

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.

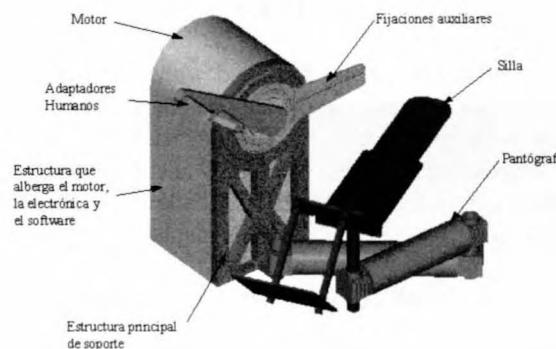
- Electrónica y software de control del motor y los sensores. Debe optimizarse para controlar el motor en pocos milisegundos bajo aceleraciones muy grandes.

- 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)

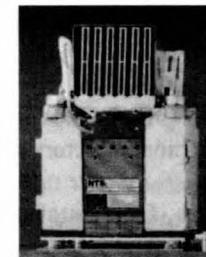
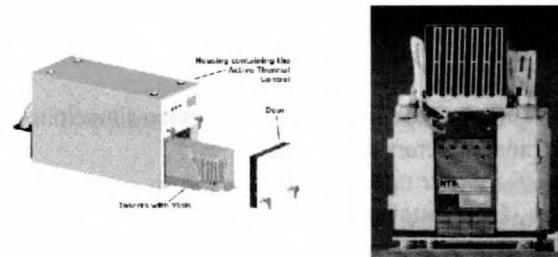
Two ATCS units are used in BIOLAB for sample stowage at selectable temperatures. The content of the ATCS (contained in the ATCS Inserts) can be easily exchanged as a function of experiment requirement needs. The ATCS's can be accessed by the Handling Mechanism

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:

