



Facultade de Informática

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABALLO TUTELADO SSI  
GRAO EN ENXEÑARÍA INFORMÁTICA  
MENCIÓN EN TECNOLOXÍAS DA INFORMACIÓN

# **Despliegue de un clúster virtual para HPC con Qluster**

Juan González Iglesias

A Coruña, abril de 2024.

## Índice Xeral

<b>1</b>	<b>Introdución y objetivos</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Instalación y configuración</b>	<b>2</b>
2.1	Requerimientos . . . . .	2
2.2	Instalación-Configuración . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Primeras pruebas</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>QluMan</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Monitorización</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Anexo</b>	<b>7</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>8</b>



## 1 Introducción y objetivos

En este trabajo vamos a llevar a cabo la creación de un clúster virtual para la computación de alto rendimiento. Esta tiene como objetivo permitir resolver problemas muy complejos que involucran un gran volumen de cálculos, requieren grandes cantidades de memoria o de análisis de datos por lo que se requiere el uso de varias computadoras y técnicas de procesamiento en paralelo para resolver estos problemas computacionales complejos.

Para llevar a cabo esto, vamos a utilizar el sistema operativo **Qlustar**. Este es de código abierto y es totalmente gratuito. Está basado en *Debian/Ubuntu* y no necesita más paquetes para funcionar, la instalación de **Qlustar** ya tiene todo el software necesario para ejecutar un clúster. Para poder instalarlo y utilizarlo tenemos que descargar su **iso** [1] y acceder a su [documentación](#).

Una vez instalado tenemos una serie de servicios ya preinstalados en nuestro **head-node**:

- **Nagios4**: Para monitorización y alertas. Podemos acceder a su interfaz web a través de <http://ipHeadNode/nagios4/>.
- **Ganglia**: Para monitorización. Podemos acceder en <http://ipHeadNode/ganglia/>.
- **DHCP/TFTP**: Iniciar servicios y servicio de nombres DNS a partir de *dnsmasq*.
- **NTP**: servidor para sincronizar los relojes.
- **NFS**: servidor que permite el acceso remoto a los archivos en la ruta */etc/exports*.
- Diversos servicios: En nuestro caso al elegir el paquete de software **HPC** en la instalación [2] se incluyen los siguientes: **LDAP**, **Slurm**, **Munge**.
- **Postfix**: servicio de email.
- **MariaDb**
- **QluMan**: para el mantenimiento del cluster.

En cuanto a los objetivos concretos vamos a listar los pasos necesarios para crear y configurar nuestro cluster HPC en una VM de **VirtualBox**, con el *head-node* y el *FE* en la misma máquina, y dos nodos corriendo. A mayores probaremos los principales servicios que se incluyen en el S.O **Qlustar**.

---

## 2 Instalación y configuración

### 2.1 Requerimientos

Los requerimientos que pide el **Qlustar OS** para su instalación son los siguientes:

- Un pc, servidor o máquina virtual de *64bit x86*. En nuestro caso creamos una nueva máquina virtual a través de **VirtualBox**.
- Al menos dos interfaces de red en dicha máquina. Una que sea de tipo *bridge* y otra de tipo *internal*.
- Un disco duro de al menos 160 GB.
- Una memoria RAM capaz de soportar tanto el **Front-end** como los **demo nodes**.
- Configurar la interfaz de virtualización como **KVM**.

### 2.2 Instalación-Configuración

Vamos entonces con el propio proceso de instalación [2]. Esta se divide en dos grandes partes. La **primera** consiste en 10 pasos:

1. **Ajustes de localización:** Es la primera pantalla que nos aparecerá. En ella podemos seleccionar la zona horaria y la asignación del teclado. Una vez hecha esta asignación para volver a cambiar es necesario reiniciar el servidor e iniciar la instalación desde cero.
2. **Configuración del disco:** En esta pantalla podemos seleccionar los discos en los que instalar **Qlustar**. En nuestro caso como solo hay un disco solo tenemos que seleccionar este.
3. **Directorio home:** Elegimos donde se va a encontrar el directorio */home*.
4. **Ajustes de red (1):** En esta pantalla configuramos las direcciones IP para el clúster y la red pública. También elegimos el número de nodos de computo, pero este no tiene por que ser exacto, basta con un número aproximado. En este punto, es importante tener dos adaptadores de red configurados (uno externo para el acceso a internet y otro interno para el propio cluster). Si seleccionamos **DHCP** como método de configuración para la interfaz pública, nos debemos asegurar de agregar nuestra dirección IP más adelante en la interfaz gráfica.

También configuramos **Postfix** (servidor de correo de software libre) que se ejecuta en el nodo central, Para ello tenemos que especificar los emails a los que queremos recibir las notificaciones de monitorización.

5. **Ajustes de red (2):** En esta pantalla tenemos la posibilidad de configurar los parámetros de red opcionales como son **Infiniband** (bus serie bidireccional de comunicaciones de alta velocidad) o **IPMI** (Intelligent Platform Management Interface)
6. **Ajustes adicionales:** En esta pantalla podemos elegir si crear un virtual Front-end (FE) en la misma VM en la que está el nodo central, o por si el contrario vamos a utilizar otra máquina. **Qlustar** recomienda por el bien de la estabilidad y el rendimiento separar al usuario de las actividades del sistema tanto como sea posible, pero en nuestro caso para simplificar, vamos a crearlo en la misma VM. También vamos a establecer una contraseña para la cuenta de **root** y establecer la creación de un **demo-cluster** con dos nodos para su utilización en la sección de primeras pruebas 3.
7. **Selección Edge platform y package bundle:** Por último vamos a escoger la plataforma **Edge**. **Qlustar** admite múltiples plataformas, que en la versión 12.0 son: *Ubuntu/Focal*, *CentOS 7* y *CentOS 8*. También podemos seleccionar la lista de paquetes que queremos instalar, En nuestro elegimos tanto la versión **Ubuntu/Focal** como el paquete **HPC**.

Para la **segunda** parte de la instalación, tenemos que iniciar sesión como **root** el SO de **Qlustar** e introducir el comando `# /usr/sbin/qlustar-initial-config`. Se nos abrirá un instalador en el que tenemos que configurar:

1. Nombrar nuestro cluster. Nosotros elegimos el nombre de **cluster-aisi**.
2. Configuramos tanto la base de datos de **NIS** como configurar el **ssh**. También tenemos que establecer una serie de contraseñas de los distintos paquetes instalados como son **Nagais**, **Qluman**, **Slurm** Y **MariaDb**.

### 3 Primeras pruebas

Vamos a seguir los primeros pasos recomendados por **Qlustar** [2].

Si en la instalación configuramos un cluster de testeo podemos inicializarlo con el comando `# demo-system-start`. Si en cualquier momento lo quisiéramos detener se haría a través del comando `# demo-system-stop`.

Si necesitamos modificar cualquier aspecto de la configuración esta se haría mediante la edición del archivo `# /etc/qlustar/vm-configs/demo-system.conf`.

Una vez arrancado podemos acceder a los nodos virtuales con el comando `# console-demo-vms` y nuestro nodo front-end mediante `# console-fe-vm`. Por último podemos comprobar que todos los nodos están corriendo mediante el comando `# dsh -a uptime`.

---

Podemos probar a compilar y ejecutar un programa con **MPI**. *Message Passing Interface* es el estándar para la programación paralela distribuida en clústeres de Linux. La variante **MPI** en **Qlustar** se llama **OpenMPI** y ya fué instalada automáticamente durante la instalación.

Lo primero que tenemos que hacer es crear un ejecutable a partir de un programa de testeo que en este caso es un simple *hello-world.c*. Para ello ejecutamos el siguiente comando **# mpicc.openmpi-gcc -o hello-world-c hello-world.c**. Con el ejecutable ya creado, podemos compilarlo con el siguiente comando **# mpicc -o hello-world-c hello-world.c**.

Para ejecutar el trabajo a través de varios nodos del cluster de prueba, en nuestro caso de forma interactiva en 2 nodos con 2 procesos cada uno, es decir, un total de 4 procesos, ejecutamos el siguiente comando **# salloc -N 2 -ntasks-per-node=2 -mem=20 -p demo srun hello-world-c**.

También podemos probar el benchmark **Linpac**. Este es uno de los más conocidos, y el que la mayoría de clústeres ejecuta de primera para verificar la funcionalidad, estabilidad y rendimiento del cluster. **Qlustar** viene con una versión optimizada y precompilada de **Linpac** y un script para generar automáticamente el archivo de entrada necesario dado el número de nodos, procesos por nodo y la cantidad total de RAM para la ejecución.

Si por ejemplo queremos probar 3 nodos de prueba ejecutamos el siguiente comando **# linp-3-demo-nodes**.

## 4 QluMan

Para empezar a utilizar el gestor gráfico **QluMan** y así poder configurar el cluster a nuestro antojo, lo primero que tenemos que hacer es generar las claves públicas/privadas tanto para el cifrado como la autenticación de la conexión con el servidor de **QluMan**. Por lo que podemos generarlas con el siguiente comando **# qluman-cli -gencert**.

A mayores la GUI de administración de **Qlustar**, **qluman-qt** no viene instalada por defecto en ningún nodo del cluster, por lo que tendremos que instalarla de manera manual con el siguiente comando **# apt install qluman-qt**. Una vez instalado podemos acceder a ella desde nuestra máquina host (en máquinas **Windows** esto no es posible) a través de *ssh* con el siguiente comando **# ssh -X root@serverIp qluman-qt**.

Para loguearnos como admin tendremos que introducir el token generado anteriormente e introducir la contraseña de este.

Una vez dentro de la interfaz gráfica de **QluMan** nos dará la oportunidad de configurar todos los aspectos de nuestro cluster.

Uno de los más importantes es la **configuración de red** del cluster. En ella podremos modificar las redes definidas durante la instalación, añadir nuevos servidores **DNS**, configurar nuevas configuraciones de red con direcciones ip nuevas o configurar los servicios como **IPMI** o **OpenSM**.

El otro aspecto importante es la configuración de nuevos **hosts**. Para crearlos solo se necesita una IP, un nombre de host y una dirección MAC. A mayores debemos de seleccionar un **template** que definirá el tipo de host que vamos a crear.

Una vez realizados estos dos pasos importantes **QluMan** nos ofrece una gran variedad de opciones, que van desde poder **ejecutar comandos** directamente en cada nodo o en grupo de nodos, la creación de **nuevos usuarios y roles**, **sistema de logs** para controlar que está pasando en nuestro cluster y muchas opciones más que podemos ver en la documentación [3].

## 5 Monitorización

**Qlustar** incluye en la instalación el sistema de monitorización **Ganglia**. Este está diseñado para la computación de alto rendimiento, pues recompila y visualiza datos sobre la CPU, memoria, red y el almacenamiento de forma predeterminada. Los datos recopilados se pueden ver en muchos gráficos pequeños o en informes que engloben más elementos. Estos son accesibles via web a través de la siguiente dirección **https://IpHeadNode/ganglia**.

El otro sistema de monitoreo que incluye **Qlustar** es **Nagios4**. Este está accesible a través de la dirección IP **http://IpHeadNode/nagios4** e introduciendo el user *nagiosadmin* y la contraseña que establecimos durante la instalación. Entre los múltiples servicios que ofrece esta herramienta destaca la posibilidad de establecer alertas y notificaciones ante posibles eventos en nuestro cluster.



---

## 6 Conclusiones

Como acabamos de ver la creación y despliegue de un **Cluster HPC** sencillo es muy sencillo gracias al SO **Qlustar**. Aún así para la realización des este trabajo tuvimos algunos problemas como se comentan en el vídeo, pues no está pensado para ser ejecutado en una máquina virtual y aparecen errores de solucionar. Además no vimos algunas herramientas básicas para lidiar con este tipo de cluster como es por ejemplo **Slurm** pero entonces la extensión del mismo se haría un poco larga.

En el apartado de apéndices de más abajo, se establecen los pasos que seguimos para generar la box de **vagrant** a partir de la VM ya preconfigurada, y los pasos que hay que seguir para la puesta en marcha. Esta box se puede descargar desde el siguiente [enlace](#).

Por último comentar la falta de ejemplos o documentación en internet. Todo el trabajo fué realizado a partir de la documentación oficial de **Qlustar** [4], **Qluman** [3] y de **Cluster-Handbook** [5]. A mayores de que según publicaron en un foro oficial de **Qlustar** la puesta en marcha total con todas sus funcionalidades en una VM de **VirtualBox** es imposible [6].

El vídeo de la práctica se puede ver desde el siguiente [enlace](#).

## 7 Anexo

En esta breve sección vamos a explicar los pasos seguidos para crear la **Vagrant Box**. Una vez configurada toda la máquina y con nuestro cluster creado, procedemos a seguir principalmente que los pasos que nos ofrece **Vagrant** en su documentación [7].

El primero es crear un usuario y un grupo llamados **vagrant**, y el usuario que tenga asignada la contraseña **vagrant**. A mayores para este usuario deberemos configurar el servicio **SSH** con la *insecure keypair* de **vagrant**.

A mayores deberemos de configurar una interfaz de red a mayores, que esta deberá ser la primera de la máquina, y será de tipo NAT. Por último tendremos que instalar la **Guest Additions** de *VirtualBox*.

Para generar la box bastará con introducir el siguiente comando **# vagrant package --base my-virtual-machine**. Para levantarla nos enfrentaremos a un problema, pues Vagrant va a ser incapaz de conectarse mediante ssh a la máquina. Por lo que una vez levantada, deberemos acceder gráficamente mediante **VirtualBox** a dicha VM, ejecutando los siguientes comandos: **# vagrant box add --name my-box /path/to/the/new.box**, **# vagrant init my-box** y por último **# vagrant up**.

Por último comentar que las interfaces de red 2 y 3 a veces no se levantan correctamente, por lo quedas de la interfaz gráfica de **VirtualBox** deberemos activarlas mediante la casilla de *Habilitar adaptador de red*.

## Bibliografía

- [1] “Iso qlustar so,” <https://qlustar.com/download>, accedido Mayo 2020.
- [2] “Instalación qlustar,” <https://docs.qlustar.com/qlustar/12.0/ClusterOS/installation-guide.html>, accedido Mayo 2020.
- [3] “Documentación qluman,” <https://docs.qlustar.com/qlustar/11.0/ClusterOS/qluman-guide/qluman-guide.html>, accedido Mayo 2020.
- [4] “Documentación qlustar,” <https://docs.qlustar.com/qlustar/12.0/index.html>, accedido Mayo 2020.
- [5] “Cluster handbook,” <https://en.wikibooks.org/wiki/Cluster-Handbook>, accedido Mayo 2020.
- [6] “Problema qlustar con virtualbox,” <https://lists.qlustar.org/hyperkitty/list/qlustar-general@qlustar.org/thread/KVXRXGNJPVM7NI6R4Q4E5HQQGWHIIJ6ZG/>, accedido Mayo 2020.
- [7] “Creacion de vagrant boxes,” <https://www.vagrantup.com/docs/providers/virtualbox/boxes>, accedido Mayo 2020.