

David Ramírez Morán

**¿ES LA SUPERCOMPUTACIÓN UNA
HERRAMIENTA GEOPOLÍTICA?**

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

¿ES LA SUPERCOMPUTACIÓN UNA HERRAMIENTA GEOPOLÍTICA?

Resumen:

La supercomputación es actualmente una herramienta indispensable para el desarrollo científico y tecnológico. Como tecnología puntera puede servir como indicador de este nivel de desarrollo y constituye por tanto una herramienta diplomática importante. Las aplicaciones en las que se puede utilizar son muy diversas y, entre ellas, se incluyen usos como el modelado y desarrollo de armamento. EE.UU y China han emitido normativas este año que limitan la exportación de esta tecnología que pueden considerarse como un claro mensaje de la importancia que estos gobiernos otorgan a estas tecnologías.

Abstract:

Currently High Power Computing is a tool for scientific and technologic development. As a technology it may serve as an indicator of the development level and constitutes in this sense an important diplomatic tool. Applications where it may be used are very diverse and, among them, uses such as the modeling and development of armament are included. US and China have published norms limiting the export of this technology this year that can be considered as a clear message of the importance this technologies pose to the governments.

Palabras clave:

Tecnología, supercomputación, armas de destrucción masiva, exportación.

Keywords:

Technology, high power computing, weapons of massive destruction, export.

INTRODUCCIÓN

La supercomputación, conocida en inglés como High Power Computing (HPC), es una tecnología que viene desarrollándose desde los años 70. Su uso a lo largo de los años ha ido evolucionando desde las primeras aplicaciones de cálculo científico hasta la posibilidad de utilizarla para descifrar comunicaciones, durante bastante tiempo descartada por no existir capacidad de cómputo suficiente para obtener resultados en tiempo útil. Es en su primera aplicación, el cálculo científico, para la que esta tecnología constituye una herramienta imprescindible para el avance de la ciencia en la coyuntura actual.

La supercomputación se utiliza en infinidad de aplicaciones. Así, una de las más exigentes y generalizadas es el modelado meteorológico y climático. Para ello, la atmósfera se divide virtualmente en cientos de miles de millones de cubos para los que se intentan determinar valores como la velocidad y dirección del viento que lo atraviesa, la presión atmosférica en su interior, la temperatura del aire y otras variables que permiten modelar sus variaciones e incluso hacer predicciones a cierto plazo. Además, las variables de cada uno de los cubos están interrelacionadas con las de los demás, por lo que es necesario determinar esta relación y asegurar que los resultados cumplen las ecuaciones y restricciones requeridas para que el resultado se corresponda con la realidad. Si se tiene en cuenta que cuanto más pequeño sea cada uno de estos elementos se obtiene una simulación más precisa, se intuye con facilidad la complejidad que alcanza el problema con solo considerar que cada uno de estos cubos tuviera 1 km de lado.

Otro ejemplo de su uso se ha producido recientemente con la aparición de los restos del vuelo MH-370 de Malaysian Airlines, donde diversos medios han publicado vídeos¹ en los que se simulaba la ruta que podría haber seguido objetos que se hubieran desprendido durante el accidente en la zona donde se está realizando la búsqueda del aparato. En este caso se requería modelar la velocidad del agua, el aire, las mareas, las corrientes oceánicas y otro amplio conjunto de factores que se suman a la naturaleza aleatoria de parámetros como el tamaño, la flotabilidad, la posición o el punto de partida del objeto. La cantidad de factores a modelar para conseguir resultados fiables requiere una capacidad de cálculo muy elevada que no se puede conseguir más que con los supercomputadores.

Dentro del campo de la seguridad y la defensa también son varias las aplicaciones donde estas tecnologías resultan de interés. Durante décadas del siglo pasado, las explosiones nucleares controladas llevadas a cabo en el Océano Pacífico eran las herramientas disponibles para poder investigar en esa línea. Sin embargo, las implicaciones de estas actividades llevaron a la firma de un tratado en 1996 de prohibición de estas prácticas² (aún no ratificado), lo que suponía un freno a las investigaciones que estaban desarrollando los países interesados. Con el aumento de la capacidad de cálculo, estas explosiones experimentales podían ser sustituidas por simulaciones cuyos cálculos eran llevados a cabo en supercomputadores. Por tanto, se abría así de nuevo la vía a la investigación sobre el uso de la energía nuclear.

¹<https://www.youtube.com/watch?v=c4-nx1ubRf4> y <https://www.youtube.com/watch?v=u0W7tcObbEw>

²COMPREHENSIVE NUCLEAR-TEST-BAN TREATY <http://www.ctbto.org/the-treaty/>

Otra aplicación de estas tecnologías a la seguridad y la defensa son las simulaciones con las que se modela la distribución de sustancias tóxicas a lo largo del tiempo en una zona determinada ante sucesos como el reciente incendio que se ha producido en instalaciones portuarias chinas.

En el campo de la investigación y el desarrollo cada vez se recurre más a este tipo de sistemas para resolver problemas con técnicas como la de los elementos finitos que se usan en campos de ingeniería aeronáutica, de materiales, de estructuras, electromagnética, de transferencia de calor, ...; de optimización de parámetros; para analizar el plegado de proteínas; para genética; para modelar reacciones químicas; y un largo etcétera.

Actualmente las tecnologías de la información nos desbordan con multitud de conceptos que los legos puede tener problemas en diferenciar como son la computación en la nube, los centros de procesamiento de datos, los servidores virtuales, la computación cuántica, etc.

La supercomputación es una técnica que normalmente se implementa en un centro de procesamiento de datos pero no tiene por qué existir en todos ellos. De hecho, generalmente se crea un entorno específico para ubicar el sistema. Asimismo, un supercomputador debe contar con un número muy elevado de procesadores aunque estos no pueden estar separados entre sí porque es imprescindible poder intercambiar cantidades ingentes de información de un procesador a otro con muy bajo retardo, factor que en un entorno distribuido como pudieran ser infinidad de ordenadores distribuidos en la nube en varios centros de datos interconectados entre sí pero separados cierta distancia no es posible satisfacer. En cuanto a la computación cuántica, los supercomputadores actuales están formados por microprocesadores electrónicos tradicionales que realizan las operaciones mediante aritmética digital y no se prevé una pronta incorporación de la tecnología cuántica.

Los supercomputadores son estructuras formadas por nodos y una infraestructura de interconexión de alta eficiencia entre ellos. Cada uno de estos nodos cuenta con uno o más microprocesadores, cierta capacidad de memoria RAM, cierta capacidad de almacenamiento permanente y dispositivos de interconexión que permiten conectar el nodo con otro u otros nodos aledaños. Los nodos pueden tener distintas características que optimicen la realización de ciertas operaciones frente a otras, lo que permite explotar al máximo su capacidad de cálculo. Asimismo, los nodos pueden estar formados por procesadores de diferentes tipos y, de hecho, se está generalizando la inclusión de dispositivos de cálculo como los que se utilizan en las tarjetas gráficas de los ordenadores para generar los gráficos realistas que observamos en los juegos. Estos dispositivos presentan ventajas con respecto a los microprocesadores de propósito general que se utilizan en los ordenadores en la realización de ciertas operaciones como el cálculo matricial porque los dispositivos específicos más modernos cuentan con muchos más núcleos que un microprocesador tradicional (centenas frente a, como máximo, decenas), lo que permite hacer muchas más operaciones en paralelo con un consumo de potencia y un espacio ocupado similar.

Para hacer la clasificación de los supercomputadores se utilizan múltiples variables que los caracterizan como son la capacidad de cálculo, el número de procesadores (núcleos), el tipo de tecnología de intercambio de información entre ellos, la capacidad de almacenamiento con la que cuentan (en estos sistemas la cantidad de memoria RAM es mucho más importante que la capacidad de sus discos duros pues es la que limita la máxima complejidad que se puede acometer en un tiempo limitado), el consumo de potencia eléctrica o la relación entre la potencia de cálculo y el consumo.

La capacidad de cálculo de este tipo de sistemas se mide actualmente en teraflop por segundo (Tflop/s) donde tera es el prefijo multiplicativo 10^{12} (un millón de millones), flop viene de las iniciales de *F*loating *p*oint *O*peration, operación en punto flotante, que puede asimilarse a la suma, resta, multiplicación o división de dos números con hasta 20 cifras decimales, que se llevan a cabo en un segundo. El rápido incremento de la potencia de cálculo de estos sistemas ha hecho que pase a utilizarse para indicar su rendimiento el petaflop/s, 10^{15} flop/s, es decir, tres órdenes de magnitud más que el teraflop/s. Para determinar la potencia de un sistema dado existe una batería de pruebas tipo basada en la resolución de cierto tipo de problemas aritméticos utilizando unas bibliotecas de software específico para tareas de computación científica –principalmente Linpack³-- que permiten hacer una valoración comparable de las prestaciones de cada uno de los sistemas.

LA LISTA TOP500

En 1993 se elaboró por primera vez la lista Top500⁴ en la que se comparan diversas magnitudes de los supercomputadores conocidos para hacer una clasificación de sus características. Desde entonces, esta lista se ha publicado de forma bianual permitiendo en cada edición determinar cuál es el sistema conocido con mayor capacidad de cálculo en cada momento y permitiendo hacer análisis diversos como la ubicación, los propietarios, los fabricantes, etc.

En su edición de junio de 2015 ha vuelto a salir en la primera posición de esta lista un supercomputador chino, el Tianhe-2 (Vía Láctea 2) desarrollado por la Universidad Nacional de Tecnología de Defensa y ubicado en Centro Nacional de Suupercomputación de Guangzho. Con una potencia de cálculo de 33 Pflop/s lleva desde junio de 2013 como número 1 de esta lista. Le siguen Titan (17.59 Pflop/s) y Sequoia (17,17 PF/s) del Departamento de Energía de EE.UU., el ordenador K (10,51 PF/s) del Instituto Avanzado para la Ciencia Computacional RIKEN de Japón y el Mira (8.59 PF/s), también del Departamento de Energía.

España aparece representada en la lista con dos supercomputadores ubicados en los puestos 77, el Mare Nostrum, y 259, el Teide HPC, con una potencia de cálculo respectivamente de 1017 y 341 Tflop/s. Cuando aparecieron por primera vez en la lista, ocuparon los puestos 36 en el caso del Mare Nostrum en 2012 y el 138 para el Teide HPC en 2013.

³Conjunto de rutinas de cálculo matricial implementadas en los años 70 en Fortran.

<http://www.netlib.org/linpack/> y <http://www.top500.org/resources/frequently-asked-questions/>

⁴www.top500.org

SUPERCOMPUTACIÓN EN ESPAÑA

El Barcelona Supercomputing Center es el centro pionero de supercomputación en España. Allí se ubica Mare Nostrum, el supercomputador más potente en España con una potencia de 1.1 Pflop/s, además de otros supercomputadores de menor potencia.



Ilustración 1: Instalaciones del ordenador Mare Nostrum (detalle de los 52 rack y 120 m²) Fuente: www.bsc.es

Asimismo, Teide fue desarrollado mediante financiación con fondos FEDER dentro del programa INNPLANTA del Ministerio de Innovación y Ciencia y se encuentra ubicado en el Parque tecnológico y científico de Tenerife.

En el Centro de Supercomputación y Visualización de datos de Madrid se encuentra Magerit, que cuenta actualmente con una potencia de cálculo de 72 Tflop y llegó a ocupar en 2011 el puesto 136 en la lista Top500.

La principal referencia en España en lo que respecta a supercomputación con fines científicos es la Red Española de Supercomputación⁵, creada en 2007 tras una actualización de Mare Nostrum. Con la actualización, los nodos desinstalados de Mare Nostrum pasaron a formar parte de Magerit (50%) mientras que el resto de unidades se repartió a partes iguales entre las universidades de Cantabria, Málaga, Valencia, Zaragoza y el Instituto de Astrofísica de Canarias. La Red permite que los investigadores, mediante petición al comité de acceso, puedan utilizar la capacidad de cálculo de estos supercomputadores, que proporcionan a la Red el control de un porcentaje de su capacidad de cálculo. También forman parte de la red los supercomputadores Finisterrae, Lusitania, Caléndula, Altamira, Atlante, Prineus y Cibeles.

La Agencia Española de Meteorología cuenta también con su propio supercomputador⁶, con una potencia de pico de 2.2 Tflop/s, potencia suficiente para abordar los 700 Gflop/s que utiliza el modelo meteorológico Hirlam que se utiliza para la elaboración de previsiones. Sin



Ilustración 2: Detalle de las instalaciones de Magerit (Fuente: Cevima)

⁵RES Red Española de Supercomputación www.bsc.es/marenostrum-support-services/res

⁶Sistemas de supercomputación de la AEMET www.aemet.es/es/idi/tic/supercomputacion

embargo, esta potencia de cálculo resulta insuficiente para el nuevo modelo Harmonie ,con una resolución de 2.5 km y 60 niveles diferentes de altura, motivo por el que se está actualizando la capacidad de supercomputación de la Agencia.

GEOPOLÍTICA DE LA SUPERCOMPUTACIÓN

En el campo de la supercomputación, EE.UU. ha mantenido restricciones a la exportación de material informático desde 1979⁷. Para fijar un umbral a partir del cual era necesario informar a las autoridades o bien conseguir una licencia para la exportación, se utilizaba la *Composite Theoretical Performance* CTP, una fórmula que tenía en cuenta diversos factores y que daba como resultado una cantidad medida en MTOPS *Million Theoretical Operations per Second*. En 1995, el presidente Clinton establecía cuatro niveles de países a los que se podía exportar, numerados de 1 a 4 de mayor a menor fiabilidad, donde en el grupo 1 estaban los países de Europa Occidental, Japón y Canadá, a los que no se imponía limitación, después los países de Centro y Este de Europa, Latinoamérica y África, tras ellos China, India, Pakistán, Israel y Rusia entre otros, hasta llegar a la prohibición de exportación a Corea del Norte, Irán e Irak. Con el paso de los años los límites fueron cambiando, siendo de 7000 MTOPS en 1995, pasando a 85000 MTOPS en 1998 y subiendo a 190.000 MTOPS en 2002⁸. En 2006 se cambiaron el procedimiento de medida, pasando a ser *Adjusted Peak Performance* APP⁹, y las unidades utilizadas para determinar el umbral, que se fijó en 0.75 WT (Weighted Teraflops, teraflops ponderados) a partir de la lista Top500 de entonces y otras fuentes. El valor elegido para esta limitación fue cuestionado por la Oficina de Contabilidad del Gobierno¹⁰ como en ocasiones anteriores¹¹ ante la escasa fundamentación aportada y considerando que era un valor que no suponía límite suficiente para evitar la exportación de equipos cuyo uso podía suponer una amenaza para la seguridad nacional.

En febrero de 2015 el Gobierno de EE.UU. prohibía la exportación de los microprocesadores que se están utilizando en la actualidad para la construcción de supercomputadores a cuatro organizaciones gubernamentales chinas¹². La motivación de esta restricción a la exportación se debía a que se había determinado que los sistemas actualmente en funcionamiento en estas entidades, Tianhe-1 y Tianhe-2, se estaban utilizando para el modelado de reacciones nucleares que pudieran asociarse al desarrollo de capacidades armamentísticas basadas en estas tecnologías.

Esta limitación afecta directamente a las declaraciones que había hecho el gobierno chino¹³

⁷Export Administration Act of 1979. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-93/pdf/STATUTE-93-Pg503.pdf>

⁸A título de comparación, un Pentium 4 a 1.5Ghz de 2001 alcanzaba 4000 MTOPS <https://www.hsdl.org/?view&did=440886>

⁹A practitioner's guide to APP. US Dept. of Commerce. 2006. http://www.bis.doc.gov/index.php/forms-documents/doc_view/865-practioner-s-guide-to-adjusted-peak-performance

¹⁰Comité del Congreso de GAO de 30 de Junio de 2006. Pág 5 <http://www.gao.gov/new.items/d06754r.pdf>

¹¹Inadequate Justification for Relaxation of Computer Controls Demonstrates Need for Comprehensive Study GAO Testimony 15/03/2001 <https://www.hsdl.org/?view&did=440886>

¹²https://www.bis.doc.gov/index.php/forms-documents/doc_download/1196-80-fr-8524

¹³<http://www.itworld.com/article/2719443/it-management/china-is-building-a-100-petaflop-supercomputer.html>

de que está en marcha la producción de un nuevo supercomputador que alcanzará los 100 Pflop/s, triplicando la capacidad de Tianhe-2, para el que se iban a utilizar la nueva generación de procesadores Intel Xeon de Intel y los aceleradores de cálculo Intel Xeon Phi.

Por otro lado, en la International Supercomputing Conference celebrada a mediados de julio de este año en Alemania, una investigadora china¹⁴ de uno de los centros en los que trabaja el gurú de la supercomputación en China, Yutong Lu, presentó la información preliminar sobre un dispositivo acelerador de características similares a las de un Intel Xeon Phi pero de diseño íntegramente chino y que se podría empezar a producir en breve para incluirlo en sus nuevos supercomputadores.

Con este comunicado, China reduce el impacto que la restricción a la exportación de microprocesadores puede tener en su carrera de la supercomputación. En 2011 se publicaron las características de un supercomputador desarrollado íntegramente con tecnología china. Para ello se utilizaba un procesador desarrollado con tecnología de 65 nm¹⁵, lo que permite un mayor número de puertas lógicas en la misma área de chip y, por tanto, una mayor potencia de cálculo.

El conocimiento relativo que las autoridades americanas han tenido sobre el tipo de sistemas y su capacidad de cálculo en territorio chino¹⁶ se podría ver mermado ante un desarrollo propio de todos los elementos que formarán parte de los nuevos supercomputadores.

A finales de julio se ha producido otro hecho destacable en relación con la supercomputación, y es que ha sido el Ministerio de Comercio del Gobierno chino el que también ha impuesto restricciones a la exportación de sistemas de supercomputación¹⁷. La limitación no está dirigida a ningún sujeto particular y solo imponen restricciones a la exportación de sistemas con una capacidad de cálculo superior a los 8 TF/s (actualmente solo los 5 sistemas más potentes recogidos en la lista Top500 alcanzan esta capacidad de cálculo). En esta normativa se incluía también la restricción a la exportación de drones, lo que hace patente el propósito de limitar la exportación de capacidades tecnológicas claramente orientadas a los sectores de defensa y seguridad.

CONCLUSIONES

La supercomputación resulta hoy indispensable para el día a día de los estados y sus ciudadanos. La predicción meteorológica y su elevado impacto¹⁸ es uno de los más claros ejemplos de la importancia que se deposita en contar con las herramientas de

¹⁴<http://www.theplatform.net/2015/07/15/china-intercepts-u-s-intel-restrictions-with-homegrown-supercomputer-chips/>

¹⁵ Intel la utilizaba desde 2006 cuando en 2011 ya estaba desarrollando microprocesadores con tecnología de 32 nm

¹⁶ The strange story of the U.S. weather supercomputer police in China
<http://www.theplatform.net/2015/07/01/how-the-u-s-supercomputer-police-patrolled-chinese-weather-systems/>

¹⁷ <http://www.mofcom.gov.cn/article/b/e/201507/20150701067575.shtml>

¹⁸ <http://www.theplatform.net/2015/08/18/u-s-rediscovered-the-economic-edge-of-weather-supercomputers/>

supercomputación necesaria. Además se ha convertido en una herramienta imprescindible para el desarrollo científico y tecnológico de los países.

Los gobiernos son conscientes de esta importancia desde hace ya bastante tiempo y queda patente la preocupación que suscita en la constante actualización de la normativa sobre exportación que se ha realizado en Estados Unidos desde los años 70. Inicialmente se podía justificar bajo el criterio de la protección de la capacidad y la propiedad intelectual sobre estas tecnologías. Sin embargo, la normativa emitida por el Gobierno chino puede interpretarse como una toma de conciencia de que esta tecnología en manos de terceras partes puede suponer una amenaza, si no directa, coyuntural para los intereses de las naciones.

La componente de seguridad asociada a la supercomputación también juega un papel muy importante en la regulación del comercio internacional de estas tecnologías. A estos efectos resulta destacable el hecho de que en China es una universidad relacionada con el sector de la tecnología de defensa la encargada de desarrollar los principales sistemas del país.

España desempeña un papel discreto en el mundo de la supercomputación aunque su uso se va generalizando de los pasos iniciales de la predicción del tiempo a su utilización con fines científicos y de investigación en ámbitos mucho más diversos.

*David Ramírez Morán
Analista del IEEE*