

Universidad Del Norte

Computer Structure NRC 2440

Partial 4 - Cluster computacional usando recursos en la nube

Felipe Jose Benitez Avilez Laura Sofía Gómez Rosales Fernando Mateo Valencia Gómez

Prof. EDUARDO ZUREK, PH.D.



Índice

Creación de 3 servidores Virtuales con Linux	2
1.1. Metodología	2
1.2. Resultados	6
Comunicación fluida entre los servidores	14
2.1. Metodología	14
2.2. Resultados	15
2.2.1. manager	15
2.2.2. worker0	17
2.2.3. worker1	19
Instalación del MPI (Message Passing Interface)	21
(21
	23
	23
	23
	24
3.2.4. Ejemplo 2	25
Eiemplo con Python	26
	26
	28
	1.1. Metodología 1.2. Resultados Comunicación fluida entre los servidores 2.1. Metodología 2.2. Resultados 2.2.1. manager 2.2.2. worker0 2.2.3. worker1 Instalación del MPI (Message Passing Interface) 3.1. Metodología 3.2. Resultados 3.2.1. worker0 3.2.2. worker0 3.2.3. Ejemplo 1



1. Creación de 3 servidores Virtuales con Linux

1.1. Metodología

- 1. Entramos a Azure y seleccionamos la opción de redes virtuales
- 2. Clic en crear
- 3. Creamos un nuevo grupo de recursos. En este caso se llama **parcial4**, y este mismo nombre es el que se pone en "Nombre de red virtual"

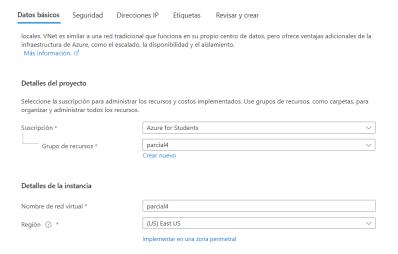


Figura 1: Nombre de la red virtual

4. En la parte de Direcciones IP, escogemos el mínimo de direcciones privadas permitidas $(/24\ 256\ direcciones)$

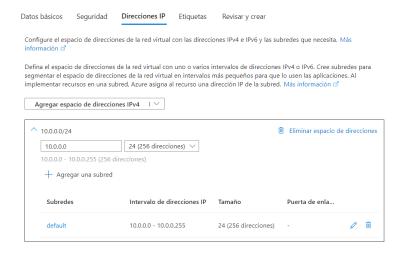


Figura 2: Cantidad de direcciones IP privadas



- 5. Revisamos la información y creamos la red virtual
- 6. Escogemos "Máquina Virtual de Azure"

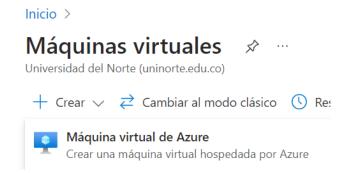


Figura 3: Creando la Máquina Virtual

- 7. En Grupo de recursos escogemos parcial4 que anteriormente creamos
- 8. Se le asigna un nombre único a la Máquina Virtual
- 9. Para Opciones de disponibilidad, escogemos que no se requiere redundancia.
- 10. En **Tipo de seguridad** se escoge el Estándar
- 11. Nos aseguramos que sea Ubuntu server y arquitectura de x64

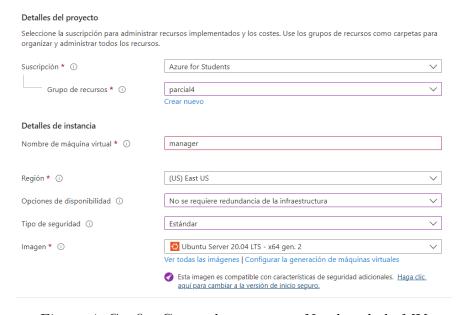


Figura 4: Config. Grupo de recursos y Nombre de la MV



- 12. Escogemos como tipo de autentificación contraseña.
- 13. Creamos un nombre usuario, en este caso, todas las máquinas virtuales que creemos en parcial4 van a tener el mismo nombre de usuario mpiuser
- 14. Creamos una contraseña que cumpla con los requisitos
- 15. Verificamos que sea el puerto SHH(22)

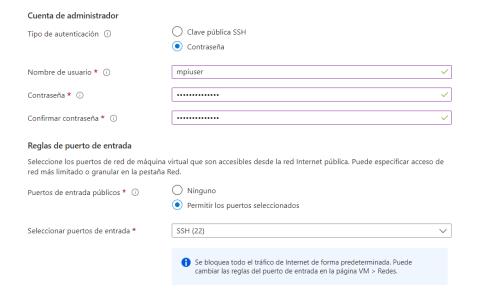


Figura 5: Nombre de usuario y selección de puerto



16. Seleccionamos como tipo de disco del sistema operativo "SSD estándar"

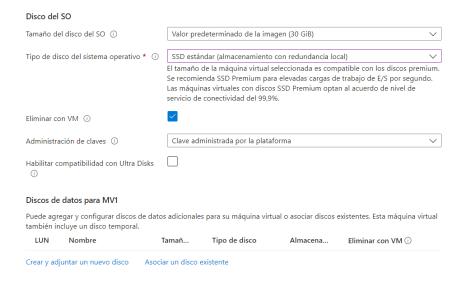


Figura 6: Config. Tipo de disco duro del sistema operativo

17. Para cada worker, en **IP pública**, se pondrá que ninguna, ya que la comunicación entre la subred se hará medinate ip privada



Figura 7: Config. IP pública worker

- 18. Para Administración, Supervisión, Opciones avanzadas y Etiquetas se dejan con las configuraciones por Azure
- 19. Revisamos la información y creamos la máquina virtual.



1.2. Resultados

Verificamos que SSH esté instalado en el PC

Figura 8: SSH instalado en el PC de Laura



↑ Información esencial Vista JSON

Grupo de recursos (mover) Sistema operativo

parcial4 Linux (ubuntu 20.04)

Estado Tamaño

En ejecución Standard B1s (1 vcpu, 1 GiB de memoria)

Ubicación Dirección IP pública East US 52.150.14.206

Suscripción (mover) Red virtual/subred **Azure for Students** parcial4-red/default

Id. de suscripción Nombre DNS Sin configurar 6b61ea93-15a7-4ad6-bc36-dcfd9669b191

Estado de mantenimiento

Etiquetas (editar) Agregar etiquetas

Supervisión Funcionalidades (7) Recomendaciones **Tutoriales Propiedades**

Máquina virtual

Nombre del equipo manager

Sistema operativo Linux (ubuntu 20.04)

Editor de imagen canonical

Oferta de imagen 0001-com-ubuntu-server-focal

Plan de imagen 20_04-lts-gen2

Generación de VM V2 Arquitectura de VM x64

Estado del agente Ready

Versión del agente 2.9.1.1

Hibernación Deshabilitado

Grupo host Ninguno

Host

Grupo con ubicaciónpor proximidad

Estado de ubicación N/D

Grupo de reserva de -

capacidad

SCSI Tipo de controladora de disco

Disponibilidad y escalado

Zona de disponibilidad (editar)

Conjunto de disponibilidad

Conjunto de escalado



Tipo de seguridad

Tipo de seguridad Estándar

Supervisión del mantenimiento

Supervisión del No habilitado mantenimiento



Extensiones + aplicaciones

Extensiones **Aplicaciones**



Redes

Dirección IP pública 52.150.14.206 (Interfaz de red manager560)

Dirección IP pública -(IPv6)

Dirección IP privada 10.0.0.4

Dirección IP privada -

(IPv6)

Red virtual/subred parcial4-red/default

Nombre DNS Configurar



Tamaño

Tamaño Standard B1s

vCPU

1 GiB **RAM**



Disco

Disco del SO

manager_disk1_dcb069fa065a40b48dab3536d2b70d13

Cifrado en el host Deshabilitado

Azure Disk No habilitado

Encryption

Disco de SO efímero N/D

Discos de datos 0

Apagado automático

Apagado automático No habilitado

Apagado programado

Azure de acceso puntual

Azure de acceso puntual

Directiva de expulsión de Azure de acceso puntual



↑ Información esencial Vista JSON

Grupo de recursos (mover) Sistema operativo

Linux (ubuntu 20.04) parcial4

Estado Tamaño

En ejecución Standard B1s (1 vcpu, 1 GiB de memoria)

Ubicación Dirección IP pública East US

Suscripción (mover)

Red virtual/subred **Azure for Students** parcial4-red/default

Id. de suscripción Nombre DNS

6b61ea93-15a7-4ad6-bc36-dcfd9669b191

Estado de mantenimiento

Etiquetas (editar) Agregar etiquetas

Funcionalidades (7) **Tutoriales Propiedades** Supervisión Recomendaciones

Máquina virtual

Nombre del equipo worker0

Sistema operativo Linux (ubuntu 20.04)

Editor de imagen canonical

Oferta de imagen 0001-com-ubuntu-server-focal

Plan de imagen 20 04-lts-gen2

Generación de VM V2

Arquitectura de VM x64

Estado del agente Ready

Versión del agente 2.9.1.1

Hibernación Deshabilitado

Grupo host Ninguno

Host

Grupo con ubicaciónpor proximidad

Estado de ubicación N/D

Grupo de reserva de -

capacidad

Redes

Dirección IP pública -

Dirección IP pública -

(IPv6)

Dirección IP privada 10.0.0.5

Dirección IP privada -

(IPv6)

Red virtual/subred parcial4-red/default

Nombre DNS

Tamaño

Standard B1s Tamaño

vCPU

RAM 1 GiB

Disco

Disco del SO

worker0_disk1_e5c8efc6cf524a24ade0d98ba0bc01fc

Deshabilitado Cifrado en el host

SCSI Tipo de controladora de

disco

Disponibilidad y escalado

Zona de disponibilidad (editar)

Conjunto de disponibilidad

Conjunto de escalado

Tipo de seguridad

Tipo de seguridad Inicio seguro

Habilitar arranque

seguro

Habilitado

Habilitar vTPM Habilitado

Supervisión de integridad

Deshabilitado

Supervisión del mantenimiento

Supervisión del No habilitado mantenimiento

Extensiones + aplicaciones

Extensiones

Aplicaciones

No habilitado Azure Disk Encryption

Disco de SO efímero N/D

Discos de datos 0

Apagado automático

Apagado No habilitado

automático

Apagado programado

Azure de acceso puntual

Azure de acceso puntual

Directiva de expulsión de Azure de acceso puntual



↑ Información esencial Vista JSON

worker1 - Microsoft Azure

Grupo de recursos (mover) Sistema operativo

Linux (ubuntu 20.04) parcial4

Estado Tamaño

En ejecución Standard B1s (1 vcpu, 1 GiB de memoria)

Ubicación Dirección IP pública

East US

Suscripción (mover) Red virtual/subred **Azure for Students** parcial4-red/default

Id. de suscripción Nombre DNS

6b61ea93-15a7-4ad6-bc36-dcfd9669b191

Estado de mantenimiento

Etiquetas (editar) Agregar etiquetas

Funcionalidades (7) **Tutoriales Propiedades** Supervisión Recomendaciones

Máquina virtual

Nombre del equipo worker1

Sistema operativo Linux (ubuntu 20.04)

Editor de imagen canonical

Oferta de imagen 0001-com-ubuntu-server-focal

Plan de imagen 20_04-lts-gen2

Generación de VM V2

Arquitectura de VM x64

Estado del agente Ready

Versión del agente 2.9.1.1

Hibernación Deshabilitado

Grupo host Ninguno

Host

Grupo con ubicaciónpor proximidad

Estado de ubicación N/D

Grupo de reserva de -

capacidad

Redes

Dirección IP pública -

Dirección IP pública -

(IPv6)

Dirección IP privada 10.0.0.6

Dirección IP privada -

(IPv6)

Red virtual/subred parcial4-red/default

Nombre DNS

Tamaño

Standard B1s Tamaño

vCPU 1

RAM 1 GiB

Disco

worker1_disk1_b63e3e746b8746a2bbcfc113815ed303

Cifrado en el host Deshabilitado

Azure Disk

SCSI Tipo de controladora de disco

Disponibilidad y escalado

Zona de disponibilidad (editar)

Conjunto de disponibilidad

Conjunto de escalado

Tipo de seguridad

Tipo de seguridad Inicio seguro

Habilitar arranque

Habilitado

seguro

Habilitar vTPM Habilitado

Supervisión de integridad

Deshabilitado



Supervisión del mantenimiento

Supervisión del No habilitado mantenimiento



Extensiones + aplicaciones

Extensiones

Aplicaciones

Encryption

No habilitado

Disco de SO efímero N/D

Discos de datos 0

🚫 Apagado automático

Apagado automático No habilitado

Apagado programado

Azure de acceso puntual

Azure de acceso puntual

Directiva de expulsión de Azure de acceso puntual



2. Comunicación fluida entre los servidores

2.1. Metodología

Siguiendo el tutorial de How to Set Up Passwordless SSH Login

1. Creación de la Key

```
mpiuser@manager:~$ ssh-keygen -t rsa -b 4096
Generating public/private rsa key pair.
Enter file in which to save the key (/home/mpiuser/.ssh/id_rsa):
Enter passphrase (empty for no passphrase):
Enter same passphrase again:
Your identification has been saved in /home/mpiuser/.ssh/id_rsa
Your public key has been saved in /home/mpiuser/.ssh/id_rsa.pub
The key fingerprint is:
SHA256:uE1IUMh3m1QqqBrfLa2MT6oaNAO3cl5UmzBLe1MMze4 mpiuser@manager
The key's randomart image is:
   -[RSA 4096]-
    .=0+=...
    .00.+*.
    =.B+.o
      0 =+
     [SHA256]
```

Figura 9: Creación de Key

2. Cargar la clave pública en el servidor remoto de cada máquina virtual

```
mpiuser@manager:~$ ssh-copy-id mpiuser@10.0.0.5
/usr/bin/ssh-copy-id: INFO: Source of key(s) to be installed: "/home/mpiuser/.ssh/id_rsa.pub"
The authenticity of host '10.0.0.5 (10.0.0.5)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:XmQ2X5zWod0U/iPaAPDEqfXWghkOkVz+jfj1UaPDwPQ.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
/usr/bin/ssh-copy-id: INFO: attempting to log in with the new key(s), to filter out any that are already installed
/usr/bin/ssh-copy-id: INFO: 1 key(s) remain to be installed -- if you are prompted now it is to install the new keys
mpiuser@10.0.0.5's password:

Number of key(s) added: 1

Now try logging into the machine, with: "ssh 'mpiuser@10.0.0.5'"
and check to make sure that only the key(s) you wanted were added.
```

Figura 10: Clave pública en el servidor remoto



2.2. Resultados

2.2.1. manager

■ manager a worker0

```
mpiuser@manager:~$ ssh 10.0.0.5
Welcome to Ubuntu 20.04.6 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1050-azure x86_64)
* Documentation: https://help.ubuntu.com
                  https://landscape.canonical.com
* Management:
                  https://ubuntu.com/advantage
* Support:
 System information as of Sun Nov 12 19:13:46 UTC 2023
 System load: 0.43
                                  Processes:
                                                         114
 Usage of /:
               5.4% of 28.89GB
                                  Users logged in:
 Memory usage: 30%
                                  IPv4 address for eth0: 10.0.0.5
 Swap usage:
* Strictly confined Kubernetes makes edge and IoT secure. Learn how MicroK8s
   just raised the bar for easy, resilient and secure K8s cluster deployment.
  https://ubuntu.com/engage/secure-kubernetes-at-the-edge
Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.
O updates can be applied immediately.
Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status
New release '22.04.3 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.
Last login: Sun Nov 12 16:37:53 2023 from 10.0.0.6
mpiuser@worker0:~$
```

Figura 11: manager a worker0



manager a worker1

```
mpiuser@manager:~$ ssh 10.0.0.6
Welcome to Ubuntu 20.04.6 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1050-azure x86_64)
* Documentation: https://help.ubuntu.com
                  https://landscape.canonical.com
* Management:
* Support:
                  https://ubuntu.com/advantage
 System information as of Sun Nov 12 19:15:56 UTC 2023
 System load: 0.09
                                  Processes:
                                                         114
 Usage of /:
               5.4% of 28.89GB
                                  Users logged in:
                                  IPv4 address for eth0: 10.0.0.6
 Memory usage: 31%
 Swap usage:
                0%
Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.
O updates can be applied immediately.
Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status
New release '22.04.3 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.
Last login: Sun Nov 12 19:14:40 2023 from 10.0.0.5
mpiuser@worker1:~$
```

Figura 12: MV0 a MV2



2.2.2. worker0

worker0 a manager

```
mpiuser@worker0:~$ ssh 10.0.0.4
Welcome to Ubuntu 20.04.6 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1050-azure x86_64)
* Documentation: <a href="https://help.ubuntu.com">https://help.ubuntu.com</a>
 * Management:
                   https://landscape.canonical.com
* Support:
                   https://ubuntu.com/advantage
  System information as of Sun Nov 12 19:17:22 UTC 2023
  System load: 0.09
                                   Processes:
                                                           131
 Usage of /: 5.4% of 28.89GB
                                   Users logged in:
 Memory usage: 33%
                                   IPv4 address for eth0: 10.0.0.4
 Swap usage: 0%
* Strictly confined Kubernetes makes edge and IoT secure. Learn how MicroK8s
   just raised the bar for easy, resilient and secure K8s cluster deployment.
   https://ubuntu.com/engage/secure-kubernetes-at-the-edge
Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.
O updates can be applied immediately.
Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status
New release '22.04.3 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.
Last login: Sun Nov 12 19:15:15 2023 from 10.0.0.6
mpiuser@manager:~$
```

Figura 13: worker0 a manager



worker0 a worker1

```
mpiuser@worker0:~$ ssh 10.0.0.6
Welcome to Ubuntu 20.04.6 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1050-azure x86_64)
* Documentation: https://help.ubuntu.com
                   https://landscape.canonical.com
* Management:
* Support:
                   https://ubuntu.com/advantage
 System information as of Sun Nov 12 19:14:39 UTC 2023
 System load: 0.33
                                                         110
                                  Processes:
 Usage of /:
                5.4% of 28.89GB
                                  Users logged in:
                                  IPv4 address for eth0: 10.0.0.6
 Memory usage: 29%
 Swap usage:
                0%
Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.
O updates can be applied immediately.
Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status
New release '22.04.3 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.
Last login: Sun Nov 12 16:42:01 2023 from 10.0.0.4
mpiuser@worker1:~$
```

Figura 14: worker0 a worker1



2.2.3. worker1

• worker1 a manager

```
mpiuser@worker1:~$ ssh 10.0.0.4
Welcome to Ubuntu 20.04.6 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1050-azure x86_64)
* Documentation: https://help.ubuntu.com
* Management:
                   https://landscape.canonical.com
                   https://ubuntu.com/advantage
* Support:
 System information as of Sun Nov 12 19:15:15 UTC 2023
 System load: 0.15
                                                          127
                                  Processes:
 Usage of /: 5.4% of 28.89GB
Memory usage: 33%
                                  Users logged in:
                                  IPv4 address for eth0: 10.0.0.4
 Swap usage: 0%
* Strictly confined Kubernetes makes edge and IoT secure. Learn how MicroK8s
   just raised the bar for easy, resilient and secure K8s cluster deployment.
   https://ubuntu.com/engage/secure-kubernetes-at-the-edge
Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.
O updates can be applied immediately.
Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status
New release '22.04.3 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.
Last login: Sun Nov 12 19:13:23 2023 from 186.168.65.47
mpiuser@manager:~$
```

Figura 15: worker1 a manager



worker1 a worker0

```
mpiuser@worker1:~$ ssh 10.0.0.5
Welcome to Ubuntu 20.04.6 LTS (GNU/Linux 5.15.0-1050-azure x86_64)
 * Documentation: https://help.ubuntu.com
                   https://landscape.canonical.com
https://ubuntu.com/advantage
* Management:
 * Support:
  System information as of Sun Nov 12 19:16:38 UTC 2023
  System load: 0.02
                                   Processes:
                                                           118
  Usage of /: 5.4% of 28.89GB
                                  Users logged in:
                                                          1
                                   IPv4 address for eth0: 10.0.0.5
 Memory usage: 32%
 Swap usage:
 * Strictly confined Kubernetes makes edge and IoT secure. Learn how MicroK8s
   just raised the bar for easy, resilient and secure K8s cluster deployment.
  https://ubuntu.com/engage/secure-kubernetes-at-the-edge
Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.
O updates can be applied immediately.
Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status
New release '22.04.3 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.
Last login: Sun Nov 12 19:13:47 2023 from 10.0.0.4
mpiuser@worker0:~$
```

Figura 16: worker1 a worker0



3. Instalación del MPI (Message Passing Interface)

Siguiendo el tutorial de Creating an MPI Cluster

3.1. Metodología

- 1. En manager instalamos el paquete sudo apt install nfs-kernel-server nfs-common
- 2. Ejecutamos mkdir cloud para crear una carpeta llamada cloud
- 3. Para crear una entrada se ejecuta sudo nano /etc/exports
- 4. Agregamos el path de manager en el archivo /home/mpiuser/cloud *(rw,sync,no_root_squash,no_subtree_check)

```
GNU nano 4.8

# /etc/exports: the access control list for filesystems which may be exported

# to NFS clients. See exports(5).

# Example for NFSv2 and NFSv3:

# /srv/homes hostname1(rw,sync,no_subtree_check) hostname2(ro,sync,no_subtree_check)

# Example for NFSv4:

# /srv/nfs4 gss/krb5i(rw,sync,fsid=0,crossmnt,no_subtree_check)

# /srv/nfs4/homes gss/krb5i(rw,sync,no_subtree_check)

# /home/mpiuser/cloud *(rw,sync,no_root_squash,no_subtree_check)
```

Figura 17: Path de manager

- 5. Exportamos las configuraciones con sudo exportfs -a
- 6. Reiniciamos sudo service nfs-kernel-server restart
- 7. Para cada worker...
- 8. Instalamos el paquete sudo apt-get install nfs-common
- 9. Ejecutamos mkdir cloud para crear una carpeta llamada cloud
- 10. Ejecutamos sudo mount -t nfs manager:/home/mpiuser/cloud ~/cloud
- 11. Para todos las máquinas...
- 12. Actualizamos los paquetes con sudo apt-get update
- 13. Instalamos sudo apt-get install openmpi-bin



14. Se verifica que esté instalado Python. Si no está instalado, se instala.

```
mpiuser@worker1:~$ python3
Python 3.8.10 (default, May 26 2023, 14:05:08)
[GCC 9.4.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license"
for more information.
>>> quit()
```

Figura 18: Ejecución de Python en el server

- 15. Instalamos sudo apt install python3-mpi4py
- 16. Modificamos el archivo sudo nano /etc/hosts de la siguiente manera:

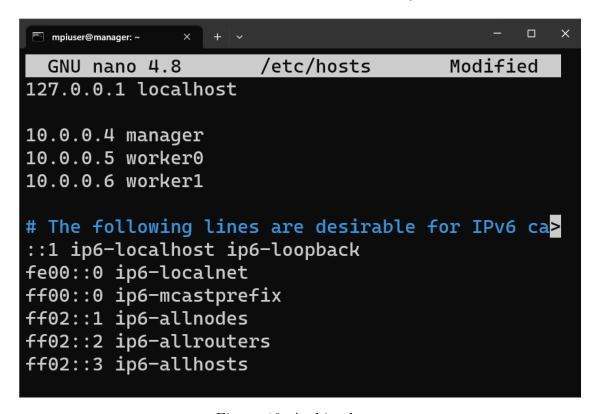


Figura 19: Archivo hosts



3.2. Resultados

3.2.1. worker0

mpiuser@worker0:~\$ df -h					
Filesystem	Size	Used	Avail	Use%	Mounted on
/dev/root	29G	1.6G	28G	6%	/
devtmpfs	418M	0	418M	0%	/dev
tmpfs	422M	0	422M	0%	/dev/shm
tmpfs	85M	988K	84M	2%	/run
tmpfs	5.0M	0	5.0M	0%	/run/lock
tmpfs	422M	0	422M	0%	/sys/fs/cgroup
/dev/loop0	64M	64M	0	100%	/snap/core20/2015
/dev/loop1	92M	92M	0	100%	/snap/lxd/24061
/dev/loop2	41M	41M	0	100%	/snap/snapd/20290
/dev/sda15	105M	6.1M	99M	6%	/boot/efi
manager:/home/mpiuser/cloud	29G	1.6G	28G	6%	/home/mpiuser/cloud
/dev/sdb1	3.9G	28K	3.7G	1%	/mnt
tmpfs	85M	0	85M	0%	/run/user/1000

Figura 20: manager:/home/mpiuser/cloud

3.2.2. worker0

mpiuser@worker1:~\$ df -h			,		
Filesystem	Size	Used	Avail	Use%	Mounted on
/dev/root	29G	1.6G	28G	6%	/
devtmpfs	418M	0	418M	0%	/dev
tmpfs	422M	0	422M	0%	/dev/shm
tmpfs	85M	984K	84M	2%	/run
tmpfs	5.0M	0	5.0M	0%	/run/lock
tmpfs	422M	0	422M	0%	/sys/fs/cgroup
/dev/loop0	64M	64M	0	100%	/snap/core20/2015
/dev/loop1	92M	92M	0	100%	/snap/lxd/24061
/dev/loop2	41M	41M	0	100%	/snap/snapd/20290
/dev/sda15	105M	6.1M	99M	6%	/boot/efi
/dev/sdb1	3.9G	28K	3.7G	1%	/mnt
tmpfs	85M	0	85M	0%	/run/user/1000
manager:/home/mpiuser/cloud	29G	1.6G	28G	6%	/home/mpiuser/cloud

Figura 21: manager:/home/mpiuser/cloud



3.2.3. Ejemplo 1

Si en la carpeta cloud de worker0 creamos un archivo .txt, podremos ver que tendremos acceso a él desde manager y worker1

```
mpiuser@worker0:~$ cd cloud
mpiuser@worker0:~/cloud$ echo "hola_mundowhgeiuhwuhhueihiugehuieheuheuihg jbguiherui niugehigu" > prueba.txt
mpiuser@worker0:~/cloud$ ls
npueba txt
```

Figura 22: Creación de **prueba.txt**

```
mpiuser@manager:~/cloud$ ls
prueba.txt
```

Figura 23: **prueba.txt** en manager

```
mpiuser@worker1:~$ cd cloud
mpiuser@worker1:~/cloud$ ls
prueba.txt
mpiuser@worker1:~/cloud$
```

Figura 24: **prueba.txt** en worker1



3.2.4. Ejemplo 2

1. Creamos un archivo Python en manager:

```
mpiuser@manager:~/cloud$ vim test.py
```

Con la siguiente información:

```
comm = MPI.COMM_WORLD
rank = comm.Get_rank()
size = comm.Get_size()

hostname = MPI.Get_processor_name()

# Gather hostnames from all procesess
all_hostnames = comm.gather(hostname, root = 0)

if rank == 0:
    print("Hostnames of machines in the cluster: ")
for i, host in enumerate(all_hostnames):
    print(f"Process {i} is running on {host}")
```

- 2. Ejecutamos
 mpirun -host 10.0.0.5,10.0.0.6 python3 ~/cloud/test.py >> salida.txt
- 3. Con nano salida.txt podemos ver la información guardada al ejecutar test.py

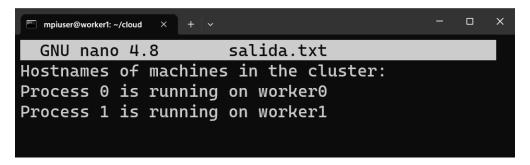


Figura 25: salida.txt en worker1

4. Se evidencia que todos los serves tiene acceso a los archivos que se van creando

```
mpiuser@worker1:~/cloud$ ls
prueba.txt salida.txt test.py
```

Figura 26: Archivos creados en worker1



4. Ejemplo con Python

4.1. Propósito del código

La idea es realizar un juego de adivinar el número utilizando MPI (Message Passing Interface). Donde:

- Manager (rank 0): Genera un número secreto aleatorio entre 1 y 10. Luego entra en un bucle donde espera recibir los intentos de adivinanza de los workers. Cuando un worker adivina el número, el manager termina el juego y podría enviar una señal para que los workers dejen de hacer más intentos.
- Workers (otros ranks): Estos intentan adivinar el número secreto generado por el manager, mediante la generación de números aleatorios entre y 10, enviando sus adivinanzas al manager. Si no adivinan, continúan generando números aleatorios y enviándolos hasta que el manager les indica que el juego ha terminado

En este caso, MPI permite a múltiples procesos (workers) operar independientemente y comunicarse con un proceso central (manager) que coordina el juego.

4.2. Metodología

- 1. Para cada máquina se ejecuta
 - sudo apt-get update
 - sudo apt install python3-pip
 - pip3 install numpy



2. Creamos el scritp con vim script1.py

```
2 from mpi4py import MPI
3 import numpy as np
5 comm = MPI.COMM_WORLD
6 rank = comm.Get_rank()
8 def generar_numero_aleatorio():
      return np.random.randint(1, 11)
10
11 if rank == 0:
      numero_secreto = np.random.randint(1, 11)
      print(f"N mero secreto generado por el manager: {numero_secreto}
13
14
      intentos = 0
      adivino_alguien = False
16
17
      while not adivino_alguien:
18
          for i in [1, 2]:
19
               intento_worker = comm.recv(source=i)
20
               intentos += 1
21
               if intento_worker == numero_secreto:
22
                   adivino_alguien = True
23
                   print(f"Worker {i} adivina: {intento_worker}")
24
                   # Enviar se al de parada a ambos workers utilizando
25
     -1
                   for j in [1, 2]:
                       comm.send(-1, dest=j)
2.7
                   break
28
               else:
29
                   # Enviar el n mero secreto de vuelta si no es
     correcto
                   comm.send(numero_secreto, dest=i)
31
32
      print(f"N mero de intentos hasta adivinar: {intentos}")
33
34
  else:
35
      # Bucle hasta que alguien adivine el n mero
36
37
      while True:
          intento = generar_numero_aleatorio()
38
          comm.send(intento, dest=0)
39
          respuesta = comm.recv(source=0)
40
          if respuesta == -1:
41
              break
```



3. Ejecutamos el script
mpirun --oversubscribe -np 3 python3 script1.py >> script1.txt
El --oversubscribe se usa porque solo se tiene 1 núcleo y generaba error al intentar
ejecutarlo para varias máquinas, con etso se fuerza a ejecutarse.

4.3. Evidencia de Resultados

```
mpiuser@manager:~/cloud$ cat script1.txt
Número secreto generado por el manager: 5
Worker 2 adivina: 5
Número de intentos hasta adivinar: 6
Número secreto generado por el manager: 6
Worker 2 adivina: 6
Número de intentos hasta adivinar: 22
Número secreto generado por el manager: 8
Worker 2 adivina: 8
Número de intentos hasta adivinar: 6
Número secreto generado por el manager: 3
Worker 1 adivina: 3
Número de intentos hasta adivinar: 5
Número secreto generado por el manager: 6
Worker 2 adivina: 6
Número de intentos hasta adivinar: 12
Número secreto generado por el manager: 5
Worker 2 adivina: 5
Número de intentos hasta adivinar: 6
Número secreto generado por el manager: 7
Worker 1 adivina: 7
Número de intentos hasta adivinar: 15
Número secreto generado por el manager: 9
Worker 1 adivina: 9
Número de intentos hasta adivinar: 5
```

Figura 27: **script1.txt** en worker1



Referencias

- [1] "Connect to a Linux VM Azure Virtual Machines". Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-machines/linux-vm-connect?tabs=Linux
- [2] "How To Set Up Passwordless SSH Login Instructional Guide". Knowledge Base by phoenixNAP. Accedido el 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: https://phoenixnap.com/kb/setup-passwordless-ssh
- [3] "Setting up an Ubuntu Linux Cluster". Particle in Cell Consulting, LLC. Accedido el 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: https://www.particleincell.com/2020/ubuntu-linux-cluster/
- [4] "Creating an MPI Cluster GeeksforGeeks". GeeksforGeeks. Accedido el 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: https://www.geeksforgeeks.org/creating-an-mpi-cluster/
- [5] "Ubuntu Manpage: mpi4py MPI for Python". Ubuntu Manpage:Welcome. Accedido el 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: https://manpages.ubuntu.com/manpages/focal/man1/mpi4py.1.html