



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

Desarrollo de Sistemas Distribuidos



Tarea 3

Multiplicación de matrices distribuida utilizando paso de mensajes

PROFESOR: Pineda Guerrero Carlos

EQUIPO 12

- Ramírez Galindo Karina
- Toledo Espinosa Cristina Aline
- Vázquez Hernández Alan Mauricio

GRUPO: 4CV11

Fecha de realización: 10 - marzo - 2022

Fecha de entrega: 10 – marzo - 2022

Contenido

Introducción	1
Matrices.....	1
Multiplicación de matrices en forma distribuida	1
Desarrollo	3
Funcionamiento	7
Creación de máquinas virtuales	7
Configuración de las máquinas virtuales.....	16
Compilación y ejecución del programa	22
.....	23
Conclusiones	24
Ramírez Galindo Karina	24
Toledo Espinosa Cristina Aline	24
Vázquez Hernández Alan Mauricio	24
Referencias	25

Introducción

Matrices

Una matriz es un arreglo rectangular de números en renglones y columnas. A cada número en una matriz se le conoce como un elemento de matriz o entrada. [1]

Por ejemplo, la matriz A tiene 2 renglones y 3 columnas. El elemento $a_{2,1}$ es la entrada en el 2^{do} renglón y la 1^{ra} columna de la matriz A , es decir, 5, como se muestra en la *Figura 1*.

$$A = \begin{bmatrix} -2 & 5 & 6 \\ 5 & 2 & 7 \end{bmatrix}$$

3 columnas

2 renglones

Figura 1 Ejemplo de una matriz

Multiplicación de matrices en forma distribuida

Suponga que divide la matriz A en las matrices A_1 y A_2 . El tamaño de las matrices A_1 y A_2 es $N/2$ renglones y N columnas.

La matriz B en las matrices B_1 y B_2 . El tamaño de las matrices B_1 y B_2 es N renglones y $N/2$ columnas.

Entonces la matriz $C = A \times B$ se compone de las matrices C_1, C_2, C_3 y C_4 , tal como se observa en la *Figura 2*:

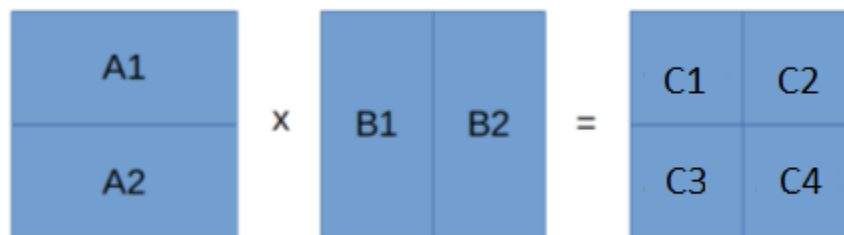


Figura 2 Representación de la multiplicación de matrices

Donde:

$$C_1 = A_1 \times B_1$$

$$C_2 = A_1 \times B_2$$

$$C_3 = A_2 \times B_1$$

$$C_4 = A_2 \times B_2$$

Debido a que las matrices se guardan en memoria por renglones, es más eficiente transponer la matriz B y dividirla como se muestra en la *Figura 3*:



Figura 3 Representación de la multiplicación de matrices

En este caso el producto se realizará renglón por renglón, entonces:

$$C_1 = A_1 \times B_1$$

$$C_2 = A_1 \times B_2$$

$$C_3 = A_2 \times B_1$$

$$C_4 = A_2 \times B_2$$

Ahora supongamos que tenemos cuatro nodos identificados con los números 0, 1, 2 y 3, el nodo 0 actuará como cliente y los nodos 1, 2 y 3 como servidores (véase *Figura 4*). [2]

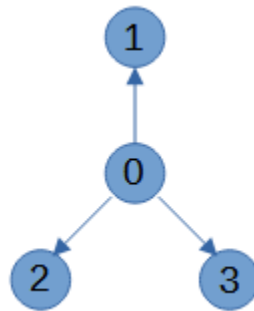


Figura 4 Topología ejemplo

Desarrollo

En esta tarea se desarrolla un solo programa en Java, el cual calcula el producto de dos matrices cuadradas en forma distribuida sobre cuatro nodos.

- Sean A, B y C matrices cuadradas con elementos de tipo double, N renglones y N columnas, N par y $C = A \times B$.
- Se ejecutan dos casos:
 - ✓ N=8, desplegar las matrices A, B y C y el checksum de la matriz C.
 - ✓ N=1000, desplegar el checksum de la matriz C.
- El checksum de la matriz C se calcula como la suma de todos elementos de la matriz. El checksum debe ser de tipo double.

$$checksum = \sum C[i][j], i = 0, \dots, N - 1, j = 0, \dots, N - 1.$$

- Se inicializan las matrices de la siguiente manera:

$$A[i][j] = i + 5 * j$$

$$B[i][j] = 5 * i - j$$

Donde $A[i][j]$ y $B[i][j]$ son los elementos $A_{i,j}$ y $B_{i,j}$ respectivamente.

El programa se ejecuta en cuatro máquinas virtuales con Ubuntu (1 CPU, 1GB de RAM y disco HDD estándar), en cada máquina virtual se pasa como parámetro al programa el número de nodo a saber: 0, 1, 2 y 3.

El nombre de cada máquina virtual cumple con lo siguiente:

"Tarea-3-12-NumeroDeNodo"

Para multiplicar las matrices A y B se realizó lo siguiente:

Nodo 0 (cliente):

1. Se inicializan las matrices A y B como se menciona anteriormente (véase *Figura 5*).

```
for (int i = 0; i < size; i++)
    for (int j = 0; j < size; j++) {
        a[i][j] = i + 5 * j;
        b[i][j] = 5 * i - j;
    }
```

Figura 5 inicialización de las matrices A y B

2. Para facilitar la obtención de la multiplicación de matrices A y B se crea un método para transponer la matriz B y además de simplificar la operación permite también la partición de las matrices a como se desea (véase *Figuras 2 y 3*).

```

public static void transpose(double[][] matrix, int size) {
    double temp;
    for(int i = 0; i < size; i++)
        for(int j = 0; j < i; j++) {
            temp = matrix[i][j];
            matrix[i][j] = matrix[j][i];
            matrix[j][i] = temp;
        }
}

```

Figura 6 Método transpose()

Como se puede observar en la *Figura 6*, la matriz se transpone y queda guardada en la misma variable.

3. Se solicita enviar al nodo 1 la matriz A_1 y B_1 . al nodo 2 la matriz A_1 y B_2 , finalmente al nodo 3 la matriz A_2 y B_1 , para ello se transpone primero B y después se dividen ambas como se muestra en la *Figura 7* de la siguiente manera:

```

for(int i = 0; i < a1.length; i++) {
    a1[i] = a[i];
    a2[i] = a[i + size/2];
    b1[i] = b[i];
    b2[i] = b[i + size/2];
}

```

Figura 7 Partición de las matrices

Una vez divididas se crean los hilos con sus respectivos pedazos de matriz para ser enviados a los nodos en el orden previamente mencionado (véase *Figura 8*).

```

serverTasks.add(createTask( node: 1, a1, b1));
serverTasks.add(createTask( node: 2, a1, b2));
serverTasks.add(createTask( node: 3, a2, b1));

```

Figura 8 Creación de las tareas para los nodos 1-3

4. Una vez que los nodos reciben el fragmento de matriz con el que deberán trabajar se hace simplemente una multiplicación renglón a renglón gracias al cambio que sufrió previamente B. (Véase *Figura 9*)

```

public static double[][] multiply(double[][] a, double[][] b) {
    double[][] c = new double[a.length][b.length];
    for (int i = 0; i < c.length; i++)
        for (int j = 0; j < c[i].length; j++)
            for (int k = 0; k < a[0].length; k++)
                c[i][j] += a[i][k] * b[j][k];
    return c;
}

```

Figura 9 Método multiply()

5. Una vez que se reparten las tareas a los nodos, al terminar dichos nodos regresan un fragmento de la matriz resultante C que deberá unir el nodo 0. (véase Figura 10)

```

public static void fillMatrix(int node, double[][] matrix, double[][] result) {
    int rowShift = node > 2 ? size/2: 0; //row shift only occurs on node 2 & 0
    int columnShift = (node + 1) % 2 * size/2; //column shift only occurs on node 3 & 0
    for(int i = 0; i < result.length; i++)
        for(int j = 0; j < result[i].length; j++) {
            matrix[i + rowShift][j + columnShift] = result[i][j];
        }
}

```

Figura 10 Método fillMatrix()

6. Finalmente se solicita el cálculo del checksum de la matriz resultante C una vez que está ya ha sido completada. (Figura 11)

```

public static double getChecksum(double[][] matrix) {
    double checksum = 0;
    for(double[] row : matrix)
        for(double element : row)
            checksum += element;
    return checksum;
}

```

Figura 11 Método getChecksum()

Nodo 1, 2 y 3 (servidores):

Una vez que los nodos reciben las matrices con las que deberán trabajar únicamente hacen la multiplicación fila por fila.

NOTA: Para establecer la conexión en las máquinas virtuales de Azure se implementa únicamente un array de strings con las 3 direcciones ip y los nodos se conectan uno a uno según su correspondiente ip a través del mismo puerto. (véase figura 12)

```
while(true) { //Waits until the connection with the server is established
    try {
        socket = new Socket( ip[node-1] , port: 50001);
        System.out.println("Connection to the node " + node + " accepted");
        break;
    } catch (IOException e) {
        Thread.sleep( millis: 100);
    }
}
```

Figura 12 Algoritmo para crear reintentos de conexión

Funcionamiento

Creación de máquinas virtuales

Para esta práctica se hace uso de 4 máquinas virtuales del nodo 0 al 3, creadas en Azure, A continuación, se explica a detalle la creación de la máquina virtual para el nodo 0.

Creación paso a paso:

Ingresar al portal de Azure en la siguiente URL:

<https://azure.microsoft.com/es-mx/features/azure-portal/>

1. Dar click al botón "Iniciar sesión".
2. En el portal de Azure seleccionar "Máquinas virtuales".
3. En la figura 13 se observa que aún no se tiene una máquina virtual, se creara una nueva dando click en el botón "+Crear".

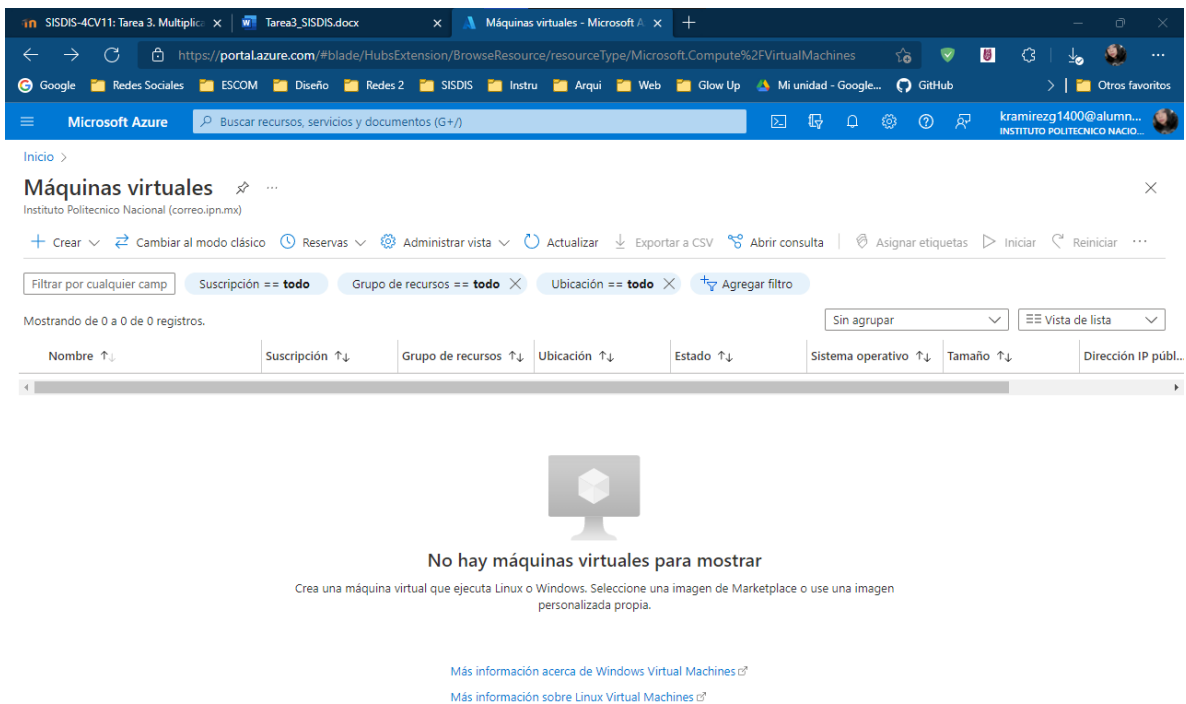


Figura 13 Creación de una máquina virtual para el nodo 0

4. Seleccionar la opción de "Máquina virtual"
5. Se crea un grupo de recursos, en este caso llamado "Tarea3Equipo12"
6. El nombre de la máquina virtual para el nodo 0 es "Tarea-3-12-0"

Curso: Desarrollo de Sistemas D... Tarea3_SISDIS.docx x Crear una máquina virtual - Mic... x +

https://portal.azure.com/#create/Microsoft.VirtualMachine

Google Redes Sociales ESCOM Diseño Redes 2 SISDIS Instru Arqui Web Glow Up Mi unidad - Google... GitHub Otros favoritos

Microsoft Azure Buscar recursos, servicios y documentos (G+)

Inicio > Máquinas virtuales >

Crear una máquina virtual

Datos básicos Discos Redes Administración Opciones avanzadas Etiquetas Revisar y crear

Cree una máquina virtual que ejecuta Linux o Windows. Seleccione una imagen de Azure Marketplace o use una imagen personalizada propia. Complete la pestaña Conceptos básicos y, después, use Revisar y crear para aprovisionar una máquina virtual con parámetros predeterminados o bien revise cada una de las pestañas para personalizar la configuración. [Más información](#)

Detalles del proyecto

Seleccione la suscripción para administrar recursos implementados y los costes. Use los grupos de recursos como carpetas para organizar y administrar todos los recursos.

Suscripción *

Grupo de recursos * [Crear nuevo](#)

Detalles de instancia

Nombre de máquina virtual *

Región *

Opciones de disponibilidad

Tipo de seguridad

Imagen * [Ver todas las imágenes](#) [Configurar la generación de máquinas virtuales](#)

Instancia de Azure de acceso puntual ☐

Tamaño * [Ver todas las tamaños](#)

[Revisar y crear](#) < Anterior Siguiente: Discos >

15°C Soleado 08:23 a. m. 10/03/2022

Figura 14 Creación de una máquina virtual para el nodo 0

7. Seleccionar la región donde se creará la máquina virtual
8. Seleccionar la imagen, en este caso se elige Ubuntu Server 18.04 LTS.
9. Dar click en "Seleccionar tamaño" de la máquina virtual, en este caso se selecciona una máquina virtual con 1 GB de memoria RAM. Dar click en el botón "Seleccionar".
10. En tipo de autenticación seleccionamos "Contraseña".
11. Ingresamos el nombre del usuario, en este caso: "Equipo12"
12. Ingresamos la contraseña y confirmamos la contraseña. La contraseña debe tener al menos 12 caracteres, debe al menos una letra minúscula, una letra mayúscula, un dígito y un carácter especial.
13. En las "Reglas de puerto de entrada" se deberá dejar abierto el puerto 22 para utilizar SSH (la terminal de secure shell). (véase la Figura 15)

Curso: Desarrollo de Sistemas D... Tarea3_SISDIS.docx Crear una máquina virtual - Mic... +

https://portal.azure.com/#create/Microsoft.VirtualMachine

Microsoft Azure Buscar recursos, servicios y documentos (G+/f)

Inicio > Máquinas virtuales >

Crear una máquina virtual

Tamaño * [Ver todos los tamaños](#)

Cuenta de administrador

Tipo de autenticación * ☐ Clave pública SSH ☒ Contraseña

Nombre de usuario * ✓

Contraseña * ✓

Confirmar contraseña * ✓

Reglas de puerto de entrada

Seleccione los puertos de red de máquina virtual que son accesibles desde la red Internet pública. Puede especificar acceso de red más limitado o granular en la pestaña Red.

Puertos de entrada públicos * ☐ Ninguno ☒ Permitir los puertos seleccionados

Seleccionar puertos de entrada * ✓

⚠ Esto permitirá que todas las direcciones IP accedan a la máquina virtual. Esto solo se recomienda para las pruebas. Use los controles avanzados de la pestaña Redes a fin de crear reglas para limitar el tráfico entrante a las direcciones IP conocidas.

[Revisar y crear](#) [< Anterior](#) [Siguiendo: Discos >](#)

15°C Soleado 08:26 a. m. 10/03/2022

Figura 15 Configuración de la máquina virtual parte 2

14. Dar click en el botón "Siguiendo: Discos>"
15. Seleccionar el tipo de disco de sistema operativo, en este caso se ocupa HDD estándar. (véase Figura 16)
16. Dar click en el botón "Siguiendo: Redes>" (véase la Figura 17)
17. Dar click en el botón "Siguiendo: Administración>"
18. En el campo "Diagnóstico de arranque" seleccionar "Desactivado".
19. Dar click en el botón "Revisar y crear". (véase la Figura 18)
20. Dar click en el botón "Crear". (véase la Figura 19)
21. Dar click a la campana de notificaciones (barra superior de la pantalla) para verificar que la máquina virtual se haya creado. (véase la figura 20)

Curso: Desarrollo de Sistemas D... Tarea3_SISDIS.docx Crear una máquina virtual - Mic...

https://portal.azure.com/#create/Microsoft.VirtualMachine

Google Redes Sociales ESCOM Diseño Redes 2 SISDIS Instru Arqui Web Glow Up Mi unidad - Google... GitHub Otros favoritos

Microsoft Azure Buscar recursos, servicios y documentos (G+)

Inicio > Máquinas virtuales >

Crear una máquina virtual

Datos básicos **Discos** Redes Administración Opciones avanzadas Etiquetas Revisar y crear

Las máquinas virtuales de Azure tienen un disco de sistema operativo y un disco temporal para el almacenamiento a corto plazo. Puede asociar discos de datos adicionales. El tamaño de la máquina virtual determina el tipo de almacenamiento que puede usar y la cantidad de datos que permiten los discos. [Más información](#)

Opciones de disco

Tipo de disco del sistema operativo *

El tamaño de la máquina virtual seleccionada es compatible con los discos premium. Se recomienda SSD Premium para elevadas cargas de trabajo de E/S por segundo. Las máquinas virtuales con discos SSD Premium optan al acuerdo de nivel de servicio de conectividad del 99.9%.

Eliminar con VM ☒

Cifrado en el host ☐

i El cifrado en el host no está registrado para la suscripción seleccionada. [Más información sobre cómo habilitar esta característica](#)

Tipo de cifrado *

Habilitar compatibilidad con Ultra Disks ☐

El disco Ultra se admite en las zonas de disponibilidad 1,2,3 para el tamaño de VM seleccionado (Standard_B1s).

Discos de datos para Tarea-3-12-0

Puede agregar y configurar discos de datos adicionales para su máquina virtual o asociar discos existentes. Esta máquina virtual también incluye un disco temporal.

LUN	Nombre	Tamán...	Tipo de disco	Almacena...	Eliminar con VM
-----	--------	----------	---------------	-------------	-----------------

Revisar y crear < Anterior Siguiente: Redes >

15°C Soleado 08:29 a. m. 10/03/2022

Figura 16 Configuración de la máquina virtual parte 3

Curso: Desarrollo de Sistemas D... Tarea3_SISDIS.docx Crear una máquina virtual - Mic...

https://portal.azure.com/#create/Microsoft.VirtualMachine

Microsoft Azure Buscar recursos, servicios y documentos (G+)

Inicio > Máquinas virtuales >

Crear una máquina virtual

Datos básicos Discos **Redes** Administración Opciones avanzadas Etiquetas Revisar y crear

Configure la tarjeta de interfaz de red (NIC) a fin de definir la conectividad de red para la máquina virtual. Puede controlar los puertos y la conectividad entrante y saliente con reglas de grupos de seguridad o bien aplicar una solución de equilibrio de carga ya existente. [Más información](#)

Interfaz de red

Al crear una máquina virtual, se crea una interfaz de red automáticamente.

Red virtual * (nuevo) Tarea3Equipo12-vnet [Crear nuevo](#)

Subred * (nuevo) default (10.0.0.0/24)

IP pública (nuevo) Tarea-3-12-0-ip [Crear nuevo](#)

Grupo de seguridad de red de NIC ☐ Ninguno ☒ Básico ☐ Opciones avanzadas

Puertos de entrada públicos * ☐ Ninguno ☒ Permitir los puertos seleccionados

Seleccionar puertos de entrada * SSH (22)

⚠ Esto permitirá que todas las direcciones IP accedan a la máquina virtual.
Esto solo se recomienda para las pruebas. Use los controles avanzados de la pestaña Redes a fin de crear reglas para limitar el tráfico entrante a las direcciones IP conocidas.

[Revisar y crear](#) < Anterior Siguiente: Administración >

15°C Soleado 08:30 a. m. 10/03/2022

Figura 17 Configuración de la máquina virtual (Redes)

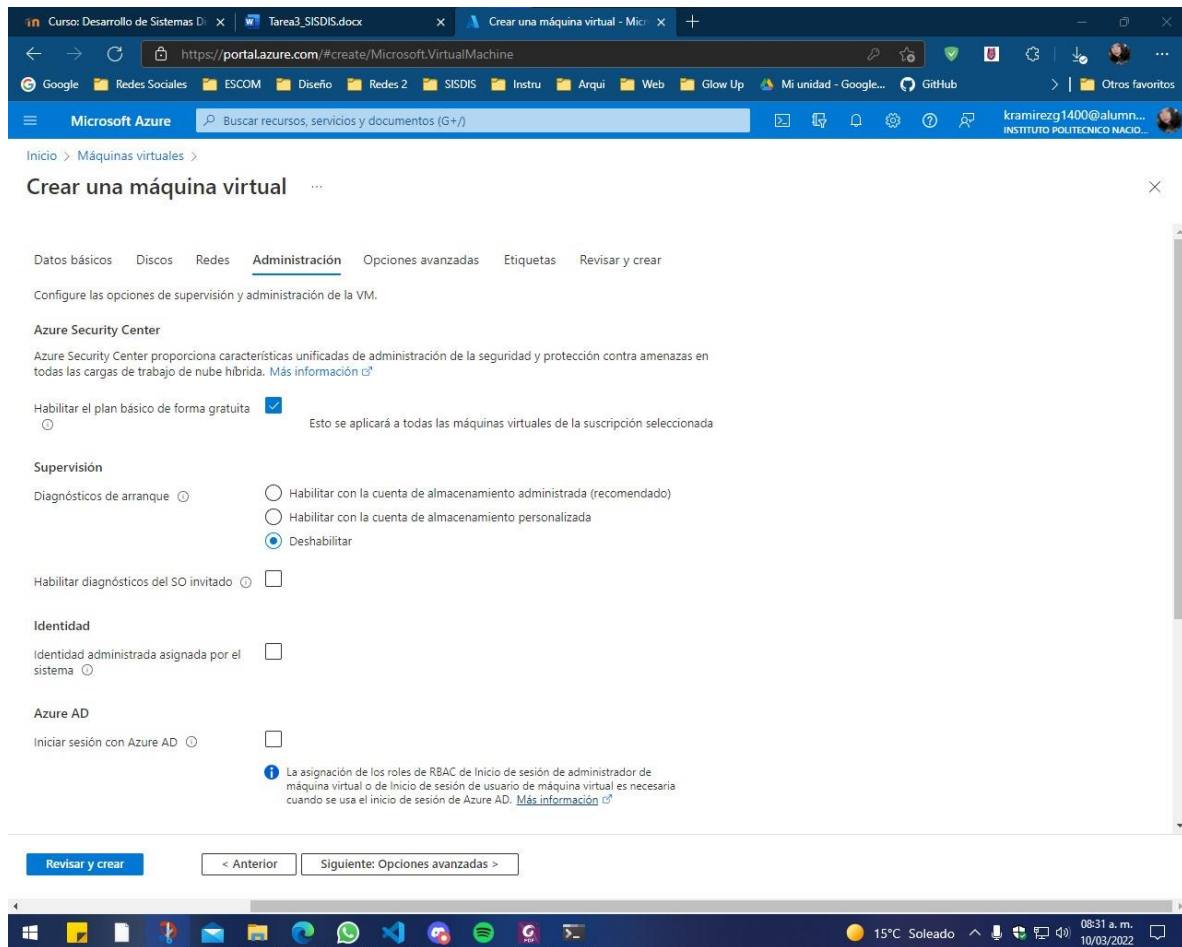


Figura 18 Configuración de la máquina virtual (Administración)

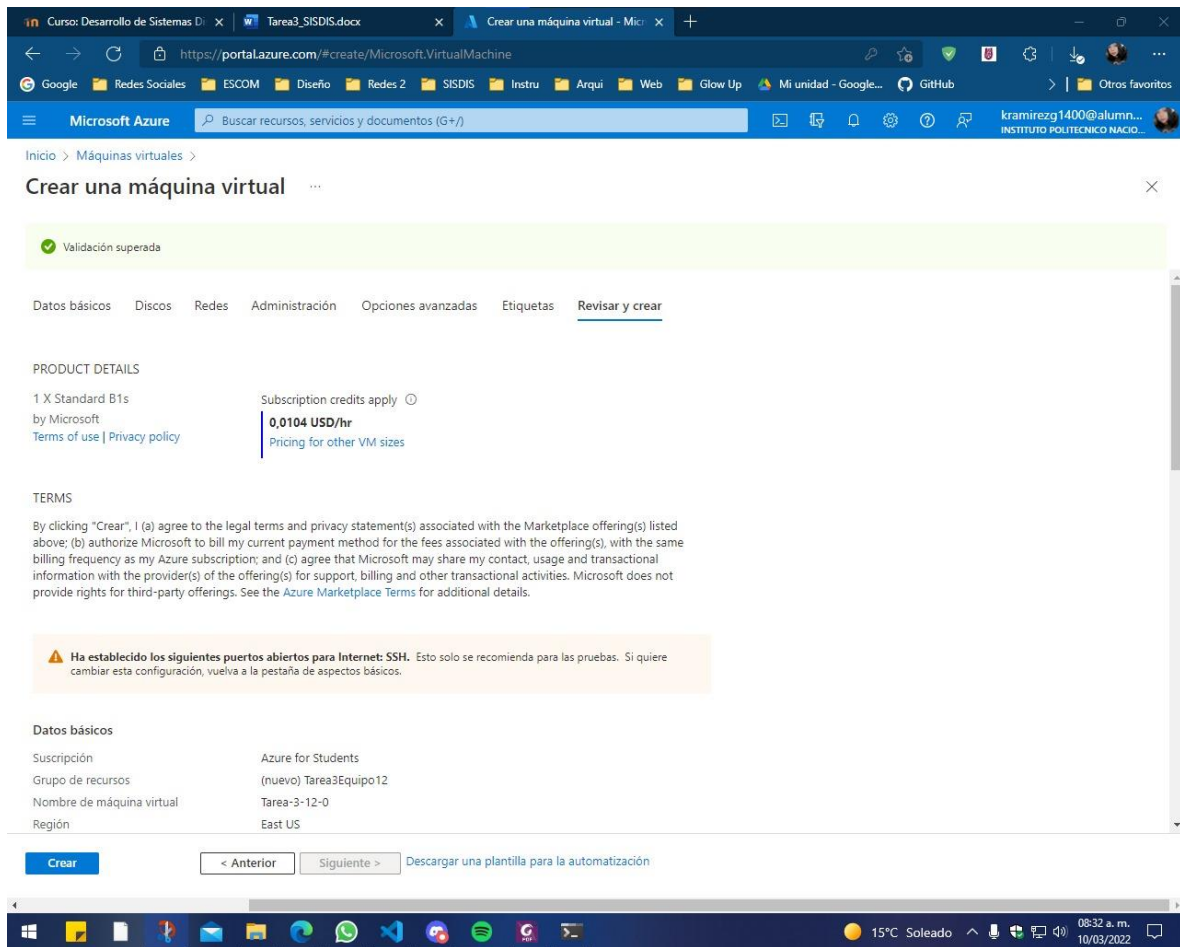


Figura 19 "Crear" la máquina virtual

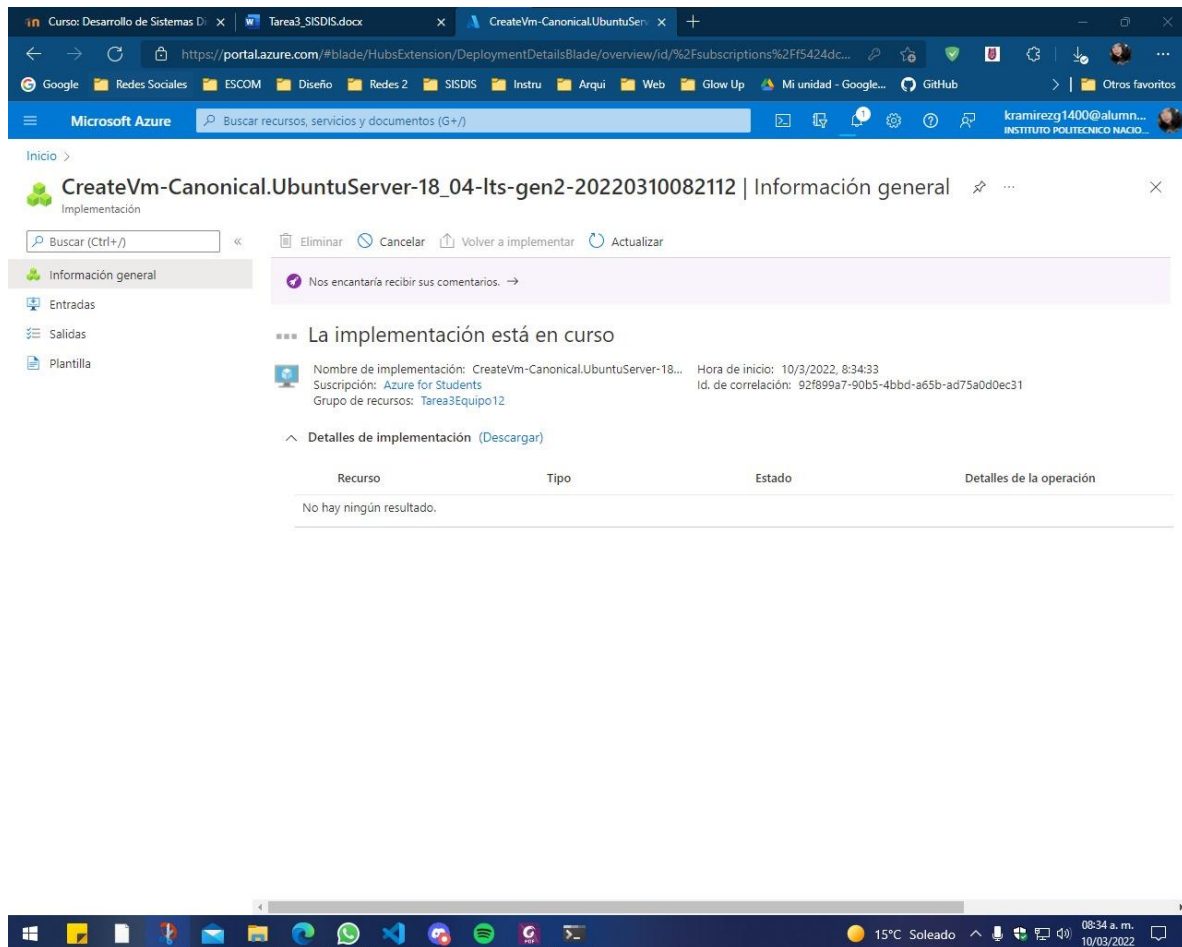


Figura 20 Máquina virtual para el nodo 0 creada

22. Dar click en el botón "Ir al recurso". En la página de puede ver la dirección IP pública de la máquina virtual. Esta dirección puede cambiar cada vez que se apague y se encienda la máquina virtual. (véase la figura 21)

The screenshot displays the Microsoft Azure portal interface. The browser tabs at the top include 'Curso: Desarrollo de Sistemas D...', 'Tarea3_SISDIS.docx', and 'Tarea-3-12-0 - Microsoft Azure'. The address bar shows a URL from 'portal.azure.com'. The left sidebar contains navigation options like 'Información general', 'Registro de actividad', 'Control de acceso (IAM)', 'Etiquetas', 'Diagnóstico y solución de problemas', 'Configuración', 'Redes', 'Conectar', 'Discos', 'Tamaño', 'Seguridad', 'Recomendaciones de Advisor', 'Extensiones + aplicaciones', 'Entrega continua', 'Disponibilidad y escalado', 'Configuración', 'Identidad', 'Propiedades', 'Bloqueos', and 'Operaciones'.

The main content area shows the details for the virtual machine 'Tarea-3-12-0'. The 'Información esencial' section includes:

- Grupo de recursos: [Tarea3Equipo12](#)
- Estado: En ejecución
- Ubicación: East US
- Suscripción: [Azure for Students](#)
- Id. de suscripción: fs424dc8-20c3-44ed-9fdb-22eb0237d401
- Etiquetas: [Haga clic aquí para agregar etiquetas.](#)

The 'Propiedades' tab is selected, showing the following details:

Nombre del equipo	Tarea-3-12-0
Estado de mantenimiento	-
Sistema operativo	Linux (ubuntu 18.04)
Publicador	Canonical
Oferta	UbuntuServer
Plan	18_04-lts-gen2
Generación de VM	V2
Estado del agente	Ready
Versión del agente	2.7.0.6
Grupo host	Ninguno
Host	-

The 'Redes' section shows the following network configuration:

Dirección IP pública	13.90.138.220
Dirección IP pública (IPv6)	-
Dirección IP privada	10.0.0.4
Dirección IP privada (IPv6)	-
Red virtual/subred	Tarea3Equipo12-vnet/default
Nombre DNS	Configurar

The 'Tamaño' section shows the following configuration:

Tamaño	Standard B1s
vCPU	1

The bottom status bar shows the system clock as 08:36 a.m. on 10/03/2022, with a temperature of 15°C and the location 'Soleado'.

Figura 21 Datos de la máquina virtual del nodo 0

Configuración de las máquinas virtuales

- Para conectarse a la máquina virtual se utiliza el programa ssh disponible en Windows, Linux y MacOS.
- Mediante ssh y por medio de Windows con la siguiente línea se establece la conexión:

Equipo12@13.90.138.220

- Y se introduce la contraseña de autenticación de Azure (véase la figura 22)

```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Prueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma https://aka.ms/pscore6

PS C:\Users\Karina> ssh Equipo12@13.90.138.220
The authenticity of host '13.90.138.220 (13.90.138.220)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:GjKp7+kdNusQrbjko5p+Vsg3/dK9//IZe18rZC/5s1U.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '13.90.138.220' (ECDSA) to the list of known hosts.
Equipo12@13.90.138.220's password:
Welcome to Ubuntu 18.04.6 LTS (GNU/Linux 5.4.0-1072-azure x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

System information as of Thu Mar 10 14:39:11 UTC 2022

System load:  0.09          Processes:    192
Usage of /:   4.7% of 28.9GB Users logged in: 0
Memory usage: 28%          IP address for eth0: 10.0.0.4
Swap usage:   0%

0 updates can be applied immediately.

The programs included with the Ubuntu system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Ubuntu comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by
applicable law.

To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.

Equipo12@Tarea-3-12-0:~$
```

Figura 22 Acceso a la máquina virtual por SSH

Hay que comprobar que esté instalado java, de lo contrario, se debe a instalar (véase las figuras 23 y 24).

```

Equipo12@Tarea-3-12-0: ~
See "man sudo_root" for details.

Equipo12@Tarea-3-12-0:~$ java --version

Command 'java' not found, but can be installed with:

sudo apt install default-jre
sudo apt install openjdk-11-jre-headless
sudo apt install openjdk-8-jre-headless

Equipo12@Tarea-3-12-0:~$ sudo apt install default-jre
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following package was automatically installed and is no longer required:
  linux-headers-4.15.0-171
Use 'sudo apt autoremove' to remove it.
The following additional packages will be installed:
  at-spi2-core ca-certificates-java default-jre-headless fontconfig-config fonts-dejavu-core fonts-dejavu-extra
  java-common libasound2 libasound2-data libatk-bridge2.0-0 libatk-wrapper-java libatk-wrapper-java-jni libatk1.0-0
  libatk1.0-data libatspi2.0-0 libdrm-amdgpu1 libdrm-intel1 libdrm-nouveau2 libdrm-radeon1 libfontconfig1 libfontenc1
  libgif7 libgl1 libgl1-mesa-dri libglapi-mesa libglvnd0 libglx-mesa0 libglx0 libgraphite2-3 libharfbuzz0b libice6
  libjpeg-turbo8 libjpeg8 liblcms2-2 liblvm10 libnspr4 libnss3 libpciaccess0 libpcsc-lite1 libpcsc-lite2 libpsm
  libx11-xcb1 libxaw7 libxcb-dri2-0 libxcb-dri3-0 libxcb-glx0 libxcb-present0 libxcb-shape0 libxcb-sync1
  libxcomposite1 libxdamage1 libxfixes3 libxft2 libxi6 libxinerama1 libxmu6 libxpm4 libxrandr2 libxrender1
  libxshmfence1 libxt6 libxtst6 libxv1 libxxf86dgal libxxf86vm1 openjdk-11-jre openjdk-11-jre-headless x11-common
  x11-utils
Suggested packages:
  libasound2-plugins alsa-utils liblcms2-utils pscd lm-sensors libnss-mdns fonts-ipafont-gothic fonts-ipafont-mincho
  fonts-wqy-microhei | fonts-wqy-zenhei fonts-indic mesa-utils
The following NEW packages will be installed:
  at-spi2-core ca-certificates-java default-jre default-jre-headless fontconfig-config fonts-dejavu-core
  fonts-dejavu-extra java-common libasound2 libasound2-data libatk-bridge2.0-0 libatk-wrapper-java
  libatk-wrapper-java-jni libatk1.0-0 libatk1.0-data libatspi2.0-0 libdrm-amdgpu1 libdrm-intel1 libdrm-nouveau2
  libdrm-radeon1 libfontconfig1 libfontenc1 libgif7 libgl1 libgl1-mesa-dri libglapi-mesa libglvnd0 libglx-mesa0
  libglx0 libgraphite2-3 libharfbuzz0b libice6 libjpeg-turbo8 libjpeg8 liblcms2-2 liblvm10 libnspr4 libnss3
  libpciaccess0 libpcsc-lite1 libpcsc-lite2 libpsm libx11-xcb1 libxaw7 libxcb-dri2-0 libxcb-dri3-0 libxcb-glx0
  libxcb-present0 libxcb-shape0 libxcb-sync1 libxcomposite1 libxdamage1 libxfixes3 libxft2 libxi6 libxinerama1 libxmu6
  libxpm4 libxrandr2 libxrender1 libxshmfence1 libxt6 libxtst6 libxv1 libxxf86dgal libxxf86vm1 openjdk-11-jre
  openjdk-11-jre-headless x11-common x11-utils
0 upgraded, 70 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 69.4 MB of archives.
After this operation, 521 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] yes
Get:1 http://azure.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates/main amd64 libjpeg-turbo8 amd64 1.5.2-0ubuntu5.18.04.4 [110 kB]
Get:2 http://azure.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates/main amd64 x11-common all 1:7.7+19ubuntu7.1 [22.5 kB]
Get:3 http://azure.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic/main amd64 libice6 amd64 2:1.0.9-2 [40.2 kB]
Get:4 http://azure.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic/main amd64 libsm6 amd64 2:1.2.2-1 [15.8 kB]
Get:5 http://azure.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic/main amd64 fonts-dejavu-core all 2.37-1 [1041 kB]

```

Figura 23 Instalación del jre


```
Equipo12@Tarea-3-12-0: ~  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/javac to provide /usr/bin/javac (javac) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/javadoc to provide /usr/bin/javadoc (javadoc) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/javap to provide /usr/bin/javap (javap) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jcmd to provide /usr/bin/jcmd (jcmd) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jdb to provide /usr/bin/jdb (jdb) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jdeprscan to provide /usr/bin/jdeprscan (jdeprscan) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jdeps to provide /usr/bin/jdeps (jdeps) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jfr to provide /usr/bin/jfr (jfr) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jimage to provide /usr/bin/jimage (jimage) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jinfo to provide /usr/bin/jinfo (jinfo) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jlink to provide /usr/bin/jlink (jlink) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jmap to provide /usr/bin/jmap (jmap) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jmod to provide /usr/bin/jmod (jmod) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jps to provide /usr/bin/jps (jps) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jrunscript to provide /usr/bin/jrunscript (jrunscript) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jshell to provide /usr/bin/jshell (jshell) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jstack to provide /usr/bin/jstack (jstack) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jstat to provide /usr/bin/jstat (jstat) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jstatd to provide /usr/bin/jstatd (jstatd) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/rmic to provide /usr/bin/rmic (rmic) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/serialver to provide /usr/bin/serialver (serialver) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jaotc to provide /usr/bin/jaotc (jaotc) in auto mode  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jhsdb to provide /usr/bin/jhsdb (jhsdb) in auto mode  
Setting up x11proto-dev (2018.4-4) ...  
Setting up xtrans-dev (1.3.5-1) ...  
Setting up libxdmcp-dev:amd64 (1:1.1.2-3) ...  
Setting up libice-dev:amd64 (2:1.0.9-2) ...  
Setting up libx11-doc (2:1.6.4-3ubuntu0.4) ...  
Setting up openjdk-11-jdk:amd64 (11.0.14+9-0ubuntu2-18.04) ...  
update-alternatives: using /usr/lib/jvm/java-11-openjdk-amd64/bin/jconsole to provide /usr/bin/jconsole (jconsole) in auto mode  
Setting up default-jdk-headless (2:1.11-68ubuntu1-18.04.1) ...  
Setting up libsm-dev:amd64 (2:1.2.2-1) ...  
Setting up x11proto-core-dev (2018.4-4) ...  
Setting up libxau-dev:amd64 (1:1.0.8-1ubuntu1) ...  
Setting up libxcb1-dev:amd64 (1.13-2-ubuntu18.04) ...  
Setting up libx11-dev:amd64 (2:1.6.4-3ubuntu0.4) ...  
Setting up default-jdk (2:1.11-68ubuntu1-18.04.1) ...  
Setting up libxt-dev:amd64 (1:1.1.5-1) ...  
Processing triggers for man-db (2.8.3-2ubuntu0.1) ...  
Equipo12@Tarea-3-12-0:~$ sudo apt install default-jdk  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree  
Reading state information... Done  
default-jdk is already the newest version (2:1.11-68ubuntu1-18.04.1).  
The following package was automatically installed and is no longer required:  
  linux-headers-4.15.0-171  
Use 'sudo apt autoremove' to remove it.  
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.  
Equipo12@Tarea-3-12-0:~$
```

Figura 24 Instalación del jdk

Para transferir el archivo de java se hará uso de **sftp** y el comando **put**:

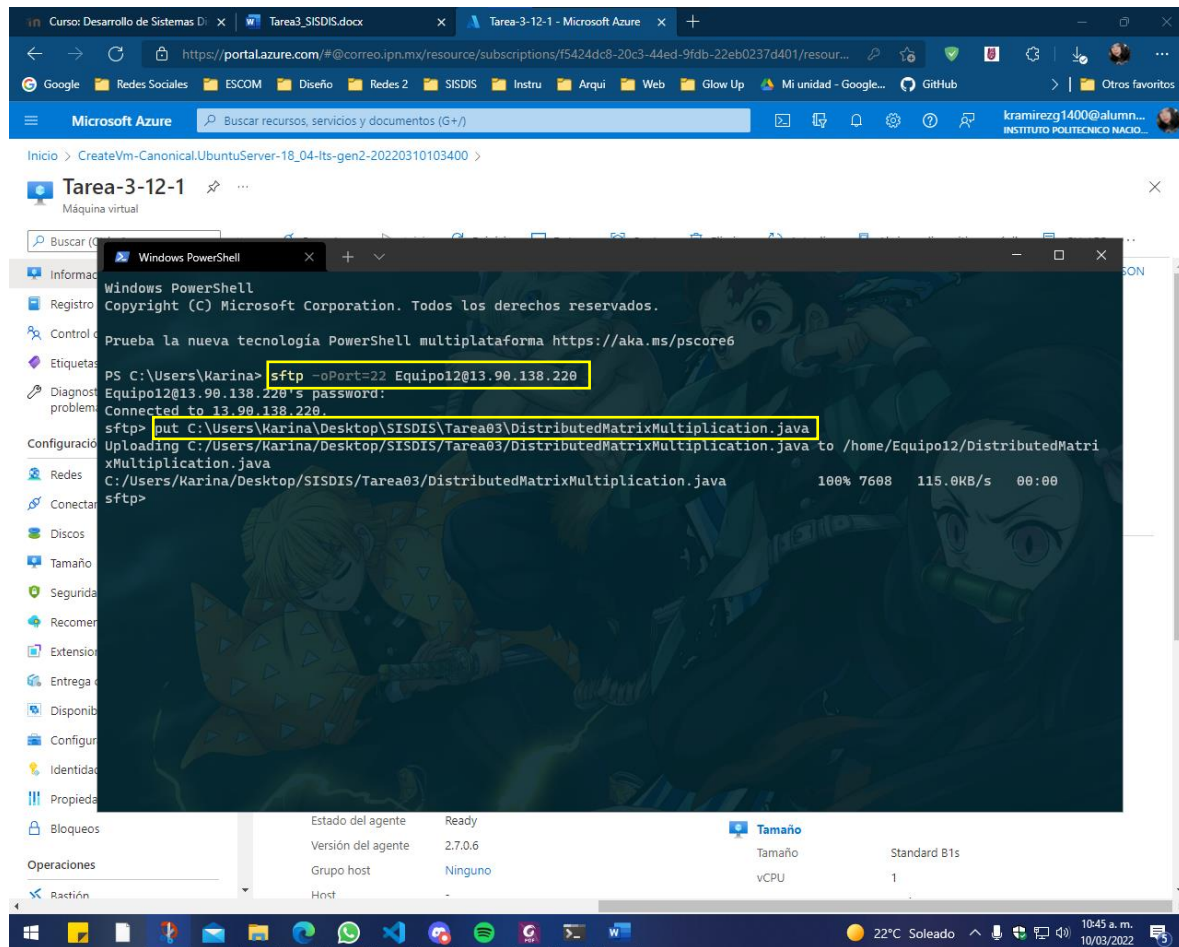
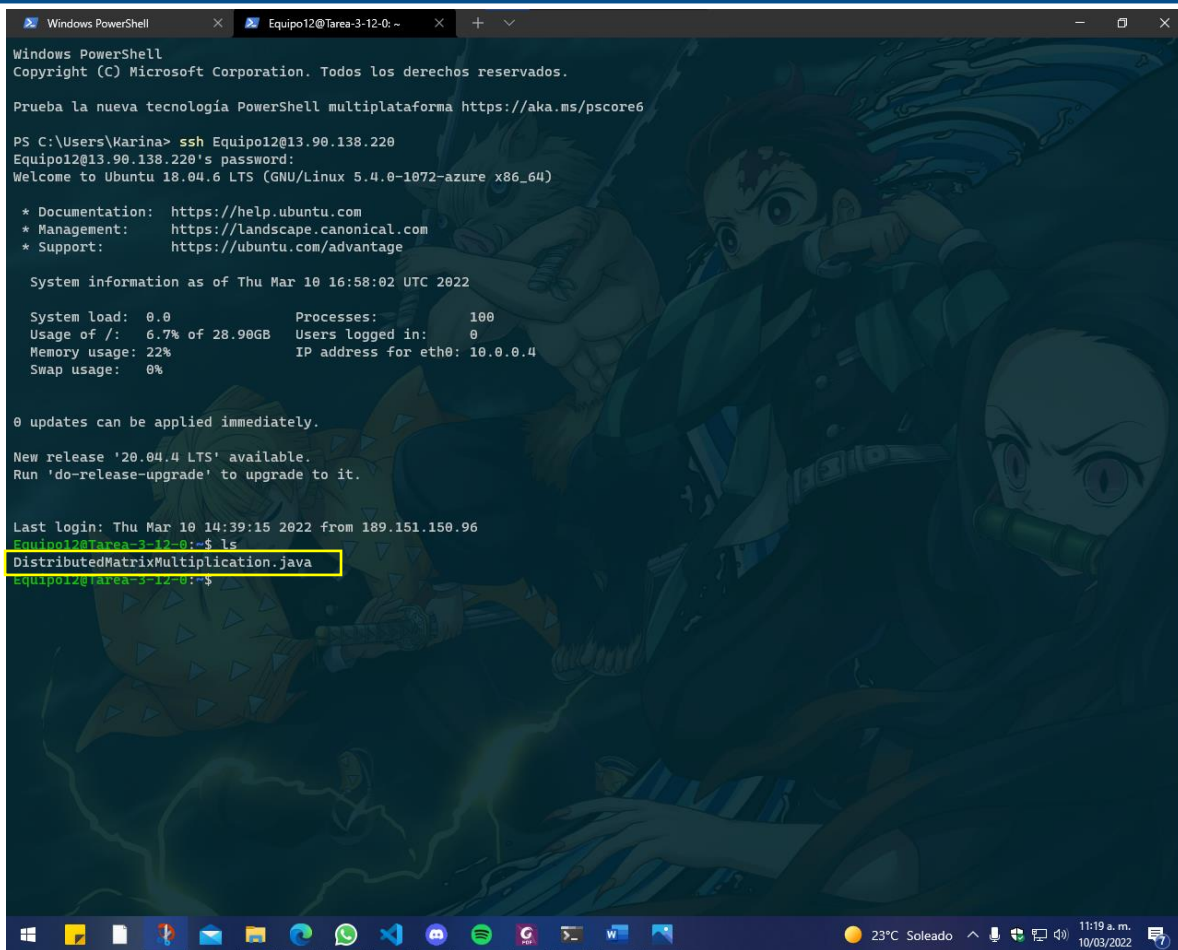


Figura 25 Transferencia del archivo .java a la máquina virtual



```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

Prueba la nueva tecnología PowerShell multiplataforma https://aka.ms/pscore6

PS C:\Users\Marina> ssh Equipo12@13.90.138.220
Equipo12@13.90.138.220's password:
Welcome to Ubuntu 18.04.6 LTS (GNU/Linux 5.4.0-1072-azure x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

System information as of Thu Mar 10 16:58:02 UTC 2022

System load:  0.0          Processes:    100
Usage of /:   6.7% of 28.9GB Users logged in: 0
Memory usage: 22%         IP address for eth0: 10.0.0.4
Swap usage:   0%

0 updates can be applied immediately.

New release '20.04.4 LTS' available.
Run 'do-release-upgrade' to upgrade to it.

Last login: Thu Mar 10 14:39:15 2022 from 189.151.150.96
Equipo12@Tarea-3-12-0:~$ ls
DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea-3-12-0:~$
```

Figura 26 Comprobación de transferencia del archivo a la máquina virtual

Se agrega la regla de seguridad de entrada para permitir peticiones del protocolo TCP por el puerto 5000, esto se repite en las 4 máquinas virtuales (figura 27).

The screenshot displays the Microsoft Azure portal interface. On the left, the navigation pane shows the 'Redes' (Network) section under 'Máquinas virtuales' (Virtual machines). The main area shows the configuration for the virtual machine 'Tarea-3-12-0'. The 'Reglas de puerto de entrada' (Inbound port rules) section is active, displaying a table of rules:

Prioridad	Nombre
300	SSH
310	Port_50000
65000	AllowVnetInBound
65001	AllowAzureLoadBalancerInBound
65500	DenyAllInBound

The 'Port_50000' rule is highlighted. To the right, the configuration details for this rule are shown:

- Origen:** Any
- Intervalos de puertos de origen:** *
- Destino:** Any
- Servicio:** Custom
- Intervalos de puertos de destino:** 50000
- Protocolo:** TCP
- Acción:** Permitir
- Prioridad:** 310
- Nombre:** Port_50000
- Descripción:**

Figura 27 Regla de puerto de entrada

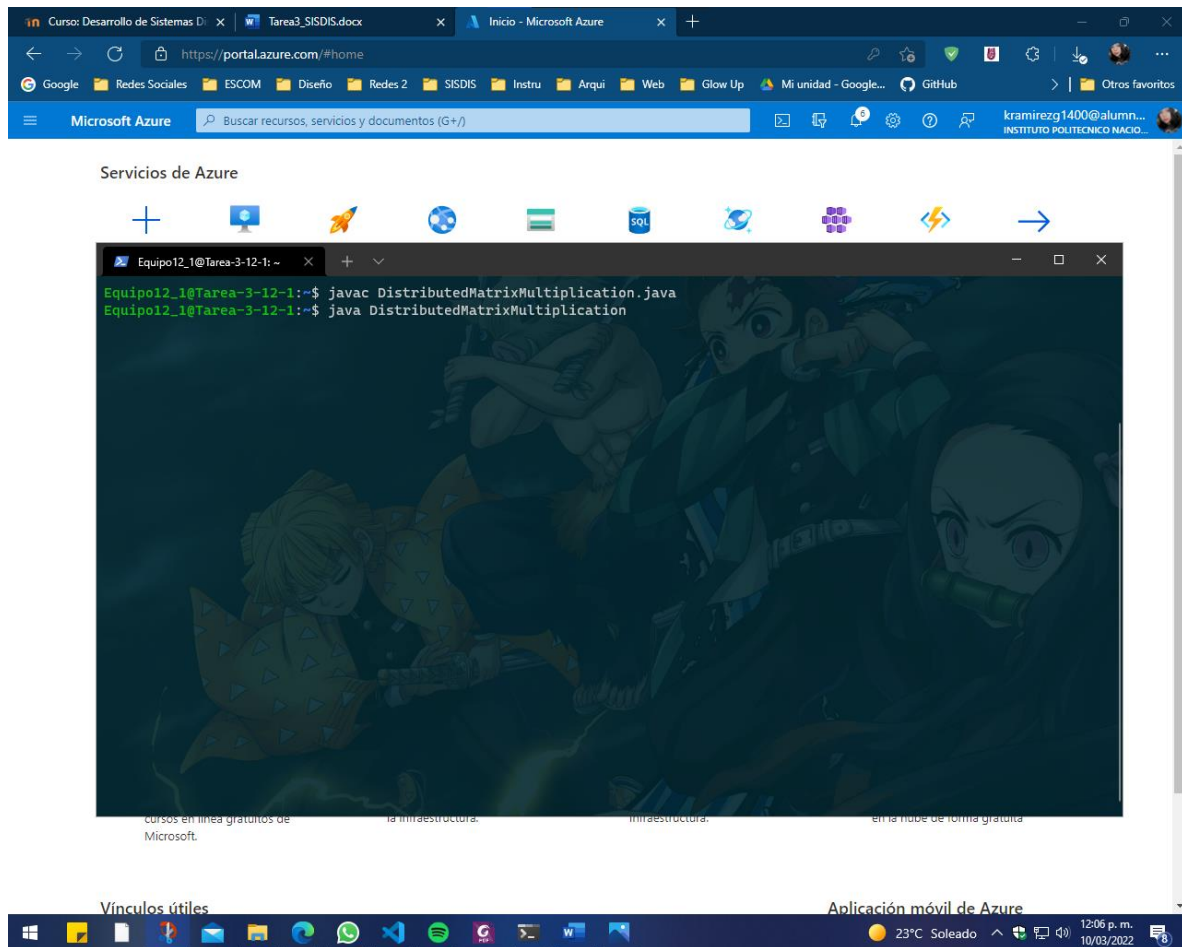


Figura 28 Ejecución del programa *DistributedMatrixMultiplication.java*

Compilación y ejecución del programa

En la *Figura 28* se observa la compilación del programa sin errores. Después se ejecuta el programa agregando como parámetros el número de nodo y N, para el desarrollo de esta práctica existen 2 casos:

- N=8
Como se observa en la *Figura 29*, en el nodo 0 se despliegan las matrices A, B y C dando como resultado **Checksum=217728.0**
- N=1000

En la *Figura 30*, se observa el resultado **Checksum=8.07133725E15**


```

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 2 accepted
Equipo12@Tarea 3-12-0: $

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 1 accepted
Connection to the node 2 accepted
Connection to the node 3 accepted
Matrix received
Matrix received
Matrix received
The result is:
1068.0 3368.0 3228.0 3888.0 2888.0 2888.0 2888.0 2888.0
1568.0 3492.0 3344.0 3184.0 3848.0 2888.0 2752.0 2688.0
1788.0 3824.0 3440.0 3112.0 3156.0 3088.0 2884.0 2888.0
3028.0 3756.0 3592.0 3428.0 3244.0 3188.0 2956.0 2772.0
4888.0 3888.0 3716.0 3544.0 3172.0 3388.0 3828.0 2856.0
4388.0 4828.0 3848.0 3648.0 3488.0 3388.0 3128.0 2848.0
4348.0 4152.0 3864.0 3776.0 3588.0 3488.0 3212.0 3824.0
4488.0 4284.0 4888.0 3882.0 3696.0 3388.0 2384.0 3188.0
Checksum: 217728.0
Equipo12@Tarea 3-12-0: $

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 1 accepted
Equipo12@Tarea 3-12-0: $

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 3 accepted
Equipo12@Tarea 3-12-0: $
    
```

Figura 29 Ejecución del programa para N=8

```

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 2 accepted
Equipo12@Tarea 3-12-0: $

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 1 accepted
Connection to the node 3 accepted
Connection to the node 2 accepted
Matrix received
Matrix received
Matrix received
Checksum: 8.87133725111
Equipo12@Tarea 3-12-0: $

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 1 accepted
Equipo12@Tarea 3-12-0: $

Equipo12@Tarea 3-12-0:
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Equipo12@Tarea 3-12-0: $ java DistributedMatrixMultiplication.java
Node number:
0
Connection to the node 3 accepted
Equipo12@Tarea 3-12-0: $
    
```

Figura 30 Ejecución del programa para N=100

Conclusiones

Ramírez Galindo Karina

Esta práctica fue de gran ayuda para tener un mejor acercamiento a un sistema distribuido, ya que no solo se hizo la ejecución de manera local como en los anteriores programas, esta vez se tuvo un acercamiento a computo en la nube al momento de hacer que el programa se ejecute en máquinas virtuales creadas a través de Azure. Es importante considerar los atributos de cada máquina, como el sistema operativo, memoria, entre otros, para que pueda haber conexión entre ellas al momento de ejecutar el programa y así aprovechar todas las bondades que ofrece Azure en cuestiones de escalabilidad, seguridad y demás características útiles para el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Se usaron protocolos de transferencia de archivos, entre otros conceptos vistos en clase, lo que hizo una experiencia completa del uso de esta nueva tecnología.

Toledo Espinosa Cristina Aline

En esta práctica pude notar las bondades de contar con servidores (haciendo uso de las máquinas virtuales para dicho rol) en la nube y cuán fácil es levantar una máquina virtual con ayuda de Azure, esta herramienta nos permite ejecutar el programa desde diferentes máquinas, un nodo por máquina, lo que me permitió observar mejor el funcionamiento de la distribución de una tarea y cuán importante es que su diseño sea correcto para una óptima ejecución. Un problema que tuve al querer copiar el programa a mis máquinas virtuales fue que no permitió utilizar los comandos sftp por lo que tuve que ayudarme de la herramienta "FileZilla". Otro problema fue la utilización de puertos para la conexión ya que para ejecutar el caso 1 con $N=8$ tuve que hacer uso de uno distinto a cuando $N=1000$.

Vázquez Hernández Alan Mauricio

Resolver un problema mediante el uso de cómputo distribuido requiere de dos tareas muy importantes: la primera es resolver el problema que se nos plantea, y la segunda es replantear el problema mediante el uso de cómputo distribuido, considerando los recursos que se utilizarán y necesitarán para que el sistema funcione de forma adecuada. Durante esta práctica, se comprendió que es importante tener claro cómo es que se distribuirá el cálculo de un programa para evitar resultados erróneos. Por otra parte, el establecimiento de las máquinas virtuales para probar el programa fue una de las actividades más importantes, ya que fue posible realizar un primer acercamiento con el cómputo en la nube, con lo que en posteriores ocasiones se podrá evitar una cantidad de errores considerables.

Referencias

- [1] «Matrices,» [En línea]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Math/matrix.html>.
- [2] P. G. Carlos, «Desarrollo de sistemas Distribuidos - 4CV11 Plataforma Educativa Moodle,» [En línea]. Available: <https://m4gm.com/moodle>.