



**Instituto Politécnico Nacional**  
**Escuela Superior de Computo**



## **Sistemas Distribuidos**

### **Tarea 5: Replicación de un sistema completo en la nube**

Nombre del alumno:

García Quiroz Gustavo Ivan

Grupo: 7CV4

Nombre del profesor: Guerrero Carlos Pineda

Fecha de entrega: 27/10/2025

## ÍNDICE

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1    | Introducción .....  | 1  |
| 2    | Objetivos .....   | 3  |
| 2.1  | Objetivo General .....  | 3  |
| 2.2  | Objetivos Particulares .....  | 3  |
| 3    | Arquitectura y nomenclatura .....                                       | 5  |
| 4    | Implementación paso a paso .....  | 9  |
| 4.1  | Creación de máquinas virtuales desde la imagen de la Tarea 2 .....      | 9  |
| 4.2  | Configuración de NSG .....  | 15 |
| 4.3  | Verificación de Tomcat en ambas VMs .....                               | 16 |
| 4.4  | Despliegue del Administrador de Tráfico (HTTP) .....                    | 18 |
| 4.5  | Prueba desde dispositivo móvil.....                                     | 19 |
| 4.6  | Pruebas funcionales requeridas (HTTP).....                              | 20 |
| 4.7  | Eliminación de recursos (HTTP) .....                                    | 30 |
| 5    | Replicación de un sistema HTTPS.....                                    | 31 |
| 5.1  | Creación de máquinas virtuales desde la imagen de la Tarea 2 .....      | 31 |
| 5.2  | Configuración de NSG .....  | 33 |
| 5.3  | Verificación de Tomcat en ambas VMs .....                               | 35 |
| 5.4  | Keystore y certificado autofirmado en la principal .....                | 36 |
| 5.5  | Modificación, copia y compilación de AdministradorTraficoSSL.java ..... | 37 |
| 5.6  | Creación del túnel SSH principal → réplica .....                        | 39 |
| 5.7  | Ejecución del AdministradorTraficoSSL en 443 .....                      | 42 |
| 5.8  | Prueba desde dispositivo móvil (HTTPS) .....                            | 43 |
| 5.9  | Pruebas funcionales requeridas (HTTPS) .....                            | 44 |
| 5.10 | Limpieza de la parte HTTPS .....  | 56 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 6   | Eliminación de recursos (limpieza).....                    | 57 |
| 6.1 | Estrategia recomendada: borrar por grupo de recursos ..... | 58 |
| 7   | Enlace al chat de la IA GitHub Copilot .....               | 61 |
| 8   | Conclusiones.....  | 62 |
| 9   | Referencias.....   | 63 |

# 1 Introducción

Este documento presenta el desarrollo de la "Tarea 5: Replicación de un sistema completo en la nube" para la materia de Sistemas Distribuidos. El objetivo central es implementar y validar un sistema web de tres capas replicado en la plataforma Microsoft Azure, demostrando estrategias clave para la alta disponibilidad y la consistencia de datos. La replicación, aunque fundamental para la resiliencia, introduce desafíos significativos en la arquitectura de red, la seguridad y la sincronización de datos, los cuales son abordados en esta práctica.

El alcance de este trabajo detalla el diseño, implementación y validación de la replicación de un sistema web completo (aplicación web, servidor de aplicaciones Tomcat y base de datos MySQL). El mecanismo de replicación seleccionado opera a nivel de aplicación, donde una instancia "principal" procesa las solicitudes del cliente y, simultáneamente, duplica las operaciones de escritura en una instancia "réplica" para mantener la sincronía de los datos.

Para lograr esto, la práctica se divide en dos escenarios arquitectónicos distintos. El primer escenario implementa la replicación sobre el protocolo HTTP (puerto 80). Se utiliza un administrador de tráfico personalizado, desarrollado en Java, que intercepta las solicitudes públicas y las reenvía tanto al servicio Tomcat local (para generar la respuesta al usuario) como al Tomcat de la réplica. El segundo escenario eleva la seguridad implementando la misma lógica sobre HTTPS (puerto 443). En esta modalidad, el administrador de tráfico actúa como un terminador TLS, utilizando un keystore con un certificado autofirmado, y establece un túnel SSH seguro para transmitir los datos de replicación a la instancia réplica sin exponer sus puertos de servicio a la red.

A lo largo de este informe, se documenta el proceso completo, desde el aprovisionamiento de las máquinas virtuales en Azure (basadas en una imagen

preconfigurada de la Tarea 2) y la configuración estricta de los Grupos de Seguridad de Red (NSG), hasta la ejecución de pruebas funcionales (altas, modificaciones y eliminaciones) desde un cliente móvil. Para la elaboración de los scripts, la configuración y la documentación de esta tarea, se utilizó la asistencia de la herramienta de inteligencia artificial GitHub Copilot. La validación de la consistencia se comprueba mediante consultas directas a las bases de datos MySQL de ambas VMs, asegurando que la duplicación de operaciones a nivel de aplicación resulta en un estado de datos idéntico en ambos nodos.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Implementar y validar la replicación de un sistema web de tres capas en Azure (Azure for Students, región Canada Central) bajo dos esquemas de acceso:

- HTTP con un administrador de tráfico que recibe en el puerto 80 y reenvía al Tomcat local (principal) y a la réplica (solo para replicación).
- HTTPS con un administrador de tráfico SSL que recibe en el puerto 443, con keystore autofirmado y un túnel SSH hacia la réplica.

Se demostrará la replicación funcional mediante operaciones de alta, modificación y eliminación sobre la aplicación (SPA) desplegada en Tomcat, verificando la consistencia de las tablas de la base de datos en ambas VMs. Se cumplirán las restricciones de seguridad y nomenclatura solicitadas por el profesor, y se generará evidencia en capturas de pantalla para cada paso.

### 2.2 Objetivos Particulares

- Provisionar dos VMs desde la imagen de la Tarea 2 para HTTP y dos VMs para HTTPS, con la nomenclatura obligatoria basada en la boleta 2022630278:
  - HTTP: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP y T5-2022630278-REPLICA-HTTP
  - HTTPS: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTPS y T5-2022630278-REPLICA-HTTPS
- Configurar reglas NSG:
  - HTTP: abrir 80/TCP en la principal; abrir 8080/TCP en la réplica, restringido a la principal.
  - HTTPS: abrir 443/TCP en la principal; abrir 22/TCP en la réplica, restringido a la principal.
- Verificar que Tomcat está activo en ambas VMs y que el servicio web (SPA) funciona en puerto 8080.

- HTTP: copiar (SFTP solo si aplica), compilar y ejecutar AdministradorTrafico.java en la VM principal, escuchando en 80.
- HTTPS: generar keystore y certificado autofirmado, adaptar/compilar AdministradorTraficoSSL.java, crear túnel SSH principal→réplica, y ejecutar en 443.
- Realizar pruebas desde un dispositivo móvil:
  - HTTP: [http://IP-PRINCIPAL/prueba\\_json.html](http://IP-PRINCIPAL/prueba_json.html)
  - HTTPS: [https://IP-PRINCIPAL/prueba\\_json.html](https://IP-PRINCIPAL/prueba_json.html) (aceptando el certificado autofirmado)
- Efectuar y documentar las pruebas requeridas:
  - HTTP: altas con imagen, modificación de imagen, eliminación; evidenciar contenido de tablas (incluyendo LENGTH(photo)).
  - HTTPS: altas con imagen, modificación de teléfono, eliminación; evidenciar contenido de tablas (incluyendo LENGTH(photo)).
- Eliminar las VMs y todos sus recursos asociados al finalizar.
- Recopilar capturas de cada paso, incluyendo la “última pantalla” de creación de cada VM y las consultas a base de datos en ambas máquinas.

### **3 Arquitectura y nomenclatura**

La solución replica un sistema web de tres capas desplegado en dos escenarios: HTTP y HTTPS. En ambos, la VM “principal” sirve como punto de entrada del cliente y aloja un administrador de tráfico propio (programa Java) que recibe la solicitud y la reenvía simultáneamente a dos destinos: su Tomcat local (productor de la respuesta) y el Tomcat de la “réplica” (para duplicar la escritura). De este modo, la respuesta al cliente proviene exclusivamente del servidor 1 (principal), mientras que la réplica recibe el mismo flujo de entrada para mantener consistencia lógica en la capa de aplicación y base de datos. Cada VM cuenta con su propia instancia de MySQL vinculada a su Tomcat.

En la versión HTTP, el administrador escucha en el puerto 80 de la VM principal y reenvía por HTTP a 127.0.0.1:8080 (Tomcat local) y a 8080 de la réplica. El NSG de la principal solo expone 80/TCP a Internet; el NSG de la réplica expone 8080/TCP pero restringido a la IP privada de la principal, evitando acceso directo público. En la versión HTTPS, el administrador de tráfico se convierte en un terminador TLS que escucha en 443/TCP con un keystore autofirmado. Además, se establece un túnel SSH desde la principal hacia la réplica: el administrador envía localmente a 127.0.0.1:8080 (Tomcat local) y al puerto local del túnel (p. ej., 127.0.0.1:8081), que reencamina a 8080 de la réplica. Para este segundo escenario, el NSG de la principal expone 443/TCP a Internet, mientras que la réplica habilita 22/TCP solo accesible desde la IP privada de la principal para sostener el túnel.

Inserta inmediatamente las siguientes imágenes de referencia arquitectónica:

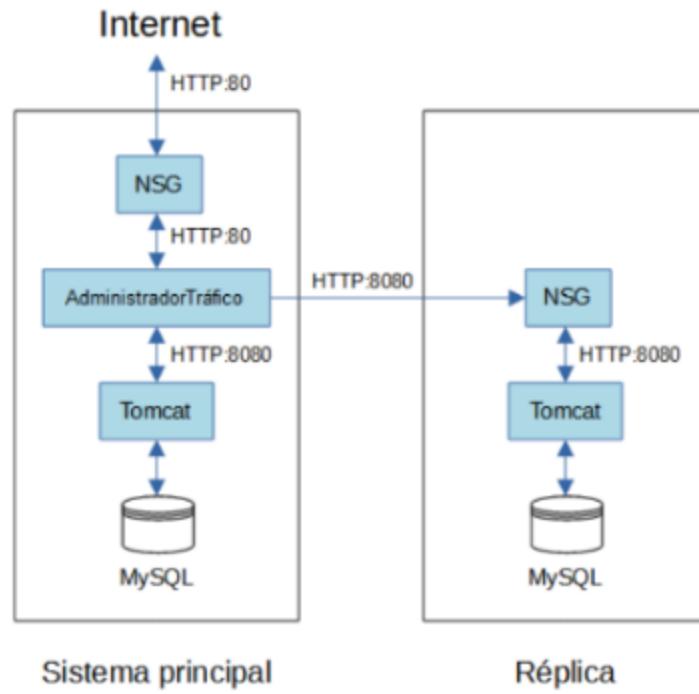


Figura SC-ARC-01. Diagrama de arquitectura HTTP (captura del esquema del enunciado).

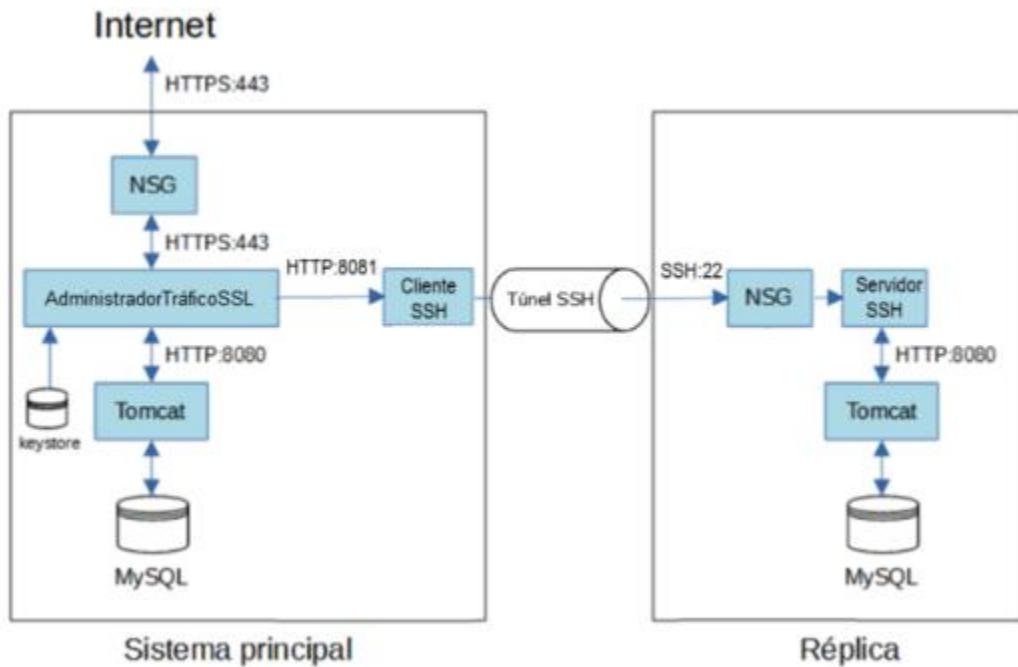


Figura SC-ARC-02. Diagrama de arquitectura HTTPS (captura del esquema del enunciado).

Componentes y flujos por escenario:

- HTTP
  - Entrada: cliente móvil → IP pública de la principal (puerto 80).
  - Procesamiento: Administrador de Tráfico redirige a Tomcat local (respuesta) y a Tomcat de la réplica (replicación).
  - Red: VNet común; NSG principal abre 80/TCP a Internet; NSG de la réplica abre 8080/TCP solo para la principal.
  - Datos: cada Tomcat apunta a su MySQL local; la replicación se logra por duplicación de las operaciones a nivel de aplicación.
- HTTPS
  - Entrada: cliente móvil → IP pública de la principal (puerto 443, TLS).
  - Procesamiento: Administrador de Tráfico SSL termina TLS con keystore autofirmado; reenvía en claro a Tomcat local y, mediante túnel SSH, a la réplica.
  - Red: NSG principal abre 443/TCP; la réplica expone 22/TCP solo para la IP privada de la principal para establecer el túnel (-L 8081→localhost:8080).
  - Seguridad: certificado autofirmado (se acepta advertencia en el móvil); túnel cifra el salto hacia la réplica.

Decisiones de diseño y justificación:

- Aislamiento por NSG: se minimiza la exposición pública; la réplica no recibe tráfico externo directo ni en HTTP ni en HTTPS (solo desde la principal).
- Simplicidad operativa: se reaprovecha la imagen de la Tarea 2 con Tomcat y MySQL preconfigurados, reduciendo tiempos y puntos de falla.
- Replicación en la capa de aplicación: el patrón “write-duplicate/respond-from-primary” evita discrepancias de respuesta y facilita la demostración académica sin introducir un clúster de base de datos.

- TLS en el borde: el administrador de tráfico SSL centraliza la terminación HTTPS; el túnel SSH evita abrir 8080 en la réplica y mantiene cifrado el trayecto inter-vm.

Resumen de nomenclatura y puertos (plan de implementación):

- VMs HTTP: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP (80→8080 local, 8080 réplica) y T5-2022630278-REPLICA-HTTP (8080 restringido).
- VMs HTTPS: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTPS (443→8080 local y 8081 túnel) y T5-2022630278-REPLICA-HTTPS (22 restringido para túnel).
- Puertos internos: Tomcat en 8080 en ambas; MySQL local por VM; túnel SSH mapea 8081(local)→8080(réplica).

## 4 Implementación paso a paso

En esta sección se implementa el escenario HTTP usando dos máquinas virtuales derivadas de la imagen de la Tarea 2. La VM “principal” recibirá el tráfico público en el puerto 80 y ejecutará el programa AdministradorTrafico, que reenvía cada solicitud al Tomcat local (productor de la respuesta) y simultáneamente al Tomcat de la “réplica” (solo para duplicar la escritura). La réplica no estará expuesta al público: su puerto 8080 aceptará conexiones únicamente desde la IP privada de la principal. Todas las capturas se numeran como SC-HTTP-xx y deben insertarse justo donde se indica.

### 4.1 Creación de máquinas virtuales desde la imagen de la Tarea 2

Se crearán dos VMs en Canada Central, dentro de la misma VNet y subred, a partir de la imagen “T2-2022630278-imagen”. Es fundamental respetar exactamente la nomenclatura exigida: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP y T5-2022630278-REPLICAHHTTP. El uso de una sola VNet permite a la principal comunicarse con la réplica por su IP privada, que será necesaria para restringir el NSG y para que el administrador de tráfico reenvíe solicitudes.

Pasos rápidos en el portal:

- Crear la VM principal:
  - Nombre: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP; Región: Canada Central; Tamaño sugerido: B1s o superior; Usuario: azureuser; Autenticación: llave pública (la misma de T2).
  - Seleccionar la imagen “T2-2022630278-imagen”.
  - Red: crear/usar VNet única (por ejemplo T5-2022630278-vnet) y la subred por defecto.
  - IP pública estática habilitada.
  - Revisar y crear. Al finalizar, conserva la “última pantalla” de creación para evidencia.
- Crear la VM réplica:

- Nombre: T5-2022630278-REPLICA-HTTP; misma región, misma imagen y misma VNet/subred que la principal.
- IP pública estática solo si necesitas administración temporal (puede ser útil mientras configuras); la práctica no la requiere para tráfico de aplicación.
- Revisar y crear. Captura su “última pantalla”.

**Create a virtual machine - Microsoft Azure**

portal.azure.com/#create/Microsoft.VirtualMachine-ARM

Microsoft Azure

Search resources, services, and docs (G+)

Copilot

egarciaq1600@alumno.I...  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Home > Compute infrastructure | Virtual machines >

### Create a virtual machine

Help me create a VM optimized for high availability | Help me create a low cost VM | Help me choose the right VM size for my workload

Running final validation...

Help me create a low cost VM | Help me create a VM optimized for high availability | Help me choose the right VM size for my workload

Basics Disks Networking Management Monitoring Advanced Tags Review + create

1/T2-2022630278-Imagen/latest Standard B1s  
Image 1 vcpu, 1 GiB memory

Subscription: Azure for Students  
Resource group: T5-2022630278-rg  
Virtual machine name: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP  
Region: Canada Central  
Availability options: Availability zone: Self-selected zone  
Zone options: 1  
Availability zone: Trusted launch virtual machines  
Security type: Yes  
Enable secure boot: Yes  
Enable VTPM: Yes  
Integrity monitoring: No  
Image: 1/T2-2022630278-Imagen/latest - Gen2

< Previous Next > Create Download a template for automation Give feedback

25°C Sunny

Search

ENG ES 01:01 p.m. 26/10/2025

**Create a virtual machine - Microsoft Azure**

portal.azure.com/#create/Microsoft.VirtualMachine-ARM

Microsoft Azure

Search resources, services, and docs (G+)

Copilot

egarciaq1600@alumno.I...  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Home > Compute infrastructure | Virtual machines >

### Create a virtual machine

Help me create a VM optimized for high availability | Help me create a low cost VM | Help me choose the right VM size for my workload

Validation passed

Help me create a low cost VM | Help me create a VM optimized for high availability | Help me choose the right VM size for my workload

Use the OS disk with VM? Ephemeral OS disk: No

**Networking**

Virtual network: (new) T5-2022630278-vnet  
Subnet: (new) default (10.0.0/24)  
Public IP: (new) T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP-ip  
NIC network security group: (new) T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP-nsg  
Accelerated networking: Off  
Place this virtual machine behind an existing load balancing solution? No  
Delete public IP and NIC when VM is deleted: Disabled

**Management**

Microsoft Defender for Cloud: Basic (free)  
System assigned managed identity: Off  
Login with Microsoft Entra ID: Off

< Previous Next > Create Download a template for automation Give feedback

25°C Sunny

Search

ENG ES 01:01 p.m. 26/10/2025

**Create a virtual machine**

**Validation passed**

VM architecture: x64  
Size: Standard\_B1s (1 vcpu, 1 GiB memory)  
Enable Hibernation: No  
Azure Spot: No

**Disks**

OS disk size: Image default  
OS disk type: Standard SSD LRS  
Use managed disks: Yes  
Delete OS disk with VM: Disabled  
Ephemeral OS disk: No

**Networking**

Virtual network: (new) T5-2022630278-vnet  
Subnet: (new) default [10.0.0.0/24]  
Public IP: (new) T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP-ip  
NIC network security group: (new) T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP-nsg

< Previous Next > **Create** Download a template for automation Give feedback

**T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP** Virtual machine

**Overview**

**Essentials**

- Resource group (move): T5-2022630278-rg
- Status: Running
- Location: Canada Central (Zone 1)
- Subscription (move): Azure for Students
- Subscription ID: 0509baab-81e3-456c-bfc3-50e571b542ab
- Availability zone: 1

Operating system: Linux (ubuntu 24.04)  
Size: Standard\_B1s  
Primary NIC public IP: -  
Virtual network/subnet: -  
DNS name: -  
Health state: -  
Time created: 27/10/2025, 19:12 UTC

**Tags (edit)**: Add tags

**Properties** Monitoring Capabilities (/) Recommendations Tutorials

**Virtual machine**

- Computer name: T2-2022630278
- Operating system: Linux (ubuntu 24.04)
- VM generation: V2

**Networking**

- Public IP address: -
- Public IP address (IPv6): -
- Private IP address: -

<https://portal.azure.com/#@correo.ipn.mx/resource/subscriptions/0509baab-81e3-456c-bfc3-50e571b542ab/resourceGroups/T5-2022630278-rg/providers/Microsoft.Compute/virtualMachines/T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP/connect>

Figura SC-HTTP-01. Última pantalla de creación de T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP

**Create a virtual machine**

Subscription: Azure for Students  
Resource group: T5-2022630278-rg  
Virtual machine name: T5-2022630278-REPLICA-HTTP  
Region: Canada Central  
Availability options: Availability zone  
Zone options: Self-selected zone  
Availability zone: 1  
Security type: Trusted launch virtual machines  
Enable secure boot: Yes  
Enable vTPM: Yes  
Integrity monitoring: No  
Image: 1/T2-2022630278-imagen/latest - Gen2

**Basics**

**Disk**

**Networking**

**Storage**

**Compute**

**Advanced**

**Tags**

**Review + create**

< Previous Next > Create

Download a template for automation Give feedback

**VM architecture**: x64  
**Size**: Standard B1s (1 vcpu, 1 GiB memory)  
**Enable hibernation**: No  
**Azure Spot**: No

**Disk**

**Networking**

**Compute**

**Advanced**

**Tags**

**Review + create**

< Previous Next > Create

Download a template for automation Give feedback

**Virtual network**: T5-2022630278-vnet  
**Subnet**: default  
**Public IP**: (new) T5-2022630278-REPLICA-HTTP-ip  
**NIC network security group**: (new) T5-2022630278-REPLICA-HTTP-nsg

**Compute**

**Advanced**

**Tags**

**Review + create**

< Previous Next > Create

Download a template for automation Give feedback

The screenshot shows the Microsoft Azure portal interface during the creation of a virtual machine. The top navigation bar includes links for 'Correo: Gustavo Ivan Garcia Qu... ', 'Índice de reporte para la tareas...', and 'Create a virtual machine - Mic...'. The main title is 'Create a virtual machine'. Below it, there's a progress bar indicating 'Running final validation...'. The configuration section includes:

- Storage:** Use managed disks (Yes), Delete OS disk with VM (Disabled), Ephemeral OS disk (No).
- Networking:** Virtual network (T5-2022630278-vnet), Subnet (default), Public IP (new T5-2022630278-REPLICA-HTTP-ip), NIC network security group (new T5-2022630278-REPLICA-HTTP-nsg), Accelerated networking (Off), Place this virtual machine behind an existing load balancing solution? (No), Delete public IP and NIC when VM is deleted (Disabled).
- Management:** Microsoft Defender for Cloud (Basic (free)).

At the bottom, there are 'Previous', 'Next >', and 'Create' buttons, along with links to 'Download a template for automation' and 'Give feedback'. The status bar at the bottom shows the date and time as 01:15 p.m. 27/10/2025.

The screenshot shows the Microsoft Azure portal interface for the virtual machine 'T5-2022630278-REPLICA-HTTP'. The top navigation bar includes links for 'Correo: Gustavo Ivan Garcia Qu... ', 'Índice de reporte para la tareas...', and 'T5-2022630278-REPLICA-HTTP'. The main title is 'T5-2022630278-REPLICA-HTTP'. The left sidebar shows tabs for Overview, Activity log, Access control (IAM), Tags, Diagnose and solve problems, Resource visualizer, Connect (with Connect and Bastion options), Networking (with Network settings, Load balancing, Application security groups, and Network manager), Settings, and Availability + scale. The 'Overview' tab is selected, displaying the following details:

| Essentials        |  | JSON View   |
|-------------------|--|---|
| Resource group    | (move) : T5-2022630278-rg              | Operating system : Linux (Ubuntu 24.04)             |
| Status            | : Running                              | Size : Standard_B1s                                 |
| Location          | : Canada Central (Zone 1)              | Primary NIC public IP : 20.48.228.183               |
| Subscription      | (move) : Azure for Students            | Virtual network/subnet : T5-2022630278-vnet/default |
| Subscription ID   | : 0509baab-81e3-456c-bfc3-58e571b542ab | DNS name : Not configured                           |
| Availability zone | : 1                                    | Health state : -                                    |
|                   |  | Time created : 27/10/2025, 19:15 UTC                |

Below the essentials, there are tabs for Properties, Monitoring, Capabilities (?), Recommendations, and Tutorials. The 'Properties' tab is selected, showing the following details:

| Virtual machine  |                      | Networking                    |
|------------------|----------------------|-------------------------------|
| Computer name    | T2-2022630278        | Public IP address : -         |
| Operating system | Linux (Ubuntu 24.04) | Public IP address (IPv6) : -  |
| VM generation    | V2                   | Private IP address : 10.0.0.5 |

The status bar at the bottom shows the date and time as 01:15 p.m. 27/10/2025.

Figura SC-HTTP-02. Última pantalla de creación de T5-2022630278-REPLICA-HTTP

Al terminar, anota:

| Name                         | Subscription       | Resource Group   | Location       | Status  | Operating system | Size         | Public IP address | Disk |
|------------------------------|--------------------|------------------|----------------|---------|------------------|--------------|-------------------|------|
| TS-2022630278-PRINCIPAL-HTTP | Azure for Students | TS-2022630278... | Canada Central | Running | Linux            | Standard_B1s | 20.63.73.178      | 1    |
| TS-2022630278-REPLICA-HTTP   | Azure for Students | TS-2022630278... | Canada Central | Running | Linux            | Standard_B1s | 20.48.228.183     | 1    |

## 4.2 Configuración de NSG

La seguridad de red garantiza que solo la principal pueda hablar con la réplica por 8080 y que el público acceda a la aplicación exclusivamente por 80 en la principal. Esta segmentación evita exposición directa de la réplica.

Configura así:

- NSG de la principal:
  - Regla de entrada para abrir 80/TCP desde Internet (Source: Any; Destination port: 80; Action: Allow).
- NSG de la réplica:
  - Regla de entrada para abrir 8080/TCP, pero “Source: IP Addresses” con la IP privada de la principal como única fuente.
  - Si creaste una regla SSH (22) para administrar, límítala a tu IP pública y elimínala al concluir.

Inserta aquí:

The screenshot shows the Azure portal interface for managing Network Security Groups (NSGs). The left sidebar navigation includes Overview, Activity log, Access control (IAM), Tags, Diagnose and solve problems, Resource visualizer, Settings (selected), Inbound security rules (selected), Outbound security rules, Network interfaces, Subnets, Properties, Locks, Monitoring, Automation, and Help. The top navigation bar shows tabs for Correo, Índice de reporte para la..., T5-2022630278-REPLICA..., T5-2022630278-PRINCIPAL..., and SISDIS-7CV4: Tarea 5. The main content area displays the 'T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP-ns' NSG settings, specifically the 'Inbound security rules' section. A table lists the following rules:

| Priority | Name                      | Port | Protocol | Source            | Destination    | Action |
|----------|---------------------------|------|----------|-------------------|----------------|--------|
| 300      | SSH                       | 22   | TCP      | Any               | Any            | Allow  |
| 320      | HTTP                      | 80   | TCP      | Any               | Any            | Allow  |
| 340      | HTTPS                     | 443  | TCP      | Any               | Any            | Allow  |
| 360      | RDP                       | 3389 | TCP      | Any               | Any            | Allow  |
| 65000    | AllowVnetinBound          | Any  | Any      | VirtualNetwork    | VirtualNetwork | Allow  |
| 65001    | AllowAzureLoadBalancerI-- | Any  | Any      | AzureLoadBalancer | Any            | Allow  |
| 65500    | DenyAllInBound            | Any  | Any      | Any               | Any            | Deny   |

Figura SC-HTTP-03. NSG de la principal con regla 80/TCP

Verifica las IPs privadas desde el portal (Overview de cada VM) o en consola:

- principal: hostname -l
- réplica: hostname -l

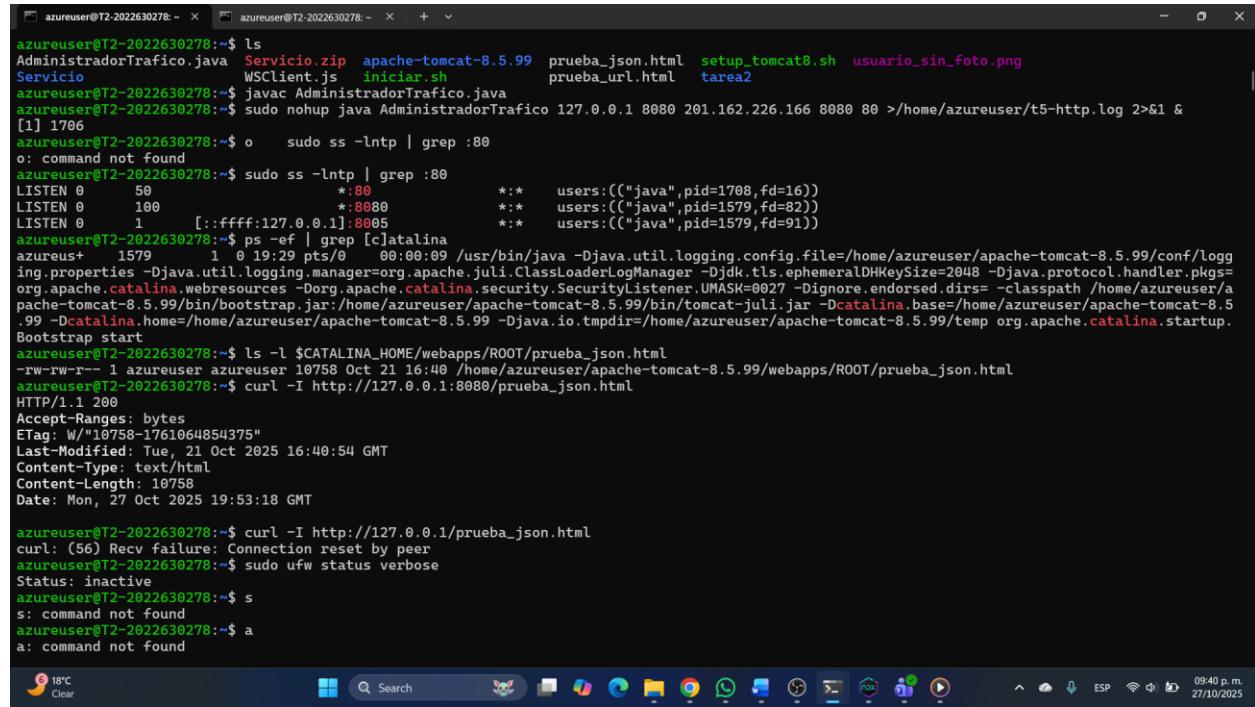
### 4.3 Verificación de Tomcat en ambas VMs

Tomcat debe estar activo en ambas VMs escuchando en 8080, tal como quedó de la Tarea 2. Comprueba el proceso y los puertos antes de continuar; si no está corriendo, inícialo manualmente.

Comandos (en cada VM vía SSH):

- Ver proceso y puerto:
  - ps -ef | grep [c]atalina
  - ss -lntp | grep :8080
- Iniciar si fuera necesario:
  - sh \$CATALINA\_HOME/bin/catalina.sh start

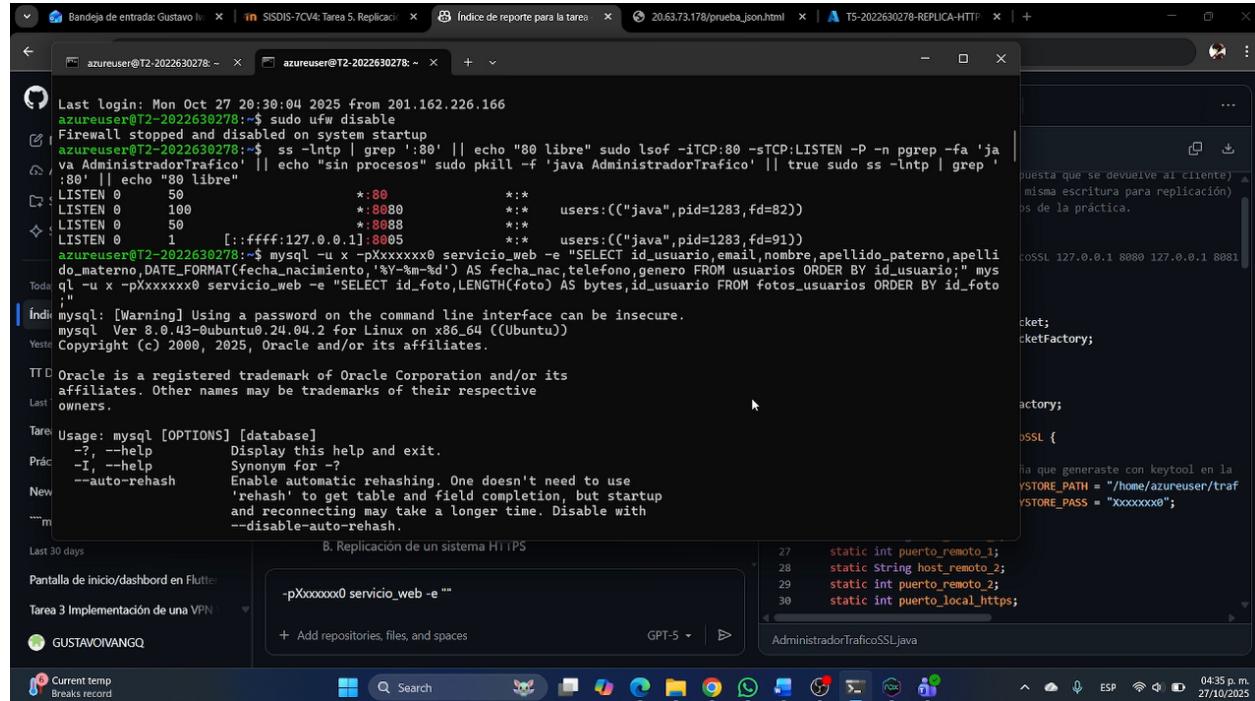
Inserta aquí:



```
azureuser@T2-2022630278:~$ ls
AdministradorTrafico.java  Servicio.zip  apache-tomcat-8.5.99  prueba_json.html  setup_tomcat8.sh  usuario_sin_foto.png
Servicio                   WSClient.js    iniciar.sh          prueba_url.html   tareaaz
azureuser@T2-2022630278:~$ javac AdministradorTrafico.java
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo nohup java AdministradorTrafico 127.0.0.1 8080 201.162.226.166 8080 80 >/home/azureuser/t5-HTTP.log 2>&1 &
[1] 1706
azureuser@T2-2022630278:~$ o  sudo ss -lntp | grep :80
o: command not found
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo ss -lntp | grep :80
LISTEN 0      50                  *:80                 *:*      users:(("java",pid=1706,fd=16))
LISTEN 0      100                *:8080               *:*      users:(("java",pid=1579,fd=82))
LISTEN 0      1      [:ffff:127.0.0.1]:8005        *:*      users:(("java",pid=1579,fd=91))
azureuser@T2-2022630278:~$ ps -ef | grep [c]atalina
azureus+ 1579 1 0 19:29 pts/0 00:00:09 /usr/bin/java -Djava.util.logging.config.file=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/conf/logging.properties -Djava.util.logging.manager=org.apache.juli.ClassLoaderLogManager -Djdk.tls.ephemeralDHKeySize=2048 -Djava.protocol.handler.pkgs=org.apache.catalina.webresources -Dorg.apache.catalina.security.SecurityListener.UMASK=0027 -Dignore.endorsed.dirs= -classpath /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/bootstrap.jar:/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/tomcat-juli.jar -Dcatalina.base=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Dcatalina.home=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Djava.io.tmpdir=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/temp org.apache.catalina.startup.Bootstrap start
azureuser@T2-2022630278:~$ ls -l $CATALINA_HOME/webapps/ROOT/prueba_json.html
-rw-rw-r-- 1 azureuser azureuser 10758 Oct 21 16:40 /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/webapps/ROOT/prueba_json.html
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -I http://127.0.0.1:8080/prueba_json.html
HTTP/1.1 200
Accept-Ranges: bytes
ETag: W/"10758-1761064854379"
Last-Modified: Tue, 21 Oct 2025 16:40:54 GMT
Content-Type: text/html
Content-Length: 10758
Date: Mon, 27 Oct 2025 19:53:18 GMT

azureuser@T2-2022630278:~$ curl -I http://127.0.0.1/prueba_json.html
curl: (56) Recv failure: Connection reset by peer
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo ufw status verbose
Status: inactive
azureuser@T2-2022630278:~$ s
s: command not found
azureuser@T2-2022630278:~$ a
a: command not found
```

Figura SC-HTTP-05. Tomcat en la principal (ps/ss evidenciando 8080)



```
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo ufw disable
Firewall stopped and disabled on system startup
azureuser@T2-2022630278:~$ ss -lntp | grep ':80' || echo "80 libre" sudo lsof -iTCP:80 -sTCP:LISTEN -P -n pgrep -f 'java AdministradorTrafico' || echo "sin procesos" sudo kill -f 'java AdministradorTrafico' || true sudo ss -lntp | grep ':80' || echo "80 libre"
LISTEN 0      50                  *:80                 *:*      users:(("java",pid=1283,fd=82))
LISTEN 0      100                *:8080               *:*      users:(("java",pid=1283,fd=91))
azureuser@T2-2022630278:~$ mysql -u x -pXXXXXX servicio_web -e "SELECT id_usuario,email,nombre,apellido,paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento, '%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;" mysql -u x -pXXXXXX servicio_web -e "SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto"
mysql: [Warning] Using a password on the command line interface can be insecure.
mysql Ver 8.0.43-0ubuntu0.24.04.2 for Linux on x86_64 ((Ubuntu))
Copyright (c) 2000, 2025, Oracle and/or its affiliates.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Usage: mysql [OPTIONS] [database]
  -?, --help            Display this help and exit.
  -i, --help            Synonym for -?
  --auto-rehash         Enable automatic rehashing. One doesn't need to use
                        'rehash' to get table and field completion, but startup
                        and reconnecting may take a longer time. Disable with
                        '--disable-auto-rehash.

Last 30 days
Prácticas
New
...m

B. Replicación de un sistema HTTPS
-pXXXXXX servicio_web -e ""
+ Add repositories, files, and spaces
GPT-5 > >
AdministradorTraficoSSLJava

27 static int puerto_remoto_1;
28 static String host_remoto_2;
29 static int puerto_remoto_2;
30 static int puerto_local_https;
```

Figura SC-HTTP-06. Tomcat en la réplica (ps/ss evidenciando 8080)

## 4.4 Despliegue del Administrador de Tráfico (HTTP)

El programa AdministradorTrafico recibe en 80 y reenvía a dos destinos HTTP: el Tomcat local (127.0.0.1:8080) y el Tomcat de la réplica (IP\_PRIVADA\_REPLICA:8080). La respuesta al cliente proviene del servidor 1 (principal) y la réplica solo recibe la misma escritura.

Pasos desde Windows 11 y en la VM principal:

- Copiar el archivo (SFTP, porque este paso sí requiere transferencia):

- Abrir Terminal/PowerShell:

```
sftp      -i      C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea\T2-  
2022630278_key.pem azureuser@20.63.73.178
```

- En la sesión SFTP:

```
put AdministradorTrafico.java
```

```
exit
```

- Compilar en la VM principal:

- javac AdministradorTrafico.java

- Ejecutar en segundo plano escuchando en 80 (se requiere sudo para puertos <1024):

- sudo nohup java AdministradorTrafico 127.0.0.1 8080  
IP\_PRIVADA\_REPLICA 8080 80 >/home/azureuser/t5-http.log 2>&1 &

- Confirmar que el puerto 80 está en escucha:

- sudo ss -lntp | grep :80

- Revisión de logs (si hace falta):

- tail -f /home/azureuser/t5-http.log

```

azureuser@T2-2022630278:~$ javac AdministradorTrafico.java
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo nohup java AdministradorTrafico 127.0.0.1 8080 201.162.226.166 8080 80 >/home/azureuser/t5-http.log 2>&1 &
[1] 1766
azureuser@T2-2022630278:~$ o      sudo ss -lntp | grep :80
o: command not found
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo ss -lntp | grep :80
LISTEN 0      50          *:80          *:*      users:(("java",pid=1708,fd=16))
LISTEN 0      100         *:8080        *:*      users:(("java",pid=1579,fd=82))
LISTEN 0      1      [::ffff:127.0.0.1]:8005  *:*      users:(("java",pid=1579,fd=91))
azureuser@T2-2022630278:~$ ps -ef | grep [c]atalina
azureus+ 1579      1  0 19:29 pts/0    00:00:09 /usr/bin/java -Djava.util.logging.config.file=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/conf/logging.properties -Djava.util.logging.manager=org.apache.juli.ClassLoaderLogManager -Djdk.tls.ephemeralDHKeySize=2048 -Djava.protocol.handler.pkgs=org.apache.catalina.webresources -Dorg.apache.catalina.security.SecurityListener.UMASK=0027 -Dignore.endorsed.dirs= -Dclasspath /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/bootstrap.jar:/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/tomcat-juli.jar -Dcatalina.base=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Djava.io.tmpdir=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/temp org.apache.catalina.startup.Bootstrap start
azureuser@T2-2022630278:~$ ls -l $CATALINA_HOME/webapps/ROOT/prueba_json.html
-rw-rw-r-- 1 azureuser azureuser 10758 Oct 21 16:40 /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/webapps/ROOT/prueba_json.html
azureuser@T2-2022630278:~$ curl http://127.0.0.1:8080/prueba_json.html
HTTP/1.1 200
Accept-Ranges: bytes
ETag: W/"10758-1761064854375"
Last-Modified: Tue, 21 Oct 2025 16:40:54 GMT
Content-Type: text/html
Content-Length: 10758
Date: Mon, 20 Oct 2025 19:53:18 GMT

azureuser@T2-2022630278:~$ curl -I http://127.0.0.1/prueba_json.html
curl: (56) Recv failure: Connection reset by peer
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo ufw status verbose
Status: inactive
azureuser@T2-2022630278:~$ s
s: command not found
azureuser@T2-2022630278:~$ a
a: command not found
azureuser@T2-2022630278:~$ ps -ef | grep [c]atalina
azureus+ 1579      1  0 19:29 pts/0    00:00:16 /usr/bin/java -Djava.util.logging.config.file=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/conf/logging.properties -Djava.util.logging.manager=org.apache.juli.ClassLoaderLogManager -Djdk.tls.ephemeralDHKeySize=2048 -Djava.protocol.handler.pkgs=

```

Figura SC-HTTP-08. Compilación exitosa de AdministradorTrafico.java

## 4.5 Prueba desde dispositivo móvil

Con el administrador de tráfico operativo en la principal, la SPA debe ser accesible por HTTP sobre el puerto 80 de su IP pública. Usa datos no personales para las pruebas, conforme a la consigna.

- En el navegador del móvil ingresa:
- http://20.63.73.178/prueba\_json.html
- Comprueba que las operaciones CRUD respondan correctamente.

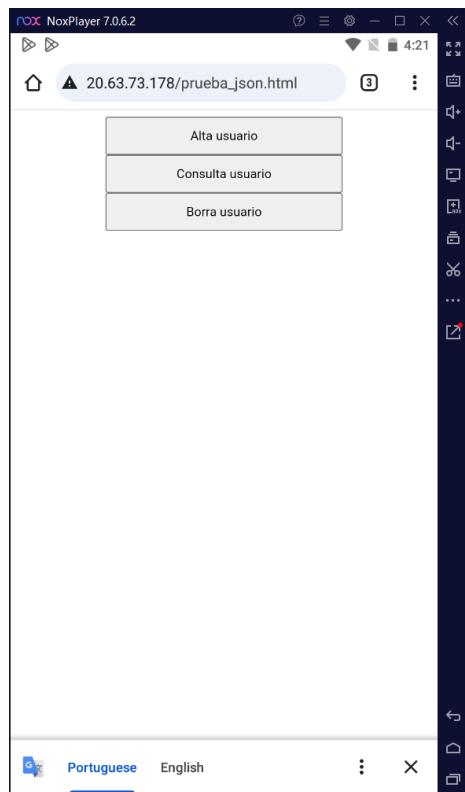


Figura SC-HTTP-10. Acceso desde el móvil a [http://20.63.73.178/prueba\\_json.html](http://20.63.73.178/prueba_json.html)

## 4.6 Pruebas funcionales requeridas (HTTP)

Las pruebas verifican que la escritura se replica hacia ambas bases de datos (principal y réplica). Toma capturas en los momentos indicados y usa las consultas exactas para evidenciar la consistencia. Emplea el usuario MySQL x con contraseña Xxxxxxx0 sobre la base servicio\_web (heredado de T2).

Orden recomendado:

1. Altas con imagen (3 usuarios).

**Alta de usuario**

Email \*  
sonic@sonic.com

Nombre \*  
sonic@sonic.com

Apellido paterno \*  
sonic@sonic.com

Apellido materno  
sonic@sonic.com

Fecha de nacimiento \*  
10/27/2025, 4:32 PM

Teléfono  
11111111

Género  
Masculino

Choose Files images.jpeg

Agregar usuario

Limpiar pantalla

Regresar

**Alta de usuario**

Email \*  
sonic@sonic.com

Nombre \*  
sonic@sonic.com

Apellido paterno \*  
sonic@sonic.com

Apellido materno  
sonic@sonic.com

Fecha de nacimiento \*

20.63.73.178 says

OK

Choose Files images.jpeg

Agregar usuario

Limpiar pantalla

Regresar

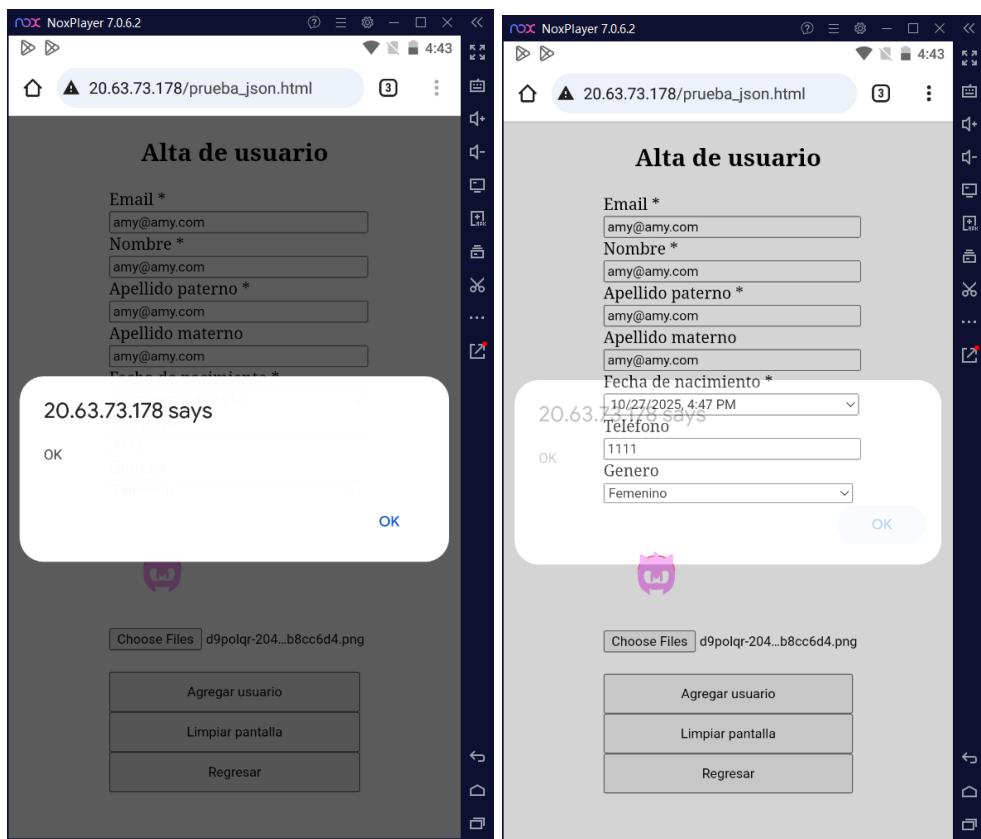
The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application interface, likely running on an Android emulator (NoxPlayer 7.0.6.2) with a dark theme. Both screenshots show a "Alta de usuario" (User Registration) screen.

**Screenshot 1 (Left):**

- Fields:** Email \* (tails@tails.com), Nombre \* (tails@tails.com), Apellido paterno \* (tails@tails.com), Apellido materno (tails@tails.com), Fecha de nacimiento \* (placeholder).
- Message:** A white toast notification at the top says "20.63.73.178 says" followed by a list of values: ID: 11111111, Genero: Masculino, and OK.
- Buttons:** Choose Files, Agregar usuario, Limpiar pantalla, Regresar.

**Screenshot 2 (Right):**

- Fields:** Email \* (tails@tails.com), Nombre \* (tails@tails.com), Apellido paterno \* (tails@tails.com), Apellido materno (tails@tails.com), Fecha de nacimiento \* (10/27/2025, 4:49 PM), Teléfono (1111111111), Genero (Masculino).
- Message:** A white toast notification at the top says "20.63.73.178 says" followed by a list of values: ID: 1111111111, Genero: Masculino, and OK.
- Buttons:** Choose Files, Agregar usuario, Limpiar pantalla, Regresar.



2. Modificación de la imagen de cada usuario.

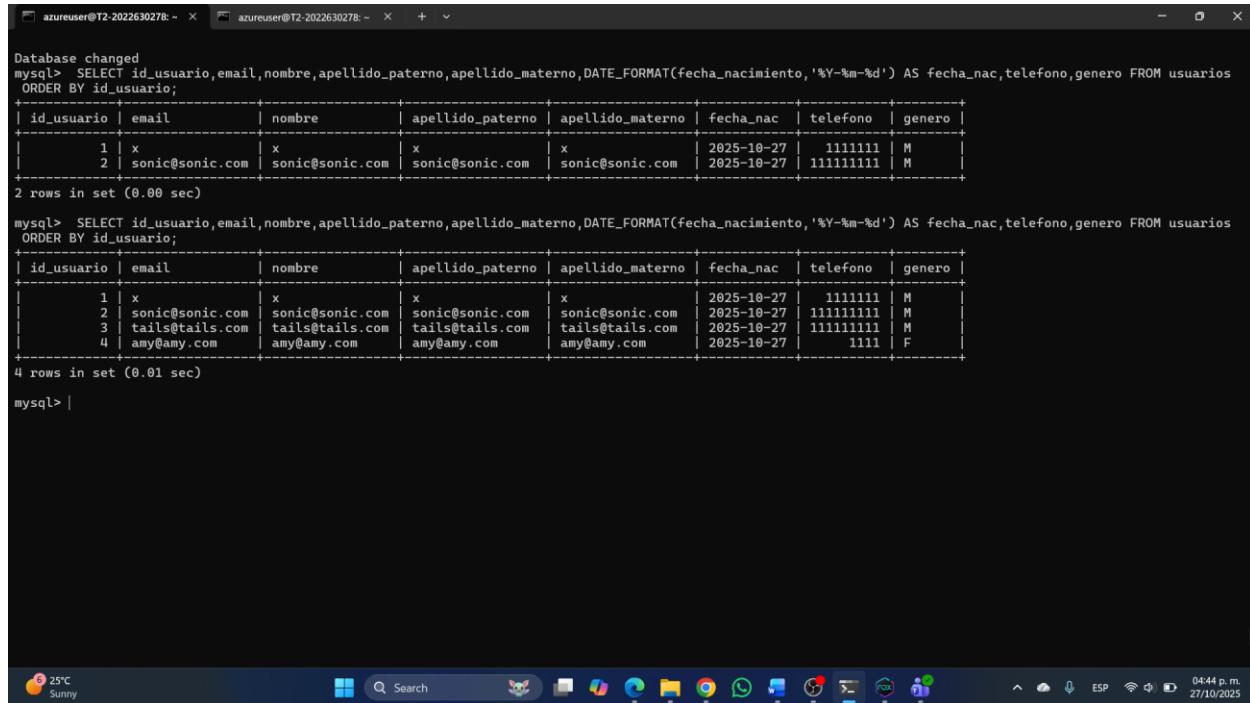
3. Eliminación de un usuario.

Consultas para evidencias (ejecuta en cada VM, después de cada fase):

- Usuarios (campos clave):
  - mysql -u x -pXxxxxxx0 servicio\_web -e "SELECT id\_usuario,email,nombre,apellido\_paterno,apellido\_materno,DATE\_FORMAT(fecha\_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha\_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id\_usuario;"
- Fotos con longitud del blob:
  - mysql -u x -pXxxxxxx0 servicio\_web -e "SELECT id\_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id\_usuario FROM fotos\_usuarios ORDER BY id\_foto;"

Inserta aquí tras cada fase:

- Tras ALTAS (3 usuarios con imagen)



```

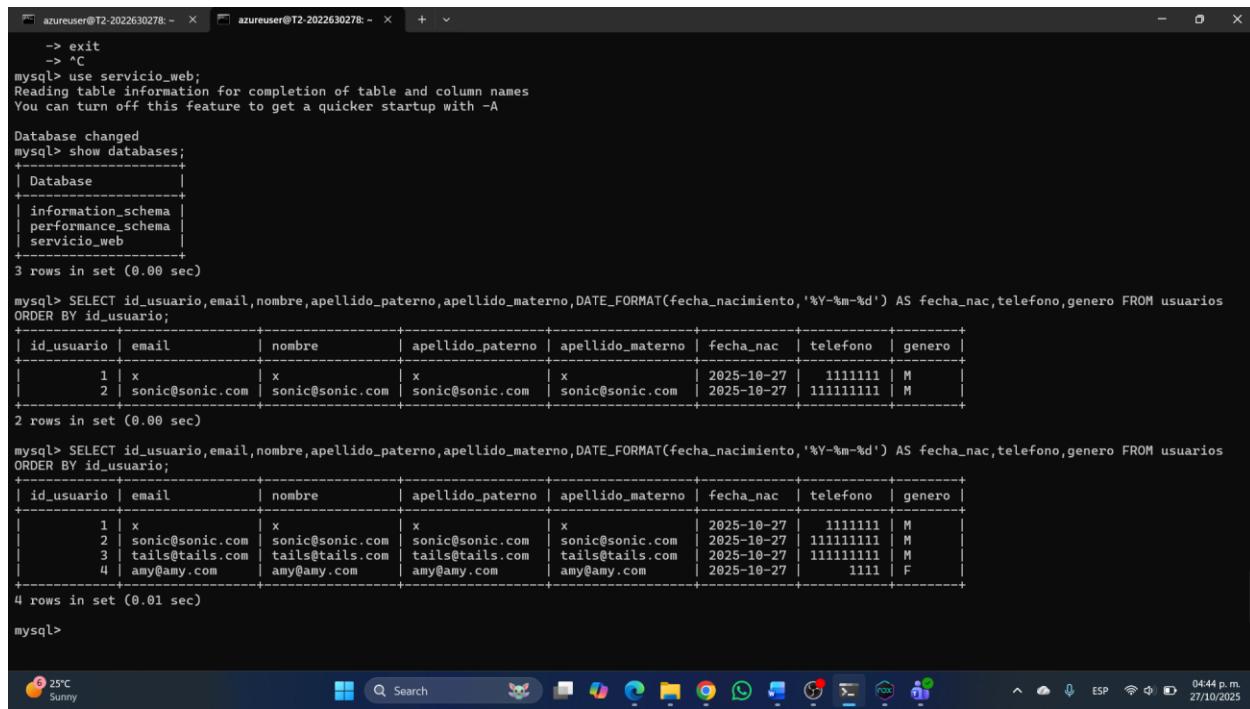
Database changed
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql> |

```

Figura SC-HTTP-11. BD principal — usuarios tras altas



```

-> exit
-> ^C
mysql> use servicio_web;
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> show databases;
+-----+
| Database |
+-----+
| information_schema |
| performance_schema |
| servicio_web |
+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql>

```

Figura SC-HTTP-12. BD réplica — usuarios tras altas

```

azureuser@T2-2022630278: ~ x azureuser@T2-2022630278: ~ + v
+-----+
| 1 | x | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(photo) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+
| 1 | 146412 | 2 |
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql>

```

Figura SC-HTTP-13. BD principal — fotos\_usuarios (LENGTH(photo)) tras altas

```

azureuser@T2-2022630278: ~ x azureuser@T2-2022630278: ~ + v
+-----+
| 1 | x | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

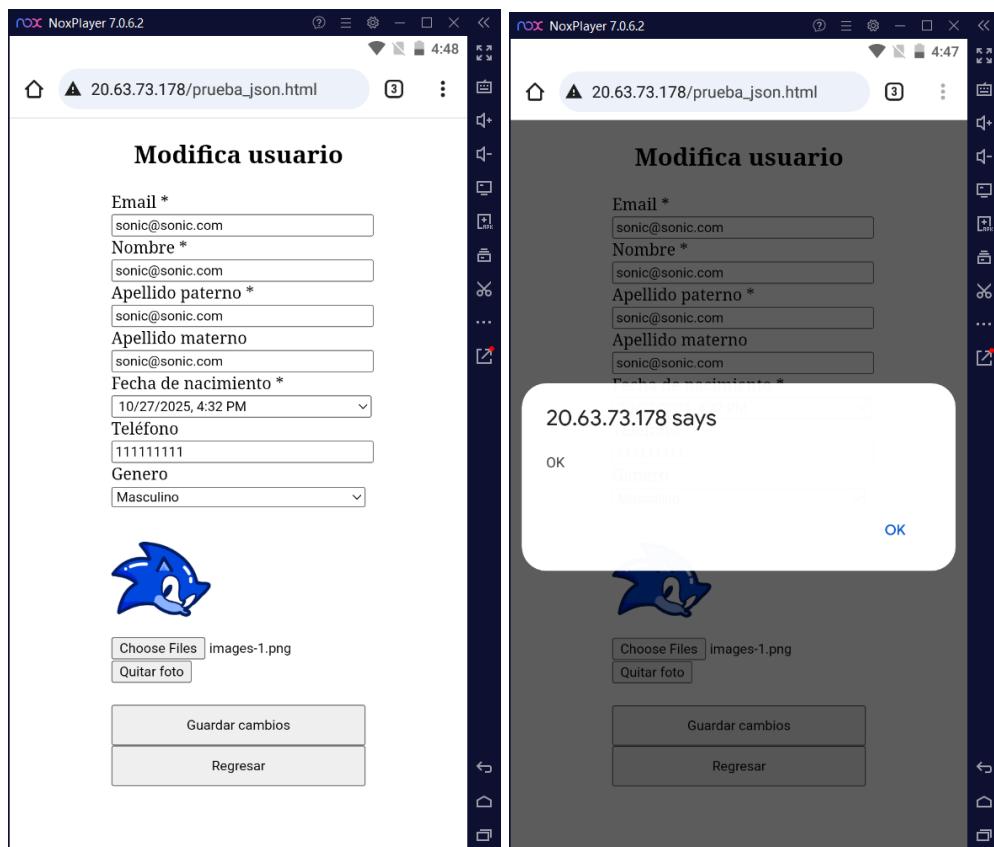
mysql> SELECT id_foto,LENGTH(photo) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+
| 1 | 146412 | 2 |
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
+-----+
3 rows in set (0.01 sec)

mysql>

```

Figura SC-HTTP-14. BD réplica — fotos\_usuarios (LENGTH(photo)) tras altas

- Tras MODIFICAR IMAGEN en cada usuario



```

azureuser@T2-2022630278: ~ x azureuser@T2-2022630278: ~ + ~
+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+
| 1 | 146412 | 2 |
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql>

```

Figura SC-HTT-15. BD principal — usuarios tras modificar imagen

```

azreuser@T2-2022630278:~ azreuser@T2-2022630278:~ + ~
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 1 | 14642 | 2 |
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63060 | 4 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63060 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql>

```

Figura SC-HTTP-16. BD réplica — usuarios tras modificar imagen

```

azreuser@T2-2022630278:~ azreuser@T2-2022630278:~ + ~
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 1 | 14642 | 2 |
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63060 | 4 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63060 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql>

```

Figura SC-HTTP-17. BD principal — fotos\_usuarios tras modificar imagen



```

azureuser@T2-2022630278: ~ azureuser@T2-2022630278: ~ + v
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 1 | 146412 | 2 |
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> |

```

Figura SC-HTTP-18. BD réplica — fotos\_usuarios tras modificar imagen

- Tras ELIMINAR un usuario



```

azureuser@T2-2022630278: ~ azureuser@T2-2022630278: ~ + v
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 1 | 146412 | 2 |
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.01 sec)

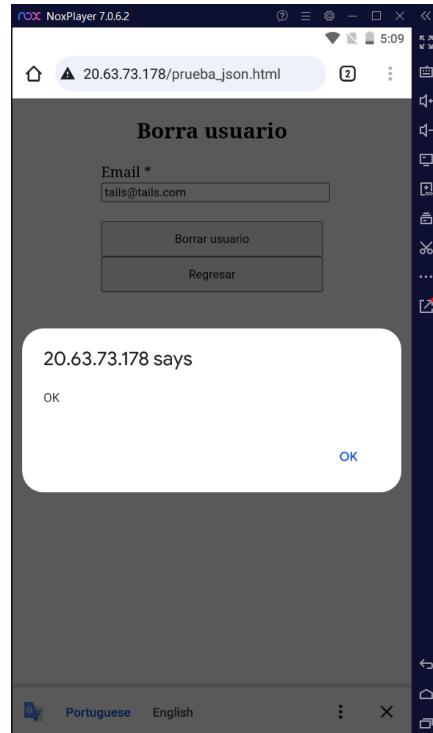
mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 2 | 37762 | 3 |
| 3 | 63068 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql> |

```

Figura SC-HTTP-19. BD principal — usuarios tras eliminar un registro



```

azureuser@T2-2022630278:~ x azureuser@T2-2022630278:~ + ~
Using CATALINA_TMPDIR: /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/temp
Using JRE_HOME: /usr
Using CLASSPATH: /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/bootstrap.jar:/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/tomcat-juli.jar
Using CATALINA_OPTS:
Tomcat started.
azureuser@T2-2022630278:~$ javac AdministradorTrafico.java
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo nohup java AdministradorTrafico 127.0.0.1 8080 10.0.0.5 8080 80 >/home/azureuser/t5-http.log 2>&1 &
[1] 1330
azureuser@T2-2022630278:~$ mysql -u x
Welcome to the MySQL monitor. Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 8
Server version: 8.0.43-0ubuntu0.24.04.2 (Ubuntu)

Copyright (c) 2000, 2025, Oracle and/or its affiliates.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
ERROR 1046 (3D000): No database selected
mysql> use servicio_web;
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql>

```

```

azreuser@T2-2022630278:~ azreuser@T2-2022630278:~ + ~
+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+
| id_usuario | email      | nombre     | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac   | telefono | genero |
+-----+
| 1 | x          | x          | x            | x            | 2025-10-27 | 11111111 | M       |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M       |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M       |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111111111 | F       |
+-----+
4 rows in set (0.07 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+
| id_usuario | email      | nombre     | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac   | telefono | genero |
+-----+
| 1 | x          | x          | x            | x            | 2025-10-27 | 11111111 | M       |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M       |
| 3 | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | tails@tails.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M       |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111111111 | F       |
+-----+
4 rows in set (0.01 sec)

mysql>
mysql>
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+
| id_usuario | email      | nombre     | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac   | telefono | genero |
+-----+
| 1 | x          | x          | x            | x            | 2025-10-27 | 11111111 | M       |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M       |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111111111 | F       |
+-----+
3 rows in set (0.01 sec)

mysql>

```

25°C Sunny 05:09 p.m. 27/10/2025

Figura SC-HTTP-20. BD réplica — usuarios tras eliminar un registro

## 4.7 Eliminación de recursos (HTTP)

Si tu flujo es realizar primero todo HTTP y luego HTTPS en el mismo grupo de recursos, puedes posponer esta limpieza hasta completar la sección 5. Si decides limpiar ahora, elimina cuidadosamente para no afectar la práctica HTTPS.

- En el portal, elimina (o detén) las VMs y recursos asociados (discos, IP pública, NSG, NIC) relativos al escenario HTTP, o bien elimina el Resource Group si lo dedicaste exclusivamente a esta parte.
- Confirma en el portal que ya no quedan recursos huérfanos (discos o IPs estáticas).

Inserta aquí:

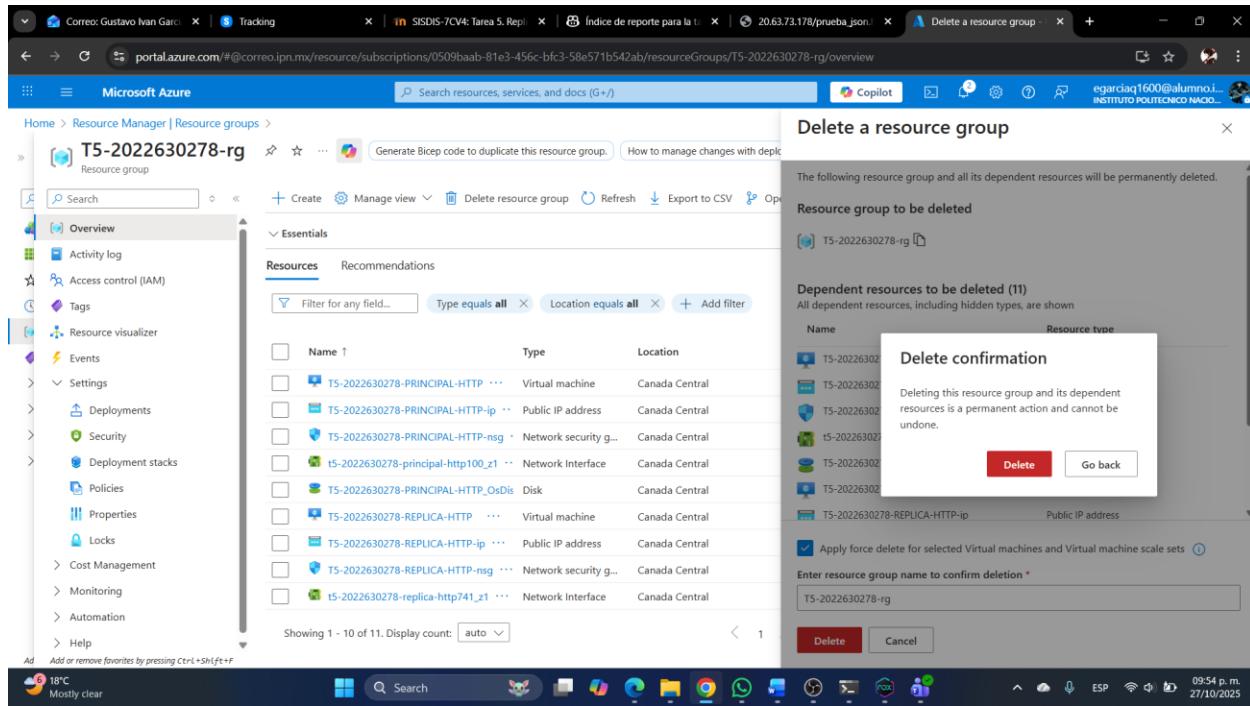


Figura SC-HTTP-21. Eliminación de recursos (confirmación del portal)

Con esto concluye la replicación del sistema HTTP. A continuación, en la sección 5, se implementará la versión HTTPS con terminación TLS, keystore autofirmado y túnel SSH hacia la réplica.

## 5 Replicación de un sistema HTTPS

Este apartado replica el sistema completo, ahora con terminación TLS en la VM principal. El “Administrador de Tráfico SSL” escucha en 443, descifra la conexión con un keystore autofirmado y reenvía en claro a su Tomcat local (productor de la respuesta) y, mediante un túnel SSH, hacia el Tomcat de la réplica. La réplica no queda expuesta públicamente: sólo admite SSH desde la principal para sostener el túnel. Las capturas de esta sección siguen el prefijo SC-HTTPS-xx y deben insertarse justo donde se indica.

### 5.1 Creación de máquinas virtuales desde la imagen de la Tarea 2

Se crean dos VMs nuevas en Canada Central usando la imagen “T2-2022630278-imagen” para garantizar que Java, Tomcat y MySQL ya estén listos. Es obligatorio respetar la nomenclatura:

- VM principal: T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTPS
- VM réplica: T5-2022630278-REPLICA-HTTPS

Mantén ambas en la misma VNet y subred para latencia baja. Asigna IP pública estática a la principal; la réplica puede tener IP pública sólo para administración temporal, aunque no es estrictamente necesario para el flujo de la práctica. Conserva la “última pantalla” de creación porque es evidencia obligatoria.

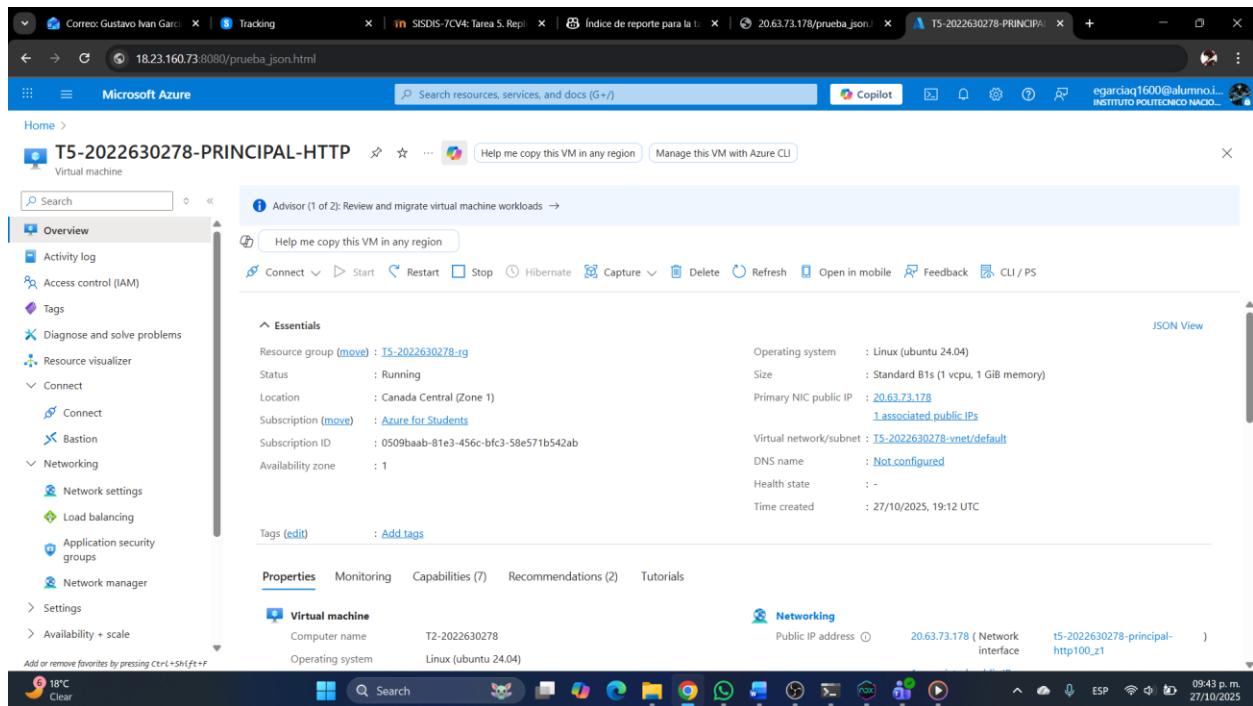


Figura SC-HTTPS-01. Última pantalla de creación de T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTPS

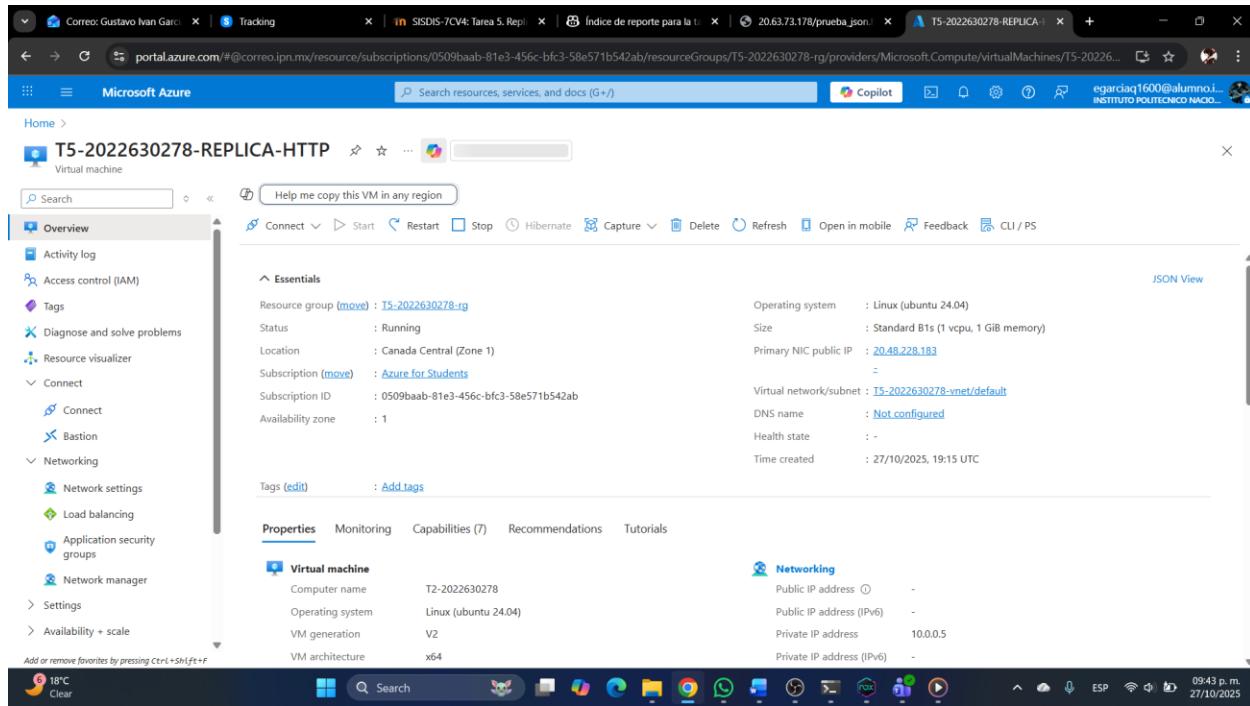


Figura SC-HTTPS-02. Última pantalla de creación de T5-2022630278-REPLICA-HTTPS

## 5.2 Configuración de NSG

El objetivo es exponer 443/TCP únicamente en la principal y permitir SSH hacia la réplica sólo desde la principal, cumpliendo la restricción del enunciado.

- NSG de la principal:
  - Regla de entrada: permitir 443/TCP desde Internet (Source: Any; Destination port: 443; Action: Allow).
- NSG de la réplica:
  - Regla de entrada: permitir 22/TCP con “Source: IP addresses” configurado a la IP privada de la principal, para que sólo ella pueda iniciar el túnel.
  - Si requieres administración directa temporal desde tu equipo, agrega una regla 22/TCP limitada a tu IP pública y elimínala al finalizar.

**Overview**

Resource group (move) : T5-2022630278-rg  
Location : Canada Central  
Subscription (move) : Azure for Students  
Subscription ID : 0509baab-81e3-456c-bfc3-58e571b542ab  
Tags (edit) : Add tags

**Inbound Security Rules**

| Priority ↑ | Name ↑                        | Port ↑ | Protocol ↑ | Source ↑          | Destination ↑  | Action ↑ |
|------------|-------------------------------|--------|------------|-------------------|----------------|----------|
| 300        | SSH                           | 22     | Any        | Any               | Any            | Allow    |
| 340        | HTTPS                         | 443    | Any        | Any               | Any            | Allow    |
| 65000      | AllowVnetInBound              | Any    | Any        | VirtualNetwork    | VirtualNetwork | Allow    |
| 65001      | AllowAzureLoadBalancerInBound | Any    | Any        | AzureLoadBalancer | Any            | Allow    |
| 65500      | DenyAllInBound                | Any    | Any        | Any               | Any            | Deny     |
| 65000      | AllowVnetOutBound             | Any    | Any        | VirtualNetwork    | VirtualNetwork | Allow    |
| 65001      | AllowInternetOutBound         | Any    | Any        | Internet          | Internet       | Allow    |
| 65500      | DenyAllOutBound               | Any    | Any        | Any               | Any            | Deny     |

Figura SC-HTTPS-03. NSG de la principal con regla 443/TCP

**Overview**

Resource group (move) : T5-2022630278-rg  
Location : Canada Central  
Subscription (move) : Azure for Students  
Subscription ID : 0509baab-81e3-456c-bfc3-58e571b542ab  
Tags (edit) : Add tags

**Inbound Security Rules**

| Priority ↑ | Name ↑                        | Port ↑ | Protocol ↑ | Source ↑          | Destination ↑  | Action ↑ |
|------------|-------------------------------|--------|------------|-------------------|----------------|----------|
| 110        | default-allow-ssh             | 22     | Any        | Any               | Any            | Allow    |
| 65000      | AllowVnetInBound              | Any    | Any        | VirtualNetwork    | VirtualNetwork | Allow    |
| 65001      | AllowAzureLoadBalancerInBound | Any    | Any        | AzureLoadBalancer | Any            | Allow    |
| 65500      | DenyAllInBound                | Any    | Any        | Any               | Any            | Deny     |
| 65000      | AllowVnetOutBound             | Any    | Any        | VirtualNetwork    | VirtualNetwork | Allow    |
| 65001      | AllowInternetOutBound         | Any    | Any        | Internet          | Internet       | Allow    |
| 65500      | DenyAllOutBound               | Any    | Any        | Any               | Any            | Deny     |

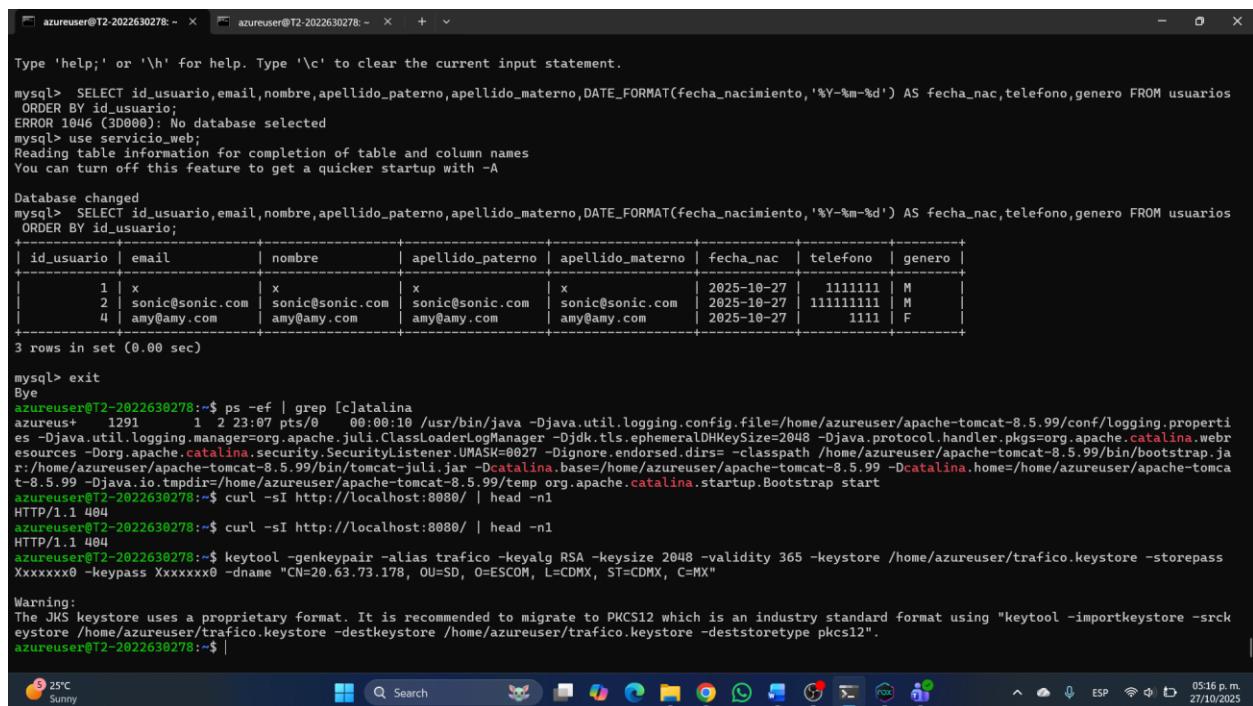
Figura SC-HTTPS-04. NSG de la réplica con 22/TCP restringido a la IP privada de la principal

## 5.3 Verificación de Tomcat en ambas VMs

Antes de montar TLS y el túnel, confirma que Tomcat corre en 8080 tanto en la principal como en la réplica. Si no estuviera activo, levántalo con el script de T2.

Comandos (ejecutar por SSH en cada VM):

- ps -ef | grep [c]atalina
- ss -lntp | grep :8080
- Si hace falta: sh \$CATALINA\_HOME/bin/catalina.sh start
- Prueba local: curl -I http://localhost:8080/ | head -n1



The screenshot shows a terminal window with several command-line sessions:

- MySQL Session:** The user runs a query to select data from the 'usuarios' table. The output shows three rows of data with columns: id\_usuario, email, nombre, apellido\_paterno, apellido\_materno, fecha\_nac, telefono, and genero. The data is as follows:

| id_usuario | email           | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac  | telefono  | genero |
|------------|-----------------|--------|------------------|------------------|------------|-----------|--------|
| 1          | x               | x      | x                | x                | 2025-10-27 | 1111111   | M      |
| 2          | sonic@sonic.com | sonic  | sonic            | sonic            | 2025-10-27 | 111111111 | M      |
| 4          | amy@amy.com     | amy    | amy              | amy              | 2025-10-27 | 1111      | F      |

- Tomcat Startup:** The user runs several commands to start Tomcat:
  - ps -ef | grep [c]atalina
  - curl -I http://localhost:8080/ | head -n1
  - curl -sI http://localhost:8080/ | head -n1
  - keytool -genkeypair -alias trafico -keyalg RSA -keysize 2048 -validity 365 -keystore /home/azureuser/trafico.keystore -storepass XXXXXX0 -keypass XXXXXX0 -dname "CN=20.63.73.178, OU=SD, O=ESCOM, L=CDMX, ST=CDMX, C=MX"
- Warning:** A warning message about the JKS keystore format is displayed.
- System Status:** The bottom of the terminal shows system status icons and a taskbar with various application icons.

Figura SC-HTTPS-05. Tomcat en la principal (proceso/puerto 8080)

```

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.01 sec)

mysql> exit
Bye
azureuser@T2-2022630278:~$ 
azureuser@T2-2022630278:~$ ps -ef | grep [c]atalina
azureus+ 1283 1 0 20:30 ? 00:08:22 /usr/bin/java -Djava.util.logging.config.file=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/conf/logging.properties -Djava.util.logging.manager=org.apache.juli.ClassLoaderLogManager -Djdk.tls.ephemeralDHKeySize=2048 -Djava.protocol.handler.pkgs=org.apache.catalina.webresources -Dorg.apache.catalina.security.SecurityListener.UMASK=0027 -Dignore.endorsed.dirs= -classpath /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/bootstrap.jar:/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/tomcat-juli.jar -Dcatalina.base=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Dcatalina.home=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Djava.io.tmpdir=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/temp org.apache.catalina.startup.Bootstrap start
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -sI http://localhost:8080/ | head -n1
HTTP/1.1 404
azureuser@T2-2022630278:~$ 

```

Figura SC-HTTPS-06. Tomcat en la réplica (proceso/puerto 8080)

## 5.4 Keystore y certificado autofirmado en la principal

El administrador SSL necesita un keystore JKS. Se generará con keytool en la principal. Este certificado es solo para laboratorio; el navegador del móvil mostrará una advertencia que deberás aceptar.

Comando sugerido (en la principal):

```

keytool -genkeypair -alias trafico -keyalg RSA -keysize 2048 -validity 365 \
-keystore /home/azureuser/trafico.keystore \
-storepass Xxxxxxx0 -keypass Xxxxxxx0 \
-dname "CN=IP_PUBLICA_PRINCIPAL, OU=SD, O=ESCOM, L=CDMX, ST=CDMX, C=MX"

```

- Verifica el archivo y su huella:

```
ls -l /home/azureuser/trafico.keystore
```

```
keytool -list -v -keystore /home/azureuser/trafico.keystore -storepass Xxxxxxx0
```

```

azureuser@T2-2022630278:~$ ps -ef | grep [c]atalina
azureus+ 1291 1 2 23:07 pts/0 00:00:10 /usr/bin/java -Djava.util.logging.config.file=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/conf/logging.properties -Djava.util.logging.manager=org.apache.juli.ClassLoaderLogManager -Djdk.tls.ephemeralDHKeySize=2048 -Djava.protocol.handler.pkgs=org.apache.catalina.webresources -Dorg.apache.catalina.security.SecurityListener.UMASK=0027 -Dignore.endorsed.dirs= -classpath /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/bootstrap.jar:/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/tomcat-juli.jar -Dcatalina.base=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Dcatalina.home=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Djava.io.tmpdir=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/temp org.apache.catalina.startup.Bootstrap start
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -sI http://localhost:8080/ | head -n1
HTTP/1.1 404
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -sI http://localhost:8080/ | head -n1
HTTP/1.1 404
azureuser@T2-2022630278:~$ keytool -genkeypair -alias trafico -keyalg RSA -keysize 2048 -validity 365 -keystore /home/azureuser/trafico.keystore -storepass XXXXXXX0 -keypass XXXXXXX0 -dname "CN=20.63.73.178, OU=SD, O=ESCOM, L=CDMX, ST=CDMX, C=MX"
Warning:
The JKS keystore uses a proprietary format. It is recommended to migrate to PKCS12 which is an industry standard format using "keytool -importkeystore -srckeystore /home/azureuser/trafico.keystore -destkeystore /home/azureuser/trafico.keystore -deststoretype pkcs12".
azureuser@T2-2022630278:~$ ls
'AdministradorTrafico$Worker_1.class'  AdministradorTrafico.java    WSClient.js          prueba_json.html
t5-http.log                            usuario_sin_foto.png      Servicio               apache-tomcat-8.5.99  prueba_url.html
'AdministradorTrafico$Worker_2.class'  Servicio                 iniciar.sh           setup_tomcat8.sh
tarea2
AdministradorTrafico.class            Servicio.zip
trafico.keystore
azureuser@T2-2022630278:~$ exit
logout

```

The screenshot shows a terminal window on a Windows desktop. The terminal output displays the creation of a keystore named 'trafico' using the 'keytool' command, specifying RSA encryption with a key size of 2048 bits, a validity of 365 days, and a password of 'XXXXXX0'. It also lists files in the current directory, including Java class files, configuration scripts, and a ZIP file. The desktop taskbar at the bottom shows various application icons.

Figura SC-HTTPS-07. Keystore generado y listado por keytool en la principal

## 5.5 Modificación, copia y compilación de AdministradorTraficoSSL.java

Abre el archivo fuente para confirmar que las constantes del keystore apuntan a la ruta y contraseña que acabas de crear:

- KEYSTORE\_PATH = /home/azureuser/trafico.keystore
- KEYSTORE\_PASS = XXXXXXX0

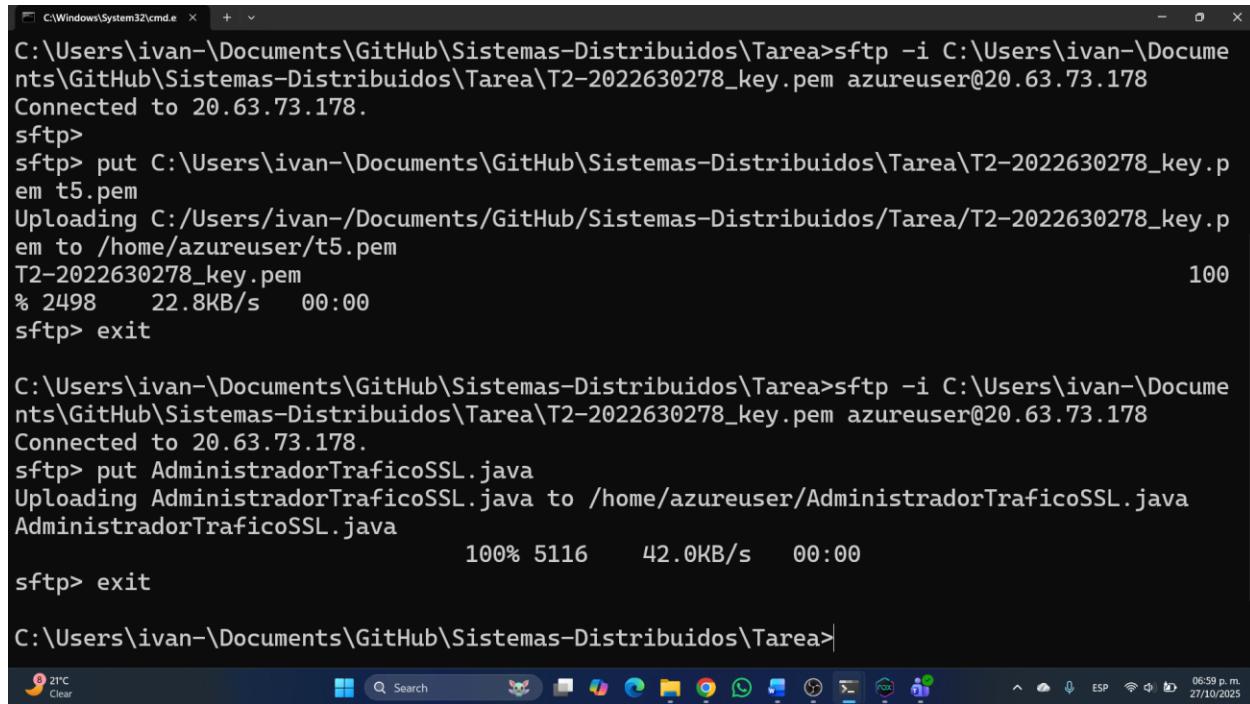
Si editas el archivo localmente, cópialo a la principal. Recuerda que SFTP sólo se usa cuando hay transferencia de archivos (este es uno de esos casos).

- Copia desde Windows 11:

```
sftp -i C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea\T2-2022630278_key.pem azureuser@20.63.73.178
```

```
put AdministradorTraficoSSL.java
```

```
exit
```



```

C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea>sftp -i C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea\T2-2022630278_key.pem azureuser@20.63.73.178
Connected to 20.63.73.178.
sftp>
sftp> put C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea\T2-2022630278_key.pem t5.pem
Uploading C:/Users/ivan-/Documents/GitHub/Sistemas-Distribuidos/Tarea/T2-2022630278_key.pem to /home/azureuser/t5.pem
T2-2022630278_key.pem
% 2498    22.8KB/s  00:00                                         100
sftp> exit

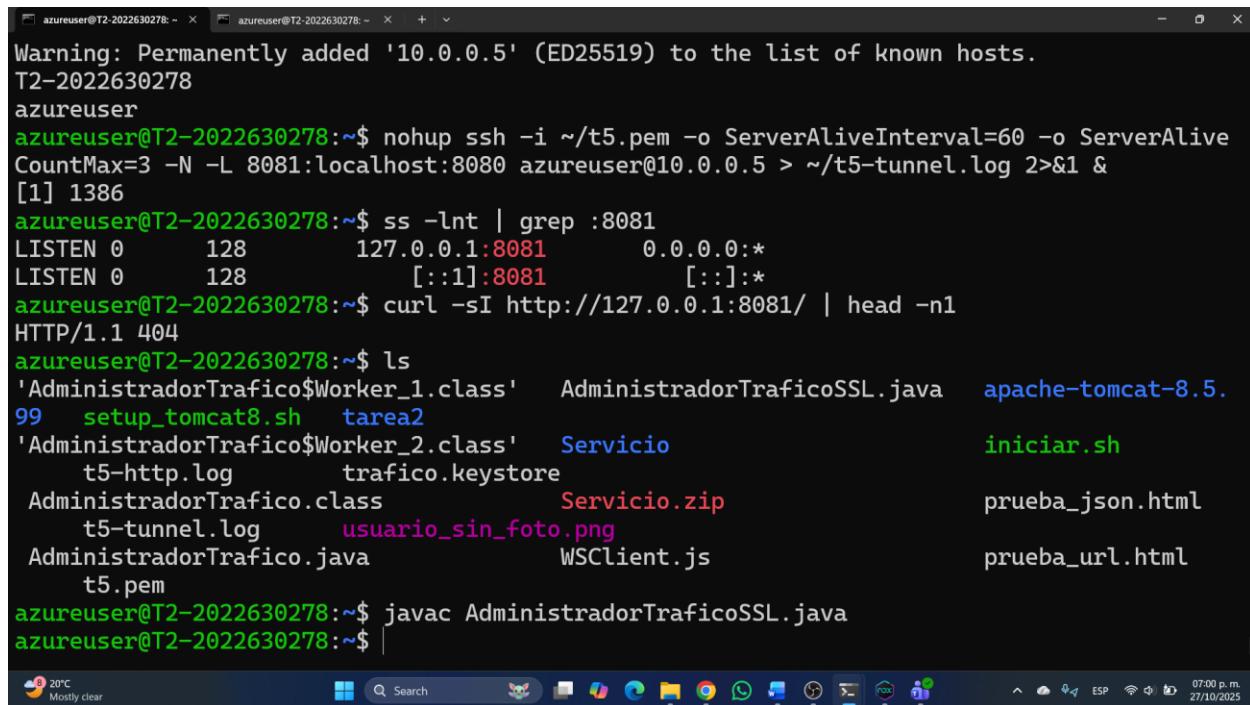
C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea>sftp -i C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea\T2-2022630278_key.pem azureuser@20.63.73.178
Connected to 20.63.73.178.
sftp> put AdministradorTraficoSSL.java
Uploading AdministradorTraficoSSL.java to /home/azureuser/AdministradorTraficoSSL.java
AdministradorTraficoSSL.java
          100% 5116      42.0KB/s  00:00
sftp> exit

C:\Users\ivan-\Documents\GitHub\Sistemas-Distribuidos\Tarea>

```

- Compila en la principal:

javac AdministradorTraficoSSL.java



```

azureuser@T2-2022630278:~$ Warning: Permanently added '10.0.0.5' (ED25519) to the list of known hosts.
T2-2022630278
azureuser
azureuser@T2-2022630278:~$ nohup ssh -i ~/t5.pem -o ServerAliveInterval=60 -o ServerAliveCountMax=3 -N -L 8081:localhost:8080 azureuser@10.0.0.5 > ~/t5-tunnel.log 2>&1 &
[1] 1386
azureuser@T2-2022630278:~$ ss -lnt | grep :8081
LISTEN 0      128          127.0.0.1:8081          0.0.0.0:*
LISTEN 0      128          [::1]:8081           [::]:*
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -sI http://127.0.0.1:8081/ | head -n1
HTTP/1.1 404
azureuser@T2-2022630278:~$ ls
'AdministradorTrafico$Worker_1.class'  AdministradorTraficoSSL.java      apache-tomcat-8.5.
99  setup_tomcat8.sh   tarea2
'AdministradorTrafico$Worker_2.class'  Servicio                      iniciar.sh
      t5-http.log        trafico.keystore
      AdministradorTrafico.class      Servicio.zip                  prueba_json.html
      t5-tunnel.log       usuario_sin_foto.png
      AdministradorTrafico.java      WSClient.js                 prueba_url.html
      t5.pem
azureuser@T2-2022630278:~$ javac AdministradorTraficoSSL.java
azureuser@T2-2022630278:~$ 

```

Figura SC-HTTPS-08. Edición/visualización del código con ruta/contraseña del keystore

## 5.6 Creación del túnel SSH principal → réplica

El túnel expone un puerto local (por ejemplo 8081) en la principal que reenvía hacia localhost:8080 en la réplica. Así, el administrador SSL puede hablar con la réplica sin abrir 8080 al público. La autenticación debe ser por llave, sin contraseña.

Ruta más directa en este laboratorio:

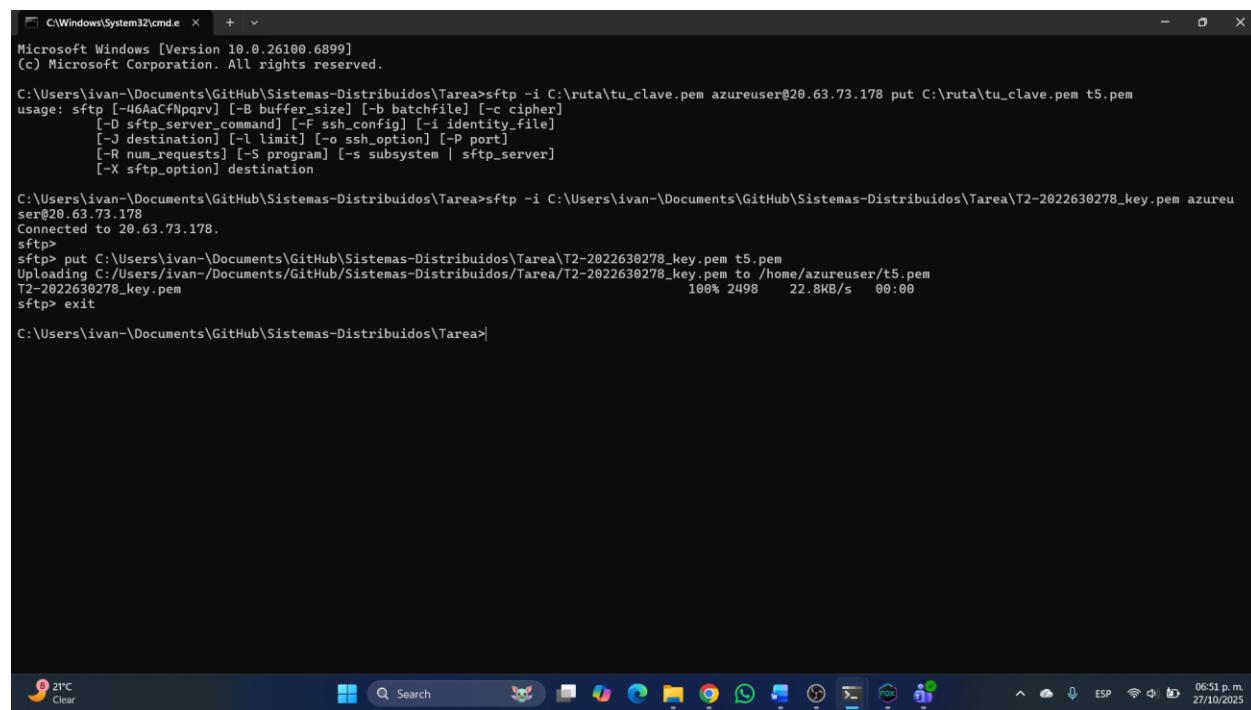
- Copia a la principal la misma llave privada que autoriza a azureuser en ambas VMs (la usada en T2), protégela y crea el túnel:

# En la principal

```
sftp -i C:\ruta\tu_clave.pem azureuser@IP_PUBLICA_PRINCIPAL (desde Windows)
```

```
put C:\ruta\tu_clave.pem t5.pem
```

```
exit
```



The screenshot shows a Windows Command Prompt window titled 'C:\Windows\System32\cmd.exe'. The command entered was 'sftp -i C:\ruta\tu\_clave.pem azureuser@20.63.73.178 put C:\ruta\tu\_clave.pem t5.pem'. The output shows the connection to port 20.63.73.178, the upload of 't5.pem' to '/home/azureuser/t5.pem' (100% complete at 22.8KB/s), and the command 'sftp> exit'.

En la VM principal (10.0.0.4), protege la clave y prueba SSH hacia la réplica:

```
chmod 600 ~/t5.pem
```

```
ssh -i ~/t5.pem azureuser@10.0.0.5 "hostname && whoami"
```

```

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

System information as of Tue Oct 28 00:27:42 UTC 2025

System load: 0.0      Processes: 118
Usage of /: 9.4% of 28.02GB  Users logged in: 1
Memory usage: 88%    IPv4 address for eth0: 10.0.0.4
Swap usage: 0%

Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.

29 updates can be applied immediately.
6 of these updates are standard security updates.
To see these additional updates run: apt list --upgradable

Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status

Last login: Tue Oct 28 00:27:44 2025 from 201.162.243.219
azureuser@T2-2022630278:~$ 
azureuser@T2-2022630278:~$ ls
'AdministradorTrafico$Worker_1.class'  AdministradorTrafico.java  WSClient.js      prueba_json.html  t5-http.log  trafico.keystore
'AdministradorTrafico$Worker_2.class'  apache-tomcat-8.5.99   prueba_url.html  t5.pem        usuario_sin_foto.png
AdministradorTrafico.class            Servicio.zip          iniciar.sh     setup_tomcat8.sh  tarea2
azureuser@T2-2022630278:~$ chmod 600 ~/t5.pem ssh -i ~/t5.pem azureuser@10.0.0.5 "hostname && whoami"
chmod: invalid option -- 'i'
Try 'chmod --help' for more information.
azureuser@T2-2022630278:~$ chmod 600 ~/t5.pem
azureuser@T2-2022630278:~$ ssh -i ~/t5.pem azureuser@10.0.0.5 "hostname && whoami"
The authenticity of host '10.0.0.5 (10.0.0.5)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:OKlu43Pl/LgUQ4g788KG0ZEilOSTUKNM/uifXyTQ2Zk.
This key is not known by any other names.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '10.0.0.5' (ED25519) to the list of known hosts.
T2-2022630278
azureuser
azureuser@T2-2022630278:~|
```

Crear el túnel local 8081 → réplica:8080 (en background y con keep-alives):

```
nohup ssh -i ~/t5.pem -N -L 8081:localhost:8080 azureuser@IP_PRIVADA_REPLICA
>/home/azureuser/t5-tunnel.log 2>&1 &
```

## 2. Verificar el túnel

- Ver que el 8081 está escuchando: ss -lnt | grep :8081
- Probar que llega al Tomcat de la réplica: curl -sI <http://127.0.0.1:8081/> | head -n1  
Debería dar HTTP/1.1 200 OK (o similar).

```

System load: 0.0      Processes:        118
Usage of /: 9.4% of 28.02GB  Users logged in: 1
Memory usage: 88%          IPv4 address for eth0: 10.0.0.4
Swap usage: 0%

Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.

29 updates can be applied immediately.
6 of these updates are standard security updates.
To see these additional updates run: apt list --upgradable

Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status

Last login: Tue Oct 28 00:27:44 2025 from 201.162.243.219
azureuser@T2-2022630278:~$ 
azureuser@T2-2022630278:~$ ls
'AdministradorTrafico$Worker_1.class'  AdministradorTrafico.java    WSClient.js      prueba_json.html   t5-http.log    trafico.keystore
'AdministradorTrafico$Worker_2.class'  Servicio                apache-tomcat-8.5.99  prueba_url.html  t5.pem       usuario_sin_foto.png
'AdministradorTrafico.class'           Servicio.zip            iniciar.sh        setup_tomcat8.sh  tarea2
azureuser@T2-2022630278:~$ chmod 600 ~/t5.pem ssh -i ~/t5.pem azureuser@10.0.0.5 "hostname && whoami"
chmod: invalid option -- 'i'
Try 'chmod --help' for more information.
azureuser@T2-2022630278:~$ chmod 600 ~/t5.pem
azureuser@T2-2022630278:~$ ssh -i ~/t5.pem azureuser@10.0.0.5 "hostname && whoami"
The authenticity of host '10.0.0.5 (10.0.0.5)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:OKlu43P1/LgUQ4g788KG0ZEl0STURNM/uifXyTQ2zk.
This key is not known by any other names.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '10.0.0.5' (ED25519) to the list of known hosts.
T2-2022630278
azureuser
azureuser@T2-2022630278:~$ nohup ssh -i ~/t5.pem -o ServerAliveInterval=60 -o ServerAliveCountMax=3 -N -L 8081:localhost:8080 azureuser@10.0.0.5 > ~/t5-tunn
el.log 2>&1 &
[1] 1386
azureuser@T2-2022630278:~$ ss -lnt | grep :8081
LISTEN 0      128          127.0.0.1:8081          0.0.0.0:*
LISTEN 0      128          [::]:8081           [::]:*

```

## 5. Usar en tu programa SSL

- Ejecuta en la principal: sudo nohup java AdministradorTraficoSSL 127.0.0.1 8080  
127.0.0.1 8081 443 > ~/t5-https.log 2>&1 &

## 6. Detener el túnel cuando termines

- Identifica y mata el proceso: pgrep -f "ssh .\* -L 8081:localhost:8080  
azureuser@10.0.0.5" | xargs -r kill
- Borra la clave que subiste por seguridad: shred -u ~/t5.pem

```

azureuser@T2-2022630278:~$ ss -lnt | grep :8081
LISTEN 0      128          127.0.0.1:8081          0.0.0.0:*
LISTEN 0      128          [::1]:8081            [::]:*
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -sI http://127.0.0.1:8081/ | head -n1
HTTP/1.1 404
azureuser@T2-2022630278:~$ ls
'AdministradorTrafico$Worker_1.class'   AdministradorTraficoSSL.java      apache-tomcat-8.5.
99  setup_tomcat8.sh    tarea2
'AdministradorTrafico$Worker_2.class'   Servicio                      iniciar.sh
          t5-https.log      trafico.keystore
AdministradorTrafico.class           Servicio.zip                  prueba_json.html
          t5-tunnel.log     usuario_sin_foto.png
AdministradorTrafico.java           WSClient.js                  prueba_url.html
          t5.pem
azureuser@T2-2022630278:~$ javac AdministradorTraficoSSL.java
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo nohup java AdministradorTraficoSSL 127.0.0.1 8080 127.0.0.1 8081 443 > ~/t5-https.log 2>&1 &
[2] 1480
azureuser@T2-2022630278:~$ ss -lnt | grep :8081
LISTEN 0      128          127.0.0.1:8081          0.0.0.0:*
LISTEN 0      128          [::1]:8081            [::]:*
azureuser@T2-2022630278:~$ |

```

Figura SC-HTTPS-09. Túnel SSH activo (prueba del puerto local 8081)

## 5.7 Ejecución del AdministradorTraficoSSL en 443

Con el keystore listo y el túnel activo, ejecuta el administrador SSL para escuchar en 443. Recibirá peticiones del cliente, y reenviará a:

- 127.0.0.1:8080 (Tomcat local, de donde sale la respuesta)
- 127.0.0.1:8081 (extremo local del túnel hacia la réplica)

Comando:

```
sudo nohup java AdministradorTraficoSSL 127.0.0.1 8080 127.0.0.1 8081 443
>/home/azureuser/t5-https.log 2>&1 &
```

```
sudo ss -lntp | grep :443
```

```
tail -n +1 -f /home/azureuser/t5-https.log # si necesitas diagnosticar
```

```
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -sI http://127.0.0.1:8081/ | head -n1
HTTP/1.1 404
azureuser@T2-2022630278:~$ ls
'AdministradorTrafico$Worker_1.class'  AdministradorTraficoSSL.java      apache-tomcat-8.5.
99  setup_tomcat8.sh    tarea2                                         iniciar.sh
'AdministradorTrafico$Worker_2.class'  Servicio                         prueba_json.html
          t5-http.log        trafico.keystore
AdministradorTrafico.class           Servicio.zip
          t5-tunnel.log       usuario_sin_foto.png
AdministradorTrafico.java           WSClient.js
          t5.pem
t5.pem
azureuser@T2-2022630278:~$ javac AdministradorTraficoSSL.java
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo nohup java AdministradorTraficoSSL 127.0.0.1 8080 127.0.0
.1 8081 443 > ~/t5-https.log 2>&1 &
[2] 1480
azureuser@T2-2022630278:~$ ss -lnt | grep :8081
LISTEN 0      128          127.0.0.1:8081          0.0.0.0:*
LISTEN 0      128          [::1]:8081            [::]:*
azureuser@T2-2022630278:~$ sudo ss -lntp | grep :443
LISTEN 0      50           *:443                *:*      users:(("java",pid=1482,fd=24)
)
azureuser@T2-2022630278:~$ |
```

Figura SC-HTTPS-11. Puerto 443 escuchando por el administrador (ss -lntp)

## 5.8 Prueba desde dispositivo móvil (HTTPS)

Desde el móvil, accede a la IP pública de la principal con protocolo seguro. El navegador mostrará una advertencia por el certificado autofirmado; acepta el riesgo para continuar con las pruebas académicas.

- URL: [https://IP\\_PUBLICA\\_PRINCIPAL/prueba\\_json.html](https://IP_PUBLICA_PRINCIPAL/prueba_json.html)
- Verifica carga del SPA y operaciones básicas.

Inserta aquí:

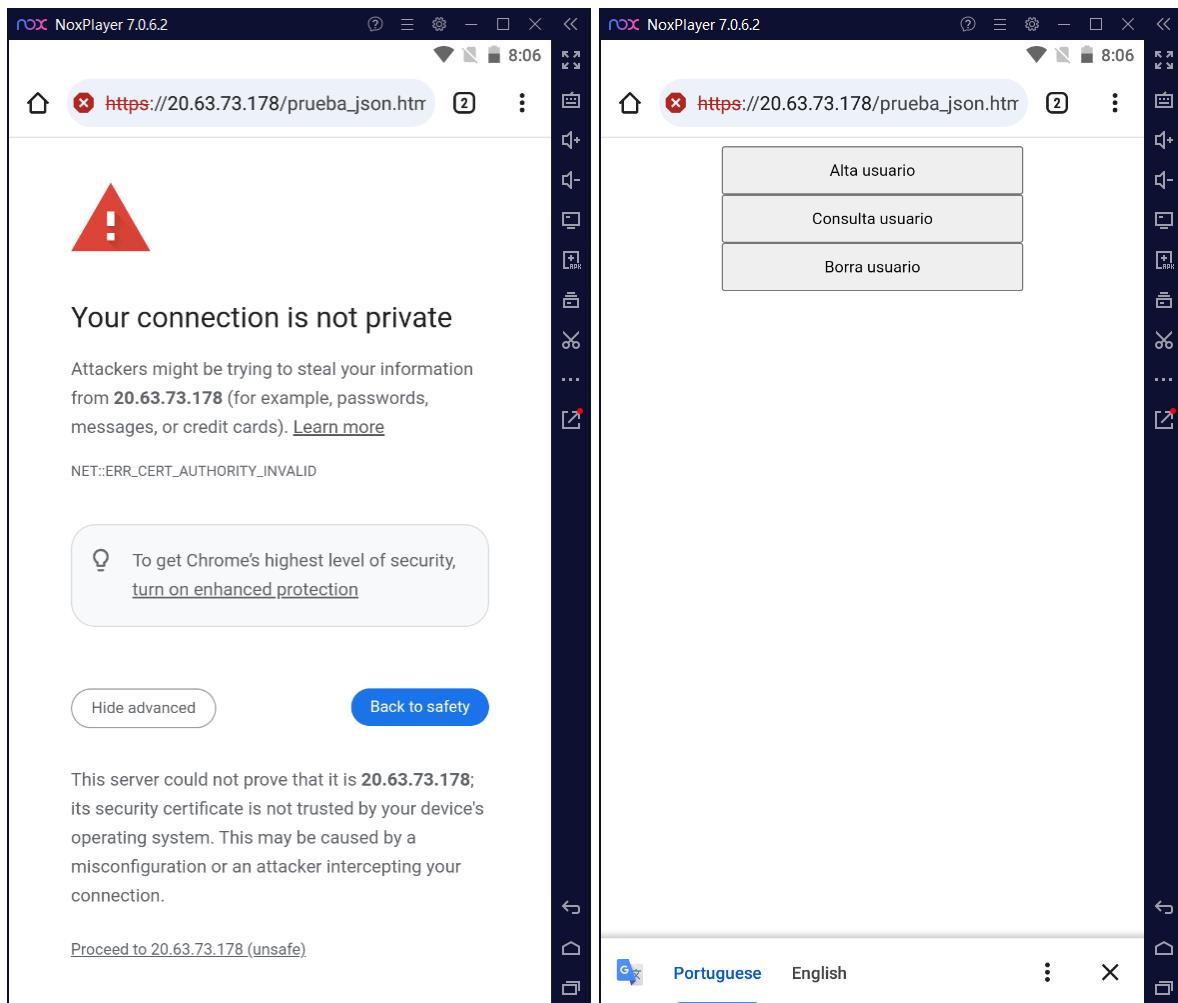


Figura SC-HTTPS-12. Acceso desde el móvil con https y aviso de certificado autofirmado

## 5.9 Pruebas funcionales requeridas (HTTPS)

La consigna exige tres ejercicios y evidencia del contenido de tablas en ambas VMs. Usa datos no personales e imágenes de prueba, igual que en HTTP. El patrón de replicación es idéntico, pero aquí la entrada llega por 443 y el salto hacia la réplica viaja cifrado por el túnel.

Orden de pruebas:

1. Alta de 3 usuarios incluyendo imagen.

Nox NoxPlayer 7.0.6.2

8:10

https://20.63.73.178/prueba\_json.htr

## Alta de usuario

Email \*

Nombre \*

Apellido paterno \*

Apellido materno

Fecha de nacimiento \*

Teléfono

Genero

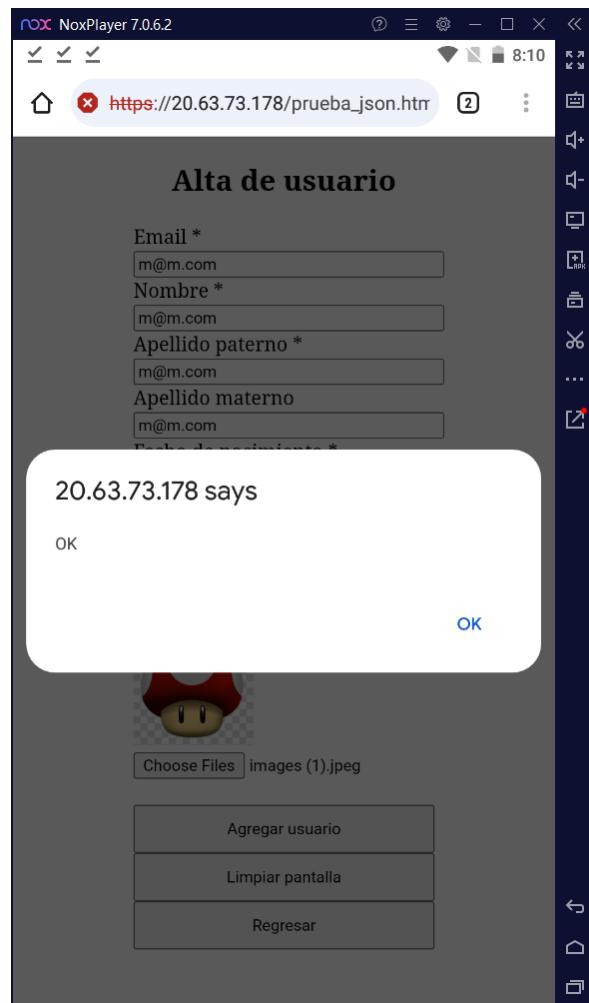


Choose Files images (1).jpeg

Agregar usuario

Limpiar pantalla

Regresar



Nox NoxPlayer 7.0.6.2

8:11

https://20.63.73.178/prueba\_json.htm

### Alta de usuario

Email \*  
s@s.com

Nombre \*  
s@s.com

Apellido paterno \*  
s@s.com

Apellido materno  
s@s.com

Fecha de nacimiento \*

20.63.73.178 says

OK

OK

Choose Files super-mario...lustration.jpg

Agregar usuario

Limpiar pantalla

Regresar

Nox NoxPlayer 7.0.6.2

8:11

https://20.63.73.178/prueba\_json.htm

### Alta de usuario

Email \*  
s@s.com

Nombre \*  
s@s.com

Apellido paterno \*  
s@s.com

Apellido materno  
s@s.com

Fecha de nacimiento \*

20.63.73.178 says

OK

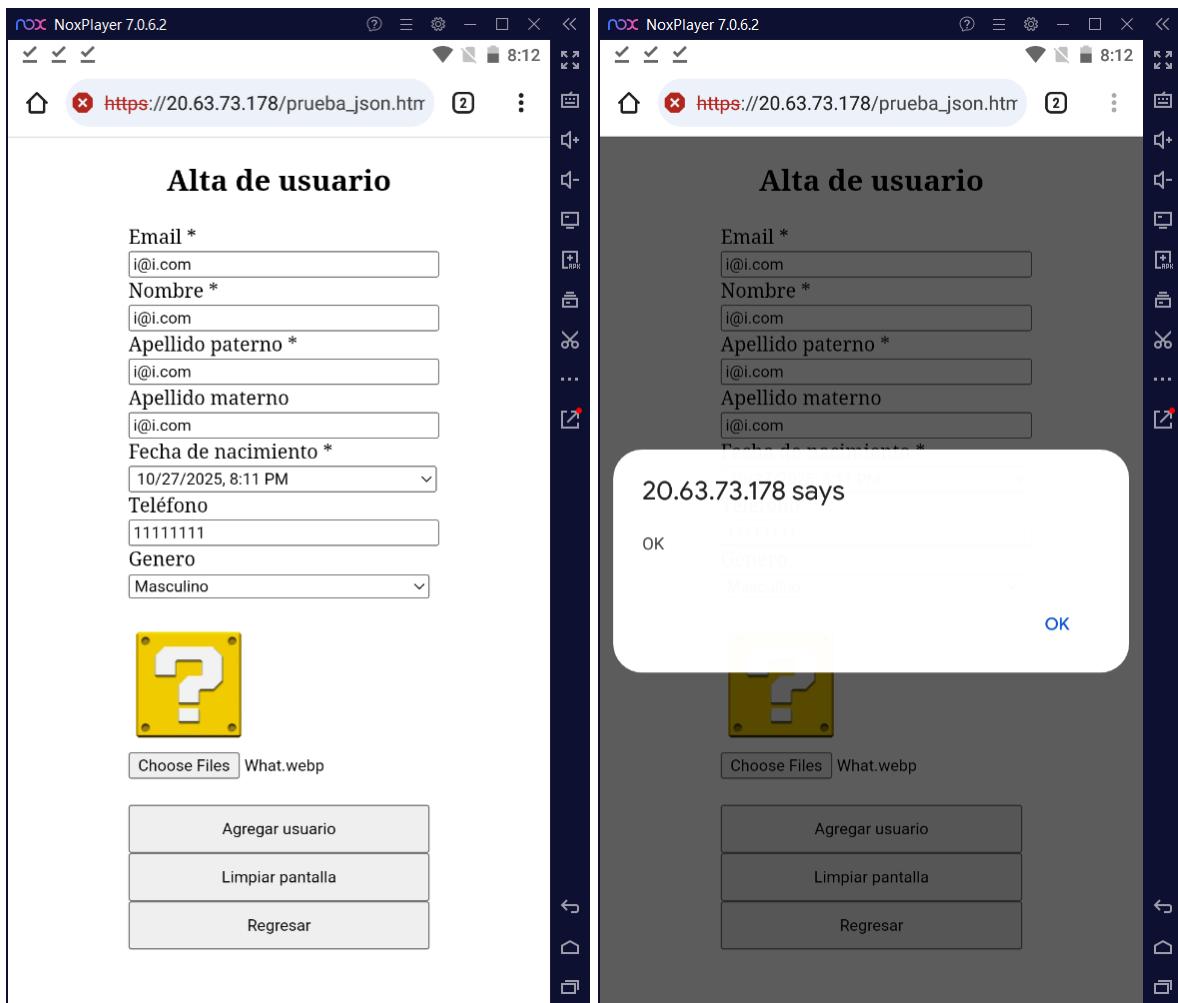
OK

Choose Files super-mario...lustration.jpg

Agregar usuario

Limpiar pantalla

Regresar



2. Modificación del número de teléfono de cada usuario.

3. Eliminación de un usuario.

Consultas para evidencias (ejecuta en cada VM inmediatamente después de cada fase):

# Usuarios con campos principales

```
mysql -u x
```

```
use servicio_web
```

```
SELECT
id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
```

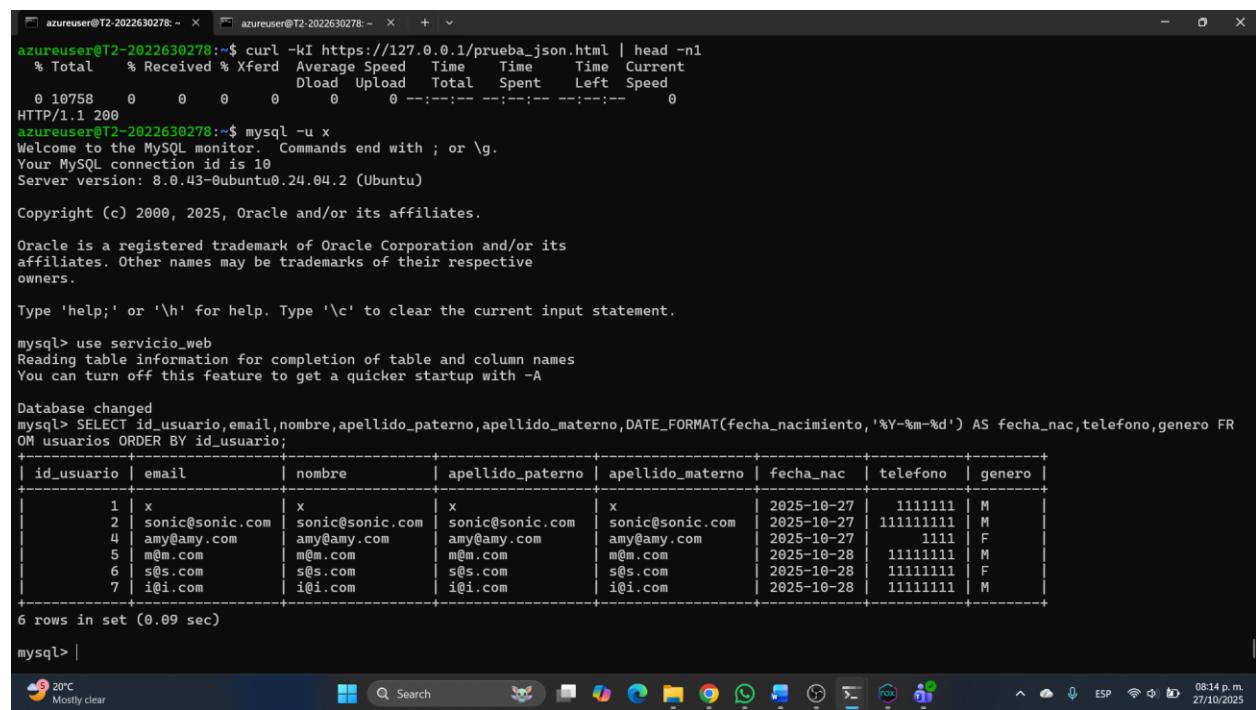
```
# Fotos con longitud de blob
```

```
mysql -u x
```

```
use servicio_web
```

```
SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
```

- Tras ALTAS (3 usuarios con imagen)



The screenshot shows a terminal window with the following content:

```
azureuser@T2-2022630278:~$ curl -kI https://127.0.0.1/prueba_json.html | head -n1
% Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time   Time     Current
          Dload  Upload   Total Spent  Left Speed
0 10758      0      0      0      0      0 --:--:-- --:--:-- --:--:-- 0
HTTP/1.1 200
azureuser@T2-2022630278:~$ mysql -u x
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 18
Server version: 8.0.43-0ubuntu0.24.04.2 (Ubuntu)

Copyright (c) 2000, 2025, Oracle and/or its affiliates.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql> use servicio_web
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      1 | x    | x    | x    | x    | 2025-10-27 | 11111111 | M    |
|      2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M    |
|      4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111111111 | F    |
|      5 | m@m.com | m@m.com | m@m.com | m@m.com | 2025-10-28 | 1111111111 | M    |
|      6 | s@s.com | s@s.com | s@s.com | s@s.com | 2025-10-28 | 1111111111 | F    |
|      7 | i@i.com | i@i.com | i@i.com | i@i.com | 2025-10-28 | 1111111111 | M    |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.09 sec)

mysql> |
```

The terminal window also shows system status at the bottom: 20°C, Mostly clear, 08:14 p.m., 27/10/2025.

Figura SC-HTTPS-13. BD principal — usuarios tras altas

```

azureuser@T2-2022630278:~ $ curl -sI http://127.0.0.1:8081/prueba_json.html | head -n1
azureuser@T2-2022630278:~ $ ps -ef | grep [c]atalina
azureus+ 1283 1 0 Oct27 ? 00:08:32 /usr/bin/java -Djava.util.logging.config.file=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/conf/logging.properties -Djava.util.logging.manager=org.apache.juli.ClassLoaderLogManager -Djdk.tls.ephemeralDHKeySize=2048 -Djava.protocol.handler.pkgs=org.apache.catalina.webresources -Dorg.apache.catalina.security.SecurityListener.UMASK=0027 -Dignore.endorsed.dirs= -classpath /home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/bootstrap.jar:/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/bin/tomcat-juli.jar -Dcatalina.base=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Dcatalina.home=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99 -Djava.io.tmpdir=/home/azureuser/apache-tomcat-8.5.99/temp org.apache.catalina.startup.Bootstrap start
azureuser@T2-2022630278:~ $ mysql -u x
Welcome to the MySQL monitor. Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 16
Server version: 8.0.43-0ubuntu0.24.04.2 (Ubuntu)

Copyright (c) 2000, 2025, Oracle and/or its affiliates.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql> use servicio_web
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
| 5 | m@m.com | m@m.com | m@m.com | m@m.com | 2025-10-28 | 11111111 | M |
| 6 | s@s.com | s@s.com | s@s.com | s@s.com | 2025-10-28 | 11111111 | F |
| 7 | i@i.com | i@i.com | i@i.com | i@i.com | 2025-10-28 | 11111111 | M |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.02 sec)

mysql> |

```

Figura SC-HTTPS-14. BD réplica — usuarios tras altas

```

azureuser@T2-2022630278:~ $ Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql> use servicio_web
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
| 5 | m@m.com | m@m.com | m@m.com | m@m.com | 2025-10-28 | 11111111 | M |
| 6 | s@s.com | s@s.com | s@s.com | s@s.com | 2025-10-28 | 11111111 | F |
| 7 | i@i.com | i@i.com | i@i.com | i@i.com | 2025-10-28 | 11111111 | M |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.09 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+----+-----+-----+
| 3 | 63060 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
| 5 | 9998 | 5 |
| 6 | 10544 | 6 |
| 7 | 3280 | 7 |
+----+-----+-----+
5 rows in set (0.11 sec)

mysql> |

```

Figura SC-HTTPS-15. BD principal — fotos\_usuarios (LENGTH(foto)) tras altas

```

azreuser@T2-2022630278:~ azreuser@T2-2022630278:~ + ~
Copyright (c) 2000, 2025, Oracle and/or its affiliates.
Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.
Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.
mysql> use servicio_web
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A
Database changed
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios
ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111 | F |
| 5 | m@m.com | m@m.com | m@m.com | m@m.com | 2025-10-28 | 11111111 | M |
| 6 | s@s.com | s@s.com | s@s.com | s@s.com | 2025-10-28 | 11111111 | F |
| 7 | i@i.com | i@i.com | i@i.com | i@i.com | 2025-10-28 | 11111111 | M |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.02 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 3 | 63060 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
| 5 | 9998 | 5 |
| 6 | 10544 | 6 |
| 7 | 3280 | 7 |
+-----+-----+-----+
5 rows in set (0.00 sec)

mysql> |

```

20°C Mostly clear      08:15 p.m. 27/10/2025

Figura SC-HTTPS-16. BD réplica — fotos\_usuarios (LENGTH(foto)) tras altas

- Tras MODIFICAR TELÉFONO en cada usuario

Nox NoxPlayer 7.0.6.2

8:17

https://20.63.73.178/prueba\_json.htm

### Modifica usuario

Email \*  
i@i.com

Nombre \*  
i@i.com

Apellido paterno \*  
i@i.com

Apellido materno  
i@i.com

Fecha de nacimiento \*

20.63.73.178 says

OK

OK

Choose Files No file chosen  
Guitar foto

Guardar cambios

Regresar

Nox NoxPlayer 7.0.6.2

8:17

https://20.63.73.178/prueba\_json.htm

### Modifica usuario

Email \*  
i@i.com

Nombre \*  
i@i.com

Apellido paterno \*  
i@i.com

Apellido materno  
i@i.com

Fecha de nacimiento \*

10/27/2025, 8:11 PM

Teléfono  
5511221122

Genero  
Masculino

Choose Files No file chosen  
Guitar foto

Guardar cambios

Regresar

Nox NoxPlayer 7.0.6.2

8:19

https://20.63.73.178/prueba\_json.htm

### Modifica usuario

Email \*  
s@s.com

Nombre \*  
s@s.com

Apellido paterno \*  
s@s.com

Apellido materno  
s@s.com

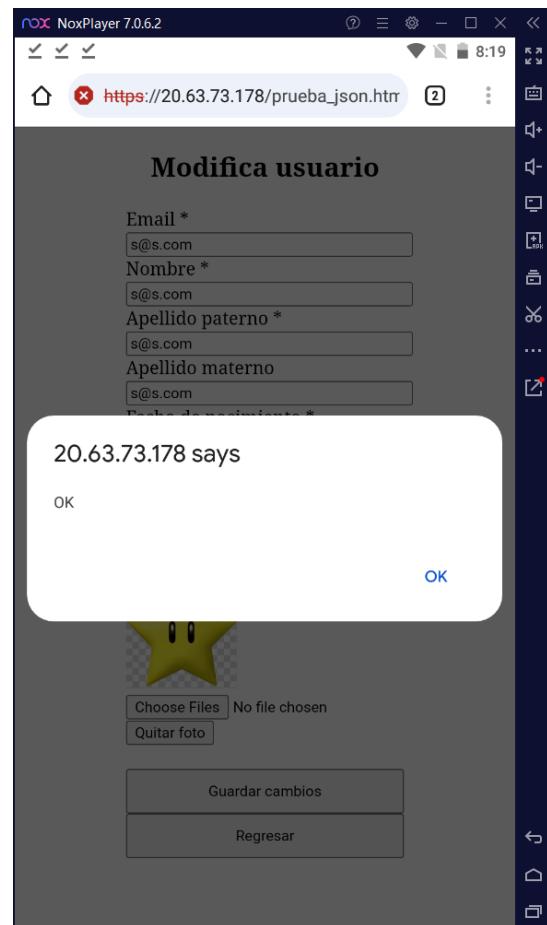
Fecha de nacimiento \*  
10/27/2025, 8:10 PM

Teléfono  
5522112211

Género  
Femenino

  
Choose Files No file chosen  
Quitar foto

Guardar cambios  
Regresar



**Modifica usuario**

Email \*  
m@m.com

Nombre \*  
m@m.com

Apellido paterno \*  
m@m.com

Apellido materno  
m@m.com

Fecha de nacimiento \*

20.63.73.178 says

OK

Choose Files No file chosen  
Quitar foto

Guardar cambios  
Regresar

**Modifica usuario**

Email \*  
m@m.com

Nombre \*  
m@m.com

Apellido paterno \*  
m@m.com

Apellido materno  
m@m.com

Fecha de nacimiento \*

10/27/2025, 8:07 PM

Teléfono  
5551805505

Género  
Masculino

Choose Files No file chosen  
Quitar foto

Guardar cambios  
Regresar

```

azuser@T2-2022630278:~ x azuser@T2-2022630278:~ x + v
Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql> use servicio_web
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | x | x | x | 2025-10-27 | 1111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 111111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 11111 | F |
| 5 | m@m.com | m@m.com | m@m.com | m@m.com | 2025-10-28 | 5551805505 | M |
| 6 | s@s.com | s@s.com | s@s.com | s@s.com | 2025-10-28 | 5522112211 | F |
| 7 | i@i.com | i@i.com | i@i.com | i@i.com | 2025-10-28 | 5511221122 | M |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 3 | 63060 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
| 9 | 3280 | 7 |
| 10 | 10544 | 6 |
| 11 | 9998 | 5 |
+-----+-----+-----+
5 rows in set (0.02 sec)

mysql> |

```

Tomorrow's high  
To break record

Search

8:46 27/10/2025

Figura SC-HTTPS-17. BD principal — usuarios tras modificar teléfono

```
azureuser@T2-2022630278: ~  azureuser@T2-2022630278: ~ + v
+-----+
| 4 | 14181 |      2 |
| 5 | 9998  |      5 |
| 6 | 10544 |      6 |
| 7 | 3280  |      7 |
+-----+
5 rows in set (0.00 sec)

mysql>
mysql>
mysql>
mysql>
mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+
|      3 | 63060 |        4 |
|      4 | 14181 |        2 |
|      9 | 3280  |        7 |
|     10 | 10544 |        6 |
|     11 | 9998  |        5 |
+-----+
5 rows in set (0.03 sec)

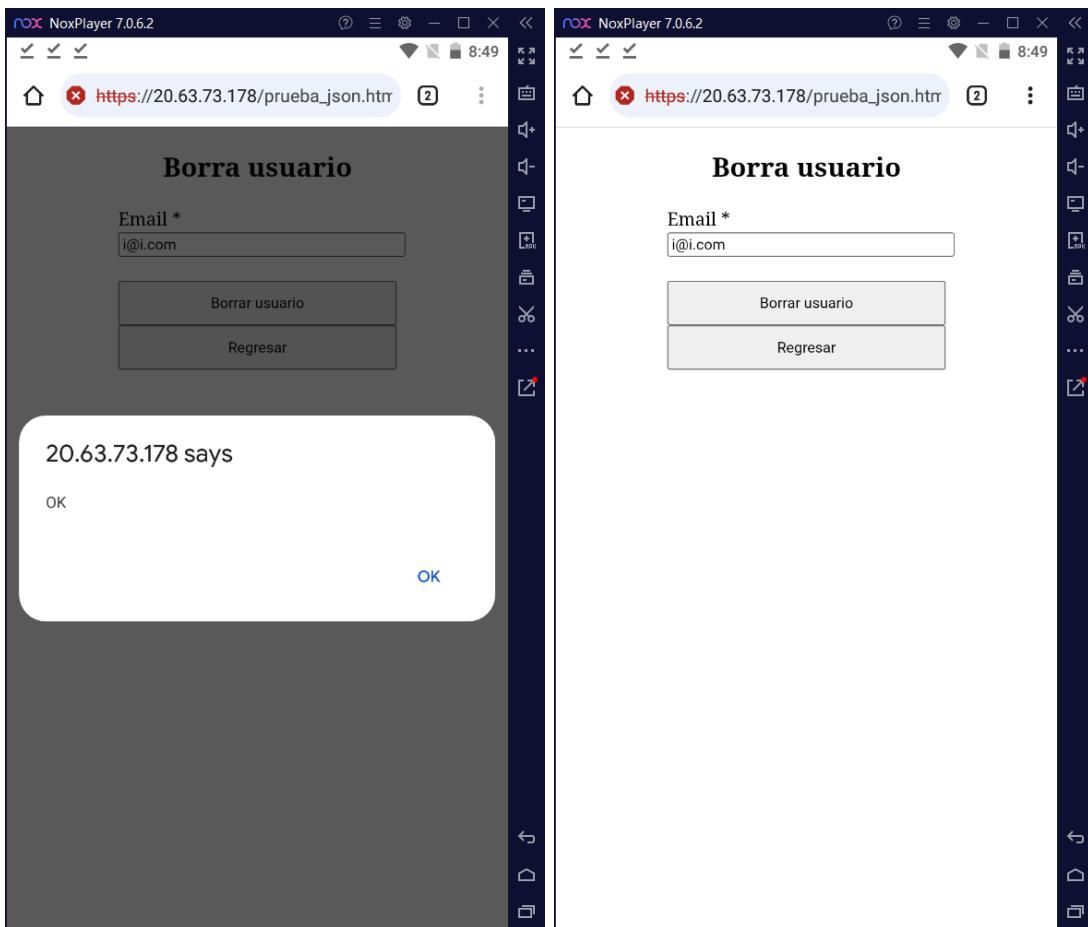
mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero
FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+
| id_usuario | email          | nombre       | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac    | telefono | genero |
+-----+
|      1 | x              | x            | x              | x              | 2025-10-27 | 1111111111 | M         |
|      2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M         |
|      4 | amy@amy.com    | amy@amy.com   | amy@amy.com   | amy@amy.com   | 2025-10-27 | 1111111111 | F         |
|      5 | m@m.com        | m@m.com       | m@m.com       | m@m.com       | 2025-10-28 | 5551805505  | M         |
|      6 | s@s.com        | s@s.com       | s@s.com       | s@s.com       | 2025-10-28 | 5522112211 | F         |
|      7 | i@i.com        | i@i.com       | i@i.com       | i@i.com       | 2025-10-28 | 5511221122 | M         |
+-----+
6 rows in set (0.01 sec)

mysql> |
```



Figura SC-HTTPS-18. BD réplica — usuarios tras modificar teléfono

- Tras ELIMINAR un usuario



```

azureuser@T2-2022630278: ~ x azureuser@T2-2022630278: ~ + v

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
|      3 |  63060 |        4 |
|      4 | 14181  |        2 |
|      9 |   3280  |        7 |
|     10 | 10544  |        6 |
|     11 |   9998  |        5 |
+-----+-----+-----+
5 rows in set (0.02 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
|      3 |  63060 |        4 |
|      4 | 14181  |        2 |
|     10 | 10544  |        6 |
|     11 |   9998  |        5 |
+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email       | nombre     | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac   | telefono  | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      1 | x          | x          | x              | x              | 2025-10-27 | 11111111 | M        |
|      2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 1111111111 | M        |
|      4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 1111111111 | F        |
|      5 | m@m.com    | m@m.com    | m@m.com       | m@m.com       | 2025-10-28 | 5551805505 | M        |
|      6 | s@s.com    | s@s.com    | s@s.com       | s@s.com       | 2025-10-28 | 5522112211 | F        |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
5 rows in set (0.00 sec)

mysql> |

```

Figura SC-HTTPS-19. BD principal — usuarios tras eliminar un registro

```
azureuser@T2-2022630278: ~ azureuser@T2-2022630278: ~ + 
ROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 11111111 | F |
| 5 | m@m.com | m@m.com | m@m.com | m@m.com | 2025-10-28 | 5551805505 | M |
| 6 | s@s.com | s@s.com | s@s.com | s@s.com | 2025-10-28 | 5522112211 | F |
| 7 | i@i.com | i@i.com | i@i.com | i@i.com | 2025-10-28 | 5511221122 | M |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6 rows in set (0.01 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento, '%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id_usuario | email | nombre | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac | telefono | genero |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1 | x | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27 | 11111111 | M |
| 4 | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | amy@amy.com | 2025-10-27 | 11111111 | F |
| 5 | m@m.com | m@m.com | m@m.com | m@m.com | 2025-10-28 | 5551805505 | M |
| 6 | s@s.com | s@s.com | s@s.com | s@s.com | 2025-10-28 | 5522112211 | F |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
5 rows in set (0.09 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+-----+-----+-----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+-----+-----+-----+
| 3 | 63860 | 4 |
| 4 | 14181 | 2 |
| 10 | 10544 | 6 |
| 11 | 9998 | 5 |
+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.07 sec)

mysql> |
```

Figura SC-HTTPS-20. BD réplica — usuarios tras eliminar un registro

Recomendaciones de consistencia:

- Repite las consultas inmediatamente después de cada operación para minimizar estados intermedios.
- Observa que el teléfono cambie en ambas VMs tras la modificación; si no, revisa el túnel y el log t5-https.log.
- En las tablas de fotos, LENGTH(foto) permite evidenciar que las imágenes fueron almacenadas (no muestres la imagen en sí).

## 5.10 Limpieza de la parte HTTPS

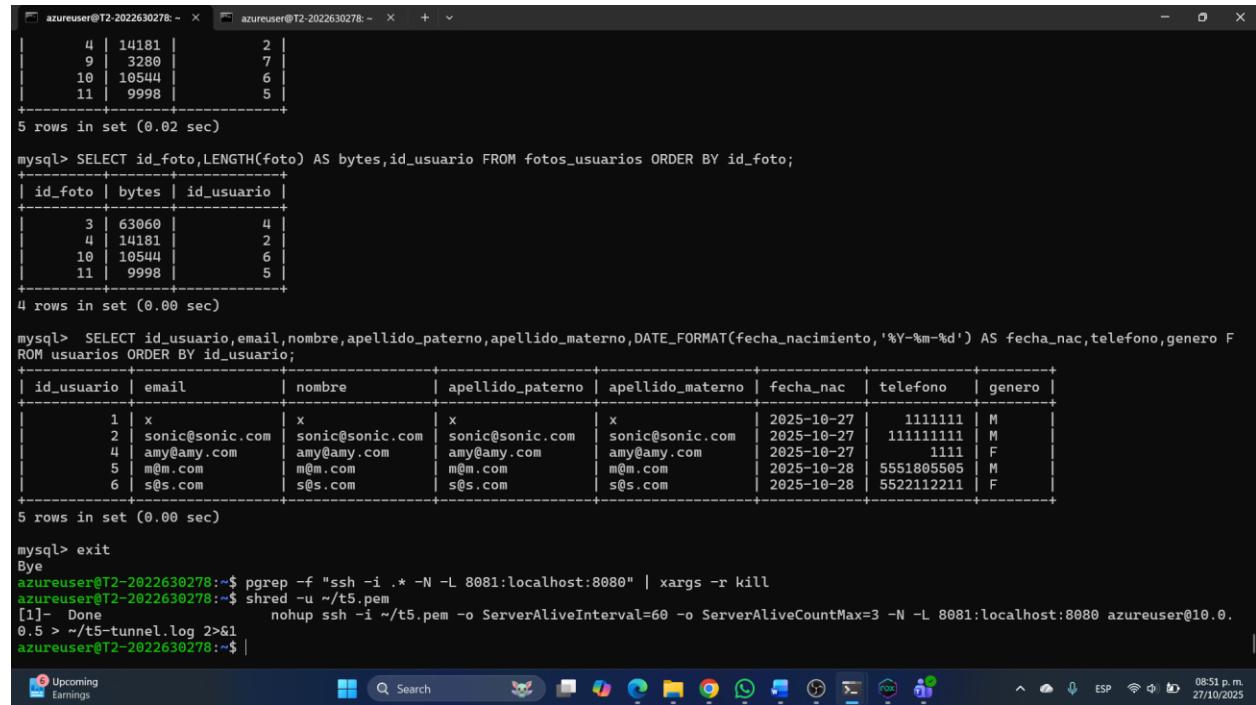
Puedes realizar la limpieza al final de toda la práctica (sección 6) si usas un único grupo de recursos. Si decides limpiar ahora, elimina las VMs HTTPS y sus recursos asociados (discos, IP pública, NSG, NIC). Antes, cierra el túnel y borra cualquier llave privada que hayas copiado a la principal.

Comandos útiles (en la principal):

```
pgrep -f "ssh -i .* -N -L 8081:localhost:8080" | xargs -r kill
```

```
shred -u ~/t5.pem # sólo si subiste la llave
```

Luego confirma la eliminación desde el portal.



The screenshot shows a Windows terminal window with two tabs open. The left tab displays MySQL queries and their results:

```
+----+----+----+
| 4 | 14181 |      2 |
| 9 | 3280  |      7 |
| 10| 10544 |      6 |
| 11| 9998  |      5 |
+----+----+----+
5 rows in set (0.02 sec)

mysql> SELECT id_foto,LENGTH(foto) AS bytes,id_usuario FROM fotos_usuarios ORDER BY id_foto;
+----+----+----+
| id_foto | bytes | id_usuario |
+----+----+----+
| 3 | 63060 |      4 |
| 4 | 14181 |      2 |
| 10| 10544 |      6 |
| 11| 9998  |      5 |
+----+----+----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql> SELECT id_usuario,email,nombre,apellido_paterno,apellido_materno,DATE_FORMAT(fecha_nacimiento,'%Y-%m-%d') AS fecha_nac,telefono,genero FROM usuarios ORDER BY id_usuario;
+----+----+----+----+----+----+----+----+
| id_usuario | email        | nombre       | apellido_paterno | apellido_materno | fecha_nac     | telefono    | genero   |
+----+----+----+----+----+----+----+----+
| 1 | x            | x            | x              | x              | 2025-10-27    | 11111111 | M        |
| 2 | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | sonic@sonic.com | 2025-10-27    | 1111111111 | M        |
| 4 | amy@amy.com  | amy@amy.com  | amy@amy.com  | amy@amy.com  | 2025-10-27    | 1111111111 | F        |
| 5 | m@m.com      | m@m.com      | m@m.com      | m@m.com      | 2025-10-28    | 5551805595 | M        |
| 6 | s@s.com      | s@s.com      | s@s.com      | s@s.com      | 2025-10-28    | 5522112211 | F        |
+----+----+----+----+----+----+----+----+
5 rows in set (0.00 sec)

mysql> exit
Bye
azureuser@T2-2022630278:~$ pgrep -f "ssh -i .* -N -L 8081:localhost:8080" | xargs -r kill
[1]- Done                  nohup ssh -i ~/t5.pem -o ServerAliveInterval=60 -o ServerAliveCountMax=3 -N -L 8081:localhost:8080 azureuser@10.0.0.5 > ~/t5-tunnel.log 2>&1
azureuser@T2-2022630278:~$ |
```

The right tab shows the MySQL command-line interface with the same queries. The bottom of the window shows the taskbar with various icons and the system tray indicating the date and time.

Figura SC-HTTPS-21. Eliminación de recursos (confirmación del portal)

Con estos pasos concluye la replicación por HTTPS: el cliente llega cifrado a la principal, se termina TLS con un keystore propio y se replican las escrituras hacia la réplica mediante un túnel SSH, manteniendo control de exposición y cumpliendo los requisitos de nomenclatura y evidencia.

## 6 Eliminación de recursos (limpieza)

Al concluir las pruebas, es imprescindible retirar los recursos para detener consumo de cuota y costos en Azure for Students. La forma más segura y rápida es borrar el(los) grupo(s) de recursos usados para la Tarea 5 (HTTP y/o HTTPS). Si por organización pusiste ambos escenarios en un solo grupo, bastará con eliminar ese único grupo; si separaste HTTP y HTTPS en grupos distintos, elimina ambos. No elimines la imagen “T2-2022630278-imagen” de la Tarea 2, ya que puede reutilizarse.

La limpieza debe evidenciarse con capturas. Si ya insertaste SC-HTTP-21 y SC-HTTPS-21 (confirmaciones de borrado desde las secciones 4 y 5), aquí incorpora además las capturas finales SC-LIM-01 a SC-LIM-04 para dejar constancia de que no quedan recursos huérfanos.

## **6.1 Estrategia recomendada: borrar por grupo de recursos**

Cuando todos los recursos de un escenario están contenidos en un mismo Resource Group (RG), su eliminación cascada retira VMs, discos, NICs, IPs públicas y NSG sin que tengas que ir uno por uno. Esta ruta reduce errores y omisiones.

Pasos en Azure Portal:

1. Abre “Resource groups”, selecciona el grupo de la Tarea 5 (por ejemplo, T5-2022630278-rg o los grupos que hayas usado para HTTP/HTTPS). Verifica el inventario de recursos listados (VM principal, VM réplica, discos administrados, NICs, IPs públicas, NSG y, si aplica, la VNet). Confirma también que la imagen de la Tarea 2 no esté dentro de este RG; si lo estuviera, migrarla o no marcarla para eliminación.
2. Haz clic en “Delete resource group”. Escribe literalmente el nombre del RG para confirmar. Acepta las confirmaciones y espera a que el portal indique “Deleting” y posteriormente la eliminación completa. Repite para el segundo RG si separaste HTTP y HTTPS.

Inserta inmediatamente:

The screenshot shows two views of the Microsoft Azure Resource Manager interface. The top view displays a list of resource groups, while the bottom view shows the detailed resources within a specific resource group.

### Resource Manager | Resource groups

| Name             | Subscription       | Location       |
|------------------|--------------------|----------------|
| NetworkWatcherRG | Azure for Students | Canada Central |
| T2-2022630278-rg | Azure for Students | Canada Central |
| T5-2022630278-rg | Azure for Students | Canada Central |

### Resource Manager | Resource groups - T5-2022630278-rg

| Name                                | Type                   | Location       |
|-------------------------------------|------------------------|----------------|
| T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP        | Virtual machine        | Canada Central |
| T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP-ip     | Public IP address      | Canada Central |
| T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP-nsg    | Network security group | Canada Central |
| t5-2022630278-principal-https1_1    | Network Interface      | Canada Central |
| T5-2022630278-PRINCIPAL-HTTP_OsDisk | Disk                   | Canada Central |
| T5-2022630278-REPLICA-HTTP          | Virtual machine        | Canada Central |
| T5-2022630278-REPLICA-HTTP-ip       | Public IP address      | Canada Central |
| T5-2022630278-REPLICA-HTTP-nsg      | Network security group | Canada Central |
| t5-2022630278-replica-https1_z1     | Network Interface      | Canada Central |

Figura SC-LIM-01. Resource Group (HTTP o combinado) con el listado de recursos antes de borrar

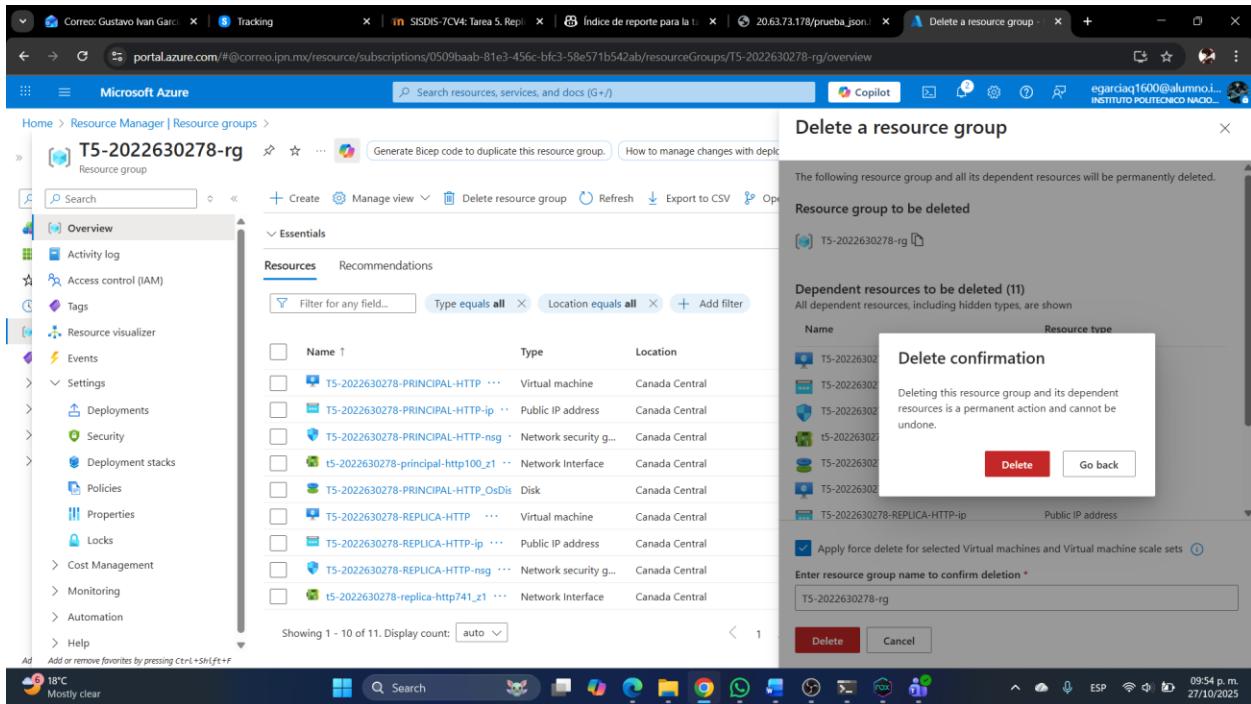


Figura SC-LIM-02. Cuadro de confirmación de borrado del RG (nombre escrito y validación)

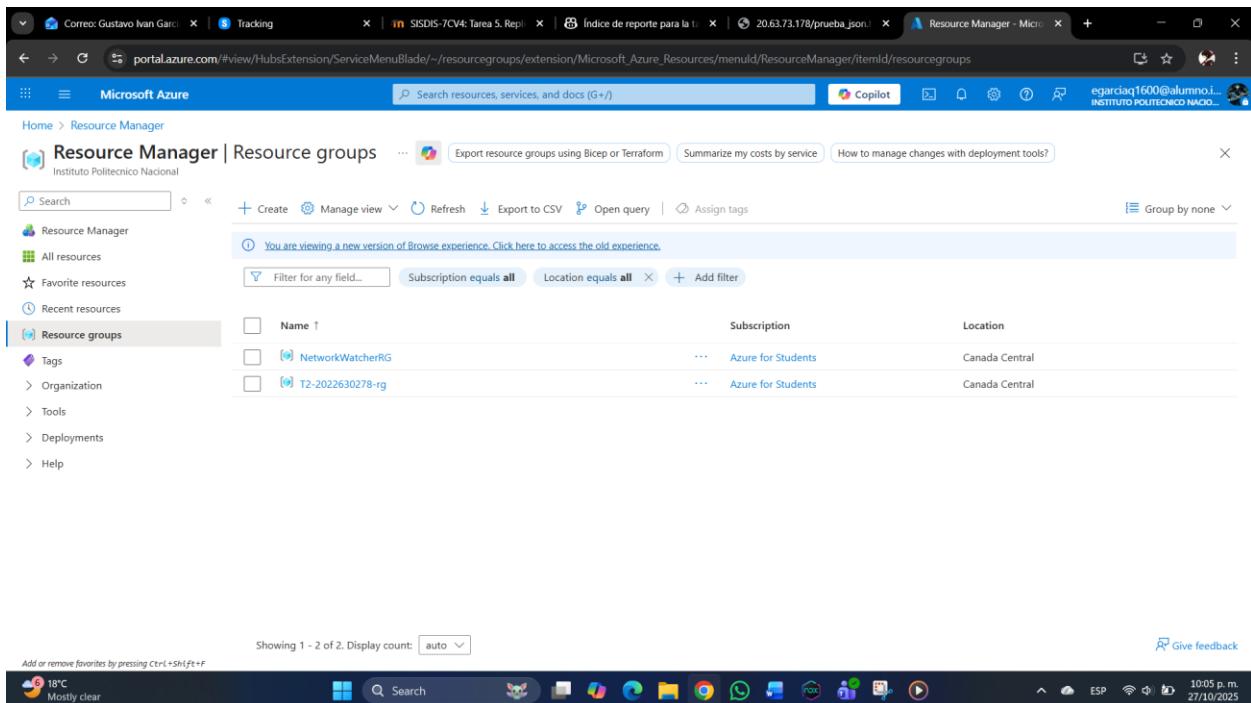


Figura SC-LIM-03. Resource Group (HTTPS si es distinto) listado previo al borrado

- El borrado del RG elimina: máquinas virtuales, discos (OS/Data), NIC, IP pública, NSG y, si seleccionaste suprimirla, también la VNet. Mantén la VNet si piensas reutilizarla.
- Si la imagen “T2-2022630278-imagen” está en otro RG (recomendado), no se verá afectada. Si estaba en el mismo RG, asegúrate de preservarla.

## 7 Enlace al chat de la IA GitHub Copilot

El enlace al chat de la IA GitHub Copilot que usamos para el desarrollo de esta práctica es el siguiente:

- <https://github.com/copilot/share/48551304-0b44-8c83-a851-a04f24384981>

## 8 Conclusiones

Se implementó exitosamente la replicación de un sistema web de tres capas en Azure bajo dos esquemas: HTTP (puerto 80) y HTTPS (puerto 443 con keystore autofirmado), cumpliendo las restricciones de nomenclatura, seguridad y evidencia.

El patrón de replicación en la capa de aplicación (reenviar la misma solicitud al Tomcat de la réplica) demostró ser suficiente para fines académicos: las operaciones de alta, modificación y eliminación se reflejaron de forma consistente en ambas bases de datos, comprobado con consultas SQL y la función LENGTH(foto) para evidenciar almacenamiento binario sin exponer imágenes personales.

La segmentación por NSG minimizó la superficie de ataque: la réplica nunca estuvo accesible públicamente; únicamente la principal fue expuesta en 80/443, mientras que los puertos de la réplica quedaron restringidos a la IP privada de la principal.

En HTTPS, la terminación TLS en la VM principal y el túnel SSH hacia la réplica proporcionaron cifrado extremo–borde y cifrado intra–nube, respectivamente, con un impacto de latencia acotado y aceptable para el laboratorio.

Reutilizar la imagen de la Tarea 2 redujo tiempo de aprovisionamiento, errores de instalación y variabilidad entre entornos, mejorando la reproducibilidad del ejercicio.

La evidencia solicitada por la consigna (última pantalla de creación de VMs y contenido de tablas en ambas máquinas) fue capturada en cada paso, garantizando la aceptación formal de la tarea.

Trabajo futuro recomendado:

## 9 Referencias

- [1] Microsoft Azure, "Azure Virtual Network documentation," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-network/> [Accedido: 08-Oct-2025].
- [2] Microsoft Azure, "What is VPN Gateway?," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/vpn-gateway/vpn-gateway-about-vpngateways>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [3] Microsoft Azure, "Configure a VNet-to-VNet VPN gateway connection by using the Azure portal," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/vpn-gateway/vpn-gateway-howto-vnet-vnet-resource-manager-portal>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [4] Microsoft Azure, "About VPN Gateway configuration settings," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/vpn-gateway/vpn-gateway-about-vpn-gateway-settings>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [5] Microsoft Azure, "Virtual network peering," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-network/virtual-network-peering-overview>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [6] Microsoft Azure, "Plan and design Azure Virtual Networks," Microsoft Learn, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-network/virtual-network-vnet-plan-design-arm>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [7] S. Frankel, K. Kent, R. Lewkowski, A. D. Orebaugh, R. W. Ritchey, y S. R. Sharma, "Guide to IPsec VPNs," NIST Special Publication 800-77, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, EE.UU., 2005.
- [8] C. Kaufman, P. Hoffman, Y. Nir, P. Eronen, y T. Kivinen, "Internet Key Exchange Protocol Version 2 (IKEv2)," RFC 7296, Internet Engineering Task Force (IETF), 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7296>.

- [9] S. Kent y K. Seo, "Security Architecture for the Internet Protocol," RFC 4301, Internet Engineering Task Force (IETF), 2005. [En línea]. Disponible en: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4301>.
- [10] Microsoft Azure, "Azure VPN Gateway SKUs," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/vpn-gateway/vpn-gateway-about-vpn-gateway-settings#gwsku>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [11] Y. Rekhter, B. Moskowitz, D. Karrenberg, G. J. de Groot, y E. Lear, "Address Allocation for Private Internets," RFC 1918, Internet Engineering Task Force (IETF), 1996. [En línea]. Disponible en: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1918>.
- [12] Microsoft Azure, "Create a gateway subnet," Microsoft Learn, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/vpn-gateway/vpn-gateway-about-vpn-gateway-settings#gwsub>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [13] J. Postel, "Internet Control Message Protocol," RFC 792, Internet Engineering Task Force (IETF), 1981. [En línea]. Disponible en: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc792>.
- [14] Microsoft Azure, "Network security groups," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-network/network-security-groups-overview>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [15] T. Ylonen y C. Lonvick, "The Secure Shell (SSH) Protocol Architecture," RFC 4251, Internet Engineering Task Force (IETF), 2006. [En línea]. Disponible en: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4251>.
- [16] Microsoft Azure, "Azure for Students," Microsoft Azure Education, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/en-us/free/students/>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [17] Microsoft Azure, "Troubleshoot Azure VPN Gateway," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/vpn-gateway/vpn-gateway-troubleshoot>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [18] R. Perlman, Interconnections: Bridges, Routers, Switches, and Internetworking Protocols, 2<sup>a</sup> ed. Boston, MA, EE.UU.: Addison-Wesley Professional, 1999.

- [19] A. S. Tanenbaum y D. J. Wetherall, Computer Networks, 5<sup>a</sup> ed. Upper Saddle River, NJ, EE.UU.: Prentice Hall, 2011.
- [20] C. Hagen, Mastering Azure Virtual Networks: Design, Implement, and Manage Complex Azure Virtual Network Solutions. Birmingham, Reino Unido: Packt Publishing, 2023.
- [21] Microsoft Azure, "Azure Network Watcher," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/network-watcher/network-watcher-overview>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [22] S. Kent, "IP Encapsulating Security Payload (ESP)," RFC 4303, Internet Engineering Task Force (IETF), 2005. [En línea]. Disponible en: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4303>.
- [23] Microsoft Copilot, "Asistencia técnica para configuración de VPN Gateway en Azure," Microsoft AI, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://copilot.microsoft.com/>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [24] Microsoft Azure, "Azure regions and availability zones," Microsoft Learn, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/reliability/availability-zones-overview>. [Accedido: 08-Oct-2025].
- [25] W. R. Stevens, TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, 2<sup>a</sup> ed. Upper Saddle River, NJ, EE.UU.: Addison-Wesley Professional, 2011.