

# La SUPERCOMPUTACIÓN como herramienta para lograr la excelencia en la Investigación y en la Innovación Tecnológica

César Gómez-Martín, Javier Corral-García, José L. González-Sánchez, Javier Lázaro-Jareño y Ángel Bejarano-Borrega

**Abstract**—En un mundo en rápida y constante evolución, la innovación se ha convertido en un valor fundamental para alcanzar los niveles de desarrollo y progreso que precisa la sociedad. Por este motivo, la Junta de Extremadura, a través de la Vicepresidencia Segunda y Consejería de Economía, Comercio e Innovación, ha realizado una importante apuesta por consolidar el proceso innovador emprendido con la implantación del supercomputador LUSITANIA. Los supercomputadores son herramientas que, mediante el uso de técnicas de programación de altas prestaciones, proporcionan a los investigadores la capacidad de explorar soluciones que tardarían años o siglos en resolverse con un ordenador personal. La capacidad de cómputo, de almacenamiento y de procesamiento del supercomputador LUSITANIA, junto con el ancho de banda proporcionado por la Red Científico-Tecnológica de Extremadura proporciona las herramientas adecuadas para acometer proyectos de gran envergadura a nivel regional, nacional e internacional.

**Index Terms**—HPC, Supercomputación, Grid, Cloud, CénitS, LUSITANIA.

## I. INTRODUCCIÓN

La supercomputación es una tecnología ampliamente utilizada en todas las áreas de investigación. La mayoría de investigaciones científicas requieren una simulación que permita conocer de antemano cómo se va a comportar un determinado experimento, cómo afectaría un cambio climático en explotaciones agrícolas, qué impacto provocaría una refinería o industria química a la biodiversidad o a la gestión forestal, qué ocurriría en caso de una catástrofe química, nuclear, por rotura de una presa, etc. En definitiva, nos permite conocer cómo afectaría un determinado comportamiento, en cualquier rama de la ciencia (ámbito medioambiental, energético e industrial). La importante aportación de LUSITANIA al proceso investigador e innovador tiene como principales destinatarios

César Gómez-Martín - CénitS.  
E-mail: cesar.gomez@cenits.es

Javier Corral-García - CénitS.  
E-mail: javier.corral@cenits.es

José L. González-Sánchez - CénitS.  
E-mail: joseluis.gonzalez@cenits.es

Javier Lázaro-Jareño - CénitS.  
E-mail: javier.lazaro@cenits.es

Ángel Bejarano-Borrega - CénitS.  
E-mail: angel.bejarano@cenits.es

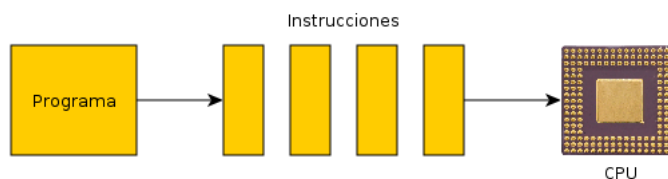


Fig. 1. Programación Secuencial

a la comunidad científica y a las empresas. La potencia, capacidad y rendimiento de LUSITANIA permiten obtener resultados de investigación a una velocidad, que acorta de forma considerable los tiempos que hasta ahora se han venido consiguiendo a medio y largo plazo. Esto es posible gracias a que se trata de uno de los sistemas de memoria compartida más importantes de España. Por lo tanto, el supercomputador LUSITANIA es una herramienta que vertebrará la investigación y la innovación, ya que, hoy en día, no es posible innovar ni investigar si no disponemos de gran capacidad de cómputo y de almacenamiento. La promoción de la I+D+i no es factible sin disponer de la capacidad de procesar grandes cantidades de datos en un corto periodo de tiempo. CénitS 10-marzo-2010

## II. COMPUTACIÓN DE ALTAS PRESTACIONES

Las técnicas de computación de altas prestaciones tienen el propósito de proporcionar herramientas y metodologías que permitan a los programadores resolver problemas de la manera más rápida y eficiente posible.

### A. Paradigmas de Programación

1) *Programación secuencial*: La manera tradicional de resolver problemas o cálculos con un ordenador se basa en la ejecución de cálculos en serie, estos cálculos se ejecutan normalmente en ordenadores con un único procesador, sus instrucciones se ejecutan de forma secuencial (Fig.1), es decir, una detrás de otra, y sólo es posible ejecutar una única instrucción a la vez.

2) *Programación paralela y distribuida*: La programación paralela y distribuida [1] consiste en usar varios recursos de forma simultánea para resolver un problema (Fig.2). Las

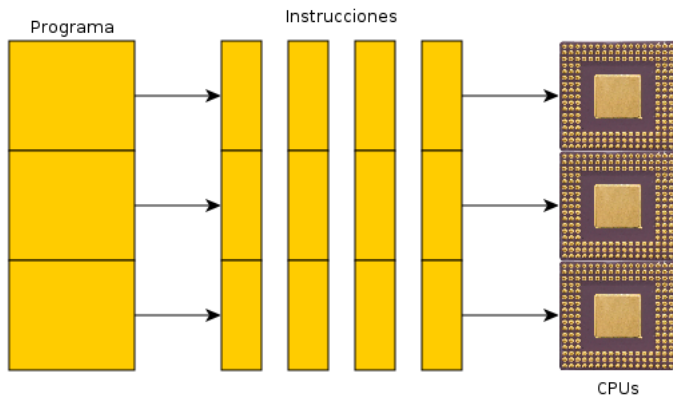


Fig. 2. Programación Paralela y Distribuida

instrucciones se ejecutan en computadoras con varios procesadores, el problema se divide en partes independientes y cada parte se ejecuta de forma simultánea en cada uno de los procesadores. A menudo se confunde programación paralela con programación distribuida porque tienen filosofías semejantes. A pesar de que ambas se basan en la utilización de varios recursos de forma simultánea, la programación paralela se diferencia de la distribuida en que el problema se resuelve en un mismo computador, y, en el caso de la distribuida, aunque puedan tener el mismo objetivo, no es necesaria la utilización del mismo entorno, ni siquiera del mismo lenguaje. Las ventajas de ambos paradigmas de programación son las siguientes:

- Permiten resolver problemas en menos tiempo.
- Proporcionan soluciones a problemas más grandes y complejos.
- Posibilitan la realización de barridos paramétricos para estudiar diferentes variantes del problema.
- Los procesadores actuales son de n-cores, es decir, sacan el máximo partido al hardware actual.

### B. Tipos de Computadoras

Existen varias taxonomías [2][3] para la clasificación de las computadoras, las más utilizadas son:

- Taxonomía de Flynn: Divide el universo de computadoras en cuatro clases atendiendo al flujo de las instrucciones y al flujo de los datos que pueden procesarse de forma simultánea.
  - SISD (Single Instruction Single Data stream): computadora monoprocesador secuencial que no explota el paralelismo.
  - SIMD (Single Instruction Multiple Data stream): procesadores matriciales, vectoriales o GPUs que explotan varios flujos de datos para realizar operaciones que pueden paralelizarse de forma natural.
  - MIMD (Multiple Instruction Multiple Data stream): Multiprocesadores y multicomputadores autónomos que ejecutan diferentes instrucciones sobre distintos datos.

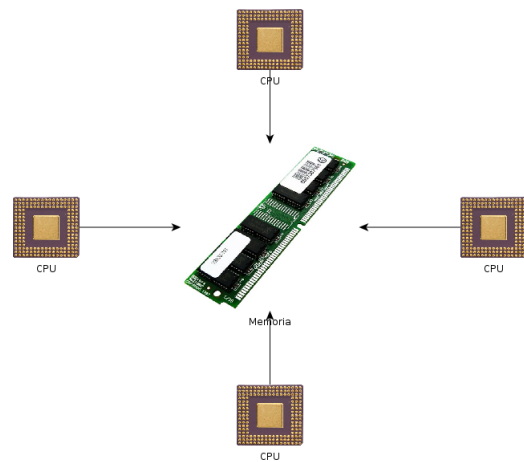


Fig. 3. Memoria Compartida

– MISD (Multiple Instruction Single Data stream): Múltiples instrucciones que operan sobre un sólo dato. Es una arquitectura muy poco común que suele utilizarse para la realización de pruebas de tolerancia a fallos (vg. Computadora de control de vuelo de las lanzaderas espaciales).

- Taxonomía de Feng: Tseng-yun-Fen utiliza el grado de paralelismo como criterio de clasificación de la arquitectura de un computador. El máximo grado de paralelismo es el máximo número de bits que pueden ser procesados por unidad de tiempo.
- Taxonomía de Händler: Wolfgang Händler no solo utiliza el grado de paralelismo sino que también incluye el grado de encauzamiento contenido en las estructuras hardware del computador.

Aunque estas taxonomías son las estudiadas en la literatura, la clasificación que se utiliza comúnmente es la que atiende a la distribución de memoria de la máquina, a saber: compartida, distribuida o híbrida.

1) *Memoria Compartida*: Las computadoras de memoria compartida tienen la característica común de que todos los procesadores acceden al mismo espacio de memoria (Fig.3), por lo tanto, los cambios que se produzcan en la memoria afectan a todos y cada uno de los procesadores. Existen dos tipos de computadoras de memoria compartida:

- UMA (Uniform Memory Access): los procesadores están a la misma distancia de la memoria, son máquinas SMP (Symmetric MultiProcessor) puras.
- NUMA (Non-Uniform Memory Access): los procesadores no están a la misma distancia de la memoria, en la mayoría de las ocasiones se trata de máquinas SMP interconectadas entre sí.

Las ventajas de las máquinas de memoria compartida son la facilidad con la que se programan y la rapidez a la hora de compartir los datos entre procesos o threads. La principal desventaja radica en que es muy caro hacer computadoras con muchos procesadores.

2) *Memoria Distribuida*: En este tipo de computadoras cada procesador tiene su propia memoria local y la memoria

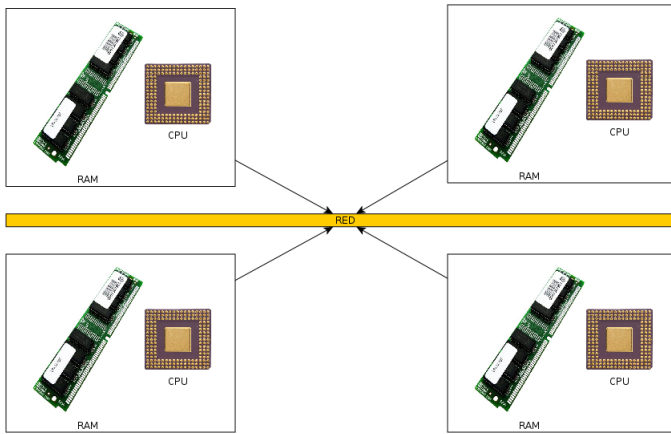


Fig. 4. Memoria Distribuida

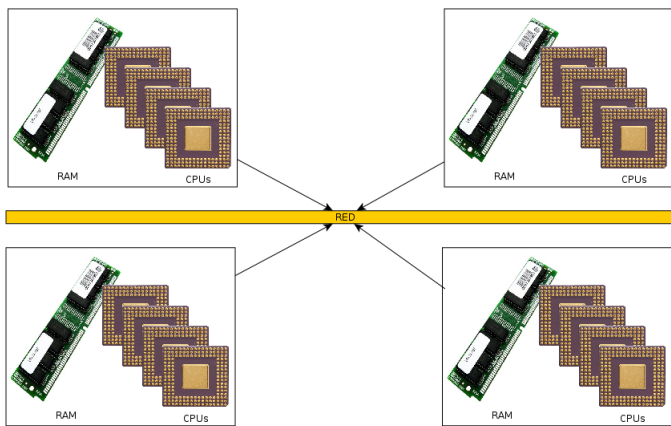


Fig. 5. Computadoras híbridas

local de un procesador no es visible ni accesible por el resto de procesadores (Fig.4). Obviamente debe existir comunicación entre los procesadores para realizar la compartición de memoria, pero esta comunicación no se hace a través de buses sino mediante una red de comunicaciones que interconecta todos los nodos de la máquina. La principal ventaja de este tipo de arquitecturas es que si se quiere aumentar el número de procesadores y memorias el coste es lineal, no se dispara como ocurre con las máquinas de memoria compartida. Las desventajas tienen que ver con la introducción de una red de comunicaciones que permite la comunicación entre los nodos:

- La red de comunicaciones suele ser un cuello de botella si las comunicaciones entre los nodos son intensas.
- El programador es el responsable de realizar las comunicaciones y de sincronizar las distintas porciones de código que se ejecutan en paralelo en los distintos nodos.
- La paralelización de programas puede no ser trivial. (vg. Funciones matemáticas con interdependencia entre los datos - Serie Fibonacci -).

3) *Híbridas*: Las computadoras híbridas comparten tanto las ventajas como los inconvenientes de la memoria compartida y de la memoria distribuida. Están compuestas por grupos de procesadores que comparten una misma memoria y que se

comunican a través de una red de comunicaciones. Suelen ser máquinas SMP conectadas entre sí (Fig.5). Entre sus ventajas están:

- La escalabilidad entre los procesadores y la memoria es buena.
- El coste de ampliación de la máquina es lineal con respecto al número de grupos de procesadores.
- La red de comunicaciones no es tan crítica como en el caso de las máquinas de memoria distribuida.

En cuanto a sus desventajas:

- El programador sigue siendo el responsable de gestionar las comunicaciones entre los nodos.
- La paralelización puede ser no trivial o incluso imposible.

### III. SUPERCOMPUTACIÓN VS. COMPUTACIÓN GRID VS. COMPUTACIÓN CLOUD

Hoy en día existen multitud de términos a los que nos referimos cuando hacemos alusión a la computación, muchas veces estos términos se solapan entre sí y la delgada línea que los divide hace que, en ocasiones, no sepamos diferenciar supercomputación, computación grid o computación cloud.

#### A. Supercomputación

Un supercomputador es un ordenador que permite disponer de una capacidad y velocidad de procesamiento difíciles de lograr utilizando ordenadores comunes. La característica diferencial de este tipo de máquinas reside en su jerarquía de memoria [4], que se diseña de forma muy cuidadosa para asegurar que el procesador siempre esté alimentándose con instrucciones y datos, de hecho la principal diferencia entre los ordenadores y los supercomputadores reside en su jerarquía de memoria. Además sus sistemas de Entrada/Salida están diseñados para soportar anchos de banda muy elevados.

#### B. Computación GRID

La principal diferencia de la computación Grid con respecto a la Supercomputación es que la computación Grid permite utilizar todo tipo de recursos de forma simultánea sin estar sujetos a un control centralizado. Es una nueva forma de computación distribuida que permite el uso de máquinas heterogéneas que se conectan a través de Internet [5]. A diferencia de los supercomputadores, la computación Grid no requiere que sus recursos estén cercanos físicamente, esto es a la vez su mayor fortaleza y su mayor debilidad. Ventajas de la computación Grid:

- La escalabilidad es prácticamente ilimitada
- Las máquinas que componen la Grid nunca quedan obsoletas porque pueden integrarse con tecnologías mucho más modernas, se pueden modificar las características de sus componentes sin que afecte a su correcto funcionamiento.

Desventajas:

- Los procesos que se ejecuten en la Grid no deben tener interdependencia entre ellos, puesto que si se abusa de las comunicaciones a través de Internet el rendimiento del sistema se deteriora de forma exponencial.

- Al hacer uso de redes públicas de comunicación, la gestión de las máquinas no es trivial, las políticas de accesos y seguridad son controladas con un middleware que es muy difícil de configurar y gestionar.

### C. Computación Cloud

Al igual que la computación Grid, la computación Cloud es un tipo de computación basada en Internet. Por norma general, los usuarios de computación Cloud no son propietarios de la infraestructura física, consumen recursos de un tercero y pagan únicamente por los recursos que utilizan. Análogamente, se puede decir que la computación Cloud se asemeja al modelo de negocio de la industria eléctrica (solo se pagan las horas de procesamiento, los megas de almacenamiento o la electricidad que se consuma) [6]. La computación Cloud no debe confundirse con otras tecnologías, pero aún características derivadas tanto de la supercomputación como de la computación Grid.

## IV. COMPUTAEX-CÉNITS

La Fundación Computación y Tecnologías Avanzadas de Extremadura (COMPUTAEX) y por voluntad de la Junta de Extremadura, como institución fundadora, se constituyó como organización de naturaleza fundacional sin ánimo de lucro. La Fundación tiene como fines todos aquellos que promuevan el desarrollo de las tecnologías de la información, el uso del cálculo intensivo y de las comunicaciones avanzadas como instrumentos para el desarrollo socioeconómico sostenible, estimulando la participación de la sociedad civil movilizándolo sus recursos y dedicando especial atención a las relaciones de cooperación entre los centros de investigación públicos y privados y del sector productivo. El objetivo básico de la Fundación es la creación, explotación y gestión de CénitS [7]. CénitS es el Centro Extremeño de Investigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación, sus objetivos son fomentar, difundir y prestar servicios de cálculo intensivo y comunicaciones avanzadas a las comunidades investigadoras extremeñas, o a aquella empresa o institución que lo solicite, y de esta forma contribuir mediante el perfeccionamiento tecnológico y la innovación, a la mejora de la competitividad de las empresas. Asimismo, CénitS alberga el Supercomputador LUSITANIA, uno de los supercomputadores con más memoria compartida de España y Europa. Para llevar a cabo sus fines, CénitS pretende acometer un conjunto de actividades fundamentales entre las que destacan las siguientes:

- El impulso, puesta en marcha y gestión del Centro de Supercomputación de Extremadura.
- Promover la elaboración de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Proporcionar capacidad de cálculo, comunicaciones y soporte técnico a sus usuarios mediante el equipamiento disponible en La Fundación.
- Colaborar en la transferencia de resultados de investigación en el área de cálculo entre los centros públicos de investigación y las empresas.
- Explotar y transferir tecnologías desarrolladas por La Fundación.



Fig. 6. LUSITANIA

- Fomentar y promocionar la cooperación entre empresas e instituciones.
- Promocionar y colaborar en la organización de cursos, seminarios y reuniones.
- La elaboración y edición de libros, revistas, material audiovisual o multimedia relacionados con los fines de La Fundación.
- Buscar y obtener recursos para el desarrollo de sus actividades.
- Contribuir al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad competitiva de las comunidades investigadoras extremeñas, así como del sector empresarial.
- Atender a las necesidades tecnológicas de las entidades y empresas que así lo requieran en el área de la supercomputación.
- Cualquier actividad que se considere de interés para el objeto de La Fundación.

### A. LUSITANIA

CénitS alberga el Supercomputador *LUSITANIA* (Fig.6), uno de los supercomputadores con más memoria compartida de España y Europa. Sus características son las siguientes:

- Nodos de cómputo (2 HP Integrity SuperDome SX2000) (Fig.7):
  - 2x (64 procesadores/128 cores) = 128 procesadores/256 cores.
  - Itanium2 Montvale @ 1.6 GHz, 18 MB cache.
  - 2x 1TB de memoria en una sola imagen = 2TB de memoria.
  - 2x 40x146GB discos SAS = 11,68TB para "scratch".
  - Sistema Operativo Suse Linux "SLES 10" (con posibilidad de ejecutar simultáneamente Windows Server, HP-UX, Red Hat, SLES, etc.)
  - Alta disponibilidad: N+1 ventiladores OLR, N+1 suministradores de energía OLR, doble suministro de corriente, OLAR para celdas, OLAR para tarjetas I/O, ECC en CPUs, memoria y todos los caminos de datos, Dynamic Processor Resilience, Dynamic Memory Resilience (Chip Kill doble) y dos caminos entre los switches y el controlador de celda, la memoria y las CPUs.





Fig. 7. HP Integrity SuperDome SX2000



Fig. 8. Topología de Red

- Hasta 16 particiones físicas y 64 particiones virtuales.
- Almacenamiento: (2 EVAs 8100)
  - Red Fiberchannel con multipathing activo-activo (8 puertos x 4 controladoras).
  - 2 EVAs 8100 x [(208 discos FC x 450GB) + (128 discos FATA x 1TB)] = 265,6TB.
  - 4 DL380-G5 servidores NAS ejecutando el sistema de ficheros distribuido HP StorageWorks PolyServe.
- Backup:
  - Sistema de backup basado en la librería de cintas HP Storageworks EML 245e con capacidad para 245 cintas de tecnología LTO-4 Ultrium 1840, lo que ofrece una capacidad de 392 TB en comprimido 2:1. Y software para la gestión y planificación de backups desatendidos HP StorageWorks DataProtector
- Topología de Red (Fig.8)
  - La infraestructura de servicio, y cálculo se vertebra sobre 2 switches directores ProCurve modelo HP ProCurve 5406ZL cada uno con la siguiente configuración:
    - 6 slots para módulos de ampliación
    - 8 puertos activos 10Gigabit Ethernet repartidos en dos módulos de 4 puertos, para la conectividad de

los Superdomes y nodos de servicio rx2660 vía 10 GBE para cálculo.

- 24 puertos a 1Gigabit Ethernet activos en ún modulo de 24 puertos, para la conectividad GBE de todos los elementos de la solución.
- Módulos Y Switches necesarios para conectar todos los procesadores de consola remota de todos los nodos vía Fast Ethernet/GBE.
- Nodos de Servicio
  - Servicio de Login/desarrollo/gestión HPC
  - 4 x HP Integrity rx2660 cada uno con: 4 núcleos del procesador Intel Itanium-2 dual-core Montvale (1,6Ghz/18MB caché-en el chip) y; 16GB de memoria DDR-2 y; 6 discos SAS de 146 GB
- Nodos de Gestión
  - 2 x HP Proliant DL380-G5 cada uno con: con 8 núcleos del procesador Intel Xeon Quad-Core E5450 (3.0 GHz, 1333 FSB, 80W) y; 8 GB de memoria FBD DDR-2 y; 2 discos SAS de 146 GB

### B. Red Científico-Tecnológica de Extremadura

La Red Científico Tecnológica [8] es un proyecto de la Consejería de Economía, Comercio e Innovación financiado con fondos FEDER procedentes de la Iniciativa Comunitaria INTERREG III-A España-Portugal (2000-2006). Sus principales objetivos son:

- Ser la infraestructura base, moderna y de alta calidad, que sirva como plataforma tecnológica y como un instrumento para el desarrollo de iniciativas en materia de Ciencia e Innovación.
- Potenciar el intercambio de información y conocimiento entre las universidades, centros de investigación y docencia y centros tecnológicos regionales, haciendo posible la puesta en marcha de proyectos multidisciplinares.
- Implementar y desarrollar servicios telemáticos y de interconexión altamente innovadores.
- Eliminar las congestiones que se generarán en las redes privadas de los operadores provocadas por la generalización del acceso y el incremento de los anchos de banda.

Además de recorrer toda la geografía extremeña haciendo uso de las canalizaciones de las principales vías de comunicación de Extremadura, esta red también posibilita a los centros tecnológicos y de investigación acceder a otras redes mediante anchos de banda muy superiores a los actuales, puesto que se conecta a otras redes de investigación de ámbitos nacional (Red Iris - Red Española de I+D), ibérico (FCCN - Red de Ciencia de Portugal) y europeo (GÉANT). A futuro, se pretende que tenga acceso a los cables transoceánicos que llegan a Lisboa, a través de los cuales será posible poner en marcha proyectos con otros continentes, como América, África o Asia.

### C. Proyectos en curso

La Ciencia Computacional es una disciplina horizontal, puede ser aplicada a todas las áreas del saber, en especial a las ciencias. Por ejemplo:

- Predicción de impacto medioambiental (repoblaciones forestales, riegos, refinerías, industrias químicas, etc.)
- Biología y Medicina (detección precoz de enfermedades -cáncer-, investigación de fármacos, genoma, biodiversidad, etc.)
- Ciencias de la tierra (detección de riesgo de incendios, simulación de comportamientos geológicos, etc.)
- Agricultura y ganadería (estudio de aplicación de nuevas técnicas de producción y reproducción, simulación de comportamientos de los productos dependiendo del clima, etc.)
- Modelados económicos (simulaciones de comportamiento de la economía, predicciones de inflación o deflación, etc.)
- Diseño industrial (diseño de estructuras, puentes, aviones, coches, etc.)
- Matemáticas
- Predicciones climáticas
- etc.

Con aproximadamente un año de vida, el supercomputador LUSITANIA ya ejecuta simulaciones y trabajos multidisciplinarios que permitirán lograr importantes avances científicos para lograr la excelencia en la investigación y la innovación tecnológica.

1) *Solución de problemas electromagnéticos de grandes dimensiones*: Los investigadores Luis Landesa y José Manuel Taboada del Departamento de Tecnología de los Computadores y las Comunicaciones de la Universidad de Extremadura utilizan LUSITANIA para solucionar grandes problemas electromagnéticos, entre otros han conseguido bítir el record del mundo del objeto más grande jamás analizado en electromagnetismo, con un modelo de 620 millones de incógnitas. En concreto, se ha resuelto un problema para modelar el comportamiento electromagnético de un automóvil a frecuencias de 79GHz de forma rigurosa, que triplica el máximo problema que otros científicos han logrado resolver. Las investigaciones de Landesa y Taboada ayudan a investigar problemas relacionados con los nuevos sistemas de seguridad en automoción, compatibilidades electromagnéticas, interferencias electromagnéticas, predicción de sección radar, efectos de las radiaciones electromagnéticas en el cuerpo humano, radares de penetración, etc.

2) *WACCM (Whole Atmosphere Community Climate Model)*: El investigador José Agustín García del Departamento de Física de la Universidad de Extremadura está actualmente realizando un proyecto que pretende acometer integraciones climáticas con el modelo WACCM (Whole Atmosphere Community Climate Model). Este modelo tiene la particularidad de incorporar multitud de especies químicas de interés meteorológico dentro del proceso de integración, muy interesantes desde el punto de vista de la estratosfera, con la idea de analizar el comportamiento de la misma para el estudio del cambio climático. Estudios similares a los que se llevan a cabo en el supercomputador LUSITANIA del CénitS se están realizando en el supercomputador MareNostrum del BSC (Centro de Supercomputación de Barcelona) y en el supercomputador Finis Terrae del CESGA (Centro de Super-

computación de Galicia). Por ello, otro objetivo fundamental es la coordinación entre los grupos de investigación que llevan a cabo estos experimentos.

### 3) *Otros proyectos*:

- Dinámica fuera del equilibrio del modelo de Heisenberg tridimensional en presencia de un campo magnético
- Cálculo de la corriente de bootstrap en el stellarator TJ-II
- Evaluación de AzequiaMPI
- GCYDEX
- Algoritmos paralelos heterogéneos para procesamiento de imágenes multicanal
- Simulaciones girocinéticas globales de plasmas de fusión con EUTERPE
- Medida de dosis neutrónicas en pacientes sometidos a radioterapia
- Diseño y Simulación de Dispositivos y Sistemas de Comunicaciones Ópticas
- Supercomputación y Desarrollo GRID
- Supercomputing and e-science
- Expedición Sheliós 2009
- com.info.com: Predictibilidad de infoestructuras de comunicaciones mediante supercomputación y su aplicación al despliegue de redes MIPv6 y FTTx

## V. CONCLUSIONES

Los supercomputadores han demostrado ser la revolución del siglo XXI, son capaces de resolver los problemas más complejos que los investigadores jamás hubieran imaginado resolver. Además, disponer de un supercomputador puede suponer ser el primero en obtener resultados, conocimientos, innovación y riqueza. Pero la supercomputación va más allá, ya que nos permite encontrar curas para enfermedades con mucha más celeridad y, por lo tanto, puede permitirnos salvar la vida de personas, cosechas y animales.

## VI. REFERENCIAS

- 1 Ananth Grama, Anshul Gupta, George Karypis and Vipin Kumar. "Introduction to parallel computing". Ed. Pearson, 2003. Capítulo 1
- 2 Julio Ortega, Mancia Anguita y Alberto Prieto. "Arquitectura de computadores". Ed. Thomson, 2004. Capítulo 1
- 3 Kai Hwang y Faye A. Briggs. "Arquitectura de procesadores y procesamiento paralelo". Ed. McGraw-Hill, 1990. Capítulo 1
- 4 Julio Ortega, Mancia Anguita y Alberto Prieto. "Arquitectura de computadores". Ed. Thomson, 2004. Capítulo 7
- 5 Ian Foster. "What is the Grid? A Three Point Checklist". GridToday, July 2002.
- 6 Gruman, Galen. "What cloud computing really means". InfoWorld (2008-04-07).
- 7 Centro Extremeño de Investigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación - <http://www.cenits.es>
- 8 Red Científico-Tecnológica de Extremadura - <http://rct.juntaextremadura.net/>