

La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones: una plataforma tecnológica al servicio de la comunidad académica

Álvaro de la Ossa Osegueda^a, Carlos J. Barrios Hernández^b, Dennis Cazar Ramírez^c, Ulises Cortés García^d, Adriano Galiano Díez^e, Salma Jalife Villalón^f, Philippe O.A. Navaux^g, Alejandro Soba^h, Rafael Mayo-Carcíaⁱ,

a Escuela de Ciencias de la Computación e Informática y Programa de Posgrado en Ciencias Cognoscitivas, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica
alvaro.delaossa@ucr.ac.cr

b Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander, Cra. 27 calle 9. 577 Bucaramanga, Colombia,
cbarrios@uis.edu.co

c Facultad de Ciencias, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n, 170157 Quito, Ecuador,
dcazar@usfq.edu.ec

d Programas Académicos, BSC-CNS, Jordi Girona, 31, 08034 Barcelona, España,
ia@cs.upc.edu

e Technology Solutions, Fujitsu, Camino del Cerro de los Gamos, 1, 28224 Pozuelo de Alarcón, España,
adriano.galano@ts.fujitsu.com

f Internacionales, CUDI, Parral, 32, 06140 Ciudad de México, México,
salmajalife@cudi.edu.mx

g Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 Porto Alegre, Brasil,
navaux@inf.ufrgs.br

h Centro de Simulación Computacional, CONICET, Godoy Cruz 2390 C1425FQD Caba, Argentina,
soba@cnea.gov.ar

i División TIC, CIEMAT, Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid, España
rafael.mayo@ciemat.es

Resumen. La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) tiene como objetivo dotar a la región de un servicio avanzado de TIC; en concreto, de una infraestructura estratégica en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que comprenda tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC) a partir de computación en la nube. RICAP es un nuevo consorcio financiado por la CYTED que aúna a varios centros de computación latinoamericanos –algunos de ellos los más grandes en sus respectivos países–, varios proveedores de casos de uso en distintos ámbitos científico-tecnológicos, una de las compañías productoras de supercomputación más grandes del mundo y un consorcio latinoamericano experimental en el ámbito de la física. Esta Red desarrollará además distintas herramientas de software destinadas a facilitar el acceso y la eficiencia computacional de esta infraestructura de hardware e incentivará su uso gratuito mediante distintas acciones de divulgación y difusión que atraigan a usuarios de distintas universidades y otros ámbitos científicos e industriales en coordinación

con RedCLARA, de quien recibió su apoyo institucional. Asimismo, promoverá la integración en la Red de nuevas infraestructuras en los países iberoamericanos que no estén inicialmente adscritos a la misma. Con todo ello, se pondrá a disposición de la comunidad una elevada potencia de cálculo que sea una alternativa real a servicios propietarios radicados fuera de la región.

Palabras Clave: Red Iberoamericana; HPC; HTC; Supercomputación; Computación en la nube; Servicios avanzados.

Eje temático: Infraestructura y desarrollo de software – Servicios de Valor Agregado de redes académicas avanzadas – Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

1 Introducción

La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) [1] se presenta para proveer a la región de un servicio avanzado de TIC; en concreto, de una infraestructura estratégica en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que comprenda tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC) a partir de computación en la nube.

RICAP es un nuevo consorcio financiado por la CYTED que aúna a diferentes instituciones y cuya actividad ha empezado el 1 de enero de 2017 y se extenderá al menos hasta el 31 de diciembre de 2020. Entre sus socios iniciales se encuentran:

- Ocho centros de computación latinoamericanos: CSC-CONICET (Argentina); UFRGS (Brasil); SC3UIS-UIS (Colombia); UCR (Costa Rica); CIEMAT y BSC-CNS (España); y, CUDI y CINVESTAV (México);
- una de las compañías productoras de equipo para la supercomputación más grandes del mundo (FUJITSU)
- un consorcio latinoamericano experimental en el ámbito de la física (LAGO).

Esta Red desarrollará además distintas herramientas de software destinadas a facilitar el acceso y la eficiencia computacional de esta infraestructura hardware e incentivará su uso gratuito mediante distintas acciones de divulgación y difusión que atraigan a usuarios de distintas universidades y otros ámbitos científicos e industrial en coordinación con RedCLARA, de quien recibió su apoyo institucional. Asimismo, promoverá la integración en la Red de nuevas infraestructuras en los países iberoamericanos que no estén inicialmente adscritos a la misma.

Con todo ello, se pondrá a disposición de la comunidad una elevada potencia de cálculo, con el propósito de proveer una alternativa real a servicios propietarios radicados fuera de la región. Entre los objetivos específicos, se pueden enumerar:

- la interconexión efectiva de servicios abiertos de alto desempeño a partir de los clústeres aportados por RICAP (tanto de supercomputación como de acceso a la nube);
- la implementación y posterior fomento de soluciones para el acceso y la explotación de esta red basadas en software;
- el diseño y desarrollo de herramientas de código abierto que mejoren de forma desatendida y dinámica la eficiencia computacional de la infraestructura, en especial en un entorno como el de la nube;

- el fomento de la transferencia de conocimiento y el impacto de RICAP mediante la impartición de cursos y seminarios para administradores y usuarios finales con las últimas tecnologías en el ámbito HPC y HTC;
- la colaboración con otras iniciativas nacionales y regionales (RedCLARA, H2020 y otras).

Con la consecución de estos objetivos será posible la realización de nuevas actividades por distintos grupos latinoamericanos para quienes anteriormente era muy complicado realizar su trabajo en simulación o analítica de datos por carecer de la suficiente potencia de cálculo, por lo que RICAP aportará valor a la comunidad TICAL en varios de sus ejes fundamentales: Infraestructura y desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas y Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

2 Planes para Proveer un Servicio de Valor Agregado a las Redes Académicas Avanzadas

Debido a la naturaleza de esta Red, se han de definir distintas metodologías relativas al acceso a la infraestructura estratégica aportada por RICAP, el desarrollo de nuevas soluciones que mejoren la explotación de la misma y las acciones de transferencia del conocimiento y de divulgación.

Con respecto a la primera, la metodología propuesta es similar a aquella que siguen grandes infraestructuras de computación tales como PRACE [2] en HPC o FedCloud [3] en HTC, en las cuales se federan distintos nodos que albergan clústeres de computación y capacidades de almacenamiento. Sin embargo, esta federación se hará de la manera más sencilla posible para así facilitar el acceso a los recursos a los usuarios finales.

El acceso a la infraestructura estratégica de RICAP se llevará a cabo mediante dos vías. Por un lado, se harán convocatorias online de propuestas para el uso de supercomputadores a partir de las cuales se asignarán por un comité designado por la Red las horas de CPU y/o aceleradores (GPU y Xeon Phi) y las capacidades de almacenamiento y transferencia de datos que se ponen a disposición del usuario (proveniente de cualquier país iberoamericano, no sólo aquellos que cuentan con un socio dentro de RICAP). El acceso se hará por `ssh` de forma directa a los supercomputadores con permisos habilitados por sus administradores.

Por el otro, se habilitará una infraestructura en la nube especialmente indicada para HTC a la cual se accederá por línea de comandos o también de forma amigable mediante una interfaz sencilla (tipo FutureGateway, desarrollada en INDIGO-DataCloud [4] con credenciales de Federaciones de Identidad nacionales (habiendo una Catch-all general igualmente). El motivo de emplear este método es ampliar el conjunto de recursos disponibles mediante la interoperabilidad con otras infraestructuras en la nube basadas en estándares OCCI tales como FedCloud, INDIGO-DataCloud y otras. El acceso a la infraestructura en la nube será continuo e ininterrumpido en el tiempo.

Debido a esta última circunstancia, es necesario disponer de soluciones de código abierto que mejoren la eficiencia computacional en entornos heterogéneos y

dinámicos. Por ello, RICAP desarrollará y aportará herramientas que maximicen esta eficiencia computacional a partir de aquellas que ya han sido previamente puestas en producción con éxito por los grupos de la Red [5-7].

En relación al entorno HPC, se utilizarán los desarrollos en tolerancia a fallos que mejoren igualmente el uso de supercomputadores y que también han sido probados convenientemente por los grupos de RICAP. Estas soluciones basadas en gestores y herramientas mayoritariamente empleados en el Top500 tales como gestores de recursos, librerías de puntos de chequeo y balanceo de carga, librerías de paso de mensajes, etc. serán transparentes al usuario final y están enfocadas a su explotación por parte de los administradores.

Todos estos desarrollos convergerán en herramientas que aúnen capacidades dinámicas de puntos de chequeo y tolerancia a fallos con gestores de trabajos en la nube sobre CPU y sobre aceleradores. También, con la gestión de contenedores en entornos virtualizados de HPC.

Tanto en el trabajo en los diferentes entornos HPC como en los referidos a la nube se elaborará una estadística de usuarios y modos de uso, así como una medición de tiempos de cómputo, herramientas utilizadas, y casos de éxito. Esta información será útil no solo en el diseño y puesta a punto de futuras aplicaciones administrativas, sino también en la mejora de las existentes en cada centro agregado.

2.1 Infraestructura

Para llevar a cabo toda esta metodología es imprescindible contar con la infraestructura estratégica de RICAP, la cual está conectada internamente por Infiniband y al exterior con fibra óptica por las redes académicas correspondientes asociadas a RedCLARA. Está compuesta por:

- BSC (Es): 48.896 procesadores Sandy Bridge en 3.056 nodos, incluyendo 84 Xeon Phi 5110P, con más de 115TB de memoria principal y 2PB de almacenamiento en disco GPFS
- CIEMAT (Es): 2 clústeres con 2.240 cores Intel y 456 cores Xeon Phi, 1 clúster de ~100.000 cores Nvidia, dos nodos cloud con ~950 cores CPU y más de 1 PB de almacenamiento.
- CINVESTAV (Mx): SGI ICE-XA (CPU) y SGI ICE-X (GPU) con 8.900 cores y un rendimiento Neto de 429 Tflops. Almacenamiento Tipo Lustre Seagate ClusterStor 9000 de 1 PB
- CSC-CONICET (Ar): Un clúster de 4.096 cores AMD Opteron y 16.384 cores Nvidia CUDA. Posee 8.192 GB de RAM y un espacio de 72TB de almacenamiento.
- CUDI (Mx): Servicio de CUDI de cómputo en la nube
- UCR (Cr): Varios clústeres con capacidad ~80 cores CPU, ~25.000 cores Nvidia y ~1450 cores Xeon Phi
- UFRGS (Br): Un clúster de 256 Núcleos con 19.968 núcleos CUDA
- UIS (Co): Un clúster de 24 nodos (2,4GHz y 16GB RAM) y un clúster con 128 NVIDIA FERMI Tesla (104 GB en RAM y 4 Procesadores Intel Haskwell)

Esta infraestructura ya en producción se federará gracias a RICAP y asegura la consecución de los objetivos planteados en esta propuesta y el acceso libre a la misma,

redundando en la calidad de vida y desarrollo de la sociedad iberoamericana y luchando contra la inequidad social. Hasta el momento, el acceso a grandes infraestructuras HPC y HTC era limitado a sólo algunos países de la región, por lo que se generará una nueva actividad en el sector con un enorme impacto.

No sólo eso, hay que tener en cuenta que RICAP está compuesta por empresas y proveedores de recursos (los 8 grupos antes listados), pero también por proveedores directos de casos de uso (BSC, CIEMAT, CINVESTAV, CSC-CONICET y sus instituciones asociadas, LAGO y UCR), que realizarán las pruebas iniciales de la infraestructura estratégica y que posteriormente acudirán a las convocatorias de acceso a recursos HPC o directamente usarán la nube de la Red. Todos los proveedores de recursos tienen una amplia experiencia en las tareas descritas en esta memoria tanto en la explotación y federación de infraestructuras de computación como en labores de I+D y junto al resto de grupos forman un consorcio equilibrado entre grupos consolidados y emergentes. Asimismo, tienen un amplio bagaje de participación en proyectos del 7º PM y de H2020 en el sector de las infraestructuras.

2.2 Breve resumen cronológico del plan de trabajo

A continuación se listan someramente las actividades e hitos que se prevén alcanzar a lo largo del período 2017-2020 y que se confía que sean de interés para los distintos grupos de usuarios que se encuentran en las universidades iberoamericanas y en otras entidades científicas y tecnológicas.

Tabla 1. Resumen de las actividades planeadas en RICAP.

2017	<ul style="list-style-type: none"> - Federación y puesta en producción de la infraestructura estratégica en su parte en la nube. - Diseño de la 1ª convocatoria de acceso a HPC e implementación del formulario web. Difusión y divulgación de la misma. Resolución de la primera convocatoria y ejecución de las propuestas ganadoras. - Integración en la infraestructura de nuevas soluciones diseñadas e implementadas por RICAP. - Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP.
2018	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización y explotación de la infraestructura en nube y HPC. - Análisis y depuración de posibles errores derivados de la 1ª convocatoria HPC. - Análisis de los resultados obtenidos por las nuevas soluciones - Ejecución completa de la segunda convocatoria HPC. - Implementación de nuevas soluciones que aúnen el

	<p>uso de herramientas en la nube sobre plataformas con aceleradores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP
2019	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización y explotación de la infraestructura en nube y HPC - Ejecución completa de la tercera y cuarta convocatorias HPC - Análisis de los resultados obtenidos por las nuevas soluciones - Implementación de nuevas soluciones que aúnen el uso de herramientas en la nube con capacidades de tolerancia a fallos - Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP
2020	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización y explotación de la infraestructura en nube y HPC - Ejecución completa de la quinta y sexta convocatorias HPC - Análisis de los resultados obtenidos por las nuevas soluciones - Implementación de nuevas soluciones de eficiencia computacional sobre contenedores virtualizados - Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP

Cabe reseñar que la Red se gestionará mediante un Comité Ejecutivo que se reunirá remotamente una vez al mes y que estará formado por un representante de cada grupo de RICAP. Además, se celebrará una reunión presencial anual. Este Comité Ejecutivo nombrará a los expertos que evalúen las solicitudes de acceso a recursos HPC.

3 Resultados esperados

A lo largo de los cuatro años de existencia iniciales que va a tener RICAP, se espera poder alcanzar distintos hitos y resultados que mejoren distintos aspectos científico-tecnológicos y sociales.

3.1 Beneficios y repercusión prevista para Latinoamérica

Infraestructuras estratégicas tales como PRACE y EGI (FedCloud) en Europa o la Red Española de Supercomputación [8] en España han tenido un enorme éxito y un notable impacto en la comunidad científica de sus regiones de influencia, posibilitando el acceso a grandes instalaciones de computación a cualquier investigador o grupo con una necesidad de servicios computacionales siempre y

cuando presentara un proyecto de calidad, interés y tecnológicamente viable dentro de las capacidades ofertadas.

Por ello, se puede asegurar que los beneficios y la repercusión que RICAP tenga en Latinoamérica no han de ser menor. Más al contrario, en términos sociales será aún mayor pues pondrá a disposición de investigadores y grupos una capacidad de cómputo que en sus países puede ser prácticamente imposible concretar. Algunos de los países que participan en RICAP disponen de instalaciones de supercomputación de primer orden mundial, pero no así algunos otros de Latinoamérica que gracias a la posibilidad que les ofrece RICAP podrán disfrutar gratuitamente de esta capacidad de cómputo.

Más aún, RICAP está abierta a todos los ámbitos científicos y sociales y a ella podrán acudir en igualdad de condiciones usuarios de cualquier país iberoamericano. Por ello, ofrece una clara apuesta por la equidad social. También, como se ha indicado anteriormente, se articulará un mecanismo para que más instituciones latinoamericanas puedan integrarse dentro de las actividades de la Red Temática.

No obstante, se han pre-identificado algunos usuarios que ya podrán hacer uso de las capacidades de RICAP desde el primer momento. A partir de la experiencia de alguno de sus socios fundadores, tales como los grupos del BSC, CIEMAT, CINVESTAV, CSC-CONICET (y sus instituciones asociadas como la CNEA o la UBA) y LAGO, se realizarán labores de pruebas en ámbitos como la energía eólica, física médica, seguridad nuclear y radiológica, física de plasmas, geofísica, contaminación atmosférica, diseño de redes de radares y comunicación inalámbrica, etc. y posteriormente acudirán a las convocatorias de HPC y al acceso continuo a la nube.

También es reseñable la participación en la Red del consorcio latinoamericano LAGO, que tiene un Grupo de Trabajo especializado en simulación que asegura el uso de la red HTC para estudios de rayos cósmicos y su efecto en la salud de las tripulaciones y viajeros aéreos y que optará igualmente a las horas de cómputo HPC en concurrencia competitiva.

Gracias a las capacidades y soluciones aportadas por RICAP, todas estas comunidades tendrán la posibilidad de abordar la solución de problemas más ambiciosos y complejos, los cuales no podían ser planteados por algunos investigadores latinoamericanos sin esta Red.

3.2 Capacitación

RICAP cuenta entre sus miembros con el BSC, uno de los socios Tier-0 de PRACE. Dentro de las actividades de este gran consorcio europeo, existe una variedad muy amplia de cursos organizados por sus equipos [9], los cuales podrán ampliarse a Latinoamérica con fondos del propio consorcio PRACE. Las jornadas teórico-prácticas de 1 ó 2 días que surgen de esta colaboración con PRACE servirán de capacitación para personal desarrollando su labor en el ámbito HPC/HTC para así incrementar su empleabilidad, contarán igualmente con seminarios dentro del programa académico directamente enfocados al uso de la red estratégica proporcionada por RICAP y se organizarán conjuntamente con eventos y conferencias celebradas en Latinoamérica. Eventos de interés para este propósito son las futuras ediciones de TICAL [10], CARLA [11], ISUM [12], etc.

Para estas jornadas y otras, se colaborará con RedCLARA para que las mismas se integren dentro de su programa de Encuentros temáticos de la Comunidad TICAL de difusión por *streaming*, de tal forma que el impacto sea aún mayor y así personas que no están asistiendo presencialmente al curso puedan seguirlo localmente.

Ejemplos de cursos que se impartirán dentro de las actividades de RICAP son:

- Acceso y utilización de los recursos computacionales proporcionados por RICAP
- Nociones básicas sobre administración de clústeres de computación de alto desempeño
- Hands-on Introduction to HPC (PRACE)
- Message-Passing Programming with MPI (PRACE)
- Intel MIC and GPU programming (PRACE)
- Metodologías para la ejecución eficiente de tareas en entornos HPC y HTC
- Performance analysis and tools (PRACE)
- Escuela intensiva de HPC-CSC

Como se puede ver por el listado anterior, esta formación en recursos humanos está ideada para que abarque y sea provechosa para distintos niveles académicos.

Otro punto importante a destacar es que los cursos y seminarios que se impartan dentro de RICAP serán promocionados por las entidades académicas de la Red dentro de sus cursos de Grado y Máster para que los alumnos puedan asistir a ellas, no sólo en las Facultades de Informática, sino también en otras donde sean de aplicabilidad los conocimientos de la Red (Ciencias, Ingenierías, Estadística, etc.). LAGO tiene además un programa propio de capacitación de recursos humanos en el que se promocionarán las actividades docentes de RICAP.

Todo el material didáctico que se genere (presentaciones, ejercicios, vídeos en los que se graba el curso) se colgará en la página web de la Red y estará disponible permanentemente de forma gratuita.

3.3 Papel que juega RedCLARA y TICAL

Como se ha mencionado anteriormente, la labor a ser desarrollada por RICAP casa perfectamente con algunos de los ejes temáticos definidos por RedCLARA y su comunidad TICAL. En concreto: Infraestructura y desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas y Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

Prueba de ello es el apoyo que la propia RedCLARA aportó a la propuesta de RICAP a la CYTED y que comprendía varios aspectos e intereses comunes. Así, la creación de una infraestructura estratégica de cómputo HPC y HTC en Latinoamérica se basa en la infraestructura de redes nacionales de educación e investigación que ofrece RedCLARA y del mismo modo, a RedCLARA le resulta de interés que su red de fibra óptica regional sea utilizada plenamente.

Con este fin, RedCLARA y RICAP colaborarán en la divulgación y difusión de las actividades de esta última dentro de la comunidad de RedCLARA anunciando su capacidad de cómputo y promoviendo las convocatorias de acceso a la infraestructura computacional. Asimismo, promoverá que las actividades de capacitación de la Red Temática se extiendan a la comunidad de CLARA a través de los Encuentros

Temáticos de TICAL y los Días Virtuales organizados por la Coordinación de Comunidades de RedCLARA.

La actividad de la Comunidades de Ciencia y Tecnología es prioritaria para RedCLARA, siendo el foco de recientes proyectos, como OCTOPUS [13], ELCIRA [14] y MAGIC [15] que han contribuido fuertemente a la construcción de herramientas que apoyan a los proyectos colaborativos como SCALAC (Servicios de Computación Avanzada para Latinoamérica y el Caribe). Estas herramientas, disponibles en la plataforma en línea Colaboratorio, serán un aporte a las actividades de RICAP.

4 Conclusiones

Gracias a RICAP se podrán generar multitud de nuevas actividades en distintos ámbitos científicos y sociales de la sociedad latinoamericana dado que se va a poner a su disposición de manera gratuita una enorme cantidad de recursos computacionales. Esto es así porque en la actualidad, la computación está enormemente integrada en la generación de conocimiento en entornos científicos, sociales y de ingeniería, tanto en el ámbito público como en el privado. Además, el acceso a la infraestructura será directo (nube) o por concurrencia competitiva (HPC) en la que primará el interés científico, por lo que usuarios finales sin acceso local a entornos HPC y HTC podrán a partir de ahora realizar sus trabajos gracias a RICAP, lo que mejorará la igualdad social.

La originalidad de la nueva Red radica en que este acceso regional no es una realidad en Latinoamérica en su conjunto, sino sólo a nivel nacional en algunos países, por lo que supone un tremendo avance para la comunidad científica de cualquier ámbito en la región.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Red Temática 517RT0529 RICAP (Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones) del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Referencias

1. RICAP, disponible en <http://www.ricap.org>
2. PRACE, disponible en <http://www.prace-ri.eu/>
3. EGI FedCloud, disponible en <https://www.egi.eu/infrastructure/cloud/>
4. INDIGO-DataCloud, disponible en <https://www.indigo-datacloud.eu/>
5. M. Rodríguez-Pascual, I.M. Llorente, R. Mayo-García. "Montera: a framework for efficient execution of Monte Carlo codes on Grid infrastructures". *Computing and Informatics* 32, 113-144 (2013)

6. A.J. Rubio-Montero, E. Huedo, F. Castejón, R. Mayo-García. "GWPilot: Enabling multi-level scheduling in distributed infrastructures with GridWay and pilot jobs". *Future Generation Computer Systems* 45, 25-52 (2015).
7. A.J. Rubio-Montero, E. Huedo, R. Mayo-García. "User-Guided Provisioning in Federated Clouds for Distributed Calculations". *LNCS 9438*, 60-77 (2015)
8. RES, disponible en <https://www.bsc.es/marenostrum-support-services/res>
9. PRACE training, disponible en http://www.training.prace-ri.eu/nc/training_courses/index.html
10. TICAL, disponible en <http://tical.redclara.net/>
11. CARLA, disponible en <http://www.ccarla.org/>
12. ISUM, disponible en <http://www.isum.mx/>
13. Open Collaboration TOolkit Provisioning for Key Challenge USer Communities (OCTOPUS)
14. ELCIRA, disponible en <http://www.elcira.eu/>
15. MAGIC, disponible en <http://www.magic-project.eu/>