

**ESTUDIO Y COMPARACIÓN DE CUATRO ARQUITECTURAS PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE CLÚSTER DE CÓMPUTO**

**DIANA MARCELA MUÑOZ  
NELLY PAOLA MANTILLA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍA WEB  
BUCARAMANGA**

**2009**

**ESTUDIO Y COMPARACIÓN DE CUATRO ARQUITECTURAS PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE CLÚSTER DE CÓMPUTO**

**DIANA MARCELA MUÑOZ  
NELLY PAOLA MANTILLA**

**Trabajo de grado presentado para optar el título de:  
Ingeniera de Sistemas**

**Director  
Mag. Roberto Carvajal Salamanca**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍA WEB  
BUCARAMANGA**

**2009**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bucaramanga, Enero de 2010

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PROCESAMIENTO DE ALTO DESEMPEÑO	15
1.1 ARQUITECTURAS DE COMPUTADORES PARALELOS	15
1.1.1 Arquitectura SISD	15
1.1.2 Arquitectura SIMD	16
1.1.3 Arquitectura MISD	16
1.1.4 Arquitectura MIMD	16
2. CLÚSTER	17
2.1 ARQUITECTURA DE UN CLÚSTER	19
2.2 COMPONENTES DE UN CLÚSTER	19
2.2.1 Nodos	20
2.2.2 Sistemas Operativos	20

2.2.3	Conexiones de Red	21
2.2.4	Middleware	21
2.2.5	Ambientes de Programación Paralela	21
2.2.6	Protocolos de Comunicación y Servicios	22
2.3	TECNOLOGÍA DE UN CLÚSTER	22
3.	BEOWULF	24
3.1	CARACTERÍSTICAS DE UN CLÚSTER BEOWULF	25
4.	ARQUITECTURAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CLÚSTER	26
4.1	ROCKS	26
4.1.1	Componentes del Software Rocks y Capacidades	27
4.1.1.1	Instalación de Sistema Operativo LINUX	27
4.1.1.2	Configuración de los Nodos de Cómputo	27
4.1.1.3	Construcción de la Base de Datos	28
4.1.1.4	Herramientas para la Construcción y Ejecución de Programas	28

4.1.2	Requerimientos mínimos de hardware	28
4.1.3	Arquitectura del hardware	29
4.2	SCYLD BOWULF	29
4.2.1	Componentes del Software Scyld Beowulf y Capacidades	30
4.2.1.1	Rápido Aprovisionamiento	30
4.2.1.2	Configuración de los nodos de Cómputo	31
4.2.1.3	Sistema Único de imágenes	31
4.2.1.4	Manejo y monitoreo del Clúster	31
4.2.2	Requerimientos de hardware	31
4.2.3	Arquitectura del hardware	32
4.3	OSCAR	32
4.3.1	Componentes del Software Oscar y Capacidades	33
4.3.1.1	Componentes del Clúster	34
4.3.1.2	Entorno de Procesamiento Paralelo	34
4.3.1.3	Gestión del Volumen de Trabajo	34

4.3.1.4 Seguridad	35
4.3.2 Requerimientos de Hardware	35
4.3.3 Arquitectura del Hardware	36
4.4 PELICAN-HPC	36
4.4.1 Componentes del Software PelicanHPC y Capacidades	37
4.4.1.1 CD Live	38
4.4.1.2 Sistema Debian en Vivo	38
4.4.1.3 Programas de Ejemplo	38
4.4.2 Arquitectura del hardware.	39
4.4.3 Arquitectura Del Hardware	40
5. PRODUCTO FINAL	41
5.1 ADQUISICIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS EQUIPOS	42
5.2 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL CLÚSTER OSCAR 5.0	44
5.2.1 Instalación y configuración del nodo maestro.	44
5.2.2 Instalación y configuración del Clúster Oscar 5.1	45

5.2.2.1 Trabajo en la Red	46
5.2.2.2 Selinux	46
5.2.2.3 Descarga de Repositorio de la Distribución Oscar	48
5.3 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL CLÚSTER PELICAN	49
6. COMPARACIÓN DE LAS ARQUITECTURAS	50
6.1 COMPARACIÓN ENTRE CLUSTER OSCAR Y CLÚSTER PELICAN-HPC	50
6.2 COMPARACIÓN ENTRE CUATRO ARQUITECTURAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CLÚSTER DE CÓMPUTO	55
7. CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	64



## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Paquetes y Repositorios de Oscar.....	48
<b>Tabla 2.</b> Comparación entre Clúster Oscar y Pelican-HPC.....	52
<b>Tabla 3.</b> Comparación de las cuatro arquitecturas de Clúster de Cómputo.....	57

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Arquitectura de clúster.....	20
<b>Figura 2.</b> Arquitectura de un clúster ROCKS.....	29
<b>Figura 3.</b> Arquitectura de un clúster SCYLD BEOWULF.....	32
<b>Figura 4.</b> Arquitectura de un clúster OSCAR.....	36
<b>Figura 5.</b> Arquitectura de un clúster PelicanHPC.....	40
<b>Figura 6.</b> Configuración del Clúster.....	42
<b>Figura 7.</b> Topología utilizada para la interconexión del clúster.....	43
<b>Figura 8.</b> Configuración de la tarjeta de red eth0.....	44
<b>Figura 9.</b> Configuración de la tarjeta de red eth1.....	45
<b>Figura 10.</b> Configuración SELinux.....	47

## RESUMEN

Debido a la mala organización de la información acerca de la compatibilidad entre los componentes de la arquitectura de un clúster, los usuarios presentan inconvenientes al momento de implementar un clúster de cómputo lo cual genera al usuario retardos que impide el correcto desarrollo de un proyecto.

A raíz de esto, este proyecto pretende estudiar cuatro arquitecturas existentes para la implementación de clúster de cómputo, y posteriormente realizar un montaje utilizando dos de las arquitecturas seleccionadas, en este caso fueron seleccionados el Clúster Oscar y el Pelican.

Después de realizar el montaje con ambas arquitecturas se llevaron a cabo ciertas pruebas teniendo en cuenta el rendimiento de cada clúster, comparando los tiempos de ejecución de las tareas.

Finalmente, se realizó una guía que proporciona a los usuarios, un adecuado entendimiento de los aspectos a considerarse en la implementación de la tecnología clúster y de esta forma, evitar a los usuarios ciertos inconvenientes a la hora de realizar alguna implementación.

El proyecto a realizar además de ser una guía para aquellas personas que quieren aprender sobre implementación de clúster, también pretende profundizar en los temas que hagan parte de la construcción de clúster y las tecnologías que pueda utilizar, con el fin de innovar y proponer alternativas que permitan a las organizaciones incrementar su capacidad de procesamiento usando tecnología estándar de bajo costo.

**Línea de investigación**

Telecomunicaciones y tecnología Web.

**Palabras claves:** Clúster, Oscar, Pelican, SCYLD Beowulf, Rocks.

## INTRODUCCIÓN

Un clúster es un desarrollo informático<sup>1</sup> cuyo alto desempeño tiene que ver con la capacidad de procesar un gran número de instrucciones por unidad de tiempo. El clúster, es una interconexión de computadores PC a través de una red de datos denominados nodos. La Universidad Autónoma de Bucaramanga se encuentra incursionando en el tema de clúster de computación.

En el primer semestre de 2008 se realizó la implementación de las primeras sala-clúster en la UNAB y se dieron los primeros avances en la construcción de una Intragrid, utilizando específicamente la distribución GNU/Linux Rocks y el middleware Globus. Este proyecto llegó hasta la conformación física de los clústeres y su interconexión, pero falló en la implementación del Middleware para aprovechar los recursos de la Grid.

Debido a la falta de información acerca de la compatibilidad entre los componentes de la arquitectura de un clúster, los usuarios presentan inconvenientes al momento de implementar un clúster de cómputo lo cual genera al usuario retardos que impide el correcto desarrollo de un proyecto.

Con el fin de evitar inconvenientes en el momento de realizar una implementación de clúster de cómputo, se realizó un estudio sobre cuatro arquitecturas existentes para la implementación de clúster, recopilando información a través de medios bibliográficos y estudios de casos. Con esta información se realizó una

---

<sup>1</sup>Primer clúster de computación en la facultad de ingeniería  
<http://ingenieria.udea.edu.co/portal/ingeniemos/versionimpresa/200706/pag6.pdf>

comparación entre estas arquitecturas y posteriormente, se seleccionaron dos de ellas, y se realizó el montaje de un clúster con cada arquitectura seleccionada.

Finalmente, se desarrolló una guía para usuarios, que proporciona un adecuado entendimiento de los aspectos a considerarse en la implementación de la tecnología de clústeres.

## 1. PROCESAMIENTO DE ALTO DESEMPEÑO

Las arquitecturas paralelas comenzaron a desarrollarse, debido a las limitaciones físicas (como la transmisión de impulsos eléctricos) y el precio creciente de los sistemas secuenciales de alta velocidad. Esta arquitectura utiliza en forma concurrente sus procesadores, memoria y buses. Alcanzan velocidades mayores que las arquitecturas secuenciales a un menor costo. El desarrollo de arquitecturas concurrentes estimula la utilización de un modelo de programación paralela. La programación paralela se basa en el uso simultáneo de múltiples recursos para resolver problemas computacionales, donde se diseña una solución a un problema dividiendo en partes el mismo y ejecutándolas en forma concurrente.

### 1.1 ARQUITECTURAS DE COMPUTADORES PARALELOS

La clasificación más popular se le debe a Flynn, que clasificó las arquitecturas de acuerdo a los flujos de datos y a los flujos de instrucciones. El concepto de flujos de datos se refiere al número de operandos que se pueden procesar al tiempo y el de flujos de instrucciones se refiere a cuantos programas se pueden ejecutar al tiempo. De acuerdo a su clasificación existen cuatro tipos de computadoras:

**1.1.1 Arquitectura SISD.** La arquitectura SISD (Single Instruction, Single Data) corresponde a sistemas secuenciales que procesan una sola instrucción o dato a la vez y presentan una ejecución determinística. El modelo SISD es utilizado actualmente y corresponde a la gran mayoría de los PCs actuales y estaciones de trabajo presentes en el mercado.

**1.1.2 Arquitectura SIMD.** SIMD (Single Instruction, Multiple Data) es la arquitectura donde cada unidad de ejecución procesa la misma instrucción y puede trabajar simultáneamente con distintos conjuntos de datos. El modelo SIMD presenta una ejecución determinística y sincrónica (ejecución en forma sincronizada). Es poco flexible y es útil para ciertas aplicaciones uniformes, por ejemplo el procesamiento de imágenes.

**1.1.3 Arquitectura MISD.** MISD (Multiple Instruction, Single Data) es una arquitectura donde varias unidades de ejecución trabajan en forma independiente sobre una misma copia del conjunto de datos. El modelo MISD tiene pocos ejemplos de computadores implementados como el computador Carnegie-Mellon C.mmp. Las arquitecturas MISD se utilizan cuando se busca procesar en forma redundante datos.

**1.1.4 Arquitectura MIMD.** En la arquitectura MIMD (Multiple Instruction, Multiple Data) cada unidad de ejecución puede procesar distintas instrucciones sobre distintos conjuntos de datos. Los sistemas que están en la categoría MIMD pueden presentar una ejecución sincrónica o asincrónica (ejecución en forma no sincronizada), y un procesamiento determinístico o no determinístico. En la arquitectura MIMD se distinguen tres categorías: SMP<sup>2</sup>, MMP y Clústeres.

## 2. CLÚSTER

---

<sup>2</sup> SMP: Multi-procesamiento simétrico, varios microprocesadores comparten el acceso a la memoria



El término de Clústeres se aplica a los conjuntos o conglomerados de computadoras, contruidos utilizando componentes de hardware común y software libre, juegan hoy en día, un papel importante en la solución de problemas de las ciencias, las ingenierías y aplicaciones comerciales. Los Clústeres han evolucionado para apoyar actividades en aplicaciones que van desde supercómputo y software de misiones críticas, servidores Web y comercio electrónico, bases de datos de alto rendimiento.

El cómputo en Clústeres surge como resultado de la convergencia de varias tendencias que incluyen, la disponibilidad de microprocesadores de alto rendimiento más económicos y redes de alta velocidad, el desarrollo de herramientas de software para cómputo distribuido de alto rendimiento, y la creciente necesidad de potencia computacional para aplicaciones en las ciencias computacionales y comerciales.

Por otro lado, la evolución y estabilidad que ha alcanzado el sistema operativo Linux, ha contribuido importantemente al desarrollo de muchas tecnologías nuevas, entre ellas la de Clúster. La palabra "clúster" o "clúster de servidores" indican un grupo de computadoras de alto rendimiento utilizados en las investigaciones científicas. Sin embargo este es sólo un tipo de Clúster. La idea detrás del concepto de "clúster de alto rendimiento" es hacer que un número grande de máquinas individuales actúen como una sola máquina muy potente.

Este tipo de clústeres se aplica mejor en problemas grandes y complejos que requieren una cantidad enorme de potencia computacional. Entre las aplicaciones más comunes de clústeres de alto rendimiento se encuentra el pronóstico numérico del estado del tiempo, astronomía, investigación en criptografía, análisis de imágenes, y más.

Un segundo tipo de tecnología de clústeres, es el "clúster de servidores virtuales", permite que un conjunto de servidores de red compartan la carga de trabajo de tráfico de sus clientes. Al balancear la carga de trabajo de tráfico en un arreglo de servidores, mejora el tiempo de acceso y confiabilidad. Además como es un conjunto de servidores el que atiende el trabajo, la falla de uno de ellos no ocasiona una falla catastrófica total.

El último tipo importante de clústeres, involucra el tener servidores que actúan entre ellos como respaldos vivos de la información que sirven. Este tipo de clústeres se les conoce como "clústeres de alta disponibilidad" o "clúster de redundancia".

Además del concepto de Clúster, existe otro concepto más amplio y general que es el de Cómputo en Malla (Grid Computing). Una Malla es un tipo de sistema paralelo y distribuido que permite la compartir, seleccionar y añadir recursos que se encuentran distribuidos a lo largo de dominios administrativos "múltiples" basados en su disponibilidad, capacidad, rendimiento, costo y calidad de servicio que requiere un usuario. Si los recursos distribuidos se encuentran bajo la administración de un sistema central único de programación de tareas, entonces nos referiremos a un Clúster. En un Clúster, todos los nodos trabajan en cooperación con un objetivo y una meta común pues la asignación de recursos los ejecuta un solo administrador centralizado y global. En una Malla, cada nodo tiene su propio administrador de recursos y política de asignación.

## **2.1 ARQUITECTURA DEL CLÚSTER**

La arquitectura en clúster esta basada en una agrupación de varios computadores cada uno con varios procesadores (SMP), en los que en cada uno se ejecuta una copia del sistema operativo, una copia de la misma que aplicaron o distinta pero con acceso a los mismos datos y se comparten algunos recursos, especialmente el almacenamiento en disco<sup>3</sup>.

Una característica especial de los sistemas clúster es la mejora en la disponibilidad del sistema ante fallos ya que, se dispone de recursos duplicados con lo que se eliminan puntos únicos de fallo lo cual es relevante en aplicaciones de misión crítica.

Un clúster utiliza una red para interconectar y transmitir información entre sus nodos. La elección de que tecnología de red utilizar es un factor crítico ya que es el principal cuello de botella que poseen los clústeres. Cada nodo tiene instalado un sistema operativo como Linux o Unix, el cual debe facilitar la utilización del hardware subyacente y permitir compartir sus recursos con otras máquinas.

## **2.2 COMPONENTES DE UN CLÚSTER**

En general, un clúster necesita de varios componentes de software y hardware para poder funcionar.

- Nodos
- Sistemas Operativos

---

<sup>3</sup> Informática y comunicaciones en la empresa, Carmen de Pablos Heredero, Universidad Rey Juan Carlos

- Conexiones de Red
- Middleware
- Aplicaciones
- Ambientes de Programación Paralela
- Protocolos de Comunicación y servicios

**Figura 1.** Arquitectura de un clúster

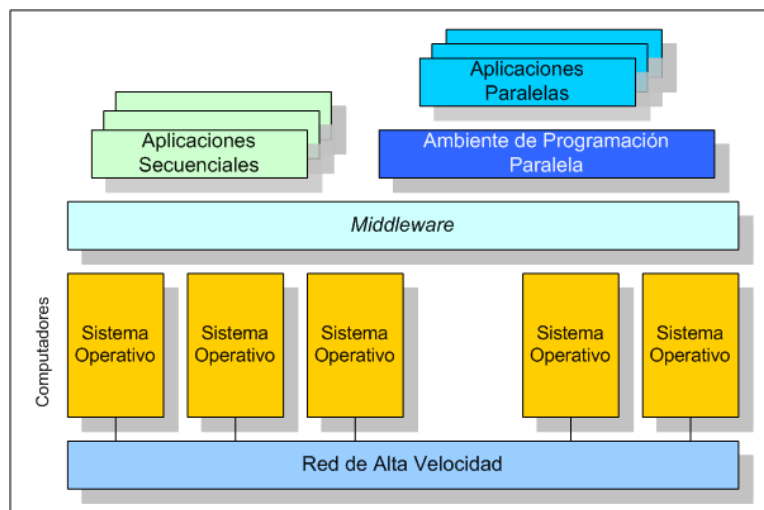


Imagen tomada de “Clústeres, Componentes.<http://clusterfie.epn.edu.ec>”

**2.2.1 Nodos.** Pueden ser simples computadores, sistemas multi procesador o estaciones de trabajo.

**2.2.2 Sistemas Operativos.** Debe ser de fácil uso y acceso y permitir además múltiples procesos y usuarios.

**2.2.3 Conexiones de Red.** Los nodos de un clúster pueden conectarse mediante una simple red Ethernet, o puede utilizar tecnologías especiales de alta velocidad como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Myrinet, Infiniband, SCI.

**2.2.4 Middleware.** El middleware es un software que generalmente actúa entre el sistema operativo y las aplicaciones con la finalidad de proveer:

- Un interfaz único de acceso al sistema, denominado SSI (Single System Image), el cual genera la sensación al usuario de que utiliza un único computador muy potente.
- Herramientas para la optimización y mantenimiento del sistema: migración de procesos, checkpoint-restart (detener uno o varios procesos, migrarlos a otro nodo y continuar su funcionamiento), balanceo de carga, tolerancia a fallos, etc.
- Escalabilidad: debe poder detectar automáticamente nuevos nodos conectados al clúster para proceder a su utilización.

Existen diversos tipos de middleware, como por ejemplo: MOSIX, Condor, Open MOSIX, OpenSSI, entre otros.

**2.2.5 Ambientes de Programación Paralela.** Los ambientes de programación paralela permiten implementar algoritmos que hagan uso de recursos compartidos: CPU (Central Processing Unit), memoria, datos y servicios.

**2.2.6 Protocolos de comunicación y servicios.** Los protocolos son como reglas de comunicación que permiten el flujo de información entre computadoras distintas que manejan lenguajes distintos.

### **2.3 Tecnología de un Clúster.**

En su parte central, la tecnología de Clústeres consta de dos partes. El primer componente, consta de un sistema operativo confeccionado especialmente para esta tarea, un conjunto de compiladores y aplicaciones especiales, que permiten que los programas que se ejecutan sobre esta plataforma tomen las ventajas de esta tecnología de Clústeres.

El segundo componente es la interconexión de hardware entre las máquinas (nodos) del Clúster. Se han desarrollado interfaces de interconexión especiales muy eficientes, pero comúnmente las interconexiones se realizan mediante una red Ethernet dedicada de alta velocidad. Es mediante esta interfaz que los nodos del Clúster intercambian entre sí asignación de tareas, actualizaciones de estado y datos del programa. Existe otra interfaz de red que conecta al Clúster con el mundo exterior.

La tecnología de Clústeres de Alto Rendimiento para Linux más conocida es el la tecnología Beowulf. Esta tecnología se desarrolló en la NASA y puede proporcionar potencial de cómputo del tipo de una supercomputadora utilizando computadoras personales sencillas. Al conectar estas entre si mediante una red Ethernet de alta velocidad, las computadoras personales se combinan para lograr la potencia de una supercomputadora.

Los servidores de un Clúster de Alta Disponibilidad normalmente no comparten la carga de procesamiento que tiene un Clúster de Alto Rendimiento. Tampoco comparten la carga de tráfico como lo hacen los Clústeres de Balance de Carga. Su función es la de esperar listos para entrar inmediatamente en funcionamiento en el caso de que falle algún otro servidor. La característica de flexibilidad que proporciona este tipo de tecnología de Clúster, lo hacen necesario en ambientes de intercambio intensivo de información.

Los clústeres tienen entornos y bibliotecas de programación paralela como PVM y MPICH, que permiten ejecutar y programar aplicaciones paralelas.

- **PVM** se desarrollo por la Universidad de Tennessee, el Laboratorio Nacional Oak Ridge y la Universidad de Emoy en 1989. Es un ambiente y biblioteca que permite la ejecución de programas paralelos, basado en el envío y recepción de mensajes entre procesos.
- **MPICH** es una implementación de la especificación estándar MPI para aplicaciones basadas en pasaje de mensajes en un sistema de memoria distribuida. Es de libre distribución y existen versiones para Windows, Unix y Linux. Las implementaciones MPICH1 y MPICH2 se basan respectivamente en los estándares MPI-1.1 y MPI-2.0.

### 3. BEOWULF

Un sistema Beowulf usualmente consiste de un nodo servidor (maestro) y uno o más nodos clientes (esclavos), interconectados a través de una red Ethernet u otro tipo de red. Un clúster Beowulf se construye usando componentes de hardware y de software “bien conocidos” (commodities).

Para establecer las diferencias entre los distintos tipos de sistemas Beowulf, se presenta la siguiente clasificación:

- Clase I. Son sistemas compuestos por computadores cuyos componentes cumplen con la prueba de certificación “Computer Shopper”, lo que significa que sus elementos son de uso común, y pueden ser adquiridos muy fácilmente en cualquier tienda distribuidora.
- Clase II. Son sistemas compuestos por computadores cuyos componentes no pasan la prueba de certificación “Computer Shopper”, lo que significa que sus componentes no son de uso común y por tanto no pueden encontrarse con la misma facilidad que los componentes de sistemas de la clase anterior. Los equipos ubicados en esta categoría pueden presentar un nivel de prestaciones superior al de la Clase I.

Por lo general, los clústeres Beowulf se basan en hardware bien conocido, con una infraestructura de software de código abierto (Linux). Los nodos que conforman el clúster se encuentran dedicados únicamente a tareas del clúster. Los programas están escritos en C o en Fortran, utilizando librerías de paso de mensajes para realizar operaciones paralelas.

Existen algunas herramientas que permiten instalar, configurar y administrar clústeres Beowulf de forma automática, como es el caso de OSCAR y NPACI



Rocks. Las dos herramientas incluyen las mejores prácticas de computación clúster tipo Beowulf de alto rendimiento. OSCAR permite implementar clústeres Beowulf Clase I; mientras que NPACI Rocks permite implementar clústeres Beowulf Clase I o Clase II.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE UN CLÚSTER BEOWULF

- Los nodos son dedicados al clúster beowulf y no tienen otro propósito.
- La red o redes en las cuales residen los nodos son dedicadas al clúster beowulf y no cumplen otro propósito.
- Los nodos son computadores M<sup>2</sup>COTS<sup>4</sup>. Una parte esencial de la definición de Beowulf (lo cual la diferencia de sistemas MPP producidos en masa empresas como IBM y HP) es que sus nodos de cómputo son comodidades producidas en masa, listas para su uso, y por lo tanto relativamente económicas.
- Los dispositivos de red son componentes M<sup>2</sup>COTS.
- Los nodos disponen de software de fuente abierta (open source).
- El clúster resultante es usado para computación de alto rendimiento.
- Una característica importante de un *Beowulf* es que las actualizaciones de *hardware* más comunes, como son actualización de procesador, incremento de memoria, o mejora de velocidad de transferencia en la red, no cambian el modelo de programación utilizado. Por lo tanto, los usuarios de estos sistemas pueden contar con mejor compatibilidad con equipos futuros.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> M<sup>2</sup>COTS: Mass market commodities off-the-shelf.

<sup>5</sup> CONTRERAS, Gerardo. Clúster de alta disponibilidad [en línea]. <[http://www.puntogmx.net/wordpress/wp-content/uploads/2007/04/clúster\\_ha.pdf](http://www.puntogmx.net/wordpress/wp-content/uploads/2007/04/clúster_ha.pdf)> [Consulta: Noviembre 11 de 2007 ]

## 4. ARQUITECTURAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CLÚSTER

### 4.1 ROCKS

Rocks Clúster (originalmente llamado NPACI Rocks) es una distribución de Linux para clústeres de computadores de alto rendimiento. Fue iniciada por la NPACI y la SDSC en el 2000, y fue financiada inicialmente en parte por una subvención de la NSF pero actualmente está financiada por la siguiente subvención de la NSF.

Rocks se basó inicialmente en la distribución Red Hat Linux, sin embargo las versiones más modernas de Rocks están basadas en CentOS, con un instalador anaconda modificado, que simplifica la instalación en muchos computadores. Rocks incluye muchas herramientas (tales como MPI) que no forman parte de CentOS pero son los componentes integrales que hacen un grupo de ordenadores en un clúster.

Las instalaciones pueden ser personalizadas con paquetes de software adicionales, utilizando CDs especiales (llamados Roll CDs). Los "Rolls" extienden el sistema integrando automáticamente los mecanismos de gestión y empaquetamiento usado por el software base, simplificando ampliamente la instalación y configuración de un gran número de computadores. Se han creado más de una docena de Rolls, incluyendo el SGE roll, el Condor roll, el Lustre roll, el Java roll, y el ganglia roll.

Es una de las distribuciones más empleadas en el ámbito de clústeres, por su facilidad de instalación e incorporación de nuevos nodos. Otra de sus grandes facilidades es que incorpora gran cantidad de software para el mantenimiento y

monitorización del clúster, lo que a su vez podría suponer en algunos casos una limitación.

**4.1.1 Componentes del Software Rocks y Capacidades.** Las funciones básicas con las que cuenta Rocks son:

- Instalación del sistema operativo Linux
- Configuración de los nodos de cómputo.
- Construcción de la base de datos de información de todo el clúster.
- Entrega de bibliotecas necesarias para la construcción y ejecución de los programas.
- Manejo y monitoreo del clúster

**4.1.1.1 Instalación de Sistema Operativo LINUX.** Rocks esta basado en el SO Red Hat Linux. La disponibilidad de las herramientas y los RMP son de gran importancia al momento de seleccionar el SO base. El sistema operativo esta instalado en el nodo maestro. A través del Preboot Execute Environment (PXE), los nodos clientes obtienen a través de la red el SO.

**4.1.1.2 Configuración de los Nodos de Cómputo.** Como otros paquetes de código abierto y paquetes comerciales de clúster, Rocks usa el nodo maestro para centralizar el despliegue y manejo del clúster. El nodo maestro es el encargado de ayudar a los administradores a especificar que nodos hacen parte de la red interna del clúster asignándole una dirección IP, esto se lleva a cabo en el momento en que cada nodo cliente tiene contacto con el nodo maestro.

**4.1.1.3 Construcción de la Base de Datos.** Muchos de los servicios que están por encima del nivel del SO como por ejemplo: los trabajos programados y el servidor DHCP, requieren un conocimiento global de la configuración de los archivos del clúster. El nodo maestro de Rocks mantiene una base de datos dinámica MySQL, en el cual almacena todas las configuraciones del clúster. Esta base de datos genera reportes para crear servicios específicos de configuración de archivos, tales como: `/etc/hosts` y `/etc/dhcpd.conf`.

**4.1.1.4 Herramientas para la Construcción y Ejecución de Programas.** Rocks dispone de dos tipos de CD. El Rocks Base CD que contiene los paquetes básicos, y los Rocks Roll CD, este último es el complemento del Rock Base CD, y tiene como propósito aumentar las capacidades del clúster. Los paquetes Rock Roll están diseñados para integrarse con la instalación de Rocks Base, ya que provee mecanismos que hacen posible la administración y funcionalidad del clúster. Los administradores pueden crear sus propios Rolls, independientemente del Rocks Base CD.

Los siguientes son los componentes que se encuentran empaquetados en Roll CD: Middleware (MPICH, Interfase de Pase de Mensajes MPI, y maquina virtual Paralela PVM); y el software para el monitoreo del clúster como Ganglia.

**4.1.2 Requerimientos Mínimos De Hardware.** Requisitos mínimos de hardware que se deben tener en cuenta para el desarrollo del presente clúster.

#### NODO MAESTRO

- Capacidad de disco: 30 GB
- Capacidad de memoria: 1 GB

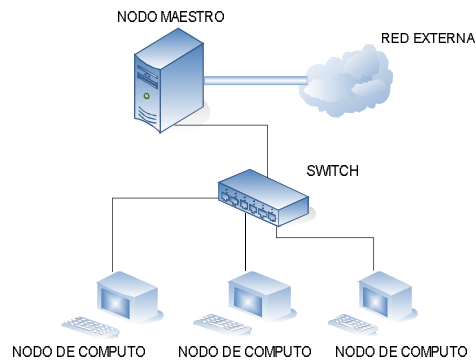
- Ethernet: 2 puertos físicos
- Orden de arranque Bios: Cd, Disco Duro

#### NODO DE CÓMPUTO

- Capacidad de disco: 30 GB
- Capacidad de memoria: 1 GB
- Ethernet: 1 puerto físico
- Orden de arranque Bios: PXE ( red de arranque), Cd, Disco Duro

#### 4.1.3 Arquitectura Del Hardware.

**Figura 2.** Arquitectura de un clúster ROCKS



**Fuente:** Autores del Proyecto

#### 4.2 SCYLD BEOWULF

El Scyld Beowulf Clúster del sistema operativo es una completa distribución de Linux diseñada para operar y administrar todo el clúster Beowulf. Cuenta con una

única imagen de sistema (SSI) de diseño. El sistema operativo sólo necesita estar instalado en el designado "nodo maestro." Como cada nodo de cómputo se inicia en la red privada, el nodo maestro se instala y configura automáticamente. Todo el software de instalación y configuración se realiza en el nodo maestro.

La administración del sistema de Scyld Beowulf es coherente con otras normas basadas en las distribuciones de Linux. Todas las opciones de configuración son accesibles a través de una interfaz de línea de comandos (CLI) y la mayoría son accesibles a través de una interfaz gráfica de usuario. Scyld Beowulf ha sido diseñado desde cero para permitir a los usuarios y los administradores de sistemas hacer una transición sin tropiezos de un entorno stand-alone a beowulf clase de computación.

**4.2.1 Componentes del Software Scyld Beowulf y Capacidades.** Tener en cuenta:

- Rápido Aprovisionamiento
- Configuración de los nodos de Computo
- Sistema Único de imágenes
- Manejo y monitoreo del clúster

**4.2.1.1 Rápido Aprovisionamiento.** La mayoría de los clúster tienen gestión de manera tradicional, es decir cada nodo de cómputo instala el sistema operativo en el disco local, lo que significa que pierden tiempo significativo en el despliegue y actualizaciones. Scyld ClústerWare cuenta con un sistema operativo en el disco de instalación que se ubica en el nodo maestro, de esta manera los nodos de cómputo no requieren la instalación del SO, quedando así aprovisionados desde el nodo maestro a través de la red.

**4.2.1.2 Configuración de los nodos de Cómputo.** Un Scyld ClústerWare se compone de un nodo maestro y nodos de cómputo. El nodo maestro es el punto central de control para todo el grupo. Los nodos están aprovisionados a través de un proceso de arranque de red del clúster por medio del nodo maestro. Scyld ClústerWare proporciona un proceso unificado de espacio en todos los nodos del clúster. Todos los procesos en el grupo son visibles y pueden ser controlados directamente desde el nodo maestro.

**4.2.1.3 Sistema Único de imágenes.** El nodo maestro es el punto central de control para todo el grupo. Scyld ClústerWare no se basa en el principio de la reproducción de un conjunto de archivos de configuración en todos los nodos de un clúster. Scyld ClústerWare sólo utiliza un conjunto de archivos de configuración en un directorio central en el nodo maestro para todo el grupo.

**4.2.1.4 Manejo y Monitoreo del Clúster.** Scyld ClústerWare incluye un paquete llamado Scyld TaskMaster que es una política basada en planificador de tareas y eventos del motor inteligente que combina la programación de trabajo con los recursos avanzados de reserva. Scyld TaskMaster proporciona un grafico, basado en tareas de gestión de la interfaz con el grupo de vigilancia y creación de informes. La interfaz ofrece un panorama visual de las condiciones de trabajo de grupo, las reservas y la utilización de los recursos actuales. También incluye una interfaz basada en Web.

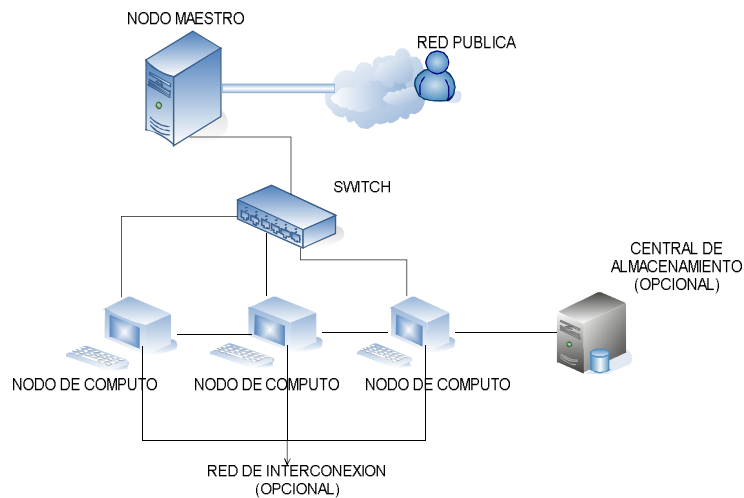
**4.2.2 Requerimientos De Hardware.** Requerimientos mínimos para una arquitectura SCYLD Beowulf.

- **Arquitectura del procesador:** 64-bit Intel® or AMD™ x86\_64

- **Capacidad de memoria:** 1GB
- **Ethernet:** Controlador de Interfaz de red Gigabyte en cada nodo esclavo, 2GB interfaz de red en cada nodo maestro.
- Un switch de red Gigabit para la red privada de clúster.

### 4.2.3 Arquitectura Del Hardware.

**Figura 3.** Arquitectura de un clúster SCYLD BEOWULF.



**Fuente:** Autores del Proyecto

### 4.3 OSCAR

OSCAR permite a los usuarios, independientemente de su nivel de experiencia instalar un clúster tipo Beowulf de computación de alto rendimiento.



También contiene todo lo necesario para administrar y programar este tipo de clúster HPC. OSCAR es un sistema flexible de gestión de paquetes, cuenta con un conjunto de de aplicaciones y utilidades lo que significa que se puede instalar y configurar el grupo de gestión y comunicación de paquetes. También permite a los administradores crear paquetes personalizados para cualquier tipo de aplicación distribuida o utilidad, y para distribuir los paquetes desde un repositorio de paquetes en línea, ya sea dentro o fuera de sitio.

OSCAR se instala en la cima de una distribución de Linux estándar. Se instala y configura todo el software necesario para los paquetes seleccionados de acuerdo a la entrada del usuario. Luego, crea imágenes de disco que se utilizan para la prestación de cómputo para los nodos del clúster con todo el software de cliente y herramientas administrativas necesarias para su uso inmediato. OSCAR también incluye una potente y ampliable arquitectura de pruebas, asegurando que el grupo de configuración que ha elegido está listo para la producción.

El valor predeterminado de configuración se utiliza generalmente para la computación científica utilizando Message Passing Interface (MPI), las cuales se incluyen en el paquete predeterminadote Oscar. Una de las fortalezas de OSCAR es que es posible instalar múltiples implementaciones de MPI en un grupo y cambiar fácilmente entre ellos, ya sea en el nivel por defecto del sistema o el usuario individual de nivel.

#### **4.3.1 Componentes del Software Oscar y Capacidades.** Tener en cuenta:

- Componentes del clúster
- Entorno de Procesamiento Paralelo
- Gestión del Volumen de Trabajo
- Seguridad

**4.3.1.1 Componentes del Clúster.** Dentro del clúster Oscar se encuentran dos tipos de nodos, el servidor ò maestro y el nodo cliente ò nodo de cómputo. El nodo maestro es el responsable de dar respuesta a las solicitudes de los servicios hechas por los nodos cliente, este nodo solo se dedica a realizar las tareas de computación. Cada nodo cliente tiene una copia de la operación del sistema, con la excepción de los directorios de inicio montados en NFS.

**4.3.1.2 Entorno de Procesamiento Paralelo.** Para el procesamiento paralelo Oscar se apoya en el paradigma de paso de mensajes y ofrece dos implementaciones muy comunes, el MPI (Interfaz de pase de Mensajes) y PVM (Maquina Virtual Paralela). Ambos MPI y PVM tienen gran uso en el mundo y es por eso que Oscar las presenta. Como existen varias versiones de MPI disponibles, los desarrolladores decidieron hacer uso de MPICH que pertenece al Argonne National Laboratory debido a que es el mas comúnmente utilizado en Clúster.

**4.3.1.3 Gestión del Volumen de Trabajo.** Generalmente los Clúster son usados como un recurso de computación por múltiples usuarios teniendo la necesidad de hacer uso de un software de gestión para el balanceo de cargas. Este software es el responsable de maximizar la utilización de los recursos del Clúster, basado en los requerimientos específicos de los usuarios. El software que provee esta gestión en Oscar es PBS (Portable Batch System). PBS es el responsable de aceptar las solicitudes de trabajo de los usuarios, de monitorear el estado del Clúster y los recursos y el direccionamiento de las tareas cuando un recurso llega a estar disponible. Actualmente Oscar usa por defecto la programación FIFO incluida en PBS.

**4.3.1.4 Seguridad.** Debido a la amplia variedad de entornos en los que los Clúster se utilizan, los desarrolladores de Oscar consideraron necesario incluir métodos seguros para la comunicación dentro del Clúster.

Como la mayoría de los Clúster se conectan a una red externa es necesario establecer un mecanismo de conexión segura para que otros usuarios de la red no puedan acceder al Clúster. El Software que Oscar ofrece esta seguridad en Oscar es OpenSSL y OpenSSH. OpenSSL es una implementación de código abierto del protocolo Secure Sockets Layer el cual proporciona comunicaciones seguras a través de Internet. OpenSSH es una implementación de código abierto del protocolo Secure Shell, el cual proporciona acceso seguro, transferencia de archivos y conexiones de transmisión.

**4.3.2 Requerimientos De Hardware.** Requisitos mínimos de hardware para tener en cuenta:

#### NODO MAESTRO

- Una tarjeta de red que soporte TCP/IP
- Si su nodo del servidor Oscar, va a ser enrutamiento entre la red privada y lo nodos del clúster, necesitará una segunda tarjeta de red que soporte TCP/IP.
- No menos de 4.0GB de espacio libre en disco. (2GB en /la / y 2GB en /var).
- Una versión de Linux, preferiblemente completa y de algunas de las siguientes distribuciones: RedHat 8.0 9.0 y Mandrake 9.0.

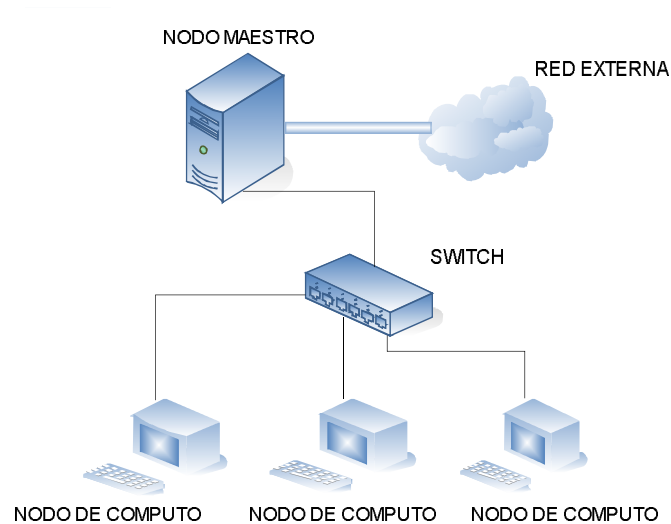
#### NODO DE CÓMPUTO

- Todos los requisitos de hardware anteriores.
- Todos los nodos deben tener la misma arquitectura (ia32 o ia64)

- Monitores y teclados pueden ayudar, pero no son requeridos.
- Floppy o PXE habilitado en BIOS.

### 4.3.3 Arquitectura Del Hardware.

**Figura 4.** Arquitectura de un clúster OSCAR



**Fuente:** Autores del Proyecto

## 4.4 PELICAN-HPC

PelicanHPC<sup>6</sup> es una distribución de GNU / Linux que se ejecuta como "Live CD" (sistema operativo virtualizado). Si el archivo de imagen ISO se quema en un CD, el CD resultante puede ser utilizado para arrancar un computador. El equipo en el que se inicia PelicanHPC se conoce como el "nodo frontend", que es el equipo

<sup>6</sup> MICHAEL CREEL. PelicanHPC Tutorial. Universidad Autónoma de Barcelona

que interactúa con el usuario. Una vez PelicanHPC se está ejecutando, una secuencia de comandos "pelican\_setup", pueden ser ejecutados. Esta secuencia de comandos configura el frontend como un nodo servidor netboot. Una vez hecho esto, otros equipos pueden arrancar las copias de PelicanHPC a través de la red.

Estos otros equipos se denominan "nodos de computo". PelicanHPC configura el clúster formado por el nodo maestro y el nodo de cómputo de modo que se puede hacer computación paralela basada en MPI.

A "Live CD", como PelicanHPC no utiliza el disco duro de los nodos, así que no modifica el sistema operativo instalado. Cuando el clúster PelicanHPC está apagado, todas las computadoras están en su estado original, y arrancará el sistema operativo que se encuentre instalado.

PelicanHPC se realiza utilizando Debian GNU / Linux como base, a través del sistema de Debian en vivo. Está formado por una única secuencia de comandos en ejecución usando el comando "sh make\_pelican". Versiones personalizadas de PelicanHPC, por ejemplo, que contengan paquetes adicionales, puede hacerse fácilmente mediante la modificación del comando make\_pelican.

**4.4.1 Componentes del Software PelicanHPC y Capacidades.** Tener en cuenta:

- CD Live
- Sistema Debian en Vivo
- Programas de Ejemplo

**4.4.1.1 CD Live.** Una distribución live es un sistema operativo, normalmente acompañado de un conjunto de aplicaciones almacenado en un medio extraíble, tradicionalmente un CD o un DVD , que puede ejecutarse desde éste sin necesidad de instalarlo en el disco duro de una computadora, para lo cual usa la memoria RAM como disco duro virtual y el propio medio como sistema de archivos.

Algunos Live CD incluyen una herramienta que permite instalarlos en el disco duro. Otra característica es que por lo general no se efectúan cambios en la computadora utilizada, aunque algunos pueden almacenar preferencias si así se desea.

Para usar un Live CD se configura la computadora para que arranque desde la unidad lectora, reiniciando luego la computadora con el disco en la lectora, con lo que el Live CD se iniciará automáticamente.

**4.4.1.2 Sistema Debian en Vivo.** Un Debian en vivo<sup>7</sup> es un sistema operativo Debian que no requiere una instalación clásica para utilizarla. Viene en diferentes medios, incluyendo el CD-ROM, memorias USB o través del arranque, haciendo uso de otro equipo.

**4.4.1.3 Programas de Ejemplo.** PelicanHPC contiene una amplia utilización de programas de ejemplo como GNU Octava y MPIBT. Octava GNU es un lenguaje de alto nivel, principalmente destinados a los cálculos numéricos. Proporciona una interfaz de línea de comandos para resolver problemas lineales y no lineales numéricamente, y para realizar otros experimentos numéricos usando un lenguaje que es compatible con la mayoría de Matlab. Octava tiene amplias herramientas

---

<sup>7</sup> Debian Live. Live Debian Systems Disponible en Internet URL: <http://debian-live.alioth.debian.org/>

comunes para la solución de problemas de álgebra lineal numérica, la búsqueda de las raíces de ecuaciones no lineales, integrar funciones ordinarias, manipular polinomios, e integrar diferenciales ordinarias y ecuaciones diferenciales algebraicas. Es fácilmente ampliable y personalizable a través de funciones definidas por el usuario escritas en el idioma propio de octava, o usando módulos cargados dinámicamente escritos en C ++, C, Fortran, u otros idiomas.

**4.4.2 Requerimientos Del Hardware.** Para la instalación básica de un clúster se necesita al menos dos equipos conectados en red. Se pueden conectar mediante un cable entre las respectivas tarjetas de red, con un hub o con un switch. Para la conexión se puede hacer uso de una red Ethernet o Fast Ethernet.

#### NODO MAESTRO

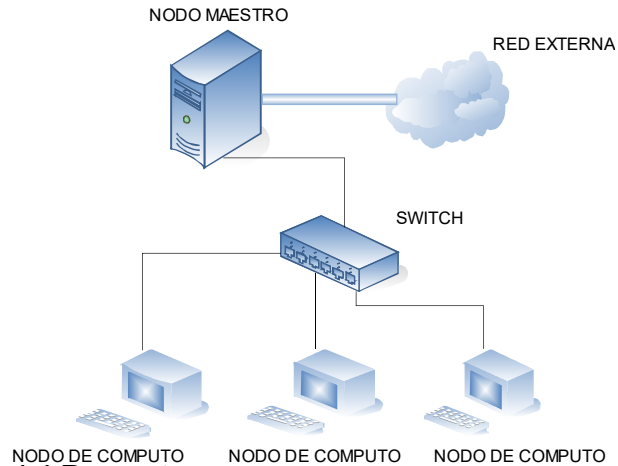
- Procesador: Intel(R) Pentium (R) 4. Velocidad del procesador (Processor Speed) 2.8 GHz. Cache Nivel 2 (L2) de 512 KB.
- Memoria (RAM): 512 MB DDR 400 MHz.
- Disco Duro (Hard Disk): 80 GB
- Tarjeta de red: Ethernet o Fast Ethernet

#### NODO DE CÓMPUTO

- Procesador: Intel(R) Pentium (R) 4. Velocidad del procesador (Processor Speed) 2.8 GHz. Cache Nivel 2 (L2) de 512 KB.
- Memoria (RAM): 512 MB DDR 400 MHz.
- Disco Duro (Hard Disk): 70 GB
- Tarjeta de red: Ethernet o Fast Ethernet

**4.4.3 Arquitectura Del Hardware.**

**Figura 5.** Arquitectura de un clúster PelicanHPC



**Fuente:** Autores del Proyecto



## 5. PRODUCTO FINAL

Para la realización de los clústeres se hizo necesaria la adquisición de cuatro equipos para así llevar a cabo la implementación. Estos equipos se ubicaron en el Laboratorio de Telecomunicaciones.

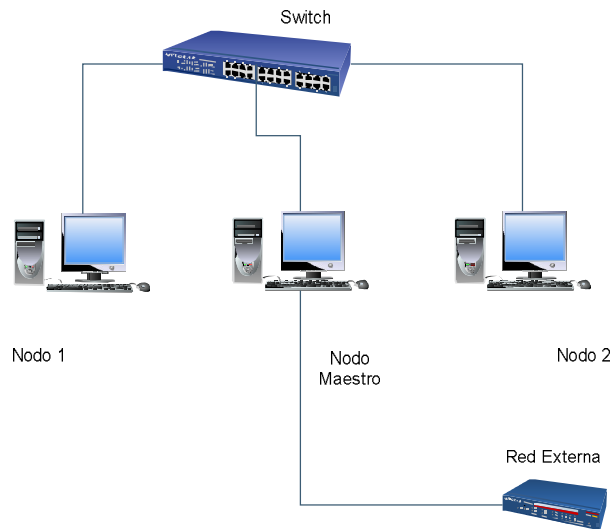
A dos equipos se le instaló el sistema operativo GNU/Linux Fedora Core 5, el cual es compatible con el paquete OSCAR 5.0, que será el paquete con el que se comenzará a trabajar. De manera simultánea se empezó a trabajar en la implementación del segundo clúster, al cual se le instaló PelicanHPC, esta arquitectura es una imagen de CD en vivo que permite crear un clúster de computación de alto rendimiento de manera ágil y sencilla.

Los criterios de comparación que se tuvieron en cuenta están basados en los tiempos que tardan cada clúster en ejecutar ciertas tareas, teniendo en cuenta que son clústeres de alto rendimiento (HPC).

Para finalizar se obtuvieron los resultados de la comparación entre los dos clústeres y se realizaron las conclusiones pertinentes.

Los cuatro equipos se encuentran configurados según la arquitectura mostrada a continuación.

**Figura 6.** Configuración del Clúster



**Fuente:** Autores del Proyecto

El desarrollo del proyecto se divide en tres grandes etapas:

- Adquisición y organización de los equipos
- Instalación y configuración del clúster Oscar 5.0.
- Instalación y configuración del clúster Pelican.
- Pruebas de rendimiento de los clústeres

## **5.1 ADQUISICIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS EQUIPOS**

Habiendo seleccionado las arquitecturas que se iban a implementar se comenzó con la recopilación de información acerca de la utilidad que iba proporcionar este tipo de arquitecturas, se concluyó en el armado de un clúster tipo Beowulf. Esta etapa de documentación incluye la información relacionada con el sistema

operativo (Distribución Linux) y la arquitectura que se utilizó para la administración del clúster.

El siguiente paso fue de la obtención de los equipos. Para la implementación de los clústeres es necesario que los equipos cumplan con unas especificaciones mínimas de hardware y software que permitan el correcto funcionamiento del clúster. Además se requiere de equipos y herramientas que permitan la interconexión y administración de los clústeres como son: el switch, el cableado, el software (programas, librerías y paquetes), además de una adecuada área de trabajo.

La topología de interconexión entre los equipos fue la de estrella<sup>8</sup> como se muestra en la figura 7.

**Figura 7.** Topología utilizada para la interconexión del clúster

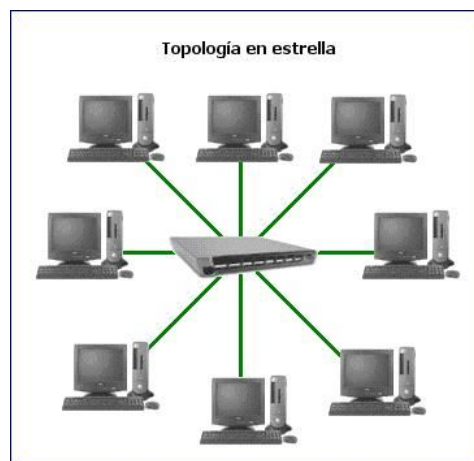


Imagen tomada de “El mundo de las Redes”

---

<sup>8</sup>WILLIAM STALLINGS. Comunicaciones y Redes de Computadoras. Sexta Edición, 2000

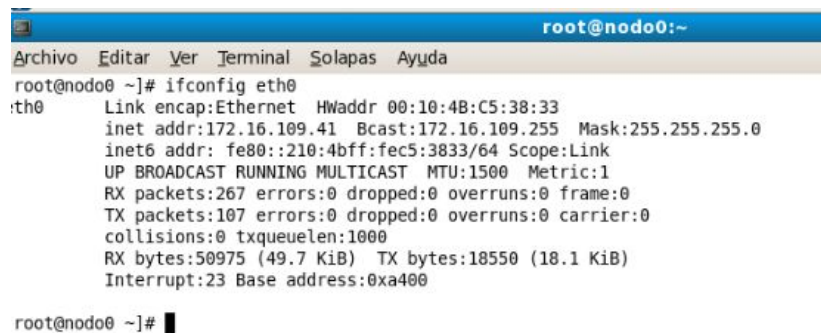
## 5.2 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL CLÚSTER OSCAR.

**5.2.1 Instalación y Configuración del Nodo Maestro.** En este paso se lleva a cabo la instalación del sistema operativo de libre distribución (Linux Distribución Fedora Core versión 5) en el nodo maestro, el cual permite manejar programas para el procesamiento paralelo. El tiempo empleado para este proceso es de 40 minutos aproximadamente.

Para poder integrar el clúster se hizo necesaria la utilización de un switch Cisco Catalyst 2950 de 24 puertos 100 BASE TX. A través de este switch se hace la interconexión de la red interna, pues aquí se encuentran los Nodo Terminal (NT) y el Nodo Maestro que tiene salida a la red externa o Internet. Este les permite llevar a cabo la comunicación constante para el procesamiento paralelo.

La configuración de la tarjeta de red que tiene acceso a Internet es la que se muestra en la figura 8.

**Figura 8.** Configuración de la tarjeta de red eth0

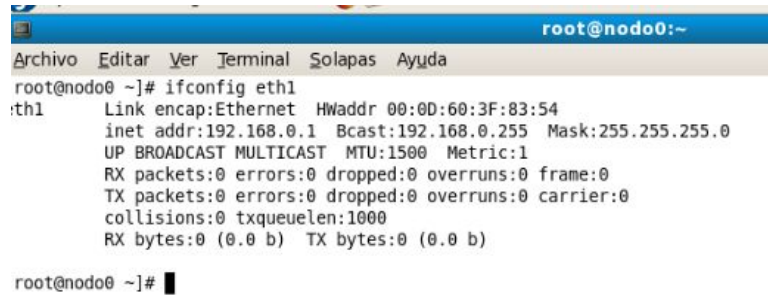


```
root@nodo0:~  
Archivo Editar Ver Terminal Solapas Ayuda  
root@nodo0 ~]# ifconfig eth0  
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:10:4B:C5:38:33  
          inet addr:172.16.109.41  Bcast:172.16.109.255  Mask:255.255.255.0  
          inet6 addr: fe80::210:4bff:fec5:3833/64 Scope:Link  
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1  
          RX packets:267 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0  
          TX packets:107 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0  
          collisions:0 txqueuelen:1000  
          RX bytes:50975 (49.7 KiB)  TX bytes:18550 (18.1 KiB)  
          Interrupt:23 Base address:0xa400  
  
root@nodo0 ~]# █
```

**Fuente:** Autores del Proyecto

La configuración de la segunda tarjeta de red que permite la comunicación con los demás nodos es la que se muestra en la figura 9.

**Figura 9.** Configuración de la tarjeta de red eth1



```
root@nodo0:~  
Archivo Editar Ver Terminal Solapas Ayuda  
root@nodo0 ~]# ifconfig eth1  
eth1      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:0D:60:3F:83:54  
          inet addr:192.168.0.1  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0  
          UP BROADCAST MULTICAST  MTU:1500  Metric:1  
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0  
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0  
          collisions:0 txqueuelen:1000  
          RX bytes:0 (0.0 b)  TX bytes:0 (0.0 b)  
  
root@nodo0 ~]# █
```

**Fuente:** Autores del Proyecto

**5.2.2 Instalación y configuración del Clúster Oscar 5.0.** Oscar es un conjunto de archivos que se utiliza para instalar un paquete de software en un clúster. El paquete Oscar lo componen tres categorías:

- Los paquetes principales que son necesarios para el funcionamiento del propio Oscar.
- Los paquetes que son enviados por la distribución oficial de Oscar. Estos son empaquetados por los desarrolladores y tienen cierto grado de control antes de ser distribuidos.
- El tercer paquete no se incluye en la distribución oficial de Oscar, son complementos que se pueden descargar, desempaquetar y por tanto instalar.

Las recomendaciones a tener en cuenta en el momento de la configuración de Oscar son:

**5.2.2.1 Trabajo en la Red.** Todos los nodos deben tener un nombre distinto de "local" que no contenga ninguna subraya "\_" o puntos "." Algunas distribuciones colocan una línea como la siguiente en / etc / hosts:

```
127.0.0.1    localhost.localdomain    localhost    yourhostname.yourdomain
yourhostname
```

Si esto ocurre el archivo debe separarlo de la siguiente manera:

```
127.0.0.1    localhost.localdomain localhost
192.168.0.1  yourhostname.yourdomain yourhostname
```

**5.2.2.2 SELinux.** SELinux<sup>9</sup> (Security-Enhanced Linux), que se traduce como Seguridad Mejorada de Linux, es una implementación de seguridad para GNU/Linux que provee una variedad de políticas de seguridad, incluyendo el estilo de acceso a los controles del Departamento de Defensa de EE.UU., a través del uso de módulos de Seguridad en el núcleo de Linux.

SELinux proporciona un sistema flexible de control de acceso obligatorio (MAC) incorporado en el kernel. Bajo el Linux estándar se utiliza el control de acceso a discreción (DAC), en el que un proceso o aplicación ejecutándose como un usuario tiene los permisos y de ese usuario en los objetos, archivos, sockets y otros procesos. Al ejecutar un kernel SELinux MAC se protege al sistema de aplicaciones maliciosas o dañadas que pueden perjudicar o destruir el sistema.

---

<sup>9</sup> Jesús Rafael Sánchez Medrano. Director de Investigación Científica. . Fundación Código Libre Dominicano Junio 2008 Disponible en Internet < <http://www.codigolibre.org/libro/manual%20selinux.pdf>>

SELinux define el acceso y los derechos de transición de cada usuario, aplicación, proceso y archivo en el sistema. SELinux gobierna la interacción de estos sujetos y objetos usando una política de seguridad que especifica cuán estricta o indulgente una instalación de GNU/Linux dada debería de ser.

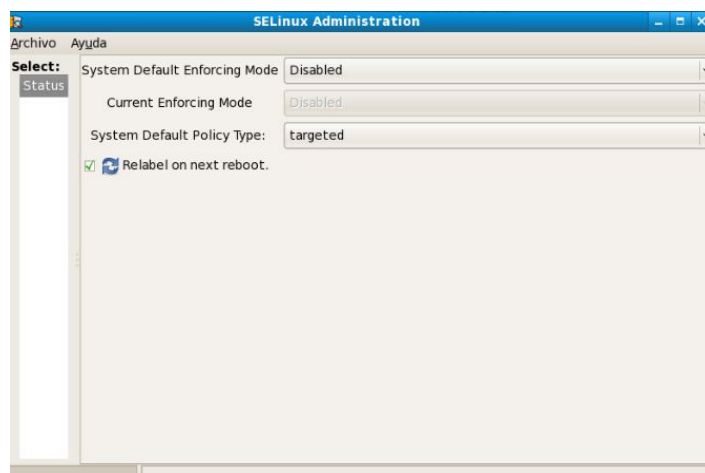
### Existen varias formas de configurar SELinux:

- Usando la herramienta de configuración de nivel de seguridad (system-config-securitylevel) ó manualmente editando en el archivo de configuración (/etc/sysconfig/selinux).

El archivo /etc/sysconfig/selinux es el archivo de configuración principal para habilitar o inhabilitar SELinux, así como también para configurar cuál política se debe imponer en el sistema y cómo hacerlo.

- Otra de las formas de configurar SELinux es a través del modo gráfico, accediendo por: Aplicaciones/Herramientas del sistema/SELinux Management.

**Figura 10.** Configuración SELinux.



**Fuente:** Autores del Proyecto

Las opciones disponibles para la configuración de SELinux son:

- **Enforcing o impositivo:** Se impone la política de seguridad SELinux.
- **Permissive o permisivo:** El sistema SELinux advierte pero no impone la política. Esto es útil para propósitos de depuración o de resolución de problemas. En modo permisivo, se registrarán más rechazos, pues los sujetos podrán continuar con acciones que de lo contrario serían rechazadas en el modo impositivo.
- **Disabled o inhabilitado:** SELinux está completamente desactivado. Los ganchos de SELinux no están conectados al kernel y el pseudo sistema de archivos no está registrado.

**5.2.2.3 Descarga de Repositorio de la Distribución Oscar.** La distribución OSCAR viene en forma de dos paquetes OSCAR y una serie de repositorio tarballs:

**Tabla 1.** Paquetes y Repositorios de Oscar

<b>Archivo</b>	<b>Propósito</b>
Oscar-base-OSCARVERSION.tar.gz	Contiene los paquetes binarios que permite la instalación de Oscar.
Oscar-repo-common-rpms-OSCARVERSION.tar.gz	Repositorios de noarch rpms utilizado en las distribuciones
Oscar-repo-DISTRO-VER-ARCH-OSCARVERSION.tar.gz	Repositorio de la distribución y la arquitectura específica de rpms.

**Fuente:** Autores del Proyecto



Los paquetes que se muestran a continuación se pueden descargar de la página principal de Oscar<sup>10</sup>.

Para mas información sobre el proceso puede consultar el **Anexo A** Manual de Instalación del Clúster Oscar.

### **5.3 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL CLÚSTER PELICAN-HPC**

La descripción del proceso de instalación del Clúster Pelican requiere seguir una serie de pasos que se encuentran en el **Anexo B** Manual de Instalación de Clúster Pelican-HPC.

---

<sup>10</sup>Oscar on SourceForge [http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group\\_id=9368&package\\_id=9438](http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=9368&package_id=9438)

## 6. COMPARACIÓN DE LAS ARQUITECTURAS

### 6.1 COMPARACIÓN ENTRE CLUSTER OSCAR Y CLÚSTER PELICAN-HPC

La tabla que se muestra a continuación contiene los criterios de comparación que se tuvieron en cuenta para realizar un análisis entre el clúster OSCAR y clúster Pelican-HPC.

Estos criterios de comparación fueron seleccionados por las autoras del proyecto a través de la experiencia que se obtuvo durante el proceso de instalación de ambos clusters.

#### **Criterios de comparación:**

- **Software a instalar:** Hace referencia a la compatibilidad que existe entre el software a instalar y el sistema operativo. Se especifica que tamaño tiene cada uno de los paquetes.
- **Portabilidad:** Característica que posee un software para ejecutarse en diferentes plataformas.
- **Configuración:** Método utilizado para llevar a cabo el proceso de configuración del clúster.
- **Descarga de repositorios:** Algunas arquitecturas para la implementación de clúster de cómputo requieren una descarga adicional de repositorios o paquetes para su correcta instalación. En este criterio se especifica si requiere o no de dichos repositorios.

- **Tiempo de instalación:** El tiempo aproximado que dura el proceso de instalación del clúster. Teniendo en cuenta todos los paquetes necesarios para su instalación.
- **Actualización:** Facilidad de adaptar el software a una versión nueva.
- **Administración de recursos:** Especificar si el clúster hace uso de algunos recursos de la máquina.
- **Almacenamiento de datos:** Método que utiliza el clúster para almacenar la información.

**Tabla 2.** Comparación entre Clúster Oscar y Pelican-HPC

<b>COMPARACIÓN ENTRE CLÚSTER OSCAR Y PELICAN-HPC</b>		
<b>CRITERIOS DE COMPARACIÓN</b>	<b>OSCAR</b>	<b>PELICAN</b>
<b>Software a instalar</b>	OSCAR: La selección de Oscar Server Package depende de la compatibilidad que exista con la versión del sistema operativo. El tamaño de este software es de 5.62 MB. La búsqueda de Oscar se puede realizar a través de la red de forma fácil y sencilla.	La selección de Pelican-HPC no depende de la versión del sistema operativo ya que este software trabaja como LiveCD, lo cual no requiere de ningún sistema operativo instalado. El tamaño de este software es de 386 MB. La búsqueda de Pelican se puede realizar a través de la red de forma fácil y sencilla.
<b>Portabilidad</b>	No cumple con esta característica debido a que requiere de un sistema operativo estable para poder ejecutarse.	Cumple con esta característica debido a que no requiere de ningún sistema operativo estable para poder ejecutarse. Este software tiene la ventaja de que se trabaja directamente con un CD.
<b>Configuración</b>	Requiere de una configuración previa a la instalación. Estos pasos se deben realizar de manera ordenada y cuidadosa para evitar	No requiere de ninguna configuración previa a la instalación. Solo se inserta el CD y se siguen unos pasos para la instalación, posteriormente, se configuran los nodos que

	<p>conflictos al momento de la instalación. Después de finalizar la instalación se realiza una segunda configuración para los nodos que conforman el clúster.</p>	<p>conforman el clúster.</p>
<p><b>Descarga de repositorios</b></p>	<p>Requiere la descarga de paquetes adicionales para llevar a cabo exitosamente la instalación. Estos paquetes se consiguen fácilmente en la página de Oscar y otros paquetes se encuentran dentro del CD de instalación del sistema operativo.</p>	<p>No requiere la descarga de ningún paquete. Todo lo requerido para la instalación va incluido dentro del CD.</p>
<p><b>Tiempo de instalación</b></p>	<p>La instalación de Oscar requiere realizar la instalación previa del sistema operativo para poder instalar Oscar. La instalación dura aproximadamente 1 hora y media, esto comprende 45 minutos para la instalación del</p>	<p>La instalación de Pelican es más rápida y sencilla, debido a que no requiere ningún sistema operativo. El tiempo aproximado de dicha instalación es de 40 min.</p>

	sistema operativo y 45 minutos instalando Oscar.	
<b>Actualización</b>	Cumple con esta característica debido a que permite actualizar la versión del software que se esta trabajando, simplemente descargando nuevos paquetes, pero adicionalmente, requiere la búsqueda de la versión compatible de Fedora.	No cumple con esta característica debido a que este software se trabaja desde un CD y no permite actualizar la versión del software, por lo tanto requiere descargar la nueva versión para poder guardarla en un CD.
<b>Administración de Recursos</b>	Hace uso de todos los recursos de una máquina.	Pelican hace uso solo de la memoria RAM como recurso de la máquina.
<b>Almacenamiento de Datos</b>	Permite crear una carpeta para almacenar los archivos sin necesidad de utilizar otros dispositivos de almacenamiento.	La forma mas segura y sencilla de almacenar la información es por medio de un dispositivo USB o teniendo acceso a internet.

**Fuente:** Autores del Proyecto

## 6.2 COMPARACIÓN ENTRE CUATRO ARQUITECTURAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CLÚSTER DE CÓMPUTO.

La tabla que se muestra a continuación contiene unos criterios de comparación que se tuvieron en cuenta para realizar una comparación o un análisis entre las cuatro arquitecturas para la implementación de un clúster de cómputo. Estas cuatro arquitecturas son las siguientes: Oscar, Pelican-HPC, Rocks, SCYLD Beowulf.

Estos criterios de comparación fueron seleccionados por las autoras del proyecto a través de la experiencia que se obtuvo durante el proceso de investigación de las cuatro arquitecturas de cómputo.

### **Criterios de comparación:**

- **Fecha de aparición:** Fecha en que se creó cada arquitectura.
- **Sistema Operativo:** El sistema operativo que requiere cada arquitectura para poder ser instalada.
- **Requisitos de Hardware:** Que requisitos son necesarios para instalar las arquitecturas.
- **Forma de instalación:** Como es el proceso de instalación que utiliza cada arquitectura para desarrollar un clúster de cómputo, teniendo en cuenta todos los nodos que lo conforman.
- **Descarga de paquetes** Algunas arquitecturas para la implementación de clúster de cómputo requieren una descarga adicional de repositorios o

paquetes para su correcta instalación. En este criterio se especifica si requiere o no de dichos repositorios.

- **Forma de ejecución:** Forma de descargar los paquetes para realizar la respectiva instalación.
- **Tipo de agrupación:** Forma en que se agrupan los equipos que conforman cada clúster de cómputo.
- **Tiempos de instalación:** Tiempo aproximado que tarda en instalar cada arquitectura.
- **Disponibilidad de información:** Facilidad de encontrar información en sitios Web.
- **Complejidad de instalación:** Que tan complejo resulta trabajar con cada arquitectura.



**Tabla 3.** Comparación de las cuatro arquitecturas de Clúster de Computo

<b>COMPARACIÓN CUATRO ARQUITECTURAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CLÚSTER DE CÓMPUTO</b>				
<b>CRITERIOS DE COMPARACIÓN</b>	<b>OSCAR</b>	<b>PELICAN</b>	<b>ROCKS</b>	<b>SCYLD BEOWULF</b>
<b>Fecha de Aparición</b>	2000	2003	2000	1994
<b>Sistema Operativo</b>	Linux Red Hat Fedora	Cualquier Sistema Operativo	Linux Red Hat CentOS	Linux Debian
<b>Requisitos de Hardware</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria RAM: 1 GB.</li> <li>• Disco Duro: 40 GB</li> <li>• Tarjeta de red: Ethernet</li> <li>• Unidad de DVD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria RAM: 512 MB a 1GB</li> <li>• Disco Duro: 10 GB</li> <li>• Tarjeta de red: Ethernet o Fast Ethernet</li> <li>• Unidad de DVD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria RAM: 1GB</li> <li>• Disco Duro: 10 GB</li> <li>• Tarjeta de red: Ethernet</li> <li>• Unidad de DVD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria RAM: 1GB</li> <li>• Disco Duro: 40 GB</li> <li>• Tarjeta de red: Ethernet</li> <li>• Unidad de DVD</li> </ul>
<b>Forma de instalación</b>	El proceso de instalación se realiza directamente desde el nodo maestro. Cualquier modificación o configuración se realiza desde allí. Todas las opciones de configuración son accesibles a través de una interfaz de línea de comandos (CLI) y la mayoría son accesibles a través de una interfaz gráfica de usuario.			

<p><b>Descarga de paquetes</b></p>	<p>Requiere la descarga de paquetes adicionales para llevar a cabo exitosamente la instalación. Estos paquetes se consiguen fácilmente en la página de Oscar y otros paquetes se encuentran dentro del CD de instalación del sistema operativo.</p>	<p>No requiere la descarga de ningún paquete. Todo lo requerido para la instalación va incluido dentro del CD.</p>	<p>Incluye muchas herramientas (tales como MPI) que no forman parte del sistema operativo, pero son los componentes integrales que hacen un cluster. Estos paquetes de software adicionales pueden ser personalizados utilizando CDs especiales.</p>	<p>No requiere la descarga de ningún paquete. Todo viene incluido en el paquete de instalación.</p>
------------------------------------	---	--	--	---

<b>Forma de ejecución</b>	A través de una descarga del paquete de instalación, un ejecutable.	Live CD	A través de una descarga del paquete de instalación, un ejecutable.	A través de una descarga del paquete de instalación, un ejecutable.
---------------------------	---	---------	---	---

## 7. CONCLUSIONES

Con base en la experiencia, se concluyó que desarrollar un manual completo de instalación de un clúster trae sus complicaciones debido a que el proceso de configuración genera demasiados inconvenientes, y muchos de ellos son totalmente ajenos a los conocimientos que un estudiante pueda tener. En Internet se consiguen diversos tipos de manuales, pero a la hora de seguir las instrucciones, se comprueba que estos manuales son demasiado incompletos y no cuentan con la suficiente información que nos permita resolver los errores que genera el proceso de configuración.

La compatibilidad entre las arquitecturas de clúster de cómputo y el sistema operativo es un factor importante en el momento de realizar una instalación de un clúster, debido a que algunas versiones de las arquitecturas de clúster no son compatibles con algunas distribuciones de Linux.

Con base a la experiencia del clúster PelicanHPC, se concluye que es una alternativa sencilla y práctica para implementación de Clúster de cómputo, debido a que es un “live cd”, es decir, una forma de instalación que no requiere un sistema operativo específico y trabaja directamente sobre la memoria, no almacena información.

Al inicio del desarrollo de este proyecto, se presentaron inconvenientes al momento de adquirir los recursos necesarios para implementar los clústeres de cómputo debido a que la institución no contaba con la cantidad de equipos que se

requerían y con las especificaciones necesarias, lo cual generó retardo en la implementación del clúster.

Probablemente la parte mas difícil de la instalación de Oscar es la de crear satisfactoriamente el entorno del clúster, esta abarca la instalación inicial del software responsable de hacer que cada maquina independiente haga parte del clúster.

Con Oscar se puede obtener un mayor rendimiento del Clúster debido a que este paquete hace uso de todos los recursos de la máquina a diferencia de Pelican-HPC que es un live Cd y utiliza la memoria RAM como disco duro virtual y el propio medio como sistema de archivos.

Los requisitos de hardware son indispensables para el montaje del clúster. Esto permite concluir que no todas las máquinas que disponga la institución pueden ser utilizadas para conformar un clúster de procesamiento. Existen requerimientos mínimos en cuanto a memoria principal de los nodos, espacio en disco duro, interfaces de red, entre otros, que deben ser atendidos antes de comenzar una instalación.

Durante el desarrollo del proyecto se hicieron pruebas con varias versiones de Oscar y Fedora, lo cual permite a los autores de este trabajo concluir lo siguiente: La información que se encuentra disponible en Internet sobre la compatibilidad de la versión de Oscar y Fedora no siempre es verídica, ya que al momento de implementar algunas versiones, generaban demasiados errores que no permitían la correcta configuración del clúster.

La información que se encuentra disponible en Internet acerca del clúster Pelican-HPC es muy escasa, lo cual impide profundizar sobre este tema y obtener información sobre los registros de implementaciones llevados a cabo con Pelican-HPC.

El procesamiento paralelo sobre redes de computadores es una excelente alternativa para aprovechar los recursos de máquinas y redes de datos para aumentar la capacidad de cómputo, con el propósito de resolver problemas complejos que demandan este potencial.

Como resultado del proyecto realizado se generaron documentos con los requisitos y recomendaciones para el establecimiento, configuración y operación de clúster Oscar y Pelican-HPC.

El tiempo de montaje del clúster Oscar es variable, depende de la experiencia que se tenga sobre la implementación de clúster, lo cual indica que se debe contar con un tiempo suficiente para realizar los montajes a pesar de no ser un proceso complicado.

Pelican es una buena opción en el momento que no se cuente con los recursos necesarios y con el tiempo suficiente, debido a que no implica la instalación de un sistema operativo específico y los requerimientos de hardware son mínimos.

Pelican y SCYLD Beowulf son arquitecturas que no requieren la descarga de ningún paquete adicional. Esto permite agilizar el proceso de configuración del clúster y reducir el nivel de complejidad.

## BIBLIOGRAFÍA

Clúster. Enciclopedia de contenido libre. Wikimedia Foundation, Inc. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Clúster\\_de\\_computadores](http://es.wikipedia.org/wiki/Clúster_de_computadores). Agosto 2008.

Clústeres de pcs. Centro Nacional de Cálculo Científico. Universidad de Los Andes (CECALCULA).

URL:<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16051/1/articuloberticlústeres.pdf>. Agosto 2008.

CONTRERAS, Gerardo. Clúster de alta disponibilidad. URL: [http://www.puntogmx.net/wordpress/wp-content/uploads/2007/04/clúster\\_ha.pdf](http://www.puntogmx.net/wordpress/wp-content/uploads/2007/04/clúster_ha.pdf). Julio 2008.

DÁVILA SGUERRA, Manuel. Software Libre Colombia. Departamento de Informática Redes y Electrónica de Uniminuto. URL: <http://www.universia.net.co/tesis-de-grado/view-document/documento-464.html>. Julio 2008.

DEBIAN EN VIVO. URL <http://debian-live.alioth.debian.org/>. Abril 2009.

Definición de software libre. Proyecto GNU. Disponible en Internet <URL: <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>. Julio 2008.



ETVCOOKBOOK. MIDDLEWARE. URL:  
<http://etvcookbook.org/system/middleware.html>. Agosto 2008.

HANK Dietz, James F. Hardymon. Kentucky Linux Athlon Testbed 2 (KLAT2).  
Electrical Engineering Department. URL: <http://aggregate.org/hankd/>. Octubre  
2008.

Herederro Pablos. Informática Y Comunicaciones En La Empresa. Carmen de  
Universidad Rey Juan Carlos, Publicado por ESIC Editorial, 2004, Pagina 195.

Joseph Jorba Esteve, Remo Suppi Boldrito. Administración avanzada de  
GNU/Linux. y. Administración avanzada de GNU/Linux [Universidad virtual de  
Catalunya], 1 ed., Marzo 2004,  
URL:[http://www.uoc.edu/posgrado/matricula\\_abierta/img/871.pdf](http://www.uoc.edu/posgrado/matricula_abierta/img/871.pdf). Agosto 2008.

Lizárraga Celaya Carlos. Clústeres de Linux. Departamento de Física. Universidad  
de Sonora México. URL:<http://clústeres.fisica.uson.mx/>. Marzo 2009.

Mark Baker. Clúster computing white paper. Final Release. University of  
Portsmouth, UK. URL:<http://clústeres.fisica.uson.mx/clúster-computing2000.pdf>.  
Marzo 2009.

MICHAEL CREEL, PelicanHPC GNU Linux. Universidad Autónoma de Barcelona.  
2007. URL: <http://idea.uab.es/mcreel/ParallelKnoppix/>.

MICHAEL CREEL, PelicanHPC Tutorial. Universidad Autónoma de Barcelona.  
Febrero 2009. URL:  
<http://pareto.uab.es/mcreel/PelicanHPC/Tutorial/PelicanTutorial.html>. Mayo 2009.

NESMACHNOW Sergio, Ares Gerardo. Clúster Medusa Procesamiento de Alto  
Desempeño. Laboratorio de simulación numérica de flujos a superficie libre.  
<URL: <http://www.fing.edu.uy/imfia/medusa/web/involucrados.html>. Marzo 2009.

OPEN SOURCE CLÚSTER APPLICATION RESOURCES, OSCAR. 2008.  
Disponible en Internet <URL: <http://svn.Oscar.openclústergroup.org/trac/Oscar>>  
SCYLD BEOWULF CLÚSTER. Products and Technology. URL:  
[http://www.scyld.com/scyld\\_os.html](http://www.scyld.com/scyld_os.html). Marzo 2009.

OSCAR ON SOURCEFORGE. Descarga del paquete Oscar. URL:  
[http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group\\_id=9368&package\\_id=9438](http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=9368&package_id=9438).  
Febrero 2009.

Primer clúster de computación en la facultad de ingeniería Disponible en Internet  
URL:<http://ingenieria.udea.edu.co/portal/ingeniemos/versionimpresa/200706/pag6.pdf>.  
Agosto 2008.

RMP, Package Manager. URL: <http://www.rpm.org/>. Abril 2009.

ROCKS CLÚSTER. Support and Docs. Rocks Users Guide.  
URL:[http://www.rocksclusters.org/wordpress/?page\\_id=4](http://www.rocksclusters.org/wordpress/?page_id=4). Julio 2008.

ROCK CLÚSTER. Wikipedia enciclopedia libre. Wikimedia Foundation, Inc.  
Febrero 2009.  
URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Rocks\\_Clústeres](http://es.wikipedia.org/wiki/Rocks_Clústeres). Julio 2008.

Salsano Esteban. Clústeres alta performance y desempeño. Libro de Arquitecturas paralelas y alternativas para procesamiento de alta performance basado en proyecto de grado. URL:<http://technetworld.info/index.php?p=category/clústeres>. Julio 2008.

SÁNCHEZ MEDRANO, Jesús Rafael. SELinux: Haciendo Nuestra Seguridad Impenetrable. Director de Investigación Científica. Fundación Código Libre Dominicano Junio 2008. <http://www.codigolibre.org/libro/manual%20selinux.pdf>. Mayo 2009.

WILLIAM STALLINGS. Comunicaciones y Redes de Computadoras. Sexta Edición, 2000