

# Supercomputación basada en la arquitectura ARM

Sergio Martínez Lizarazo  
Ingeniería de Sistemas  
Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Santander  
sermali95@gmail.com

Samuel Andrés Rodríguez Ortiz  
Ingeniería de Sistemas  
Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Santander  
andresro\_9219@hotmail.com

**Abstract** — The K supercomputer is the current flagship supercomputer in Japan, enabled larger scale of atmospheric simulations. Currently, the next flagship supercomputer is being designed toward general operation in 2020, and it will be called the POST-K supercomputer. The new system needs to satisfy constraints of electricity and cost, and also to maximize the performance of many real-world applications. Also, this system is being designed with the ARM architecture to take advantage of energy efficiency and its processing.

**Keywords** – HPC, High Performance Computing, K-system, POST-K system, Fujitsu, ARM, ARMv8

**Abstract** – La supercomputadora K es el actual buque insignia que tiene la supercomputación en Japón, capaz de realizar simulaciones atmosféricas a gran escala. Actualmente, se está diseñando la sucesora de esta máquina, que entrará en funcionamiento hacia el año 2020, y será llamada la supercomputadora POST-K. Este nuevo sistema necesita satisfacer ciertas restricciones que presenta, tales como el consumo energético y el costo que genera, además de maximizar el rendimiento de varias aplicaciones del mundo real. Además, este sistema está siendo diseñado con arquitectura ARM para poder aprovechar su eficiencia energética y procesamiento.

**Palabras clave** – HPC, Computación de Alto Rendimiento, Supercomputadora K, Supercomputadora POST-K, Fujitsu, ARM, ARMv8

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la supercomputación tiene muchas aplicaciones tanto en ciencia y tecnología, como en otros campos como la salud y la sociedad. Así mismo, cada día se espera que el rendimiento de las supercomputadoras aumente cada vez más para tener un mayor rango de aplicaciones tales como la predicción meteorológica o la simulación de desastres naturales para poder hacer programas de prevención en las comunidades que sean vulnerables a tales situaciones.

En el desarrollo de este artículo, se presenta una de las supercomputadoras con mejor rendimiento de cómputo que se encuentra en el planeta, la cual se denomina la

supercomputadora K, que está ubicada en el RIKEN Advanced Institute for Computational Science en la ciudad de Kobe, Japón y que fue desarrollada por la empresa de tecnología Fujitsu, que se encuentra en la quinta posición en la lista TOP500, que es un ranking que se especializa en medir el rendimiento de los mejores supercomputadores del mundo. Además, se habla sobre la siguiente generación de esta supercomputadora que se llamará POST-K, la cual tiene una novedad que es el cambio de arquitectura de sus procesadores de SPARC a ARM, cambio que hace para lograr una mayor capacidad de procesamiento y rendimiento, además de aprovechar el bajo consumo energético de la arquitectura ARM.

## II. ESTADO DEL ARTE

En el último listado de las supercomputadoras con mejor rendimiento que publicó TOP500, se tiene que China mantiene su primer lugar con su computadora Sunway TaihuLight, la cual alcanza los 93 petaflops según los tests de LINPACK, una curiosidad de esta máquina es que los procesadores que tiene en su interior son diseñados y desarrollados en su mismo país de origen, además, en su interior cuenta con alrededor de 10.649.600 núcleos en 40,960 procesadores. En la siguiente imagen se pueden observar los primeros cinco lugares de la lista TOP500 publicada el 20 de junio del 2016

Table 1. Top 5 de las supercomputadoras

TOP 5 PARA JUNIO 2016			
Rank	Computador, lugar	Cores	Rmax (petaflops)
1.	Sunway TaihuLight, National Supercomputing en Wuxi, China	10.649.600	93.014
2.	Tianhe-2 (MilkyWay-2), National Super Computer Center en Guangzhou, China	3,120,000	33.862.7
3.	Titan, DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory en Estados Unidos	560.640	17.560
4.	Sequoia, DOE/NNSA/LLNL en Estados Unidos	1.572.864	17.173
Rank	Computador, lugar	Cores	Rmax (petaflops)

5.	<b>K computer</b> , RIKEN Advanced Institute for Computational Science	705.024	10.510
----	--	---------	--------

Como se puede ver en la tabla anterior, el supercomputador K se ubica en la quinta posición alcanzando un rendimiento de más de 10 petaflops, el cual logró en noviembre de 2011.

Para lograr el desarrollo de la supercomputadora K, en el año 2006 el Ministerio de Educación, Cultura, Deportes, Ciencias y Tecnología de Japón (MEXT) lanzó el proyecto Keisoku, para el cual convocó a NEC, Hitachi y Fujitsu, empresas japonesas del sector de las TI, para desarrollar un sistema híbrido que utilizara una combinación de procesadores con arquitectura SPARC64, desarrollados por Fujitsu, y procesadores SX, desarrollados por NEC, para que se cumpliera la meta de romper la barrera de los 10 petaflops. La supercomputadora K estaba destinada a ser la sucesora del Earth Simulator, construida por NEC para el MEXT, la cual alcanzó a tener un rendimiento de 35.860 teraflops usando 5.120 procesadores SX de NEC.

NEC y Hitachi estuvieron trabajando juntos para crear una malla 6D, llamada Tofu, para conectar todos los procesadores y poder balancear el trabajo entre todos, sin embargo, cuando hubo la recesión del 2009, y con Tofu desarrollada casi completamente, NEC y Hitachi deciden salirse del proyecto porque no estaban seguros si podían lograr construir las partes que la supercomputadora necesitaba. Después de muchos líos políticos, Fujitsu tomó el control total del proyecto, convirtiendo a la supercomputadora K en una máquina con la arquitectura SPARC64 en todos sus procesadores, además, al tomar el control de este proyecto, Fujitsu fundó su línea de supercomputación PrimeHPC. La supercomputadora K entró en operación en el año 2011, originalmente se tenía en mente que alcanzara un rendimiento de 8 petaflops, pero en noviembre de ese año logró ubicarse en el primer puesto de la lista TOP500 cuando alcanzó los 10 petaflops que rinde hoy

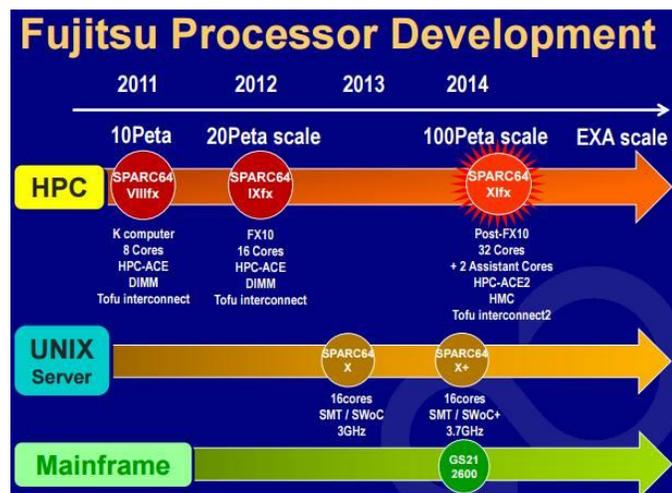


Figura 1. Versiones de la arquitectura SPARC64

Después de crear esta supercomputadora con procesadores SPARC64 VIIIfx, que Fujitsu desarrolló específicamente para supercomputación, se desarrollaron dos versiones más de este procesador, el SPARC64 IXfx y el SPARC XIfx, que se usaron para las supercomputadoras PrimeHPC FX10 en 2013 y PrimeHPC FX100 en 2015, respectivamente. El lanzamiento de la PrimeHPC FX100 incluyó una actualización en la malla Tofu2 que ofrecía 2.5 veces más ancho de banda que su versión anterior. En la imagen 1, se puede observar la evolución de los procesadores que Fujitsu ha usado para sus supercomputadoras, donde se destaca que la idea de Fujitsu es lograr la EXA escala en el rendimiento de los computadores que ellos construyen. Sin embargo, para Fujitsu estos esfuerzos de mejora en el área de la supercomputación no le han dado mucho a cambio, en cuanto a retribución a su inversión.

Así pues, en abril del año 2014 inicia el proyecto FLAGSHIP 2020, del gobierno japonés representado por el MEXT, y junto a REIK y Fujitsu quieren construir la siguiente generación de la supercomputadora K, la cual nombrarán supercomputadora POST-K, la cual tendrá como objetivo romper la barrera de 1 exaflop con sus procesadores basados en la arquitectura ARM, y que entraría en operación a finales del año 2019.

### III. DESARROLLO DEL TEMA SUPERCOMPUTADORA K

Esta computadora que fue llamada así por la palabra japonesa "kei" (京), la cual significa diez mil billones (10<sup>15</sup>) esta cifra es el número de operaciones de coma flotante por segundo que es capaz de ejecutar. Un peta es un uno seguido de quince ceros (10<sup>15</sup> = 1 000 000 000 000 000). Los flops son operaciones de coma flotante por segundo. es una unidad de medida que se ha convertido en estándar de facto en computación científica para medir el desempeño de supercomputadoras.

En la práctica los flops suelen medirse con una prueba llamada LINPACK, que involucra el cálculo intensivo de operaciones de coma flotante, que es como se le llama a la representación de los números reales en la computadora. Entonces 10 petaflops son 10<sup>15</sup> flops de poder de cómputo, que es lo que la computadora K, alcanza por primera vez en la historia, hacia el año 2011.



Figura 2. Supercomputadora K

El sistema utiliza CPUs escalares (SPARC64TMVIIIfx, 8 núcleos, 128 gigaflops), fabricados con la tecnología de proceso CMOS de 45 nm. Para lograr un alto rendimiento y alta escalabilidad de sistema a gran escala, la CPU, además, es apoyada por SIMD (Single Instruction y Multiple Data) de procesamiento, y está equipada con funciones de repetición de instrucciones, así como el error exhaustivo de detección y corrección, lo que potencializa un alto rendimiento y fiabilidad en la ejecución de aplicaciones en un entorno a un gran número de CPUs. También cuenta con 864 bastidores de servidores conformados con 22,032 servidores blade de cuatro sockets basados en procesadores SPARC64.

### ESPECIFICACIONES

- Operaciones de coma flotante por segundo: 8,162 petaflops. En noviembre de 2011 alcanzó los 10 petaflops.
- Sistema operativo: Linux.
- Procesadores: 68.544 SPARC64 VIIIfx (8 núcleos por procesador) a 2,0 GHz, un total de 548.352 núcleos. Se encuentran instalados en 672 compartimentos, y se prevé una ampliación a 800 compartimentos, lo que elevaría su poder de cálculo. En noviembre de 2011 se incrementó a 88.128 procesadores.
- Entre algunos propósitos: simulación de terremotos, modelación del clima, investigación nuclear, otros.
- Cuesta alrededor de 112.000 millones de yenes, aproximadamente 975 millones de euros.

### Procesadores Escalares

Los procesadores escalares son el tipo más simple de procesadores. Cada instrucción de un procesador escalar opera sobre un dato cada vez. En contraposición, en un procesador vectorial una sola instrucción opera simultáneamente sobre un conjunto de datos. La diferencia entre ambos es la misma que entre la aritmética escalar y la vectorial. Los procesadores escalares pueden ser CPUs completas o ALUs. En algunos casos, un procesador puede estar compuesto de una CPU y varias ALUs, formando el conjunto un procesador superescalar.

La mayor parte de la dificultad en el diseño de una arquitectura escalar de CPU consta en crear un despachador eficaz. El despachador necesita poder determinar rápida y correctamente si las instrucciones pueden ejecutarse en paralelo, tan bien como despacharlas de una manera que mantenga ocupadas tantas unidades de ejecución como sea posible. Esto requiere que la tubería de instrucción, sea llenada tan a menudo como sea posible, en las arquitecturas súper-escalares, de cantidades significativas de caché de CPU.

### Procesador Escalar: Organización Básica

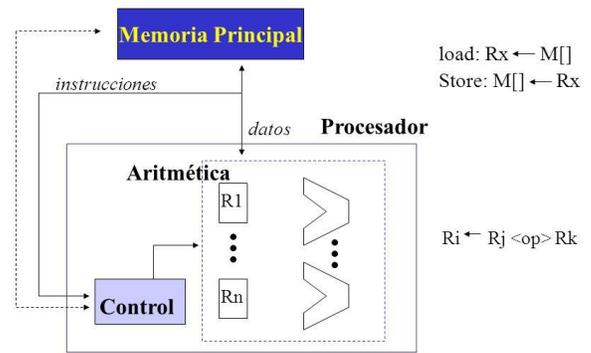


Figura 3. Estructura básica de una CPU escalar

### Microprocesador SPARC64

El SPARC64 es un microprocesador superescalar que emite cuatro instrucciones por ciclo y los ejecuta fuera de orden. Es un diseño multichip, que consta de siete matrices: una CPU, MMU (Unidad de gestión de memoria), cuatro CACHES y una matriz RELOJ.



Figura 4. Procesador SPARC64TMVIIIfx

Es un microprocesador desarrollado por HAL Computer Systems y fabricado por Fujitsu. Implementa el SPARC V9, que es una arquitectura del conjunto de instrucciones (ISA), SPARC64 fue el primer microprocesador del HAL y fue el primero en la marca SPARC64. Funciona a 101 y 118 MHz. El SPARC64 fue utilizado exclusivamente por Fujitsu en sus sistemas.

Un procesador multinúcleo es aquel que combina dos o más microprocesadores independientes en un solo paquete, por lo general un solo circuito integrado. Un dispositivo de doble núcleo contiene solamente dos microprocesadores independientes. En general, los microprocesadores multinúcleo

permiten que un dispositivo computacional exhiba una cierta forma del paralelismo, sin incluir múltiples microprocesadores en paquetes físicos separados. Esta forma de paralelismo se conoce a menudo como multiprocesamiento a nivel de chip (chip-level multiprocessing) o CMP.

El multiprocesamiento es un Procesamiento simultáneo con dos o más procesadores en un computador. Estos procesadores se unen con un canal de alta velocidad y comparten la carga de trabajo general entre ellos. En caso de que uno falle el otro se hace cargo. El multiprocesamiento también se efectúa en computadores de propósitos especiales, como procesadores vectoriales, los cuales proveen procesamiento simultáneo de conjunto de datos. Aunque los computadores se construyen con diversas características que se superponen, como ejecutar instrucciones mientras se ingresan y se sacan datos, el multiprocesamiento se refiere específicamente a la ejecución de instrucciones simultáneas.

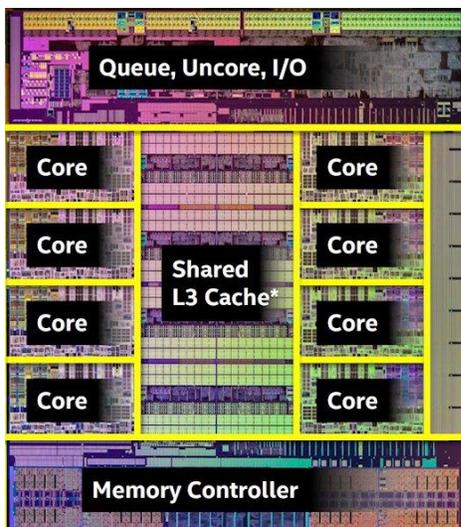


Figure 5. Procesador Intel Core i7-5960X

La supercomputadora K es un supercomputador escalar, lo que es un conjunto de nodos de computación con procesadores escalares conectados por una red. Las CPUs operan los datos en pequeños trozos en orden secuencial. Estos superordenadores son hoy en día un estilo común de sistema de computadora utilizado en todo el mundo. Estos superordenadores están bien adaptados a los cálculos que involucran el acceso de datos complejos, como los que participan en los análisis estructurales de dispositivos de nanoescala, así como los análisis de datos de genes y proteínas.

Usa un sistema de refrigeración por agua, el equipo K mantiene una temperatura baja en la CPU y otros LSIs, minimizando la tasa de error en sus procesadores y la reducción de consumo de energía.

Posee un sistema de archivos a gran escala de alta funcionalidad, escalable a varios cientos de petabytes, esto

ofrece varias decenas de petabytes a las áreas de trabajo de los usuarios. Este sistema consta de dos niveles local / global con funciones paralelas / distribuidas, y proporciona a los usuarios una función de puesta en escena automática para mover archivos entre sistemas de archivos globales y locales.

Para garantizar el uso de alto rendimiento de 10 petaflops, proporciona un entorno fácil de usar por varios investigadores e ingenieros, el equipo K es compatible con un sistema operativo basado en Linux, Fortran que es ampliamente utilizado en los campos de ciencia y tecnología, lenguaje C/C++, y usa la biblioteca MPI estándar para la paralelización, proporcionando versatilidad y alta escalabilidad.

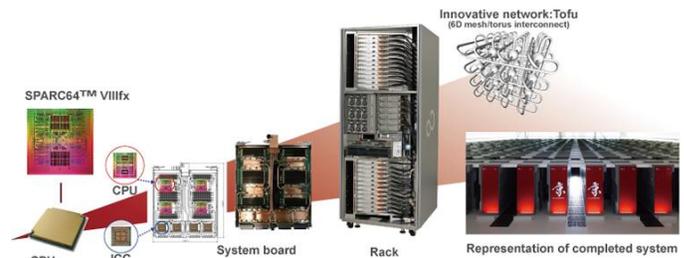


Figura 6. Arquitectura supercomputador K

## APLICACIONES

Un superordenador hace que sea posible manejar tremendamente grandes cantidades de datos. Muchos fenómenos en el cambio del mundo natural y social bajo ciertas condiciones. Una gran cantidad de estas condiciones se puede expresar en ecuaciones. Al volver a escribir estas ecuaciones en los programas de cálculo por un ordenador, es posible llegar a soluciones que nunca hemos obtenido.

Los estudios encaminados a resolver los fenómenos a través de cálculos, en lugar de experimentos se llaman ciencias de la computación, y los programas realizados para este propósito son llamados aplicaciones. Se requieren tecnologías avanzadas y una gran cantidad de conocimientos para escribir programas con el fin de maximizar el rendimiento del equipo K.

### Paralelización masiva de aplicaciones en el equipo K

Una de las características más importantes de la computadora K es un gran número de CPUs, tanto como 82,944 CPUs en paralelo. Un número tan grande puede causar una operación desequilibrada entre CPUs y/o aumentar el tráfico de comunicación. En el primer caso, por ejemplo, un retardo de un segundo, una CPU provoca latencia aproximadamente 80.000 veces, lo que equivale a 22 horas. En este último caso, se necesita más tiempo para obtener resultados debido al retardo de tiempo significativo, que es súper necesario para las comunicaciones.

Para superar estos problemas y hacer que las aplicaciones masivamente paralelo sean posible, se proporcionó unos recursos de la computadora K y soporte técnico que desde que se empezó el proyecto, se compartió y se trató de mejorar la calidad de la computadora K, aunque cada vez que surgen problemas en el sistema. Por estas actividades 39 solicitudes se han preparado con éxito para tener un rendimiento suficiente en más de 10.000 paralelo al iniciar el uso compartido.

Una capacidad de transmisión de datos de la memoria de la computadora K no es suficiente para su rendimiento computacional. Por lo tanto, se dice que es relativamente difícil de lograr un alto rendimiento en algunas aplicaciones para la simulación como por ejemplo de fluido y el análisis estructural, que requieren muchos datos para un cálculo. Para superar estos problemas, aplicaron los métodos de mejora de rendimiento, tales como el cambio de orden de cálculo para permitir el uso repetido de los mismos datos en una memoria cache. Por lo que el rendimiento logró más del 20% del máximo rendimiento de la computadora K al iniciar el uso compartido.

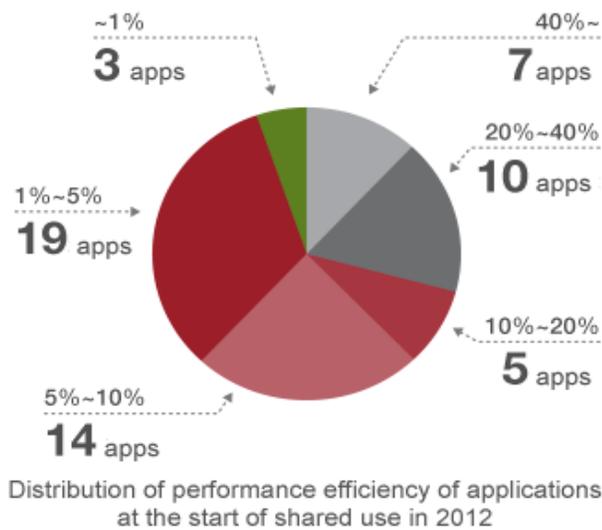


Figure 7

## SOFTWARE

El software desarrollado por RIKEN ha estado disponible para los usuarios de la computadora K desde abril de 2013.

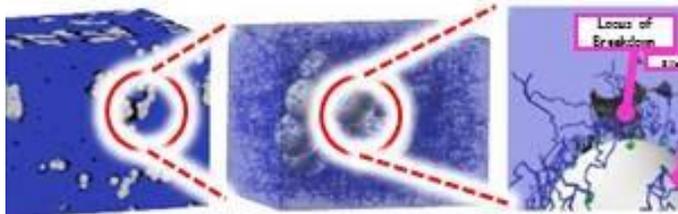
- **Carp:** Es un software para paralelizar cálculo para cualquier combinación posible de dos registros en el conjunto de datos. Los usuarios de este software no tienen que escribir ningún programa paralelo, Todas las tareas de paralelización son realizadas por el software.
- **EARTH on K:** Es una versión derivada del software EARTH, está enfocado hacia el marco de optimización de alto rendimiento, utilizando un sistema de archivos local de la computadora K.

- **NetCDF:** Es un conjunto de bibliotecas de software que posee formatos de datos independientes de la máquina que auto-describen y soboran la creación, el acceso y el intercambio de datos científicos. Algunas de ellas son por ejemplo la biblioteca NetCDF y bibliotecas relacionadas (HDF5, netCDF paralelo y Szip) en los hosts y los interfaces de computación K.
- **Scalasca:** Es una herramienta de software que soporta la optimización del rendimiento de los programas paralelos, mediante la medición y el análisis de su comportamiento en tiempo de ejecución. El análisis identifica posibles cuellos de botella de rendimiento, que por lo general son, las relacionadas con la comunicación y sincronización, también ofrece una guía en la exploración de sus causas.
- **Eclipse PTP:** Este software es necesario para utilizar Eclipse IDE PTP con ordenadores K y FX10. Consta de dos paquetes:
  - Los equipos destinados a configuraciones del sistema, necesaria para la presentación de trabajos a K y FX10,
  - LML DA Driver para PJM para ser instalado en el directorio de inicio del usuario K y FX10 para activar la función de monitoreo Eclipse PTP.
- **TAU:** Es un kit de herramientas de rastreo para el análisis del rendimiento de los programas paralelos escritos en Fortran, C, C ++. Es compatible con la instrumentación de rendimiento, medición, análisis y visualización. Los perfiles de aplicación muestran el tiempo de exclusión e inclusión de permanencia en cada función. Verifica el número de veces que es llamada cada función, el número de funciones con el posible perfil, al llamar cada función, y el tiempo promedio por llamada. Captura rastros de aplicaciones, muestra cuándo y dónde ocurrió el evento en términos del proceso que ejecutó y la ubicación en el código fuente.
- **NTChem:** Es un paquete de software de alto rendimiento para el cálculo de la estructura electrónica molecular para uso general en el equipo K. Se trata de un nuevo software integral de química cuántica hecho en AICS desde cero. NTChem contiene no sólo los enfoques de química cuántica, sino también nuestros propios planteamientos originales. Se espera NTChem llegue a ser una herramienta útil en varios estudios computacionales para sistemas moleculares complejos.
- **Génesis:** Es un software de modelado. Se compone de dos simuladores, ATDYN y SPDYN. Este último, muestra una alta velocidad y una buena escalabilidad en equipos masivamente paralelos. ATDYN es capaz de simulaciones a multi-escala que utilizan modelos de grano grueso y todos los modelos del átomo. Contiene simulaciones de conjunto generalizadas incluyendo la dinámica molecular de

intercambio de réplica y métodos de muestreo de intercambio réplica de paraguas están disponibles.

## APLICACIONES

- **Desarrollo de nuevos materiales con un enorme potencial para producir una variedad de neumáticos.**

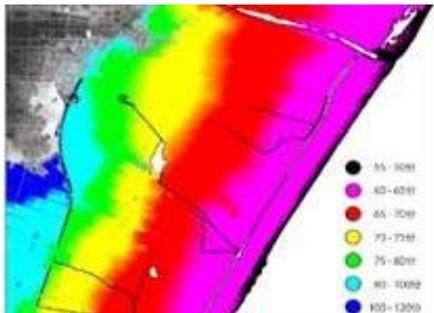


La compañía Sumitomo Rubber Industries, Ltd. (SRI) trabajó para desarrollar la próxima generación de materiales nuevos: "ADVANCED 4D NANO DISEÑO". Se utilizó la computadora K y otros equipos de última generación para realizar simulaciones y análisis de materiales altamente avanzada, permitiendo de este modo la SRI lograr mejoras significativas en términos de los tres principales rasgos de comportamiento de los neumáticos en conflicto: prestaciones de agarre, la eficiencia del combustible y el desgaste de rendimiento.

También se buscó analizar y comprender mejor, la estructura química del caucho y el comportamiento de los átomos y las moléculas que componen los materiales de goma.

El uso de la computadora K para construir modelos altamente realistas para simulaciones más precisas de caucho, esta tecnología permitirá ver y entender los fenómenos detrás del comportamiento atómico y molecular de materiales de caucho a través del modelado y simulación a gran escala.

- **El análisis de inundaciones en tiempo real y modelado de tsunamis en alta resolución**



Calcula la altura del tsunami tres minutos después del inicio del terremoto. El equipo de investigación de la Universidad de Tohoku y Fujitsu, desarrolló un modelo tsunami de alta resolución (5 metros de malla), que se ejecuta en un superordenador.

Este modelo predice tsunami rápidamente la magnitud de las inundaciones basado en los datos de observación en el

momento de terremoto. Los investigadores verifican el modelo en el equipo K, y predicen por medio de simulaciones, en cuanto tiempo se inundará una ciudad determinada.

Con esta tecnología de alta resolución y las predicciones en tiempo real, los investigadores contribuirán a medidas más eficaces de respuesta a desastres.

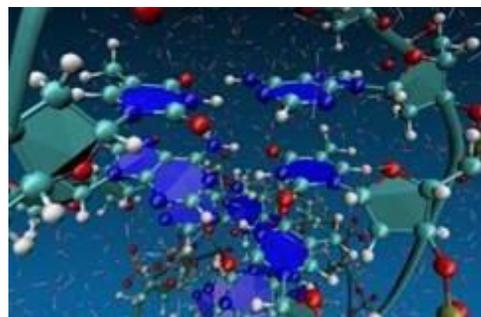
- **K es utilizado para predecir tifones dos semanas de antelación**



Los investigadores demostraron que es posible predecir tifones con dos semanas de antelación. El hallazgo se basa en simulaciones de ocho ciclones tropicales, las cuales están diseñadas para representar características detalladas de las nubes en todo el mundo.

Este año, de los 8 tifones, 6 fueron reales. Se espera que el superordenador post K, que se completará en 2020, permitirá una serie de simulaciones con datos de más alta precisión que ahora.

- **La realización de los primeros principios de dinámica molecular de moléculas de gran tamaño**



Las propiedades de los materiales se determinan por las interacciones de átomos y electrones, que se describen por la mecánica cuántica.

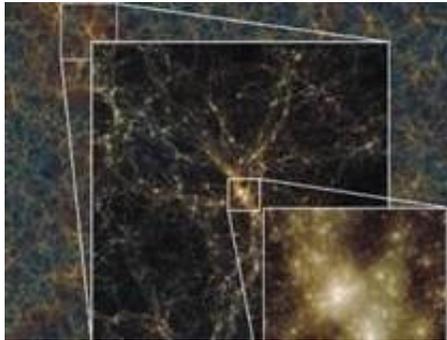
Los principios logrados por medio de los cálculos pueden dilucidar los fenómenos a nivel atómico o electrónico.

Sin embargo, ahora se limita a sólo un número limitado de átomos (generalmente unos pocos cientos de átomos), debido a que requiere de gran escala y cálculos complejos.

Los equipos de investigación de NIMS y el University College de Londres desarrollaron una novedosa técnica para llevar a cabo el cálculo de primeros principios de dinámica molecular

en sistemas con más de 30 átomos de miles utilizando el equipo K y FX10 en la Universidad de Tokio.

- **Alta calidad en la simulación de la materia oscura usando la computadora K**



Se dice que cinco veces más, de materia oscura existe en comparación con la materia bariónica, que es la sustancia común que vemos como los átomos y las moléculas. Es importante entender la evolución de la materia oscura a fin de revelar la formación estructural del Universo. A través de los efectos de la gravedad, el puñado de materia oscura se fusiona entre sí para formar estructuras más grandes.

El grupo de investigación calcula la evolución gravitacional de 550 mil millones de partículas de materia oscura del Universo temprano, durante un período de 13,8 mil millones de años. El tamaño del volumen para las simulaciones fue de 5,4 mil millones de años de luz en cada eje.

La simulación en este enorme espacio produce la mayor resolución del mundo cada vez, y es la mayor simulación del mundo de la formación estructural de la materia oscura.

### SUPERCOMPUTADORA POST-K

El proyecto FLAGSHIP 2020, iniciado por el Ministerio de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología de Japón (MEXT) en abril de 2014, tiene como objetivo el desarrollo de la siguiente generación de la supercomputadora K (que es la que está actualmente). La empresa japonesa Fujitsu es el actual propietario de la supercomputadora K, y además será el encargado de llevar a cabo la construcción de su sucesora, la supercomputadora POST-K, esto se hará junto a el *RIKEN Advanced Institute for Computational Science*. La novedad de esta nueva supercomputadora es que será desarrollada a partir de procesadores basados en la arquitectura ARM, con los cuales se busca romper la barrera de los exaflops para el 2020, pues se dice que la supercomputadora POST-K tendrá 100 veces mejor rendimiento que su antecesora K, el cual tendría unos 1000 petaflops lo que se traduciría a 1 exaflops.

El desarrollo de la nueva supercomputadora POST-K, tiene como objetivos, ser el buque insignia de la supercomputación en Japón, llegando a romper las barreras de 1 exaflop, hasta

ahora han llegado a los 10 petaflops con la supercomputadora K como se ha mencionado antes, y, además se tiene en mente un gran rango de aplicaciones con el HPC (High Performance Computing) que ofrecería la POST-K para resolver problemas sociales y de la ciencia en Japón y el mundo.

Como se mencionó antes, la supercomputadora POST-K se convertiría en la cuarta generación de supercomputadoras construidas por Fujitsu, sabiendo que la arquitectura SPARC64 no le ha dado el rendimiento que ellos requerían.

Con eso en mente, no es casualidad que Fujitsu decidiera cambiar de arquitectura en los procesadores que van a usar en su próxima supercomputadora, de SPARC64 a la arquitectura ARM de 64 bits, los desarrolladores del proyecto hubiesen elegido la arquitectura X86, usando los procesadores Xeon y Xeon Phi, sin embargo, Fujitsu ya provee esas opciones en su línea PRIMERGY, la cual es su oferta de clústeres de HPC, pero esos sistemas pueden ser mucho más grandes, para la supercomputadora POST-K.

Sabiendo esto, la idea de que Fujitsu y el RIKEN usen la arquitectura ARM para esta nueva máquina tiene sentido y parece que tiene buenas sensaciones. Además, la eficiencia energética que ofrece ARM, es una de las especificaciones por las cuales se dejaría decantar Fujitsu para elegir esta arquitectura. Fujitsu deberá poner su cuota diferenciadora al momento de implementar el chip, pues la intención es construir una arquitectura que esté orientada a HPC, con el nivel de rendimiento suficiente de operaciones de punto flotante que esto implica, eso significa que ARM podrá ofrecer mucho mejores capacidades para el procesamiento vectorial que las que están presentes en ARMv8. La ventaja que tiene Fujitsu, es que tiene la licencia de la arquitectura ARM y ARMv8, por lo tanto, podrá hacer las modificaciones que quieran a su diseño para cumplir con las especificaciones que alcanza la arquitectura SPARC64.

La arquitectura de hardware que usará la supercomputadora POST-K será obviamente una versión mejorada de su antecesora la computadora K, dado que la arquitectura de ésta última se diseñó y desarrolló cerca de hace 10 años.

Sin embargo, aún se desconoce las especificaciones que tendrá la arquitectura ARM para HPC, tales como sus características y prestaciones que va a ofrecer. En la Hot Chips Conference, conferencia sobre microprocesadores de alto rendimiento, que se realizará en Cupertino, California, será el momento en el que Fujitsu develará los planes que tiene con ARM para desarrollar su supercomputadora POST-K.

Con respecto a lo que se sabe del software de la supercomputadora POST-K se sabe que el *stack* que RIKEN desarrolle, será *open source* y su sistema operativo tendrá el kernel de Linux. Además, este *stack* incluirá un nuevo lenguaje de programación llamado XMP, y mejorarán el MPI y el software de administración de memoria que RIKEN y Fujitsu

están creando junto al Argonne National Laboratory. El lenguaje XMP, que significa XcalableMP es un lenguaje basado en directivas que toma fundamentos del High Performance Fortran y OpenMP para proveer una vista local y global dentro de las memorias de la supercomputadora POST-K.

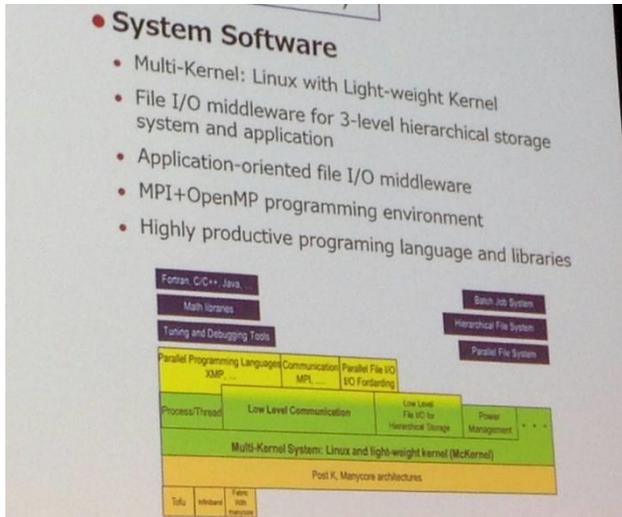


Figura 8. Software de la supercomputadora POST-K

La figura 8 es una fotografía de la presentación del proyecto FLAGSHIP 2020 que realizó el Dr. Yutaka Ishikawa durante el ISC16, en la cual se dio la introducción de lo que será probablemente la computadora con mejor rendimiento del mundo, la POST-K. Como se puede observar en esta imagen, se destaca que su sistema operativo será basado en Linux, clásico para las máquinas dedicadas a la computación de alto rendimiento, además de un nuevo lenguaje de programación como se mencionó anteriormente. Uno de los conceptos interesantes que tiene este proyecto es el de “co-diseño”, como esta nueva supercomputadora está siendo diseñada para poder resolver grandes problemas en muchos campos, entonces, los desarrolladores y usuarios han colaborado para el diseño del hardware y para definir las aplicaciones que tendrá esta nueva máquina.

## APLICACIONES

Como se ha dicho anteriormente, el rango de aplicaciones que tendrá la nueva supercomputadora POST-K es bastante amplio desde las ciencias de la salud, hasta simulaciones de desastres naturales para poder estar prevenidos en las zonas más vulnerables y en muchos otros campos de la investigación. Una de las misiones de este proyecto es ser un referente en cada una de estas áreas de investigación aplicando la simulación detallada a gran escala, que actualmente ayuda a resolver problemas que se presentan a nivel global.

A continuación, se listarán las áreas de interés que tiene la supercomputadora POST-K:

- Salud y longevidad:**  
 En esta área de investigación se quiere innovar en el descubrimiento de nuevos medicamentos a través del control funcional de los sistemas biomoleculares, las organizaciones a cargo serán el RIKEN Quantitative Biology Center y otras 6 instituciones, además se aplicará para avances en la medicina preventiva en el cual estará involucrado el Instituto de Ciencias Médicas y la Universidad de Tokio.
- Prevención de desastres y problemas climáticos**  
 Como se había mencionado antes, este es uno de las principales aplicaciones que tendrá el nuevo sistema, pues a través de sistemas de simulaciones se podrán representar desastres naturales, tales como tsunamis y terremotos, esto para poder avanzar en la prevención que se debe tener en ciertas comunidades vulnerables, de esta parte se encargarán principalmente el Instituto de Investigación de Terremotos y la Universidad de Tokio.  
 En la parte de los problemas climáticos, se usará para poder tener una mayor precisión al momento de la predicción del clima y el medio ambiente global, todo esto a partir del análisis de grandes cantidades de datos, “Big Data”, el CEIST (Center for Earth Information Science and Technology of Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) será el principal involucrado para estas investigaciones.
- Problemas energéticos**  
 El desarrollo de nuevas tecnologías fundamentales enfocadas en la creación, conversión/almacenamiento y uso de energías altamente eficientes, la organización encargada de esta investigación será el Instituto de Ciencia Molecular del Instituto Nacional de Ciencias Naturales.  
 Otro de los objetivos en esta área de interés es acelerar el desarrollo de sistemas de energía limpia y renovable, investigación de la que se harán cargo la Escuela de Ingeniería, la Universidad de Tokio y otras 11 instituciones, esto con el fin de disminuir las energías fósiles y contribuir a la disminución del calentamiento global.
- Mejoramiento de la competitividad industrial**  
 Desarrollar nuevas tecnologías para la humanidad es un reto para las grandes empresas de tecnología, y a través de la supercomputadora POST-K se investigará en la creación de nuevos dispositivos funcionales y de materiales de alto rendimiento para que apoyen la industria de los años venideros, será el Instituto de Física en Estado Sólido el encargado en esta investigación.

El desarrollo de diseños innovadores y de nuevos procesos de manufactura es uno de los objetivos en esta área del conocimiento, para que se optimicen estos procesos.

- Desarrollo de ciencias básicas

Los avances científicos son muy importantes para la aplicación de estos en los procesos de ingeniería, así que el Centro de Ciencias de la Computación y la Universidad de Tsukuba, junto a otras organizaciones tendrán la tarea de investigar sobre el esclarecimiento de las leyes fundamentales y la evolución del universo.

Para el futuro de la computación de alto rendimiento se tiene en cuenta un camino que se ha definido a partir del “co-diseño” que se hablaba anteriormente, pues se tiene que hacia los años 2018 a 2020 crecerá la demanda de supercomputadoras para poder seguir haciendo avances en el gran rango de campos de investigación que se mencionaron anteriormente, y de nuevos campos que se podrían incluir durante el camino. En la siguiente imagen se puede observar un reporte que se hizo sobre el futuro del desarrollo de HPCI, en marzo del 2012, donde se usó como referencia la tecnología disponible en ese tiempo, y se deja ver que para estos campos habrá una gran brecha que no se habría llenado aún, y que se podrá hacer hacia el futuro, es decir, para el futuro la necesidad de desarrollar más tecnología en computación de alto rendimiento será indispensable para seguir avanzando,

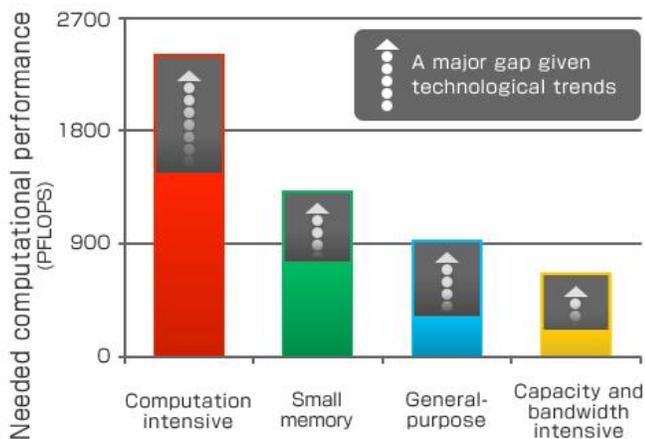


Figura 9

La parte de color en la Figura 9, indica el rendimiento extrapolado que se hizo con la tecnología disponible en el momento del estudio. Toda la barra indica el rendimiento requerido para las aplicaciones en ciencias de la computación. La flecha indica la brecha que hace falta llenar. Cada una de las barras representa un tipo de aplicación diferente.

## IV. CONCLUSIONES

En conclusión de este trabajo se puede evidenciar la importancia que puede tener la supercomputación en muchas aplicaciones que se presentan alrededor del globo. Como se evidenció el supercomputador K está siendo usado utilizado en una amplia gama de campos, incluyendo el descubrimiento de medicamentos, la investigación de terremotos y tsunamis, la predicción del tiempo, la ciencia espacial, la fabricación y el desarrollo de materiales. A mejorar las implementaciones de estas aplicaciones y además aumentar el rango de aplicaciones, son los principales objetivos que se tiene para la sucesora de la supercomputadora K, que será la supercomputadora POST-K.

Fujitsu quiere hacer esta nueva máquina aplicando una arquitectura nueva para ellos en su línea de HPC, ARM, aunque cuentan con la licencia completa para modificar su diseño, la empresa japonesa le apuesta a la eficiencia energética y al mejoramiento del rendimiento que tienen ahorita en la computadora K con los procesadores que tienen la arquitectura SPARC64. Se espera que el cambio de arquitectura sea esperanzador para el futuro, para poder desarrollar mejoras y avances en la computación de alto rendimiento que como vimos en las aplicaciones en las que se quiere usar la POST-K se necesitará.

## REFERENCIAS

- Carrera, R. (2016). Supercomputadora de Fujitsu con arquitectura ARM. España. Recuperado de: <http://www.tested.es/noticias/supercomputadora-de-fujitsu-arm-1433/>
- RIKEN Advanced Institute for Computational Science. Japón. Recuperado de: <http://www.aics.riken.jp/en/k-computer/system>
- Morgan, Timothy P. (2016) Inside Japan’s future exascale ARM supercomputer. Recuperado de: <http://www.nextplatform.com/2016/06/23/inside-japans-future-exaflops-arm-supercomputer/>
- RedUSERS (2011) La computadora más rápida del mundo es “K” y usa Linux. Recuperado de: <http://www.redusers.com/noticias/la-computadora-mas-rapida-del-mundo-es-k-y-usa-linux/>
- Fieldman, M. (2016) Fujitsu Switches Horses for Post-K Supercomputer, Will Ride ARM into Exascale. Recuperado de: <https://www.top500.org/news/fujitsu-switches-horses-for-post-k-supercomputer-will-ride-arm-into-exascale/>
- Shah, A. (2016) Fujitsu drops SPARC, turns to ARM for POST-K supercomputer. Recuperado de: <http://www.pcworld.com/article/3086249/fujitsu-drops-sparc-turns-to-arm-for-post-k-supercomputer.html>
- FLAGSHIP 2020 Project. Japón. Recuperado de: <http://www.aics.riken.jp/fs2020p/en/>