

entrevista a

Mateo Valero

Director
Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional
de Supercomputación (BSC-CNS)
Barcelona - España



Nace en Alfamen (Zaragoza - España) y ya desde muy niño destaca en matemáticas. Termina en Madrid Ingeniería de Telecomunicaciones en 1974 y se doctora en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Es catedrático del Departamento de Arquitectura de Computadores en esta universidad desde 1983.

Su «escuela» en el terreno del *hardware* es pionera en España en desarrollar sistemas informáticos multiprocesadores y ha sido premiado nacional e internacionalmente. Entre los más destacados, está el Eckert-Mauchly Award, considerado como el Nobel de informática (2007), y el *Distinguished Service Award* de la Association of Computing Machinery (ACM) en 2012.

En el terreno del *software*, es muy importante el año 1984, porque es cuando consiguen comprar, desde la facultad de informática de la UPC una máquina de 64 procesadores *transputer*. Así pueden desarrollar *software* para las máquinas paralelas, que son las que funcionan con múltiples procesadores, como los supercomputadores.

Estas investigaciones se han ido desarrollando, además de en la UPC, en entornos que el propio Mateo Valero ha creado, como el CEPBA (Centro Europeo de Paralelismo de Barcelona), inaugurado en 1995, y después el Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación, inaugurado en 2005, desde donde se ha impulsado la supercomputación en España y desde donde se coordina la Red Española de Supercomputación). El BSC es un entorno donde se combina el servicio de supercomputación a los científicos de toda España y Europa, con la investigación en ciencias de la computación y en el uso de la computación paralela para otras disciplinas, como la bioinformática, la ingeniería y las ciencias de la Tierra.

De 2007 a 2014 ha sido incluido en la lista de los 25 investigadores más influyentes de España, según el baremo que publica el diario El Mundo.

www.bsc.es/cv-mateo

«Nadie esperaba que España consiguiera un superordenador tan potente»

Mateo Varela es el director del BSC, el centro pionero de la supercomputación en España especializado en la computación de altas prestaciones (HPC o *High Performance Computing*). Coordina a más de trescientos expertos y profesionales de la I+D+i organizados en cuatro grandes áreas de investigación: Ciencias de la Computación, Ciencias de la Vida, Ciencias de la Tierra y aplicaciones computacionales en ciencia e ingeniería. El BSC nació con el objetivo de desarrollar y gestionar la tecnología que facilitara el progreso científico. Desde entonces, también colaboran para la industria y el sector privado.

¿Cómo se fragua el proyecto BSC, y quién está detrás? ¿Cuáles eran sus antecedentes y pares en otros países del mundo?

Nació de las inquietudes de un grupo de arquitectos de computadores de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Catalunya que investigábamos sobre computación paralela desde principios de los 80. Ya en 1990 habíamos montado un primer centro para hacer investigación sobre computadores de arquitectura paralela, el CEPBA (Centro de Paralelismo de Barcelona), con el Ministerio y la Generalitat, y en 1995 otro centro, en el que se incorporó como socio IBM, el CIRI (CEPBA-IBM *Research Institute*).

Tras casi 15 años investigando y experimentando con diferentes arquitecturas y modelos de programación, en 2004 teníamos un proyecto muy ambicioso, un sueño: construir y adquirir uno de los supercomputadores más rápidos del mundo. Necesitábamos la complicidad y la ayuda de las

administraciones públicas. Así nació el Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación, con el que sorprendimos al mundo al instalar un superordenador que fue el número uno de Europa y el cuarto del mundo. Nadie esperaba que España consiguiera un superordenador tan potente y, al hacerlo, nos colocamos directamente en la primera división del mundo de la supercomputación. Después nos hemos mantenido en ella gracias a la calidad de nuestros proyectos de investigación.

¿Cómo es la infraestructura básica del BSC?

Entendida como maquinaria, nuestro principal pilar sigue siendo el superordenador MareNostrum, cuya tercera versión instalamos el año pasado. Hoy en día también son muy importantes los repositorios de datos que tenemos. Pero el BSC no sería el BSC si, además de las infraestructuras, no contara con un equipo de más de 300 investigadores de dife-

Nadie esperaba que España consiguiera un superordenador tan potente y, al hacerlo, nos colocamos directamente en la primera división del mundo de la supercomputación

rentes disciplinas, que utilizan la supercomputación para hacer ciencia y crear riqueza.

¿Cuáles son las características principales para que MareNostrum se siga manteniendo en el *ranking* de los principales supercomputadores mundiales?

MareNostrum tiene cerca de 50.000 procesadores, una memoria central de 96 *terabytes* y una memoria en disco duro de 2 *petabytes*. La clave está en que todos estos elementos trabajen conjuntamente y se comuniquen de forma rápida, para lo cual tenemos una red de casi 80 kilómetros de fibra óptica conectando las placas y componentes.

Si tuviéramos el superordenador más rápido del mundo pero no sirviera para cubrir las necesidades de nuestros usuarios, no estaríamos haciendo bien nuestro trabajo, el de dar servicio a la ciencia

En el año 2004 el MareNostrum llegó a ocupar el cuarto puesto en el *top 500* de los supercomputadores mundiales, y actualmente se encuentra entre los veinte o treinta primeros. ¿Qué es necesario para mantenerse en esos puestos?

Básicamente, dinero. Pero, como en la vida, en la supercomputación el dinero no lo es todo. El MareNostrum3, después de su instalación, quedó como vigesimonoveno del mundo. Con la misma inversión podríamos haber construido un superordenador que quedara mejor situado en el *ranking* mundial (en los 10 primeros puestos). Esta clasificación la lleva a cabo en los superordenadores un programa muy concreto, el *Linpack*; el que lo ejecuta en menor tiempo es el más rápido y, por tanto, el mejor situado. Pero el *Linpack* es muy distinto a los programas que utilizan otros investigadores. En el MareNostrum se ejecutan trabajos de científicos de toda Europa de disciplinas muy diferentes y de diversas estructuras. Por esto, nosotros necesitamos lo que llamamos una «arquitectura generalista», es decir, que el superordenador pueda dar servicio a usuarios con programas muy distintos. Si tuviéramos el superordenador más rápido del mundo pero no sirviera para cubrir las necesidades de nuestros usuarios, no estaríamos haciendo bien nuestro trabajo, el de dar servicio a la ciencia.

MareNostrum está controlado y dirigido por un grupo de expertos dependientes todos del «Centro de Supercomputación de Barcelona», lo cual significa disponer de una gran infraestructura. ¿Se están utilizando además sistemas externalizados de almacenamiento de datos en la nube o *Cloud Computing*?

No. El Barcelona Supercomputing Center cuenta con su propio sistema de almacena-



miento de datos y de hecho proporcionamos servicios de datos a otros centros de investigación, y a proyectos internacionales.

Hablando del *Cloud Computing*, ¿cuán segura se considera esta tecnología?

El *Cloud* tiene claras ventajas. Por ejemplo, nos permite hacer copias de seguridad continuas de nuestros archivos y podemos acceder a ellos desde cualquier ordenador o dispositivo portátil. También facilita el compartir contenidos con otros usuarios, o sumar capacidad de cómputo. Hay aspectos que son realmente positivos. Pero también es cierto que la privacidad del *Cloud* no está garantizada al cien por cien. Cada uno debe valorar, según sus necesidades, si le interesa tener copia en la nube de ciertos documentos o si le prefiere garantizar su privacidad.

¿De qué forma es el BSC dependiente de la infraestructura de fibra óptica?

Internamente, la fibra óptica posibilita que los componentes de un superordenador se comuniquen entre sí de forma rápida para realizar un mismo trabajo. Externamente, sirve para compartir los datos a distancia y hace posible que los usuarios de la infraes-



estructura tengan acceso a ella. Los centros universitarios y de investigación estamos conectados entre nosotros a través de redes de fibra óptica.

Dada la importancia del supercomputador, las medidas de seguridad que se han implementado para protegerlo de posibles sabotajes, ataques o incidentes naturales han de ser máximas, ¿existen además planes de contingencia específicos para abordar los posibles incidentes que puedan producirse?

Tenemos sistemas de seguridad para evitar vandalismo y ataques a la infraestructura; vigilancia para evitar intrusiones y mal uso, y acuerdos con otras instituciones que permitirían continuar dando servicios específicos en caso de catástrofes.

El fabricante que se eligió desde el origen para MareNostrum fue IBM, y en la actualidad se siguen utilizando sus tecnologías, ¿cómo es la relación del BSC con IBM en un entorno tan novedoso y avanzado?

La construcción del superordenador es de IBM y los chips de los que está compuesto son de Intel. Con las dos compañías tenemos pro-

yectos de investigación desde los inicios del BSC (también con Microsoft, Nvidia, Repsol, Iberdrola, entre otras). Nuestro centro tiene vocación de colaborar con las empresas en el desarrollo de nuevas tecnologías, que sirvan para crear riqueza. En el caso de IBM, la colaboración se remonta a 1998. Continuamente tenemos en marcha proyectos de investigación y, en algunos momentos, hemos llegado a tener hasta 40 investigadores trabajando juntos.

En cuanto al Sistema Operativo, parece apostar por LINUX, es decir, *software* libre. ¿Cuál es el motivo de esta elección? ¿Podría enumerar algunas de las ventajas que aporta utilizar LINUX?

El MareNostrum fue el primer supercomputador que utilizó Linux. Para nosotros, la ventaja principal es la de poder dar servicio al máximo número de usuarios.

Si conectáramos miles de ordenadores a través de internet, podríamos decir que contaríamos con el mismo número de procesadores y cantidad de memoria, lo que se traduciría en que entre todos serían capaces de procesar el mismo número de operaciones que el MareNostrum, ¿Sería esto una afirmación cercana a la realidad?

Sí, excepto que el tiempo de ejecución de estas operaciones sería mucho más largo porque una de las claves de un superordenador es que los elementos están conectados entre sí con conexiones rápidas, y esta condición no se puede cumplir con internet y las conexiones caseras, que tienen una latencia mucho menor.

Hay que tener presente que cuando muchos procesadores trabajan conjuntamente en un mismo programa, la transmisión de datos de unos a otros es constante. Si esta transmisión es más lenta, aumenta notablemente el tiempo de ejecución, porque tenemos unos procesadores sin hacer nada hasta que le llega la información que necesita para poder realizar el siguiente cálculo.

Cree que en un futuro, ¿se podría aprovechar la potencia de los miles de procesadores que van incorporados en los teléfonos móviles?

La tecnología de los teléfonos móviles es muy atractiva por su menor consumo energético y menor coste, y estamos realizando proyectos para ver hasta qué punto resulta interesante en la construcción de los superordenadores del futuro. El proyecto Mont-Blanc, que lideramos

Cada uno debe valorar, según sus necesidades, si le interesa tener copia en la nube de ciertos documentos o si le prefiere garantizar su privacidad

Nuestro proyecto más apasionante es el de hacer realidad la medicina personalizada, con la que los médicos dejarán de tratar a los pacientes por el nombre de sus enfermedades y pasarán a tratarlos por los cambios específicos que tienen lugar en su organismo

desde el BSC es un buen ejemplo de ello, y ha despertado mucho interés a nivel internacional.

Actualmente está constituido de varios miles de procesadores, con una velocidad de procesamiento de más de un *petaflop/s*, es decir, más de mil billones de operaciones por segundo, ¿en qué tipo de proyectos y áreas de conocimiento se le considera óptimo para utilizar sus recursos al máximo rendimiento?

Nuestro propósito es tener una máquina que sea eficiente para la mayoría de usuarios y por este motivo construimos el ordenador con chips SandyBridge y no con otros que podrían ser más rápidos para algún tipo de trabajo concreto, pero menos eficientes para otros usuarios. Al MareNostrum llegan trabajos de todas las disciplinas científicas: desde la biología a la astrofísica o la meteorología, pasando por trabajos de ingeniería de muy diversa índole.

¿Cuáles son los proyectos más novedosos en medicina que están llevando a cabo? ¿Cuándo cree que serán una realidad en los hospitales públicos y privados?

El proyecto más apasionante es el de hacer realidad la medicina personalizada, con la que los médicos dejarán de tratar a los pacientes por el nombre de sus enfermedades y pasarán a tratarlos por los cambios específicos que tienen lugar en su organismo. El caso paradigmático es el cáncer. Hoy sabemos que hay tantos tipos de cáncer como de pacientes que lo padecen. Este es el paso previo para poder dejar de tratarlos con el mismo tratamiento (ahora muy agresivo, y no siempre satisfactorio), y empezar a tratarlos de manera personalizada. Esta medicina, en buena parte basada en el análisis genómico requiere mucha tecnología, tanto en el *hardware* como en el procesamiento de datos. Estamos trabajando intensamente en ello y, desde el punto de vista tecnológico, creo que el camino hacia la medicina personalizada ya está muy avanzado.

Aunque la tecnología avanza en la capacidad de almacenamiento, la avalancha de datos biológicos derivados de la revolución genómica es imparable. ¿Cómo se ha estructurado la colaboración europea a través del proyecto ELIXIR? ¿Qué aporta el BSC como parte del consorcio?

En nuestras instalaciones se aloja la base de datos de genotipos y de fenotipos más grande de Europa (European Genome Archive - EGA), que en la actualidad está formada por datos de cien

mil pacientes y se prevé un veloz crecimiento en los próximos años. Nosotros nos ocupamos del alojamiento de estos datos, parte de los protocolos de seguridad y de que estén accesibles a los científicos de manera rápida y segura.

En cuanto al rastreo del fondo marino para explorar almacenes de hidrocarburos (proyecto Repsol), ¿ha resultado exitosa la identificación de nuevos reservorios en zonas no consideradas como probables hasta ahora?

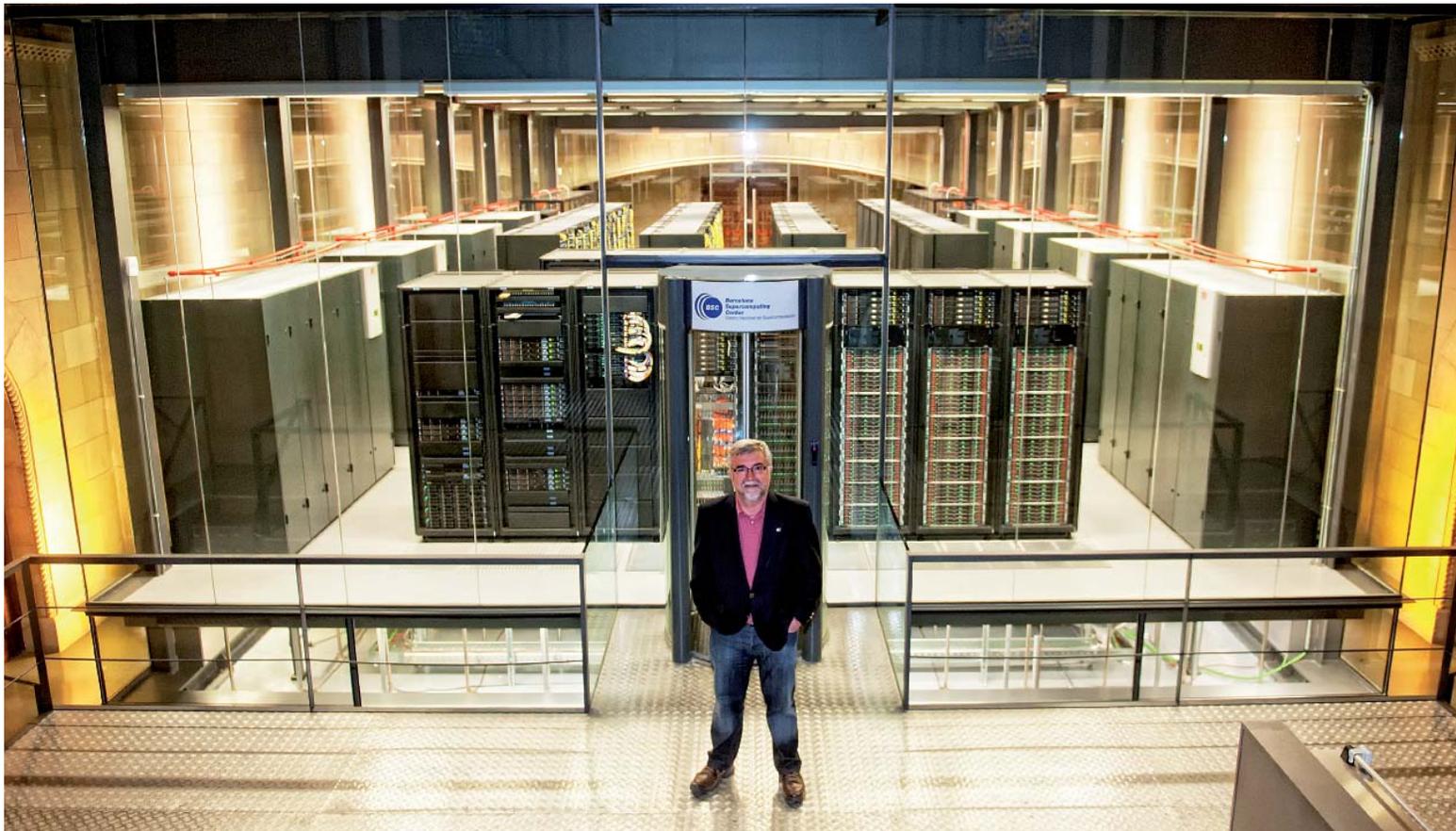
El proyecto Kalidoscope, realizado conjuntamente con Repsol, tenía como objetivo facilitar la búsqueda de hidrocarburos en zonas especialmente complejas, como el Golfo de México, donde entre el agua y la corteza terrestre hay hasta dos kilómetros de capas de sal que dificultan enormemente la exploración. La tecnología que desarrollamos ha sido muy exitosa: ha mejorado notablemente el porcentaje de aciertos de la compañía; les ha dado ventajas sobre sus competidores; ha mejorado sus resultados de explotación y también le ha facilitado la entrada a nuevos países. Para nosotros también ha sido un éxito. Ya estamos haciendo una versión aún más afinada, hemos firmado otros contratos y confirma el interés del BSC como socio tecnológico de la industria.

El análisis del cambio climático precisa del tratamiento de un gran número de datos a través de los modelos climáticos. ¿De qué forma se ha involucrado el BSC en uno de los retos científicos del siglo XXI?

Trabajamos con los modelos climáticos más complejos y somos referentes mundiales en algunos campos, como en el estudio de los movimientos de arena del desierto. Contando con estos datos, hemos hecho para las administraciones estudios de escenarios climáticos futuros. Lamentablemente, para evitar el cambio climático, lo fundamental no serán los estudios científicos, sino el empeño que ponga la sociedad, y especialmente los gobiernos en ello.

El campo de las Ciencias Actariales, fundamental en seguros, significa trabajar con estadísticas reales y proyectadas al futuro para el cálculo del precio de los seguros de vida, automóviles, hogar y salud, por mencionar sólo los principales. ¿Han contemplado trabajar con el sector asegurador y reasegurador?

Hasta el momento no hemos tenido la oportunidad de colaborar con ninguna compañía en



este terreno, pero nos encantaría. Las compañías de seguros son unos claros usuarios reales o potenciales para la supercomputación, pues necesitan realizar grandes cálculos para prever riesgos individuales o colectivos, y posibles afectaciones en caso de catástrofes.

La modelización de las catástrofes naturales ha enlazado el trabajo de actuarios, expertos en ciencias de la Tierra, matemáticos y financieros para la gestión de los modelos estocásticos que estiman la ocurrencia de terremotos y ciclones tropicales, por citar los más costosos, así como su impacto asegurador y reasegurador. ¿Tienen relación con las empresas modelizadoras comerciales o los equipos de investigación del mundo en esta materia?

Tenemos relaciones con empresas que se dedican a predecir riesgos. Concretamente, hemos colaborado exitosamente con la consultora Amphos21 en la modelización del primer cementerio nuclear que podría construirse en Europa, en Suecia, con el objetivo de predecir las posibles fugas que podrían darse en un espacio temporal de cien mil millones de años.

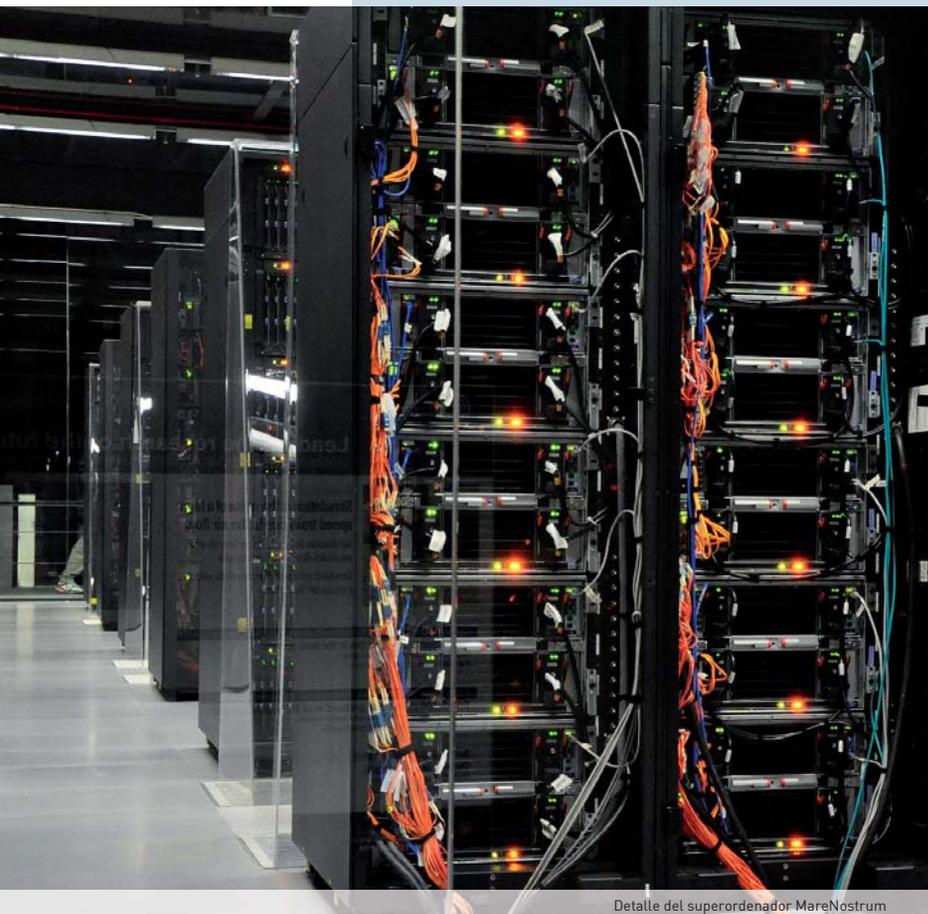
Este es sin duda un campo muy interesante que necesita de la supercomputación para que las simulaciones sean lo más afinadas posibles pues precisan de muchos datos.

Actualmente buscamos clientes para aplicar un simulador de propagación de ondas sísmicas con una precisión de metros que podría tener diferentes usos. Por ejemplo, una vez que un centro sismológico ha detectado un terremoto, en dos o tres horas podríamos tener un mapa claro de qué zonas y edificios han quedado más afectados. Este mapa sería muy valioso para las compañías de seguros, porque les permitiría planificar con rapidez el mejor despliegue posible de sus peritos sobre la zona.

En la prevención también serviría para estudiar diferentes escenarios de sismos hipotéticos y para establecer diferentes niveles de riesgo según la zona. Si sabemos que en una zona determinada hay una falla con probabilidad de romperse, podríamos saber qué pasará en caso de que la falla se desplace a partir de un determinado punto o por otro. Esta información es importante a la hora de urbanizar las localidades con riesgo de movimientos sísmicos y también para las aseguradoras.

Actualmente buscamos clientes para aplicar un simulador de propagación de ondas sísmicas con una precisión de metros que podría tener diferentes usos

Ficha técnica del BSC



Detalle del superordenador MareNostrum

¿Qué peculiaridades tiene la sede del BSC?

¡Que está en construcción! Hemos crecido mucho más rápido de lo previsto y actualmente estamos repartidos por varios edificios del Campus Nord. Pero el nuevo edificio ya está en marcha y tengo que agradecer a Repsol la generosa donación que nos ha hecho para terminarlo.

¿Cuántas personas trabajan actualmente?

Cerca de 400 personas, de disciplinas muy diferentes, y todas muy implicadas con la innovación.

¿Cuál es el perfil profesional de los técnicos e investigadores?

Variadísimo. De estudiantes de doctorado a profesionales senior con currículos envidia-

bles; y de biólogos a físicos nucleares. El nexo común es su relación con la computación.

¿Cuál su presupuesto anual?

En el 2013 fue de 24 millones de euros.

¿Cómo se financia el BSC?

Unos seis millones es el presupuesto ordinario que procede de las administraciones públicas. El resto son ingresos competitivos procedentes de nuestra participación en proyectos de investigación y de los acuerdos con empresas.

¿Cómo se puede entrar en contacto con el BSC para poder analizar la viabilidad de un proyecto?

Si es un proyecto científico que está en marcha, los investigadores deben acudir a los Comités de Acceso de la Red Española de Supercomputación o de PRACE, que son las entidades que regulan el acceso a la supercomputación pública.

Si se trata de una empresa o entidad que está interesada en realizar una investigación conjuntamente con el BSC, puede acceder a nosotros a través de cualquiera de los departamentos de investigación de la casa: Ciencias de la Computación, Ciencias de la vida, Ciencias de la Tierra o Aplicaciones para Ciencias e Ingeniería. Encontrarán todos los datos de contacto en www.bsc.es.

¿En cuántos euros se cotiza la hora de cálculo del MareNostrum?

El MareNostrum es un ordenador para la ciencia y la investigación. Para acceder a él habría que presentar un proyecto científico que sería analizado por un comité de expertos; o bien hay que tener un acuerdo de investigación conjunta con el BSC.

¿Cómo prevé la evolución del BSC en 10 años?

Muy centrado en las investigaciones sobre el *hardware* y el *software* del futuro, la medicina personalizada y la energía; y trabajando conjuntamente con las empresas para crear riqueza.