Sastre³

Estudiantes de la ETSETB

¹ mlop4292@alu-etsetb.upc.es, ² daniel25@casal.upc.es, ³ migue25@casal.upc.es

La Segunda Guerra Mundial ha sido la más sangrienta de todas las acaecidas hasta el momento. Su dramático final mostró el horror y la crudeza del poder atómico. Se lanzaron dos bombas atómicas, la primera sobre Hiroshima el 6 de Agosto de 1945, y la segunda sobre Nagasaki, tres días después. Solamente en Hiroshima 100.000 personas murieron en el acto y miles fueron víctimas de la radiación. Son muchas las consecuencias derivadas del lanzamiento de estas bombas, por eso, todavía hoy, 54 años después, los historiadores siguen buscando algo que justifique este hecho.

El proyecto Manhattan, o como se le llamó oficialmente, el «Manhattan Engineer District», fue el programa científico creado por el gobierno de los Estados Unidos en colaboración con su Estado Mayor destinado a desarrollar la energía nuclear y, por supuesto, su aplicación dentro de la carrera armamentística. Se trataba principalmente de desarrollar los procesos industriales y científicos que permitiesen una producción masiva de bombas nucleares.

La creación de la bomba atómica mostró al mundo la exitosa conclusión del Proyecto Manhattan. Se utilizaron 37 fábricas y laboratorios de 19 estados y de Canadá, se emplearon 120.000 personas y los mejores científicos e ingenieros. Y así, bajo la supervisión de Robert Oppenheimer, se crearon tres bombas atómicas, entre los años 1941-1945.

Las principales razones que impulsaron al entonces presidente Roosevelt a tomar esta decisión fueron,



J. Robert Oppenheimer y Franklin Roosevelt

por una parte, la presencia en Estados Unidos de un grupo de científicos huéados de Europa debido a las presiones fascistas a las que se veían sometidos en sus países de origen y de otro lado la creencia de que los alemanes podrían desarrollar bombas nucleares en breve. Uno de aquellos científicos, Albert Einstein, escribió una carta al presidente reclamándole que pusiése a los EEUU en cabeza de la carrera nuclear. Tras la guerra, Einstein se vió obligado a clarificar por qué un pacifista había defendido las armas nucleares.

El Brigadier General Leslie Groves fue elegido para liderar el proyecto. Groves no era un científico pero, su capacidad de liderazgo y de trabajo en equipo le permitieron coordinar un grupo formado por ingenieros, científicos y empresarios. Creó un pequeño comité que le asesoraría en las tareas de supervisión científica constituido por Vannevar Bush y James Conant, ambos prestigiosos científicos, dejándoles trabajar libremente.

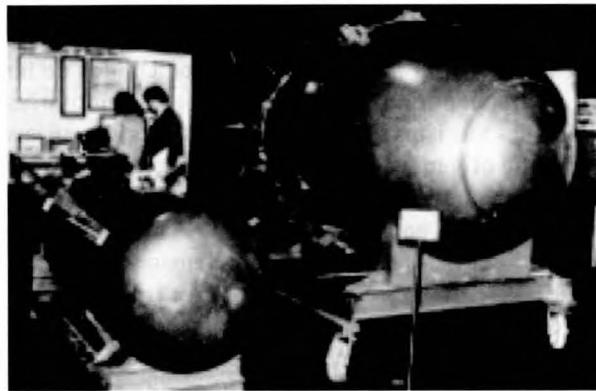
Por razones de seguridad sólo algunas personas tenían acceso a toda la información. Además la investigación se dividió en diferentes partes que eran asignadas a los diversos subgrupos, llamados SOP («Standard Operating Procedure»). Pero todo esto provocó retrasos en las investigaciones, cuando precisamente el tiempo era uno de los factores más importantes: la Alemania Nazi también estaba trabajando en el desarrollo de un arma nuclear.

El siguiente paso, y quizás el que permitió el «éxito» final del proyecto fue elegir a J. Robert Oppenheimer, para dirigir el laboratorio de investigación y desarrollo de bombas. Oppenheimer, tan carismático como brillante reunió junto a él a los más prestigiosos científicos en los campos de la química y la física nuclear. El lugar elegido para el desarrollo del proyecto fue Los Álamos, un paraje aislado donde los científicos se acuartelaron junto a sus colegas que trabajaban con A.H.Compton, Fermi, Slizard y otros en el «Metallurgical Laboratory», otro proyecto llevado en secreto dedicado al estudio de las teorías atómicas.

Su trabajo descansaba sobre los estudios realizados durante los anteriores años por científicos independientes. Curie, Rutherford, Otto Hahn , Fritz Stassman (el primero en descomponer el átomo de



uranio), y otros como Bohr, quien se unió personalmente al proyecto, habían sentado las bases de la nueva ciencia. A pesar de ello su tarea no fue fácil ya que no sólo se trataba de crear una bomba de enorme poder sino producirlas de forma masiva ya que se creía, como hemos apuntado anteriormente, que los alemanes podrían producir la bomba en cualquier momento pero en una escala de producción pequeña. Se trataba de dotar a los Estados Unidos de un arsenal de terrorífico poder.



Réplica de las bombas lanzadas sobre Hiroshima y Nagasaki

No solo tuvieron que enfrentarse con problemas tecnológicos, Groves y Oppenheimer hubieron de resolver muchos otros, en primer lugar no les fue fácil encontrar la necesaria financiación y convencer al gobierno de la prioridad del proyecto. Por otra parte necesitaron del concurso de corporaciones industriales que como las industrias Du Pont, sólo accedieron a participar en el proyecto tras dejar sentado que su único interés en él era un sentimiento patriótico y nunca un interés económico.

Cabe resaltar que el Proyecto Manhattan sentó un precedente histórico en los sistemas de producción en masa ya que creó un nuevo tipo de relaciones entre empresarios científicos e ingenieros. La cooperación entre científicos con una larga tradición de libertad y democracia en su modo de trabajar e ingenieros, mucho más disciplinados y acostumbrados a la burocracia no fue nada fácil, especialmente entre los científicos europeos del laboratorio Chicago y los ingenieros de la compañía Du Pont. Y no fue ese el último escollo que tuvieron que salvar, ya que la comunidad científica tradicionalmente había gozado de la libre circulación de conocimientos entre colegas de todo el mundo y, por supuesto, los militares encargados del proyecto exigían total hermetismo al respecto de los descubrimientos alcanzados en Los Álamos.

Finalmente, en el verano de 1944, EE.UU. descubrió que Alemania había abandonado las investigaciones, de esta forma la competición había llegado a su fin. Aun así EE.UU. continuó su propósito: construyeron la bomba, la probaron, fueron testigos de su poder

destructivo y finalmente la lanzaron. Y la pregunta es: ¿fue realmente necesario?

En Abril de 1945 las fuerzas aliadas marchaban sobre Berlín, la Marina estadounidense había establecido un bloqueo alrededor de Japón y secciones de Tokio fueron bombardeadas. De esta forma, en Julio de 1945 Japón consideraba la rendición, pero querían conservar la institución del Emperador. Y EE.UU había creado la bomba para usarla.

La situación era pues, complicada. Roosevelt murió, y para el nuevo presidente, Truman, las investigaciones eran desconocidas. Él sólo quería aceptar la rendición incondicional por parte de Japón, para evitar riesgos políticos y militares. Por otra parte estaba la antigua Unión Soviética con sus intenciones expansionistas, y Truman quería evitar demandas territoriales y políticas.

Las opiniones eran muy diversas. Para algunos la bomba era únicamente un arma para frenar a la U.R.S.S. y terminar la guerra con Japón. Otros eran conscientes de sus efectos devastadores. También se barajó la idea de realizar una demostración del poder de la bomba frente a un grupo de observadores internacionales. Pero Oppenheimer pensó que una demostración no podía mostrar su verdadero poder, sólamente después del test en Los Álamos cambió de opinión, pero ya era tarde para rectificar.

Oppenheimer pensó en las consecuencias de un fallo en la demostración. Japón podía preparar su defensa, y no debemos olvidar los ataques Kamikaze como ejemplo del fanatismo japonés.

Eran muchas las razones existentes para evitar el lanzamiento de la bomba atómica, pero, como algunos historiadores piensan, esto era, precisamente, lo que los responsables del Proyecto Manhattan no querían hacer. La construcción de la bomba había costado

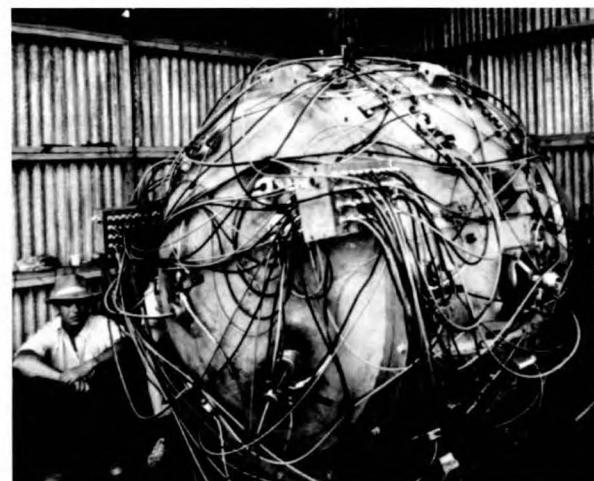


Imagen de una de las primeras bombas de fisión nuclear

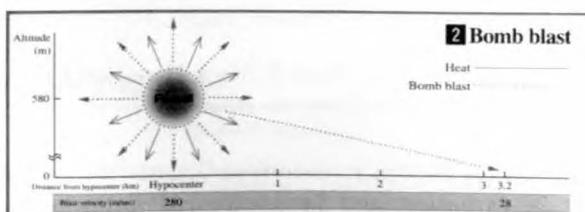
mucho tiempo y dinero (2 billones \$ invertidos en este proyecto), y ésta había sido creada con el propósito de usarla. Tenía que hacerse de forma rápida, sin previo aviso, para así maximizar su efecto, mostrar al mundo su poder, finalizar la guerra y usarla para negociaciones posteriores con la Unión Soviética.

El Secretario de Guerra Stimpson, creó un comité ('Interim Committee'), que se reunió tres veces para decidir sobre el lanzamiento de la bomba atómica. Y el resultado ya es conocido por todos. Se escogieron dos ciudades, con un único requisito, la inclusión de instalaciones militares. Primero se bombardeó Hiroshima, tres días después Nagasaki, a causa de las condiciones climáticas. El curso de la historia cambió y, en aquel momento, nadie fue capaz de apreciar las consecuencias de la decisión de lanzar la primera bomba atómica.



Imagen de los restos de Hiroshima después del lanzamiento de la bomba

El papel que jugaron los Científicos Atómicos antes y después de Hiroshima es uno de los puntos esenciales para comprender el pensamiento y la cultura americanos de la era atómica. Aunque algunos científicos aprobaran el uso de la bomba antes y después de su lanzamiento, muchos de ellos estaban afectados por los terribles efectos que su creación había tenido sobre las dos ciudades japonesas.



Gráfica que ilustra el alcance destructivo de la explosión de la bomba.

Con la esperanza de que no se volviera a lanzar ninguna bomba más, los Científicos comenzaron a intervenir activamente en Política. Así comenzó lo que se conoce como el «Movimiento Científico». Podemos situar el inicio de este movimiento hacia mediados de 1945, cuando algunos científicos del Proyecto Manhattan intentaron persuadir al Gobierno para retrasar el uso militar de la energía atómica. Este pensamiento se manifestó en el Frank Report, firmado por reputados científicos tan famosos como Niels Bohr y James Franck. Como es evidente su propuesta fue desechada, pero su impulso se intensificó durante los años de postguerra.

Con la esperanza de que no se volviera a lanzar ninguna bomba más, los Científicos comenzaron a intervenir activamente en Política

El Movimiento Científico empezó con la creación de pequeños grupos en los «Centros Atómicos» como Chicago, Los Álamos y Oak Ridge, concienciados sobre el horror que podía crear el armamento nuclear. Estos grupos se unieron en Noviembre de 1945 para formar la «Federation of Atomic (American) Scientists (FAS)». Fue este momento a partir del cual la actitud de los Científicos se volvió realmente activa.

Su objetivo era, a largo plazo, alcanzar alguna forma de Gobierno Mundial, pero en ese momento éste parecía un objetivo utópico, por lo que los propósitos más inmediatos eran, por un lado, la retirada del plan May-Johnson, que permitía a los militares tener control sobre toda la investigación y desarrollo en física nuclear. Por otro lado la meta principal era el control internacional de la energía atómica. El primero de ellos se materializó en 1946, estableciendo la Atomic Energy Commission (AEC) de carácter civil, aunque el triunfo de los científicos no fue completo, ya que el poder militar constituía uno de los pilares de la mencionada comisión.

La propuesta para un control internacional de la energía atómica se produjo en octubre de 1945 en las universidades y el Massachusetts Institute of Technology (MIT) con un comunicado de 5 puntos que concluía que el acuerdo internacional era necesario para la supervivencia de la Humanidad.

El subsecretario Dean Acheson, con la ayuda de consejeros como D.E. Lienhard y J.R. Oppenheimer elaboró el 28 de Marzo de ese año el Informe sobre el control internacional de la energía atómica, apoyado por el movimiento científico y que parecía ser una



solución al problema de la bomba. Más tarde, el 14 de Junio de 1946 se produjo el primer encuentro de la United Nations Atomic Energy Commission (UNAEC) en Nueva York.

A pesar de las primeras reacciones entusiastas, los problemas surgieron a partir de la intención americana de conservar su libertad para continuar fabricando y probando armas atómicas en lugar de permitir que las Naciones Unidas preservaran el «secreto atómico» y controlaran la producción de bombas. El delegado soviético Andrei Gromiko insistió en que debía producirse una moratoria mundial a la producción nuclear antes de llegar a cualquier acuerdo sobre el control internacional. En este sentido el optimismo inicial se tornó en pesimismo, y a pesar de los grandes esfuerzos de algunas personas para encontrar alternativas, la UNAEC finalmente desapareció en 1948.

No podemos olvidar el papel de la opinión pública durante este proceso. Se realizaron múltiples encuestas y en ellas la gente parecía bastante favorable a la idea del control internacional, pero la postura cambiaba completamente cuando eran preguntados sobre la posibilidad de sacrificar parte de la primacía americana en el control y producción de bombas. Sólo el 17% en 1945 y el 21% en 1946 apoyaban la idea de dejar el «secreto de fabricar bombas» bajo control de las Naciones Unidas. Estos resultados mostraban el pensamiento general de «más vale pájaro en mano que ciento volando», aunque también está claro que la población no tenía suficiente información sobre la situación.

Uno de los principios del Movimiento Científico era crear entre la población un interés y preocupación sobre el problema de la energía atómica. Esta idea se resume en la frase pronunciada por Einstein en Junio de 1946: «To the village square we must carry the facts of atomic energy. From there must come America's voice».

*«To the village square we must
carry the facts of atomic energy.
From there must come
America's voice»*

Con ese propósito, los científicos empezaron a dar charlas y conferencias en clubs, iglesias, auditorios y estudios de radio. Como la energía atómica era un gran misterio para la mayoría de la gente, la figura del científico atómico era altamente respetada y tenía mucho poder de influencia. Los

científicos aprovecharon esta situación para persuadir a la población hacia el apoyo a las ideas del control internacional, etc.

Esta gran fama no era bien llevada por algunos científicos como el húngaro Leo Szilard que dijo que esa situación era la «venganza» del mundo por haber creado un arma tan horrible. En esa línea muchas personas criticaban a los científicos, incluso a la Ciencia en sí misma por haber puesto en peligro a la humanidad con la bomba atómica.

A pesar de todo, los científicos eran muy activos en su empeño, y se constituyó el National Committee for Atomic Information (NCAI), así como la publicación «Bulletin of the Atomic Scientist», que fue el intento más duradero de influir sobre la opinión pública.

En este sentido el miedo jugó un papel destacado. La estrategia del miedo fue defendida por muchos científicos en los primeros años tras la guerra como la mejor manera de convencer a la gente sobre el peligro que el uso del armamento nuclear suponía. Ejemplos de esta estrategia son los múltiples periódicos, programas de radio, etc. que emitieron dramáticas o sensacionalistas descripciones de los terribles efectos que una explosión nuclear tendría en ciudades como Nueva York o Chicago. Algunos consideraban entonces al miedo como el «gran benefactor de la humanidad». No todo el mundo estaba de acuerdo sobre esta táctica, por considerar la visión de una guerra nuclear como apocalíptica o exagerada. Tampoco faltaban quienes pensaban que el miedo volvería a la gente pusilánime sobre el tema.

En 1947 la estrategia del miedo fue abandonada ya que sus firmes defensores como J.R. Oppenheimer se dieron cuenta de que esa vía estaba agotada porque la actitud de la gente ya no era la misma que los primeros meses después de Hiroshima y Nagasaki. Sin embargo, todos estos esfuerzos fueron útiles para fijar algunas «percepciones básicas» sobre la bomba y para sentar un precedente para el activismo futuro en contra de la proliferación de armas atómicas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Boyer, Paul, *By the Bomb's Early Light: American Thought and Culture at the Dawn of the Atomic Age*, 1985; reprint, Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1994
- [2] Davidson, James West & Mark Hamilton Little, *The Decision to Drop the Bomb*.
- [3] Hugues Thomas P., *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm*, Penguin, 1989.