

Diseño e implementación de una arquitectura grid de recursos para el sector educativo en la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB, como parte del macroproyecto Grid Colombia

Elgar Castillo*, Hebert Orjuela*, Eduardo Carrillo*.

Fecha de Recibido:07/06/2011 Fecha de aprobación: 07/11/2011

Resumen

En el siguiente documento se recopila información sobre cada uno de los temas que conciernen al diseño, instalación y puesta a punto de los diferentes elementos que intervienen en una arquitectura Grid. Se describe el proceso de diseño e implementación de una arquitectura Grid de recursos, se plantean las posibles fases que se deben llevar a cabo así como las actividades a desarrollar en cada una de ellas.

Se describe de forma detallada cada una de las pruebas y conexiones ejecutadas sobre el sistema Grid de la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB y sus resultados.

Palabras clave: *Grid, Computer element, middleware, worker node, OSG Client.*

Abstract

In the following document, information is collected on each of the issues concerning the planning, installation and commissioning of the different elements involved in Grid architecture. It is described the design and implementation process of an architecture resources Grid, on it are established the phases and the activities that must be developed on each one.

It is described in detail each one of the test and connections played on the Grid system at the Autonomous University of Bucaramanga - UNAB and its results.

Keywords: *Grid, Computer element, middleware, worker node, OSG Client.*

*Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB, {castillorueda.edgar, orjuela77, eduleidy}@gmail.com

§ Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la Revista Colombiana de*

1. Introducción

La creciente demanda de cómputo, por parte de aplicaciones en ambientes científicos, educativos, de investigación o industriales, ha incrementado el interés en el área de cómputo de alto rendimiento. Esto trae consigo una alta demanda no sólo de poder computacional, sino de capacidad de almacenamiento.

La utilización de clúster provee una opción de cómputo ampliamente usada en la actualidad. Los clúster permiten realizar cómputo de alto rendimiento a costos muy inferiores a los que representan la utilización de supercomputadores. Es por esta disminución de costos que la computación de alto rendimiento se ha enfocado en el uso de clúster. Sin embargo, los clúster no satisfacen todos los requerimientos de grandes proyectos; existe el problema real y específico del compartimiento de recursos de forma coordinada, y de la resolución de problemas de forma dinámica dentro de un plano de múltiples instituciones de organizaciones virtuales. Para atacar este problema planteado, surgen los Grid computacionales, interconectando recursos para el aprovechamiento del poder de cómputo agregado. En Colombia esta iniciativa se ha venido gestando a través del macroproyecto llamado GRIDCOLOMBIA; con el apoyo de la organización virtual OSGEDU.

En la actualidad la Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB ha venido aunando esfuerzos para implementar una plataforma Grid, que permita en el futuro el desarrollo de grandes proyectos.

Para el alcance de este objetivo se ha dispuesto de un equipo humano, técnico y tecnológico del más alto perfil académico y profesional, se han realizado alianzas con otras universidades y se ha hecho parte del macroproyecto GRIDCOLOMBIA. Al unirse a este proyecto se han logrado importantes recursos representados en capacitación, soporte técnico y equipos informáticos para el montaje de la plataforma computacional Grid, los recursos se han gestionado a través de RENATA (Red Nacional de Tecnología Avanzada).

2. Marco teórico y estado del arte

2.1 Computación Grid

Su origen se remonta a los inicios del cómputo distribuido, que trataba de organizar y distribuir los recursos computacionales dentro de una organización.

2.1.1 Qué es computación en Grid

Es una tecnología que suma de manera organizada todo tipo de recursos en pro de aumentar su productividad y de ofrecer nuevos servicios.

2.1.2 Tipos de Grid

Es difícil establecer una clasificación para estos, debido a la diversidad de los recursos que lo conforman y de las tareas que desempeñan. Sin embargo se ha establecido grosso modo, la siguiente clasificación. Ver figura 1.

2.1.2.1 Grid de Información: este tipo de Grid presta sus servicios sin necesitar un servidor central, está formado por personas u organizaciones que tienen sus recursos y desean compartirlos con otros de manera recíproca y desinteresada. Este tipo de GRID permite intercambio de todo tipo de información. Ejemplos claros de este tipo de GRID es Napster y la red Gtunella.

2.1.2.2 Grid de Recursos: este tipo de Grid ofrece a sus usuarios se capacidad de procesamiento, almacenamiento y distribución. Los usuarios de este tipo de Grid requieren servicios especiales de autenticación y acreditación.

2.1.2.3 Grid de Servicio: su objeto es prestar servicios específicos de manera transparente para el usuario independiente de su localización.

Las Servicios de correo virtual como Hotmail¹ y servicios de páginas activas y de contenido dinámico; son algunos ejemplos claros de este tipo de Grid.

Este tipo de GRID, son independientes de la plataforma donde el cliente desee ejecutar sus aplicaciones.



Figura 1. Los tres tipos de GRID y sus relaciones conjuntas.
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/3320388/GRID-el-futuro-en-las-comunicaciones>

¹ Servicio gratuito de correo electrónico basado en web operado por Microsoft

2.1.3 Funcionamiento del Grid

Para que un Grid sea funcional se recomiendan los siguientes componentes software: configurar un clúster con cónдор y el middleware con globus toolkit.

2.1.4 Arquitectura de la computación Grid

Se compone de una serie de capas en que cada una cumple una función determinada, la capa más alta es la de aplicación y es la que está más cerca del usuario, la más baja es la capa de red que está más cercana a los recursos.

2.1.4.1 Capa de aplicación: Esta capa la conforman todas las aplicaciones que son usadas por los usuarios del Grid, esta proporciona el llamado serviceware; que son las interfaces que el usuario usa.

2.1.4.2 Capa de middleware: Esta capa es la que permite el correcto funcionamiento del Grid, de ahí su gran importancia. La capa de middleware está formada por múltiples aplicaciones que cumplen entre otras las siguientes funciones:

- Permitir el uso de los recursos del Grid sin importar su localización.
- Permitir el acceso rápido y confiable a los datos.
- Ofrecer servicios de autenticación para garantizar la seguridad e integridad total del Grid.
- Monitorear las tareas y elementos del Grid para facilitar su disponibilidad, proceso y resultados.
- Proporcionar los mecanismos que hacen posible la recuperación del sistema y de las tareas en caso de presentarse fallos.

En este caso usaremos el middleware Globus Toolkit que es la implementación principal de OGSA. Consiste en una infraestructura de código abierto gratuita desarrollada por Globus Alliance.

2.1.4.3 Capa de recursos: Está constituida por todos los elementos de almacenamiento, procesamiento y distribución de información.

2.1.4.4 Capa de red: se encarga de las conexiones e interconexiones entre los recursos que componen el Grid.

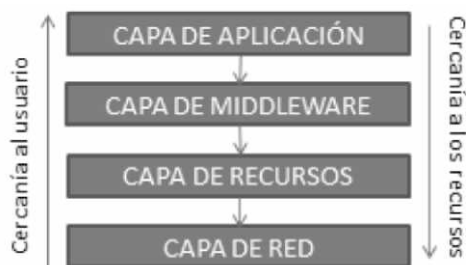


Figura 2. Concepto de middleware.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

3. Desarrollo del proyecto

Para el proceso de consolidación del sistema Grid se propone organizar el desarrollo en varias fases que son: fase de planeación, Instalación y configuración, y por último la fase de pruebas.

En la figura 3, se detalla cada una de las fases propuestas y se incluyen actividades puntuales para cada una de ellas.

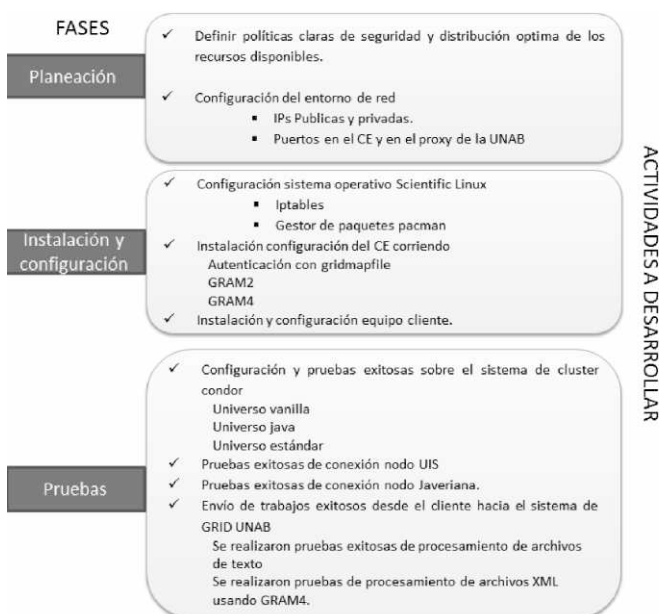


Figura 3. Fases y actividades propuestas para el montaje de un sistema GRID.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.1 Fase de planeación

En esta fase se define la estructura Grid, la distribución de los equipos disponibles y se define la configuración de red. Para ello se tienen como objetivo cumplir con los principios básicos de seguridad, facilidad de administración y facilidad de configuración.

Al inicio de esta fase se evidencia que la institución dispone de una infraestructura inicial, producto de un intento anterior de configuración, así que se describirá esta infraestructura sus ventajas y desventajas y se comparará con la infraestructura finalmente planteada.

3.1.1 Infraestructura inicial

Los equipos estaban estructurados según lo muestra la figura 4, se disponía de 5 equipos conectados mediante un switch directamente a la red institucional.

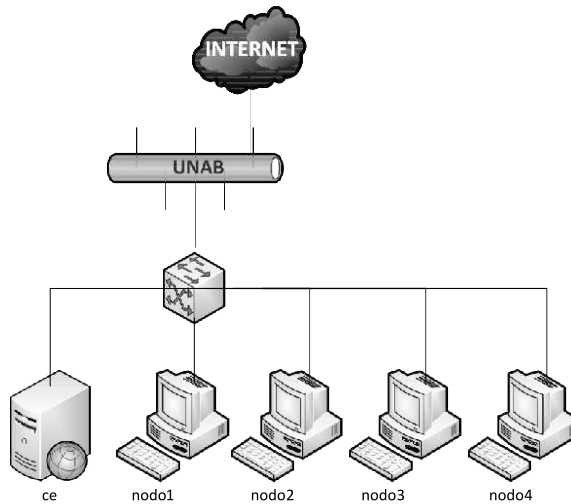


Figura 4. Estructura inicial Nodo UNAB.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la siguiente tabla se describen las principales ventajas y desventajas de esta distribución de infraestructura.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Los equipos se podían usar en otras tareas de la red institucional	Dificultad con la administración y centralización de los recursos.
Facilidad para agregar más nodos de la red institucional.	Los nodos se encuentran expuestos a ser intervenidos por cualquier elemento de la red institucional

VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Las políticas de seguridad dependen del administrador de la red de la UNAB.
	No se dispone de un equipo cliente para realizar pruebas de conexión internas y externas.
	Las máquinas debían pasar por el proxy de la UNAB, esto dificultaba el envío y administración de trabajos.
	No estaba disponible un acceso remoto mediante SSH, que facilitara las tareas de administración.

Tabla 1. Ventajas y desventajas infraestructura final GRID.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.1.2 Infraestructura final

Esta es la infraestructura propuesta para lograr una óptima distribución de los recursos y mejorar las políticas de seguridad.

La estructura final se detalla en la figura 5. En esta se observan las siguientes características:

- IPs privadas para los workers nodes y el cliente OSG.
- Todas las actividades están centralizadas en el Computer Element (CE).
- Se realizó la asignación de 2 IP públicas 190.68.254.6 y 190.68.254.7 para el CE y el equipo cliente respectivamente.
- La salida a INTERNET se realiza usando el Iptables en el CE.

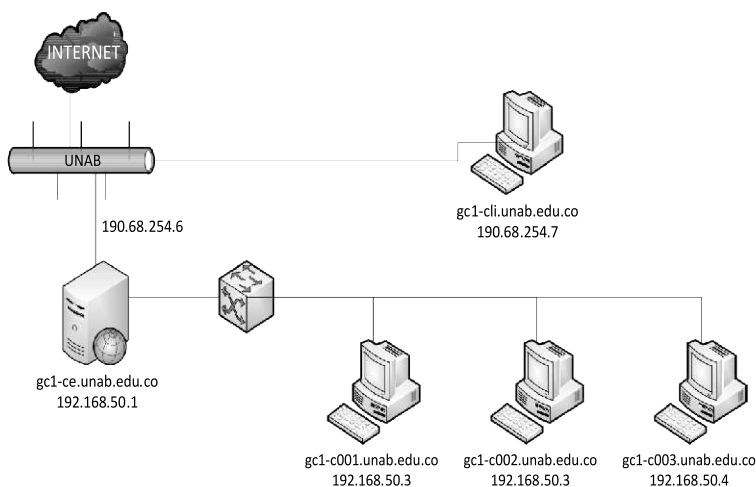


Figura 5. Estructura final GRID UNAB.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la siguiente tabla se detallan las ventajas y desventajas de esta estructura, que finalmente fue la seleccionada para este proyecto por su seguridad, confiabilidad y facilidad de administración.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Todas las actividades se encuentran centralizadas en el Computer Element, esto facilita la administración y centralización de los recursos.	Los equipos no se pueden usar en otras tareas de la red institucional que requieran el acceso directo a recursos de ella.
Al usar el NFS, se puede agregar cualquier cantidad de nodos con mucha facilidad.	
Las IP públicas permiten el acceso remoto mediante SSH, flexibilizando las posibilidades de soporte y administración.	
Las políticas de seguridad dependen del administrador del Grid.	
Se dispone de un equipo cliente para realizar pruebas de conexión internas y externas.	
El ce administra todas las conexiones a través del IPTables, esto aumenta la seguridad en cuanto a los datos que entran y salen del Grid.	

Tabla 2. Ventajas y desventajas infraestructura final GRID.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.1.3 Dificultades y soluciones de esta fase

Se presentaron dificultades para la asignación de las direcciones IP públicas. Se habían asignado unas IP de la ETB que hacían resolución inversa de DNS antes que las peticiones ingresaran a la red de la UNAB, esto dificultaba la administración y la resolución inversa del nombre de dominio para el cliente y el CE, por esta razón se cambiaron por IP de Telebucaramanga faltando por solucionar el problema de resolución inversa DNS.

3.2 Fase de instalación y configuración

En esta fase se llevan a cabo todos los procesos de instalación y configuración de: sistema operativo (Scientific LINUX), el gestor de paquetes (pacman), el sistema de clúster (cóndor) y el middleware (globus toolkit).

Esta fase se subdivide en varias actividades que se deben cumplir en el siguiente orden: Servicios, Red, SSH, NFS, Usuarios, Condor, Pacman, CE, Cliente OSG.

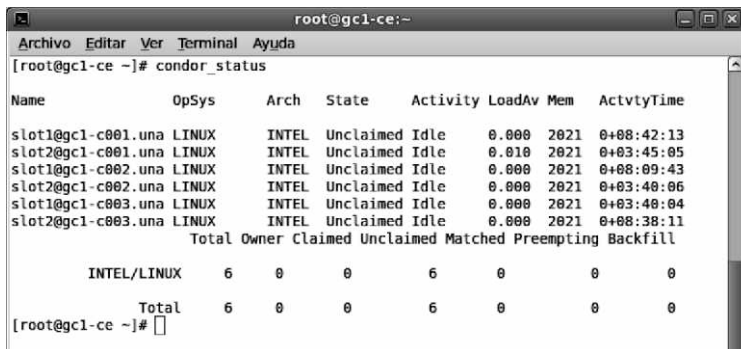
3.3 Fase de pruebas

En esta fase se desarrolla todo tipo de pruebas tanto al sistema de clúster como al sistema Grid en general

3.3.1 Pruebas clúster

Consisten en realizar pruebas básicas para medir el funcionamiento del clúster, una vez resulten exitosas, se realizan test sobre los universos (vanilla, java y estándar)

3.3.1.1 Cónдор_status: Con este comando se puede apreciar el estado del pool de máquinas del clúster. En la figura 6, se aprecia el estado del clúster de la UNAB, observamos que existen 3 nodos o slots cada uno con dos núcleos de procesamiento.



```
root@gc1-ce:~# condor_status

Name           OpSys  Arch  State      Activity LoadAv Mem  ActvtyTime
slot1@gc1-c001.una LINUX   INTEL Unclaimed Idle    0.000 2021 0+08:42:13
slot2@gc1-c001.una LINUX   INTEL Unclaimed Idle    0.010 2021 0+03:45:05
slot1@gc1-c002.una LINUX   INTEL Unclaimed Idle    0.000 2021 0+08:09:43
slot2@gc1-c002.una LINUX   INTEL Unclaimed Idle    0.000 2021 0+03:40:06
slot1@gc1-c003.una LINUX   INTEL Unclaimed Idle    0.000 2021 0+03:40:04
slot2@gc1-c003.una LINUX   INTEL Unclaimed Idle    0.000 2021 0+08:38:11

Total Owner Claimed Unclaimed Matched Preempting Backfill
INTEL/LINUX 6 0 0 6 0 0 0
Total 6 0 0 6 0 0 0
root@gc1-ce ~#
```

Figura 6. Estado Clúster UNAB.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

Para cada máquina se obtiene la siguiente información:

- Name:** Nombre de la máquina dentro del clúster.
- OpSys:** Tipo de sistema operativo del worker node.
- Arch:** Tipo de arquitectura del worker node.
- State:** Estado actual del worker node, (Claimed cuando ha sido reclamada para ejecutar un trabajo, Unclaimed cuando no está ejecutando trabajo u otros como Matched).
- Activity:** Tipicamente Busy or Idle.
- Mem:** La memoria de la máquina en megabytes.

3.3.1.2 Cónдор_status-java: Con este comando se puede observar el estado del universo java, se pueden ver las máquinas y la versión instalada. Ver figura 7.

```

root@gc1-ce:~
[root@gc1-ce ~]# condor_status -java

Name                JavaVendor Ver    State    Activity LoadAv Mem  ActvtyTime
slot1@gc1-c001.una Sun Micros 1.6.0   Unclaimed Idle    0.000 2021 0+08:42:13
slot2@gc1-c001.una Sun Micros 1.6.0   Unclaimed Idle    0.010 2021 0+08:45:05
slot1@gc1-c002.una Sun Micros 1.6.0   Unclaimed Idle    0.000 2021 0+08:14:43
slot2@gc1-c002.una Sun Micros 1.6.0   Unclaimed Idle    0.000 2021 0+08:45:06
slot1@gc1-c003.una Sun Micros 1.6.0   Unclaimed Idle    0.010 2021 0+08:45:04
slot2@gc1-c003.una Sun Micros 1.6.0   Unclaimed Idle    0.000 2021 0+08:43:11
      Total Owner Claimed Unclaimed Matched Preempting Backfill
      INTEL/LINUX      6      0      0      6      0      0      0
      Total            6      0      0      6      0      0      0
[root@gc1-ce ~]#

```

Figura 7. Estado Clúster universo java.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.3.2 Pruebas Grid

En esta etapa se realizan los test básicos para probar que el Grid funciona correctamente, posteriormente se realiza la prueba final con un script que procesa archivos XML. Estas pruebas se reportan a GRIDCOLOMBIA², con el objeto de certificar el correcto funcionamiento del sistema Grid.

3.3.2.1 Creación del proxy: En la figura 8, se observa la creación de un proxy desde el equipo cliente instalado en la UNAB; para la realización de pruebas.

```

sidesoft@gc1-cli:~
[sidesoft@gc1-cli ~]$ source /opt/osg-client/setup.sh
[sidesoft@gc1-cli ~]$ export GLOBUS_HOSTNAME=192.168.50.5
[sidesoft@gc1-cli ~]$ export GLOBUS_TCP_PORT_RANGE=20000,22000
[sidesoft@gc1-cli ~]$ export GLOBUS_TCP_SOURCE_RANGE=23000,25000
[sidesoft@gc1-cli ~]$ grid-proxy-init
Your identity: /DC=org/DC=doegrids/OU=People/CN=Elgar Castillo Rueda 255220
Enter GRID pass phrase for this identity:
Creating proxy ..... Done
Your proxy is valid until: Thu Mar 31 22:27:47 2011
[sidesoft@gc1-cli ~]$ voms-proxy-init -voms osgedu
Enter GRID pass phrase:
Your identity: /DC=org/DC=doegrids/OU=People/CN=Elgar Castillo Rueda 255220
Creating temporary proxy ..... Done
Contacting voms.grid.iu.edu:15003 [/DC=org/DC=doegrids/OU=Services/CN=http/voms.grid.iu.edu] *osgedu* Done
Creating proxy ..... Done
Your proxy is valid until Thu Mar 31 22:28:22 2011
[sidesoft@gc1-cli ~]$

```

Figura 8. Creación del proxy para establecer conexión.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.3.2.2 Autenticación: En la figura 9, se observa la ejecución del comando globusrun que permite la autenticación del cliente hacia el Grid de la UNAB. La conexión es totalmente exitosa.

² Grid Colombia es una organización académica, destinada a centralizar los esfuerzos para la puesta en operación del primer Grid de cómputo de alcance nacional.

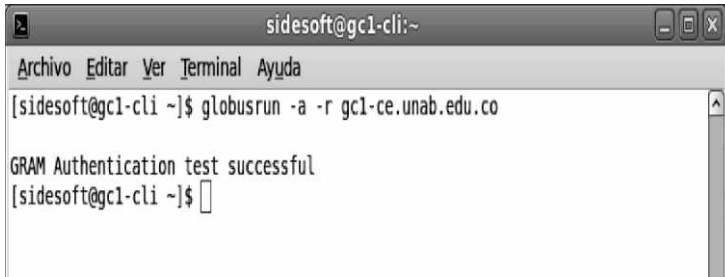


Figura 9. Autenticación mediante globusrun clúster UNAB.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.3.2.3 Envío de test básicos: Se aprecia en la figura 10, la ejecución de los siguientes test: solicitud del hostname, /bin/echo helloworld, y la transferencia de un archivo con extensión .dat.



Figura 10. Envío de 3 test, resultados ok.
Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.3.2.4 Script de pruebas desarrollado en C, procesamiento de archivos XML: El objetivo de esta prueba es mostrar la capacidad que tiene el Grid para procesar información en formato XML, abriendo posibilidades a una tecnología en proceso de consolidación, como uno de los estándares abiertos más utilizados para el intercambio de datos.

La aplicación concreta del script es la de recibir en cada archivo XML de entrada, la relación de empleados y sueldos de cada sucursal pertenecientes a una entidad y generar un único fichero XML de salida con el listado general de empleados y salarios; calculando el valor total de la nómina.

La figura 11, muestra los resultados obtenidos al ejecutar esta prueba, usando el GRID de la UNAB.

```

osgedu@gc1-cli:~/xmlC++
File Edit View Terminal Tabs Help
edgar@gcb-cli:~ osgedu@gc1-cli:
GNU nano 1.3.12 Fichero: result_procesaxML.xml

    <name>Monica Maria Arango.</name>
    <salary>35</salary>
  </employee>
<employee>
  <id>7</id>
  <name>Mercedes Villamizar.</name>
  <salary>35</salary>
</employee>
<employee>
  <id>8</id>
  <name>Abigail Tello.</name>
  <salary>40</salary>
</employee>
<employee>
  <id>9</id>
  <name>Daniel Arenas Seleey.</name>
  <salary>35</salary>
</employee>
<employee>
  <id>10</id>
  <name>Fredy Mendez.</name>
  <salary>40</salary>
</employee>
<totalSalary>365.000000</totalSalary>
</body>
^G Ver ayuda   ^C Guardar    ^R L Fichero  ^Y Pág Ant
^X Salir       ^J Justificar ^W Buscar     ^V Pág Sig

```

Figura 11. Prueba XML nómina.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.3.2.5 Pruebas con Grid Colombia

Para evidenciar el correcto funcionamiento del sistema Grid UNAB y que este está al nivel de los requerimientos exigidos por GRIDCOLOMBIA, se diligenciaron de manera secuencial los reportes que fueron solicitados por los encargados de este proyecto de orden nacional.

En la figura 12, se observa la búsqueda de conexión con otros nodos de Orden; nacional, también se busca que estos nodos se conecten al nodo Grid UNAB.

Pruebas Nivel 6 (Grid)

Descripción: El último Nivel de Instalación del Clúster consiste en escalar un poco más el nivel 5 y conectarse "lanzar pruebas" y que las lancen en nuestro nodo, pero a nivel Nacional

Checklist		
Prueba	Respuesta	No.
¿Lanzar pruebas a gc1-ce.javeriana.edu.co?	SI	1
¿Localice otro nodo a quien lanzar Ej. UIS?	SI	2
¿Hablar con el Admin del nodo y lanzar pruebas?	SI	3
¿Realizada traza para usar por RENATA?	SI	4
¿Realizada traza para usar por RENATA?	SI	5

Figura 12. Pruebas de nivel seis exigidas por GRIDCOLOMBIA.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

4. Conclusiones

En este trabajo se describió la forma en que fue diseñado y configurado un nodo GRID en la Universidad autónoma de Bucaramanga, el cual se encuentra en funcionamiento en la actualidad. Para acceder a él se puede hacer a través del FQDN `gc1-ce.unab.edu.co`. Como requisitos para hacer uso de este recurso Grid, el equipo cliente debe: tener instalado el software cliente de la OSG y haber solicitado el certificado de usuario ante GRIDCOLOMBIA; el cual debe estar correctamente instalado.

A partir del trabajo realizado se pudo evidenciar la forma de poner en marcha un nodo Grid utilizando herramientas de software libre tales como: sistema operativo Scientific LINUX, cóndor como sistema de clúster y para el middleware globus toolkit. Así mismo se documentó la forma en que a partir de una arquitectura inicial disponible y del uso de recursos adicionales, estos se pueden adecuar para hacerlos funcionales dentro de la nueva arquitectura Grid.

El trabajo desarrollado sienta las bases para futuros desarrollos colaborativos en diferentes áreas de aplicación, así como la posibilidad de interacción con la comunidad académica de los sistemas distribuidos y la computación de alto rendimiento, quienes son usuarios potenciales de la documentación generada y presentada en este artículo.

Referencias

- [1] Adrián Santos Marrero, Introducción a Condor [online]. Publicado en 2004, disponible en internet: www.iac.es/sieinvens/SINFIN/Condor/iac_manual/manual.pdf.
- [2] Alexander Reinefeld, Florian Schintke. "Concepts and Technologies for a Worldwide Grid Infrastructure". Euro-Par 2002 Parallel Processing, volume 2400 of Lecture Notes in Computer Science, pages 62-71, Springer 2002. (c) Springer-Verlag.
- [3] Borja Sotomayor, Lisa Childers, Globus Toolkit 4: Programing Java Services. United States of América, San Fransisco: Morgan Kaufmann, 2006.
- [4] Carvajal Salamanca, Roberto. Estudio y prueba del Middleware gLite para la construcción de una IntraGrid de cómputo en la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB, 2008.

- [5] Christopher Negus, *Linux Bible 2009 Edition*. United States of América, Indiana: Wiley Publishing Inc, 2009.
- [6] Dusty Phillips, *Arch Linux HandBook*. United States by Amazon CreateSpace, 2009.
- [7] Frédéric Magouès, Jien Pan, Kiat-An Tan, Abhinit Kumar, *Introduction to Grid Computing*. United States of América: CHAPMAN & HALL/CRC, 2009.
- [8] Globus Project <http://www.globus.org>
- [9] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick, S. Tuecke. "The Physiology of the Grid: An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration." *Open Grid Service Infrastructure WG, Global Grid Forum*, June 22, 2002.
- [10] I. Foster, C. Kesselman. "Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit". *International Journal of Supercomputer Applications*, vol.11 no.2, 1997.
- [11] I. Foster, C. Kesselman. *Globus Toolkit Version 4: Software for Service-Oriented Systems* [online]. Published in 2005, Department of Computer Science (University of Chicago), [citado 22/08/2007], disponible en internet: <http://www.globus.org/alliance/events/sc05/GT4.pdf>.
- [12] I. Foster, C. Kesselman, Tuecke. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations". *International J. Supercomputer Applications*, 15(3), 2001.
- [13] I. Foster, Carl Kesselman, *the Grid 2, Blueprint for a New Computing Infraestructure*, Second Edition. United States of América, New York: Morgan kaufmann Publishers, 2004.
- [14] Ian Baird. "Understanding Grid Computing" *Daily News and Information for the Global Grid Community* / July 1, 2002: vol. 1 no. 3
- [15] M. Tim. Jones, *GNU/Linux Application Programming*, Second Edition. United States of América, New York: Course Technology Cengage Learning, 2008.
- [16] PawelPlaszczak and Richard Wellner, *Grid Computing, The Savvy Manager's Guide*. United States of América, New York: Morgan kaufmann Publishers, 2006.