

## Evolución de la Supercomputación en la década 1995-2005

**Javier García Tobío**

**Director del Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA)**

A lo largo de los diez últimos años la tecnología aplicada al cálculo intensivo ha seguido la Ley de Moore: prácticamente cada dieciocho meses se duplicó la capacidad de proceso de los mayores servidores de cálculo, también conocidos como superordenadores.

La evolución de la tecnología y usos de los grandes sistemas de cálculo puede sintetizarse en la tabla, extraído de la lista Top 500, que clasifica a las 500 instalaciones de supercomputación más potentes del mundo. De este cuadro se desprenden las siguientes conclusiones:

A comienzos de la década desaparece el prototipo de supercomputador de entonces, consistente en un sistema vectorial monoprocesador. En su lugar, se implanta de modo definitivo la arquitectura paralela con nodos SMP y procesadores escalares. Cabe destacar, sin embargo, la existencia de algunos clústers puntuales significativos que incorporan procesadores vectoriales.

El paralelismo exige un gran desarrollo de la tecnología de conexión interna entre nodos, pasándose de redes propietarias de fabricante de sistemas a redes diseñadas por compañías especializadas y adaptadas por múltiples fabricantes de servidores (Gigabit, Myrinet, Infiniband, Quadrics...).

En cuanto a los procesadores, a mediados de los años 90 se utilizan predominantemente procesadores con tecnología escalar RISC y, en menor medida, procesadores vectoriales. La continua mejora de rendimiento de los procesadores de Intel con sus Pentium e Itanium, así como la aparición decidida de AMD, hizo

**TABLA EVOLUCIÓN SISTEMAS TOP500 PERIODO 1995-2005**

CONCEPTO (NÚMERO DE SISTEMAS)	1995	2000	2005
	%	%	%
<b>▶ ARQUITECTURA SISTEMA</b>			
MPP	43,8	69,2	20
SMP	48,2	30,8	80
Uniprosesor Vectorial	5,8	0	0
<b>▶ ARQUITECTURA PROCESADOR</b>			
Escalar	66,2	90	95,8
Vectorial	31,6	10	4,2
<b>▶ RED INTERNA</b>			
Cray Interconnect	6,4	9,4	0,4
Crossbar	3,8	22,2	4,6
Ethernet, Fast & Giga Ethernet	0	3,2	35,5
Myrinet	0	1,8	38,6
Quadrics	0	0	4
Numalink	0	0	3,4
Otros	89,8	63,4	13,5
<b>▶ TIPO PROCESADOR</b>			
MIPS	25,4	13,4	0,4
CRAY	18,6	0	1,4
Power (4, 5, Pc)	16,2	42,8	12,4
Intel (Pentium + Itanium + X86)	10,6	1,2	63,6
Fujitsu	7,4	3,4	0
Alpha	6,8	12	2,4
SPARC	5,2	18,4	0,8
NEC	3,8	4,6	2
TMC, KSR, Convex	4,4	0	0
PA-RISC	0	2,2	10
AMD	0	0	6,2
<b>▶ FABRICANTES</b>			
SGI	25,4	13,4	4
Cray	25	9,4	1,8
IBM	14,4	43	43,2
Intel	9,4	0,2	0,2
Fujitsu	7,4	3,4	0,6
TMC + Parsytec + Meyko + KSR	12,4	0	0
NEC	3,8	4,6	2,4
SUN	0	18,4	0,8
HP	0	3,4	34,6
Selfmade	0	1	2,2
Dell	0	0	2,8
<b>▶ ORIGEN DE FABRICANTES</b>			
USA	92,8	91,2	92,8
Asia	5,4	7,8	4,6
Resto del mundo	1,8	1	2,6
<b>▶ TIPOS DE USOS</b>			
Centros investigación	36,2	22,4	22
Universidades	27,4	18,8	16
Industria	16,6	48,8	55
<b>▶ MAYORES USUARIOS POR PAISES</b>			
USA	54,6	46,8	53,4
Japón	13,2	12,6	6
Alemania	10,4	11	7
Francia	5,4	5,6	3
Reino Unido	3,2	6,8	8,4
....	...	...	...
España	0,6	0,4	0,6

FUENTE: [WWW.TOP500.ORG](http://WWW.TOP500.ORG)

que un número significativo de procesadores RISC pierdan competitividad en el ámbito de la supercomputación, quedándose aquellos fabricantes con cerca del 70% del mercado.

También los fabricantes de grandes sistemas de computación tienen que adaptarse a las nuevas condiciones del mercado. En 1995, los líderes del mercado seguían siendo los productores de los grandes vectoriales (Cray, Fujitsu, NEC), los proveedores de sistemas paralelos masivos (Intel, IBM, SGI...) y una serie de pequeñas empresas que por entonces alcanzan un gran desarrollo con la fabricación de sistemas paralelos masivos de coste reducido (KSR, TMC, Meiko,...).

POTENCIA DE CÁLCULO	1995	2000	2005
▶ Capacidad de proceso del mayor superordenador a nivel mundial. (GFlops)	170,4 (NWT-Fujitsu)	2.379,6 (ASCII-Intel)	70.720 (DOE-IBM)
▶ Capacidad del cálculo agregada de los 500 superordenadores más potentes del mundo. (GFlops)	5.895	64.333	1.127.000
▶ El superordenador más potente de España.	3,8 (INM-Cray)	96 (CEPBA-IBM)	40.000 (BSC-IBM)
FUENTE: <a href="http://www.top500.org/">HTTP://WWW.TOP500.ORG/</a> + ELABORACIÓN CESGA			

Transcurridos diez años, podemos observar que los fabricantes de grandes superordenadores, así como los integradores de sistemas paralelos de bajo coste, han cedido su cuota de mercado a los fabricantes de clústers escalares, con especial mención a HP e IBM, que entre ambos alcanzan el 77% del mercado de grandes sistemas. A la vista del origen de los constructores de supercomputación se manifiesta el absoluto dominio de la industria estadounidense, sin perspectivas de que esto pueda cambiar en el medio plazo.

Respecto al uso de estos grandes servidores, se observa un claro aumento porcentual de su aplicación por la industria, prosiguiendo al mismo tiempo el incremento continuo del número de sistemas en otras actividades. Los mayores usuarios por países han sufrido modificaciones en el ranking, condicionados fundamentalmente por los avatares económicos de los mismos. Permanece inalterable el predominio de EEUU, manteniendo más del 50% de los sistemas, mientras que Japón cede la segunda plaza al Reino Unido.

La presencia de España en la supercomputación a nivel mundial ha sido históricamente testimonial, en cuanto al número de sistemas instalados. No obstante, en el año 2004 se anuncia la instalación del "Mare Nostrum", un superordenador que desarrollará una capacidad de cálculo de 40 TFLOPS y que se encuentra entre los cinco más potentes del mundo.

En el año 1995, existían un número reducido de superordenadores en España, localizados en: CESGA, CESA, CICA, LABEIN, CEDEX, CIEMAT, INM. En la actualidad, se ha incrementado el número de centros dotados de grandes servidores de cálculo en España, superándose la docena.

GRANDES CENTROS DE SUPERCOMPUTACIÓN EN ESPAÑA (2005)		GFLOPS
▶	Barcelona Supercomputing Center	40000
▶	Centro de Supercomputación de Galicia	1600
▶	IFCA	1550
▶	Universidad Politécnica de Valencia	800
▶	CIEMAT	767
▶	Centre de Supercomputació de Catalunya	664
▶	Centro de Supercomputación Complutense	550
▶	Universidad de Valencia	541
▶	INM	512
▶	IFIC	400
▶	Instituto de Biocomputación de Zaragoza	400
▶	CIRI	336
▶	CEPBA	126

FUENTE: LIBRO VERDE DE LA E-CIENCIA EN ESPAÑA (FECYT) Y GESGA.

GFLOPS: 10<sup>9</sup> OPERACIONES ARITMÉTICAS POR SEGUNDO, CON NÚMEROS REALES CODIFICADOS EN FORMA DE COMA FLOTANTE DE 64 BITS.

Durante los cinco últimos años se ha venido desarrollando una actividad intensa en lo relativo a las arquitecturas GRID en la que los grandes centros españoles no han permanecido ajenos, destacando la iniciativa IrisGRID, en la que participan la práctica totalidad de instituciones comprometidas con el HPC en nuestro país. Asimismo, casi todos los grandes proyectos GRID promovidos por la Comisión Europea cuentan con la participación activa de grupos de investigación españoles.

#### HPC VS HTC

En la década 1995-2005 se consolida la coexistencia de dos tipos diferentes y complementarios de cálculo intensivo: HPC y HTC.

#### HPC (High Performance Computing)

Arquitecturas de servidores diseñadas para solucionar pocos "grandes" problemas en un tiempo reducido. Estas arquitecturas incorporan procesadores de alto rendimiento escalares o vectoriales con acceso a grandes cantidades de memoria, utilizando para ello redes de interconexión interna de tiempo de latencia bajo y alta capacidad de transferencia. Algunos computadores representativos de HPC son: SX de NEC, Superdome de HP, Altix de SGI o Blue Gene de IBM. El coste de 1 TFLOPS en una arquitectura HPC escalar se estima en 1'5 millones de euros.

#### HTC (High Throughput Computing)

Arquitecturas de servidores diseñadas para solucionar un gran número de "pequeños" problemas en un tiempo reducido. Los servidores HTC incorporan un número elevado de procesadores escalares con acceso rápido a la memoria local de tamaño limitado y disponiendo de una red interna de interconexión con una latencia media-alta. Este tipo de arquitecturas es idóneo para procesos repetitivos con baja dependencia entre ellos, por ejemplo: renderización de imágenes de una película,

algoritmia genética, procesado masivo de datos experimentales, etc. Servidores representativos de HTC son los clústers de PC's interconectados con Fast o Gigabit Ethernet. El coste de 1 TFLOPS en una arquitectura HTC es de 200.000 euros aproximadamente (7'5 veces más barato que 1 TFLOPS HPC).

Conclusión:

A mediados de los 90 finalizó la etapa de los supercomputadores caracterizados entonces por disponer de un número reducido de sistemas vectoriales, cada uno de los cuales incluía procesadores diseñados específicamente para cálculo (vectoriales) con un gran ancho de banda y reducida latencia de acceso a memoria, procesador específico de entrada/salida a periferia, sistema operativo Unix adaptado y herramientas específicas software (compiladores, librerías matemáticas, optimizadores de código, etc.).

A lo largo de la última década se impuso como prácticamente única alternativa el uso de múltiples procesadores de propósito general trabajando en paralelo, con las limitadas excepciones de NEC y CRAY. Las arquitecturas de los sistemas de cálculo actuales adolecen de dificultades solo superables mediante fuertes inversiones en investigación para la consecución de: incremento significativo en el ancho de banda de acceso a memoria, reducción de tiempo de latencia de acceso a memoria, ya sea local o remota, simplificación de programación paralela, mejora de sistemas de acceso a periféricos,...