

LA SUPERCOMPUTACIÓN COMO INFRAESTRUCTURA BÁSICA PARA EL EMPRENDIMIENTO DIGITAL

VICENTE MATELLÁN OLIVERA

Universidad de León

Google y Amazon se crearon en la última década del siglo XX, Facebook se fundó en 2004, Instagram en 2010, o TikTok (anteriormente Musicaly en 2014). Todas esas empresas tienen pocos años después de su creación cientos de millones de usuarios y difusión mundial. Algunas de ellas son ahora mismo las de mayor capitalización en bolsa y los emprendedores que las crearon encabezan las listas de multimillonarios. Es parte de lo que el *World*

Economic Forum denomina la «cuarta revolución industrial»(1) y de la que la Unión Europea, España y sus comunidades autónomas quieren emular, impulsando el emprendimiento digital.

El emprendimiento digital se considera por ello estratégico en todos los niveles políticos: el europeo, el nacional, el autonómico y hasta en el local. A nivel continental, el objetivo de seguir siendo un actor relevante a nivel global implica ser capaz de mantener la independencia tecnológica de la Unión Europea frente a los gigantes tecnológicos mundiales, principalmente los grandes norteamericanos (Google, Amazon, Facebook, Apple y Microsoft), pero también de sus equivalentes chinos (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi y Huawei). A nivel nacional, el interés de las administraciones por impulsar el emprendimiento digital está más motivado por la mejora de la competitividad de las empresas, que a su vez permite mantener los niveles de bienestar alcanzados, que por visiones geo-estratégicas. Y a nivel autonómico y local español, además del anterior, intentar que la digitalización

ayude a la fijación de población, uno de los problemas más graves que enfrenta gran parte del país.

Las infraestructuras tradicionales, carreteras, ferrocarriles, puertos, etc. han demostrado tener un factor multiplicador en la economía industrial y de servicios. Parece que esas infraestructuras ya no son las más relevantes para la era digital, por lo que la cuestión es determinar cuáles son las infraestructuras necesarias en la «transición digital» y más en concreto, cuáles son los más importantes para catalizar el emprendimiento digital.

Jeff Bezos, fundador y CEO de Amazon, ha explicado varias veces (2) que Amazon pudo crearse con muy poco capital porque las infraestructuras que necesitaba su negocio ya estaban creadas. No tuvo que desarrollar un sistema de pagos electrónico, el pago con tarjeta ya existía; no tuvo que crear un servicio de entregas a domicilio, el servicio de correos ya estaba creado; aunque con el crecimiento de su negocio luego haya acabado por desarrollar sus propios siste-

FIGURA 1
INFRAESTRUCTURA DE AWS



Fuente: Mapa on-line disponible en <https://aws.amazon.com/es/about-aws/global-infrastructure/>

mas de logística o de gestión de pagos. La cuestión es saber qué infraestructuras, también digitales, son las críticas para que los potenciales emprendedores europeos y españoles en particular puedan desarrollar sus proyectos, haciendo nuestros territorios más competitivos.

La propia Amazon ha convertido su Amazon Web Services (AWS) de hecho en una «infraestructura digital global» (ver Figura 1 de la distribución de los *datacenters* de AWS por el mundo), que utilizan muchas de las multinacionales digitales. Twitter, Netflix o Facebook son usuarios de sus servicios, incluso el servicio de iCloud de Apple está en parte construido sobre AWS. AWS se puede considerar por lo tanto una infraestructura habilitadora del ecosistema digital de Silicon Valley. Netflix que pasó de ser una empresa de entrega de DVDs a domicilio, a una empresa de distribución de contenidos digitales on-line probablemente no podría haberlo hecho si esa infraestructura no hubiese existido y hubiese tenido que crear su propia red mundial de centros de datos, exactamente como el caso de Amazon con el servicio postal. Netflix se pudo concentrar en otros aspectos de su negocio, aunque crease algún centro de datos propio, y subcontratar AWS para su despliegue y crecimiento.

Jeff Bezos de hecho ha propuesto extender esta idea de infraestructuras que facilitan la creación de negocios al sector espacial, ese es uno de los roles de su empresa Blue Origin (2). Por supuesto con afán de negocio, pero no deja de ser una estrategia ventajosa para todos (*win - win*) como la que ha seguido con AWS. Es decir, la idea de las infraestructuras como catalizador de la innovación y el emprendimiento sigue vigente en el mundo digital y lo será en el espacial.

El objetivo de este artículo es justificar la idea de que las infraestructuras digitales son imprescindibles para facilitar el desarrollo de ecosistemas de emprendimiento digital. Identificar algunas de esas infraestructuras globales ya existentes, como el caso de AWS, y focalizar en otras más locales. Para ello en primer lugar se analiza en más detalle el concepto de «emprendimiento digital» y el de «infraestructura digital». A continuación se focaliza en un tipo concreto de infraestructura digital, los centros de supercomputación. La siguiente sección presenta el ejemplo del Centro de Supercomputación de Castilla y León y algún ejemplo de emprendimiento desarrollado con su colaboración, así como otros beneficios que aporta. Finalizando con una breve recapitulación en forma de conclusión.

EMPRENDIMIENTO DIGITAL E INFRAESTRUCTURAS ▾

Por *emprendimiento* se entiende la habilidad de identificar potenciales oportunidades de negocio y la capacidad de desarrollarlas creando y comercializando nuevos productos y servicios. Esta definición del emprendimiento es aplicable tanto a los negocios tradicionales, como a los digitales. Cuando se habla de *emprendimiento digital*, se hace referencia a la creación de empresas digitales, o a la transformación de negocios existentes mediante el uso de las tecnologías digitales.

Lo que se busca a nivel regional, nacional o europeo es ir más allá de fomentar el emprendimiento puntual, el objetivo es crear *ecosistemas* que favorezcan el emprendimiento a gran escala y más concretamente, el emprendimiento digital. Es decir, lo que se desea es crear *ecosistemas de emprendimiento*

TABLA 1
CONCEPTOS RELACIONADOS CON LOS ECOSISTEMAS DE EMPRENDIMIENTO DIGITAL

Concepto	Definición
Emprendimiento	Identificar potenciales negocios y explotarlos
Emprendimiento Digital	Subcategoría del emprendimiento basada en la creación o transformación de negocios utilizando tecnologías digitales
Ecosistema	Sistema auto-organizado, escalable y sostenible compuesto de entidades heterogéneas y sus interrelaciones que aumenta la utilidad del sistema
Ecosistema Digital	Ecosistema formado principalmente por infraestructuras digitales y personas y sus interrelaciones
Ecosistema de Emprendimiento Digital	Ecosistema digital comprometido con el desarrollo de actividades de emprendimiento

Fuente: Elaboración propia

digital, porque existe el convencimiento de que el éxito de los proyectos de emprendimiento no depende sólo de las características propias del negocio, sino también del ecosistema en el que se desarrolla.

Los ecosistemas empresariales surgen de la interacción entre las actitudes emprendedoras de los individuos, sus habilidades y aspiraciones, con la existencia de un entorno regulador adecuado y la facilidad de acceso a los mercados y la existencia de infraestructuras y servicios suficientes. En el caso de los *ecosistemas de emprendimiento digital*, la diferencia es que deben existir las infraestructuras digitales necesarias, así como la adecuada formación digital del capital humano y yo añadiría un especial reconocimiento de la importancia de la educación y la investigación. La Tabla 1 resume estas definiciones.

Existen tres factores que son condiciones necesarias para la generación de ecosistemas de emprendimiento digital. El primero y más importante es la existencia de talento humano, que a su vez requiere de universidades, centros tecnológicos, etc. con vocación de excelencia.

El segundo factor clave es la existencia un clima favorable hacia el emprendimiento, que viene dado por una sociedad que reconoce y valora el esfuerzo, además de otros factores, como la estabilidad económica, jurídica y social que hacen que se puedan genera relaciones fiables entre los diferentes actores necesarios para el emprendimiento (financieros, jurídicos, etc.) y la existencia de estructuras sólidas (de nuevo políticas, económicas y financieras).

El tercer factor es la existencia de infraestructuras digitales que faciliten el desarrollo de los proyectos empresariales y es al que se dedica este artículo. Ya se ha mencionado alguna global, AWS en concreto, pero si se quieren conseguir los objetivos continentales y nacionales es importante que algunas de esas infraestructuras sean también locales, no controladas por grandes corporaciones multinacionales, y también más especializadas.

En concreto, este artículo se centra en ese tercer factor, focalizando en la necesidad y oportunidad de disponer de infraestructuras para el cálculo intensivo, lo que se conoce como Supercomputación.

Como ejemplo se presentarán los servicios que presta el Centro de Supercomputación de Castilla y León (SCAYLE) y cómo estos servicios pueden favorecer el emprendimiento digital en nuestras sociedades, lo que ayuda a la fijación de población y por tanto al aumento de la calidad de vida.

Infraestructuras Digitales para el emprendimiento ↓

Por *infraestructura digital* se entiende en la literatura (3) el conjunto de software y de sistemas que ofrecen capacidades de comunicación y computación. Existen diferentes tipos de «infraestructuras digitales». Amazon Web Services o Microsoft Azure son ejemplos de *infraestructuras digitales* especializadas en computación en la nube.

Los FabLabs desarrollados a partir del MIT o los FabLearn promovidos desde Stanford, son *infraestructuras digitales* para el prototipado. Es conveniente diferenciar las infraestructuras de las *plataformas digitales*, como Apple iOS o Android, que son básicamente plataformas software extensibles, que ofrecen unas funcionalidades básicas. Comunidades como Quirky, portales de colaboración como Upwork o Amazon Mechanical Turk, o sistemas de *crowdfunding* como Kickstarter o Indegogo se pueden considerar a medio camino entre las *plataformas* y las *infraestructuras digitales*.

El resto del artículo se centrará en las infraestructuras. En concreto en las de computación, las más relevantes de cara al emprendimiento actual. La idea principal del artículo es justificar porque además de las grandes infraestructuras digitales de los GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple y Microsoft), es necesario disponer de infraestructuras a nivel nacional y regional para impulsar el emprendimiento digital en esos niveles.

Es cierto que muchos de los propietarios de centros de datos españoles están deshaciéndose de sus centros. Por ejemplo, Telefónica vendió sus centros de datos (4) argumentando que no conseguía rentabilidad para esa parte de su negocio. El problema es que Telefónica, como otros operadores, diseñó sus centros de datos con la idea de que sus futuros clientes (bancos, administraciones públicas, etc.) «externalizaran» el

alojamiento de sus servidores, cerrando sus pequeños centros de datos y llevando sus servidores a esos centros de datos masivos, lo que genera economías de escala en la operación de estos, consiguiendo así reducción de costes.

Aunque la suposición se cumplió, muchas empresas y administraciones en efecto han cerrado sus centros de datos, lo que ha ocurrido es que esos clientes, en vez de seguir teniendo sus propios servidores en un centro de datos externalizados, han decidido pasarse a los servicios de las redes públicas de los GAFAM. Es decir, es como si las empresas en vez de externalizar el mantenimiento de sus vehículos a un gestor de flotas hubiesen decidido no tener coches propios y usar Uber. En caso de la computación las empresas han decidido usar servicios en la nube, y pagar por ello, en vez de alquilar la infraestructura y construir sobre ella los servicios que necesitan.

Aunque simplifican la gestión, estas decisiones generan una dependencia respecto de los proveedores de los servicios, lo cual es especialmente grave en el caso de las administraciones públicas. La legislación europea ha intentado «proteger» al sector europeo obligando a que los datos residan físicamente en la Unión. Estas decisiones han generado tensiones políticas con los EE.UU. pero se han resuelto por los propios GAFAM, que han construido infraestructuras en la Unión Europea para cumplir la legislación comunitaria.

Las administraciones nacionales por su parte también intentan que sus datos no salgan de su territorio y las multinacionales de las infraestructuras digitales replican igualmente instando infraestructura en los diferentes países. Así, en el caso español Amazon ha comenzado en 2020 la construcción de centros de datos propios en España (5); y Google ha firmado un acuerdo con Telefónica (6) para usar infraestructura existente.

Además de la vía legislativa, otra línea de trabajo de la Unión Europea para intentar mantener la soberanía tecnológica europea en el mundo digital es el desarrollo de una «Cloud Pública» europea. Este proyecto, impulsado fundamentalmente por Francia y Alemania, se ha denominado GAIA-X (7). De momento no pasa de ser un proyecto interesante, está por ver si será capaz de ofrecer servicios estandarizados y con capacidad de competir con los de las GAFAM.

Pero el lugar físico donde se encuentran los datos no es el problema principal. El problema, como se mencionó anteriormente, es que muchas de esas empresas y administraciones están construyendo sus aplicaciones sobre los servicios de las multinacionales, es decir, no sólo sobre su hardware. Si esos servicios son «propietarios» y por cualquier motivo esos servicios dejaran de estar disponibles, sus aplicaciones simplemente no funcionarían. Ello ha llevado a que se exija a los proveedores que esos «servicios» tengan interfaces estándar, lo que permitiría migrar las aplicaciones a otros proveedores fácilmente. Ahí es donde reside

realmente la soberanía tecnológica por una parte y la oportunidad de negocio por otra: si Europa (o España) es capaz de tener proveedores locales que ofrezcan esos servicios estandarizados.

Para ser autónomos y competitivos es necesario disponer a nivel regional, nacional y europeo de proveedores de servicios digitales propios. Para ello es necesario disponer de infraestructuras físicas - centros de datos conectados por redes de alta velocidad - sobre los que se pueden desplegar los servicios. Pero también es necesario disponer a nivel regional y nacional de servicios, que deben ser estandarizado en un sentido y especializados en otro. Estandarizados para no generar dependencias de proveedores concretos.

Especializados, porque además de los servicios clásicos de la nube, básicamente la virtualización de servidores físicos (para alojar sistemas de información, servicios web, etc.) y la capacidad de almacenamiento (de ficheros y bases de datos); las nuevas *start-ups* de la era digitales demandan servicios relacionados con el cálculo intensivo. Ese cálculo se necesita para el análisis de datos masivos, lo que se conoce como *Big Data*, que permite anticipar tendencias, detectar patrones, etc.; pero también para aplicaciones como el análisis automático de imágenes que permita a los sistemas tomar decisiones: en seguridad, conducción autónoma, control de plantas, etc. Esos servicios se engloban en lo que se conoce como «supercomputación».

SUPERCOMPUTACIÓN EN EL EMPRENDIMIENTO DIGITAL ¶

Se entiende por supercomputación, o computación de altas prestaciones (High Performance Computing, HPC) al conjunto de tecnologías necesarias para el uso masivo de computadores en la realización de operaciones complejas de cálculo. Estos cálculos sirven para múltiples fines, por ejemplo, para la simulación numérica de procesos muy complejos, como por ejemplo la física de la atmósfera, que sirve para realizar predicciones meteorológicas o para simular procesos fisicoquímicos que permiten el diseño de nuevos materiales; pero cada vez más para análisis de datos, por ejemplo, en el ámbito de la genética o en el entrenamiento de sistemas de inteligencia artificial basados en aprendizaje automático.

Resumidamente, los superordenadores son agrupaciones (*clusters*) de microprocesadores convencionales, como los que se pueden encontrar en un ordenador convencional, formadas por miles de nodos. Esos miles de procesadores tienen que estar conectados entre sí por redes extremadamente rápidas, con latencias (tiempo desde que sale un bit de un microprocesador hasta que llega a otro) por debajo del microsegundo, es decir, en menos de la millonésima parte de un segundo. Al contrario que en el caso de los microprocesadores, donde los centros de supercomputación usan los mismos procesadores

que en la informática tradicional, en el caso de las redes, se trata de tecnología diferentes a las de las redes convencionales. Con esas tecnologías, los supercomputadores actuales pueden realizar cientos de billones de operaciones matemáticas por segundo, siendo esta la métrica más habitual de sus capacidades. Un supercomputador medio actual tiene una capacidad de cientos de TeraFLOPs (un TeraFLOP son 10^{12} operaciones por segundo, es decir, un millón de millones, un billón europeo).

Tradicionalmente, los supercomputadores sólo eran accesibles para los grandes centros de investigación, que los usaban para simulaciones nucleares, espaciales, etc. El motivo eran sus elevados costes de instalación y de operación. La instalación requiere de infraestructuras de refrigeración y seguridad muy especiales, y en la operación necesita grandes consumidores de energía eléctrica.

El abaratamiento relativo (TeraFLOPs por euro) que se ha producido en los últimos años y las claras ventajas competitivas que aportaban hicieron que las grandes multinacionales comenzasen a establecer sus propios supercomputadores, por ejemplo, las petroleras siguen apareciendo en las listas de los mayores supercomputadores del mundo. También con el principio del siglo XX se comenzaron a crear centros de supercomputación generalmente con financiación pública para dar servicio a centros de investigación de menor tamaño, universidades, etc.

Esta «democratización» de los centros de supercomputación ha generado su propio «círculo virtuoso». La existencia de más usuarios ha ido generando software, aplicaciones y servicios que a su vez atraen nuevos usuarios. Esta realimentación positiva además ha venido acompañada por el crecimiento exponencial de la capacidad de estos centros. A su vez, estos centros han supuesto una herramienta que ha permitido avanzar a la ciencia, permitiendo abordar problemas que se consideraban imposibles de tratar.

En el caso de los emprendedores digitales es también muy importante el papel que puede jugar la supercomputación. En la mayoría de los casos, los negocios emergentes se basan en el uso intensivo de la computación, no ya para servicios de comunicación como fueron las *start-ups* de la burbuja .com de los 90, basadas en sitios web o redes sociales. Ahora se trata de ofertar servicios que hacen un uso especializado del cálculo.

Además, muchos de los emprendedores provienen de entornos científicos, están acostumbrados por tanto a su uso, en particular, los que no son de áreas informáticas. Por ejemplo, empresas de análisis genómico, que usan la supercomputación como un servicio transparente para ellos, envían unos ficheros, piden que se analicen con determinados programas y parámetros, y reciben los resultados. Pero la supercomputación no sólo es útil en el entorno genético, puede usarse en múltiples áreas del emprendimiento.

Casos de uso de la supercomputación para el emprendimiento ↓

La Unión Europea se estima (8) que ha producido y tiene disponibles on-line aproximadamente 1 billón de palabras, en 21 idiomas diferentes, entre leyes, directivas, blogs de consultas, etc., el equivalente a 10 millones de libros en papel. Además, ese volumen de información se incrementa a razón de 5.000 «libros» virtuales diarios. Cualquier modelo de negocio que se le pueda ocurrir a un emprendedor relacionado con la gestión de esa información, por ejemplo, en el campo de la asesoría legal, de la formación, se tiene que basar necesariamente en el desarrollo de algoritmos de análisis masivo de datos, de inteligencia artificial, que necesitarán una infraestructura de supercomputación para su desarrollo y explotación.

El sector biotecnológico es otro ejemplo. Quien crea que hoy en día los medicamentos se desarrollan en probetas está muy equivocado. Lo primero que hubo que hacer para comenzar la investigación de la pandemia del Covid19 fue secuenciar el genoma del virus, lo que se hizo con diferentes supercomputadores. Pero todas las estrategias biológico-químicas han hecho uso del cálculo intensivo. De hecho, las convocatorias europeas y nacionales, que habitualmente reparten el uso de los supercomputadores científicos, han priorizado la investigación relacionada con el Covid19. Por ejemplo, la Red Española de Supercomputación (RES) ha dedicado de forma extraordinaria el 50% de su capacidad a esas investigaciones (1), desde la simulación de la movilidad para determinar las mejores estrategias para contener la propagación, a la simulación del comportamiento molecular de las vacunas.

El sector de los contenidos digitales es otro usuario intensivo de la supercomputación. Por una parte, en su «fabricación», donde el uso de supercomputadores para la generación de imágenes sintéticas es cada vez más barato y capaz de generar más realismo, tanto en la animación con los contenidos tradicionales, incluso en la simulación de personas, consiguiéndose la recreación de actores fallecidos. Por otra en su difusión, donde nos hemos acostumbrado rápidamente a los modelos de distribución de contenidos en la red, con sugerencias personalizadas basadas en el análisis masivo de datos.

Incluso la agricultura, que parece muy lejana a esta ola de digitalización, hace un uso intensivo hoy en día de la supercomputación. Hace un uso indirecto, por ejemplo, para las predicciones meteorológicas o climáticas, pero también un directo, con el análisis de imágenes por satélite para el seguimiento de cosechas o la automatización de la agricultura basada en la inteligencia artificial para reconocer el estado de los frutos a recoger.

En resumen, la supercomputación se ha convertido en una tecnología habilitante en todas las áreas,

desde las ciencias sociales a las industrias básicas. Y como en el caso mencionado anteriormente del nacimiento de Amazon, esos potenciales negocios no pueden adquirir su propia infraestructura de supercomputación, necesitan que esta exista, y que sea accesible y escalable.

Supercomputación Europea y regional ↓

Los proveedores globales de infraestructuras digitales han empezado a ofrecer servicios de supercomputación porque están detectando la demanda, en particular para el entrenamiento de redes neuronales. Por ejemplo, Amazon ha incluido el uso de GPUs en su servicio para análisis de datos masivos (EMR (2)) y Google también ofrece servicios de visualización 3D y computación científica usando GPUs (3).

Pero estos servicios de supercomputación no cubren la demanda de las PYMES, ni aceptan el nivel de personalización que un proyecto emprendedor necesita, o si lo hace, lo hace con aquellas que tiene más cercanas, en este caso en el ecosistema de Silicon Valley. Existe por tanto la oportunidad de desarrollar estos servicios de supercomputación a nivel local. Por una parte, para que ayuden a mantener la independencia europea y por otra, para garantizar la competitividad de las empresas.

La Unión Europea parece que sí se han dado cuenta de que ha llegado el momento de que no sólo las grandes empresas y los científicos usen la supercomputación. El esfuerzo conjunto en supercomputación de la UE (*EuroHPC Joint Undertaking*), que va a suponer más de un billón de euros de inversión conjunta, ha indicado que debe ser posible su uso por las pequeñas y medianas empresas europeas, si quieren ser competitivas. Así, dentro del proyecto acaba de poner en marcha el 1 de septiembre de 2020 de una red de «Centros de Competencia en HPC» para acercar la supercomputación a las empresas.

En el mismo sentido, a nivel nacional, la Red Española de Supercomputación (RES) tiene desde hace unos años un grupo de trabajo RESxPYME (4) para acercar la supercomputación a las PYMES españolas. Y lo mismo sucede a nivel regional, por ejemplo, en el caso de Castilla y León, donde el gobierno regional y la Universidad de León identificaron esta necesidad y decidieron crear un centro de supercomputación regional para dar servicio a los investigadores y las empresas de Castilla y León.

EL CENTRO DE SUPERCOMPUTACIÓN DE CASTILLA Y LEÓN (SCAYLE) ↓

Por acuerdo de la Junta de Castilla y León de 18 de octubre de 2007, se autorizó la constitución de la Fundación del Centro de Supercomputación de Castilla y León (SCAYLE) como entidad pública perteneciente al sector público de la Comunidad. El

Centro se constituyó formalmente el 11 de enero de 2008, en un acto celebrado por las instituciones promotoras, la Junta de Castilla y León y la Universidad de León), donde se presentaron los fines y objetivos de la Fundación, entre los que destaca: «la mejora de las tareas de investigación de la Universidad, de los Centros de Investigación y de las empresas de Castilla y León, promoviendo acciones de innovación en el mundo de la Sociedad del Conocimiento y proporcionando un entorno de trabajo excelente en las áreas del cálculo intensivo, las comunicaciones y los servicios avanzados, contribuyendo mediante el perfeccionamiento tecnológico al desarrollo económico de la Comunidad y a la mejora de la competitividad de las empresas». Es decir, ya desde su creación se fija como objetivo de SCAYLE la mejora de la competitividad empresarial y la promoción de acciones que fomenten el emprendimiento en el ámbito digital.

SCAYLE forma parte del grupo de trabajo RESxPYME de la RES, igualmente forma parte del consorcio que gestionará el Centro de Competencia Español en supercomputación que lidera el Centro Nacional de Supercomputación con sede en Barcelona. SCAYLE también es parte de la Red PI+D+i, que tiene como objetivo fundamental la promoción y el impulso de la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas.

SCAYLE es por tanto una organización con una clara vocación de dedicar las infraestructuras que gestiona al emprendimiento digital. Esas infraestructuras digitales se pueden agrupar en tres categorías, las de cálculo intensivo (Caléndula), las de red (RedCAYLE) y la de virtualización y datos abiertos (OpenCAYLE):

Caléndula ↓

SCAYLE posee y opera varios sistemas de cálculo paralelo a los que se conoce como el superordenador «Caléndula». La Caléndula es una flor, que se eligió nombre del supercomputador porque comienza con las sílabas de las dos regiones que constituyen la comunidad autónoma Castilla y León.

Esta infraestructura está físicamente organizada en dos filas de armarios (*racks*) en los que se encuentran alojadas además de los sistemas de cálculo paralelo, los equipos de RedCAYLE y la infraestructura de *cloud* privada de SCAYLE. Además de la infraestructura de computación el centro cuenta con la infraestructura industrial de respaldo necesaria para proporcionar refrigeración y suministro eléctrico redundados, como recoge la figura 2.

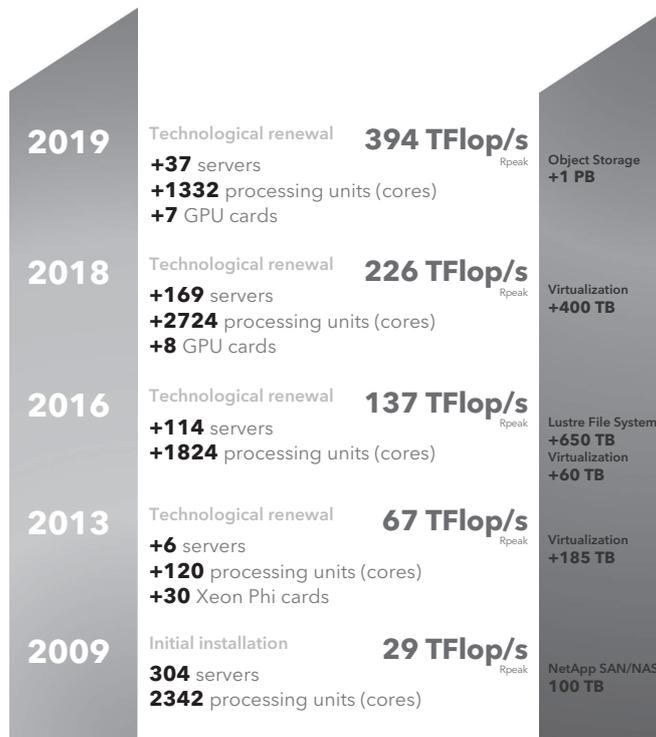
La capacidad de cálculo de SCAYLE ha ido creciendo hasta los 394 TeraFlops desde los 54 iniciales de su puesta en marcha en 2009. La figura 3 resume la evolución de Caléndula en TeraFlops.

FIGURA 2
INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS DE SCAYLE: COMPUTACIONAL (IZQUIERDA) Y LA INDUSTRIAL (DERECHA)



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
EVOLUCIÓN DE LAS MAGNITUDES PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS DE SCAYLE



Fuente: Elaboración propia

RedCAYLE ↓

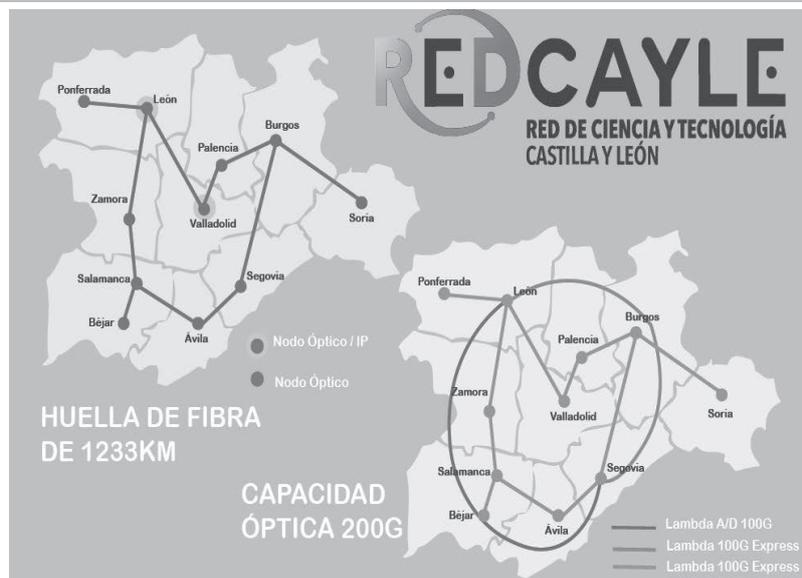
Además de disponer de capacidad de cálculo, los centros de investigación y las empresas deben tener facilidad para acceder a ellos. Por ello SCAYLE ha participado en el diseño, construcción y actualmente gestiona y opera la Red de Ciencia y Tecnología de Castilla y León (RedCAYLE).

El objetivo de RedCAYLE es construir una red autónoma de fibra óptica que interconecte las diferentes universidades e instalaciones científico-tec-

nológicas de la Comunidad, y estas a su vez con el resto de centros españoles e internacionales a través de la red troncal de RedIRIS. El detalle de esta red es el que se puede apreciar en la figura:

En el verano de 2019 se concluyó la migración de todas las instituciones afiliadas a RedIRIS en Castilla y León a RedCAYLE, de forma que actualmente todo el tráfico de comunicaciones de las Universidades y los Centros de Investigación de Castilla y León son gestionados por SCAYLE. Igualmente, en 2019, en virtud del proyecto «Escuelas Conecta-

FIGURA 4
ESQUEMA BÁSICO DE REDCAYLE



Fuente: Elaboración Propia.

das», RedCAYLE pasó a gestionar todo el tráfico de y hacia Internet de los colegios de la comunidad autónoma.

Cloud Privada y OpenCAYLE

Otro de los servicios que proporciona SCAYLE es el de «nube privada para el sector público», que consiste fundamentalmente en la provisión y mantenimiento de máquinas virtuales para el sector público autonómico. En esa nube, tiene alojados más de 500 servidores virtuales de ayuntamientos, diputaciones y de la propia Junta de Castilla y León. Es un servicio que «compite» directamente con las grandes multinacionales, pero lo hace tratando de no distorsionar el mercado, simplemente prestando este servicio a las administraciones públicas, repercutiéndoles el coste total, porque no hay oferta suficiente en la comunidad autónoma (SCAYLE no tiene vocación comercial, ni ánimo de lucro).

Otra gama de servicios que ha empezado a ofrecerse desde SCAYLE en el 2019 es la relacionada con el almacenamiento de datos. Inicialmente el servicio OpenCAYLE, que es como se ha denominado, se diseñó como un servicio de repositorio y publicación de datos de investigación para los investigadores. De nuevo, porque se consideró importante que los datos producidos por los científicos (genéticos, medioambientales, etc.) de Castilla y León se queden en la autonomía. Aunque sean datos que se van a hacer públicos, no tiene sentido que los investigadores los «publiquen» en plataformas externas.

Este servicio se alinea también con servicios equivalentes que se están montando a nivel nacional en la RES, que está pensando cambiar su nombre a Red Es-

pañola de Supercomputación y Datos, porque igualmente se considera que los datos generados por los investigadores españoles deben y pueden publicarse en plataformas españolas. Igualmente, OpenCAYLE se alinea con la iniciativa europea EOSC (European Open Science Cloud (5))

Además de dar servicio a la publicación de conjuntos de datos científicos, el sistema de almacenamiento masivo de datos se puede utilizar para otras funciones. Para ello se ofrece como un servicio estandarizado, compatible con Amazon S3 (*Simple Storage Service*), un servicio de los ofrecidos por AWS para acceder al almacenamiento en forma de objetos a través de servicios web. OpenCAYLE es, por tanto, un ejemplo de servicio «estandarizado», que por lo tanto no genera dependencia de los clientes, y especializado, que se oferta para un uso muy específico (datos científicos) y regionalizado.

Todas estas infraestructuras digitales, Caléndula, RedCAYLE, OpenCAYLE, han más que justificado ya su conveniencia. Por ejemplo, durante el confinamiento del 2020, RedCAYLE pudo gestionar sobradamente el aumento de tráfico de la docencia on-line de las universidades, el de las aplicaciones de los colegios y el normal de los centros de investigación. Los servicios de nube privada permitieron que la administración electrónica siguiese funcionando y confiemos que algunos de los proyectos de investigación que usan Caléndula ayude a combatir la pandemia.

Casos de éxito de emprendimiento digital en Castilla y León

Pero SCAYLE no sólo ha servido a las administraciones públicas y los investigadores. Ya lleva tiempo cum-

pliendo una de las misiones para las que se creó, fomentar la innovación, el emprendimiento digital. Por ejemplo, la empresa Tecnosylva (6), que nació en León y sigue teniendo sus oficinas principales en el parque tecnológico de León, vende servicios de predicción de incendios a empresas eléctricas del sur de California. Para ello hace miles de simulaciones cada día en SCAYLE. ¿Podría una PYME con apenas 50 trabajadores exportar servicios tecnológicos desde León a los EE.UU. sin una infraestructura como SCAYLE? Empezó su colaboración con SCAYLE a partir de un proyecto europeo en colaboración con la Universidad de León. A partir de ahí, una empresa «tradicional» del sector forestal dio el salto a la digitalización, de hacer proyectos de reforestación, a la simulación numérica con supercomputadores, lo que le ha permitido incluso competir en los EE.UU.

Otra PYME instalada en el parque es Smarkia (7), que vende servicios en la nube de eficiencia energética a multinacionales en varios países. No calculan en SCAYLE, pero han 'fichado' alguno de los técnicos formados en el centro. ¿Podrían haber encontrado perfiles especializados en tecnologías informáticas avanzadas en León sin SCAYLE? Es decir, las infraestructuras digitales no sólo aportan oportunidades para el desarrollo de negocios con su uso, incluso su simple existencia tiene impacto en la capacitación de la mano de obra, indispensable para el emprendimiento digital.

INTECCA (Innovación y Desarrollo Tecnológico de los Centros Asociados) (8) diseña y desarrolla diferentes servicios y aplicaciones para los centros de la UNED desde Ponferrada, además de prestar soporte técnico y formación. En concreto ha desarrollado una herramienta docente Audio-Visual sobre tecnología IP (AVIP) que garantiza el ejercicio de la tutoría telemática entre los centros asociados de la UNED y sus Aulas de Enseñanza a Distancia, así como de los propios centros entre sí, favoreciendo su funcionamiento en red. Esa herramienta tiene sus servidores en Ponferrada, una localidad a casi 100 kilómetros de León y ha prestado servicio a decenas de miles de usuarios de toda España durante la pandemia del Covid19. La existencia de ese centro, el desarrollo de ese software en Ponferrada y la operación del mismo, no hubiesen sido posibles sin la creación de un nodo de RedCAYLE en Ponferrada.

Todos estos ejemplos son casos de éxito, PYMES que se han podido desarrollar gracias a las infraestructuras digitales básicas de SCAYLE. Son además, ejemplos de emprendimiento digital desarrollados en una zona de España muy castigada por la despoblación, el envejecimiento y la pérdida de empleo. La provincia de León, junto con Orense, Lugo y Zamora, son las provincias en las que más ha aumentado la desigualdad con el resto de España en términos demográficos y económicos en los últimos 40 años. El cierre de la minería y de las centrales de carbón para la producción eléctrica ha supuesto un nuevo varapalo para estas zonas, que reclaman una transición justa.

Esa «Transición Justa» que ocupa titulares y declaraciones políticas en estos tiempos, debe ser una «Transición Digital Justa», es decir, que produzca una igualdad real de oportunidades para el desarrollo del emprendimiento digital, porque ese es el que producirá empresas competitivas a nivel global capaces de revertir el despoblamiento y mejorar la calidad de vida de estas zonas.

CONCLUSIONES ↓

El ingrediente fundamental para el desarrollo de ecosistemas de emprendimiento digital es el capital humano bien formado en ciencias e ingenierías, informática en particular, lo que requiere centros de investigación, universitarios y de formación profesional especializados en este campo. Además, la sociedad debe apuntalar ese capital humano valorando el esfuerzo personal y desarrollando infraestructuras digitales que permitan el desarrollo de las vocaciones emprendedoras en el ámbito digital. En particular, este artículo se ha centrado en la importancia de las infraestructuras relacionadas con la supercomputación, poniendo el ejemplo de SCAYLE.

Es evidente que una infraestructura tradicional, una autovía, unos kilómetros de tren de alta velocidad, tiene más repercusión que una infraestructura digital, se ve más y por más gente. Pero también es cada vez más evidente que sólo la apuesta seria, decidida y constante por las infraestructuras digitales será las que consigan impulsar el emprendimiento digital, que a su vez es el que creará riqueza y mantendrá el estado de bienestar que disfrutamos.

Los grupos de investigación de Castilla y León son los grandes beneficiarios de la potencia de cálculo de SCAYLE, que pueden desarrollar con su ayuda proyectos con impacto directo en el territorio que en otro caso no serían viables. Por ejemplo, grupos de la Universidad de Burgos diseñan nuevos materiales para la captura de CO₂, investigadores en genética de la Universidad de León mejoran las razas de ovejas, o mejoran la predicción de las tormentas de granizo para la comunidad autónoma. Esos y otros muchos proyectos sencillamente no serían posibles sin el Centro de Supercomputación de Castilla y León.

Algunas de esas investigaciones y proyectos generan empresas, como Tecnosylva, o productos innovadores, como AVIP; otras se aprovechan del aumento del conocimiento, como Smarkia, pero todas ayudan a generar proyectos que no serían posibles en Castilla y León sin las infraestructuras digitales de SCAYLE.

Desafortunadamente, los beneficios de las inversiones en infraestructuras digitales como SCAYLE no son inmediatos (9). El retorno de las inversiones en este tipo de infraestructuras se produce a muy largo plazo, pero el impacto es muchísimo mayor que el de la inversión en infraestructuras tradicionales (basadas en el acero y el hormigón). ¿Qué tipo de empresas

queremos tener dentro de 20 años? ¿Qué tipo de empleos queremos para las próximas generaciones?

Hay que aprovechar la oportunidad con los fondos de la Unión Europea para paliar los efectos económicos de la pandemia del Covid19 para dar un impulso verdadero a la digitalización, pero con una transición digital justa, que cree infraestructuras digitales por los territorios que más han sufrido las últimas décadas, para que los emprendedores puedan desarrollar con menor coste sus ideas para ser más competitivos a nivel mundial.

NOTAS ↓

- [1] <https://www.res.es/es/noticias/la-res-se-adapta-al-covid-19-con-m%C3%BAltiples-actuaciones>
- [2] <https://aws.amazon.com/es/emr/>
- [3] <https://cloud.google.com/gpu>
- [4] ESxPYME: <https://resxpyme.bsc.es/sobre-resxpyme>
- [5] <https://www.eosc-portal.eu/>
- [6] <https://tecnosylva.es/>
- [7] <https://www.smarkia.com>
- [8] <https://www.intecca.uned.es/i>

REFERENCIAS ↓

WEF - World Economic Forum (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond.

Jeff Bezos wants to build the infrastructure for space startups. Frederic Lardinois. TechCrunch, 6 de Junio de 2019 (enlace, accedido 9/9/2020).

Digital Entrepreneurship ecosystem: How digital technologies and collective intelligence are reshaping the entrepreneurial process. Gianluca Elia *et al.* (2020) Technological Forecasting and Social Change. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.119791

«Nadie quiere tener un centro de datos propio (o por qué BBVA y Telefónica quieren vender los suyos)». Alberto Iglesias Fraga. Business Insider, Abril 2019. (enlace, accedido 14/09/2020).

Amazon confirma que abrirá en Aragón sus tres primeros centros de datos en España entre 2022 y 2023. Heraldo de Aragón (enlace, accedido 14/09/2020).

Google se alía con Telefónica y abre su primera región de centros de datos en España. Cinco Días (enlace, accedido 14/09/2020).

What is Gaia-X? A guide to Europe's cloud computing fight-back plan. Owen Hughes, TechRepublic, Junio 2020 (enlace, accedido 14/09/2020)

«Examining the Technical, Legal and Ethical Implications of Improved Access to Legal Information Using Supercomputing Technology: The ManyLaws Project». Virkar, S., Novak, A. S., & Yannis, C. A. (enlace, accedido 10/09/2020).

Menos hormigón, más supercomputación. Vicente Matellán. Diario de León, 24 de mayo de 2018. (enlace, accedido 10/9/2020).