

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

Sede Matriz Sangolquí

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Software

INFORME DE LABORATORIO

Práctica N° 5

Pruebas de Carga y Rendimiento

Uso de K6 para Simulación de Usuarios Concurrentes

Asignatura:

Pruebas de Software

Integrantes:

Mesias Mariscal
Denise Rea
Julio Viche

Docente:

Ing. Enrique Calvopiña, Mgtr.

Nivel:

6to Semestre

NRC:

22431

Período:

202550

Laboratorio: H-205

Enero 2026

Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 3 |
| 2. Objetivos | 3 |
| 2.1. Objetivo General | 3 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 3 |
| 3. Marco Teórico | 3 |
| 3.1. Pruebas de Carga | 4 |
| 3.2. Pruebas de Rendimiento | 4 |
| 3.3. K6 | 4 |
| 3.4. JWT (JSON Web Tokens) | 4 |
| 4. Materiales y Equipos | 5 |
| 5. Desarrollo de la Práctica | 5 |
| 5.1. Parte 1: Establecimiento del Ambiente de Pruebas | 5 |
| 5.1.1. Paso 1: Creación de API Sencilla (server.js) | 5 |
| 5.1.2. Paso 2: Instalación de Dependencias | 6 |
| 5.1.3. Paso 3: Instalación de K6 | 7 |
| 5.1.4. Paso 4: Creación de Script de Prueba con K6 | 7 |
| 5.2. Parte 2: Realizar Pruebas con K6 | 8 |
| 5.2.1. Paso 1: Ejecución de las Pruebas de Carga | 8 |
| 5.2.2. Paso 2: Interpretación de Métricas | 10 |
| 5.2.3. Paso 3: Cambio en la Configuración del Test | 10 |
| 5.3. Parte 3: Pruebas de Carga y Rendimiento a un Backend Completo | 13 |
| 5.3.1. Paso 1: Backend con JWT y MongoDB Atlas | 13 |
| 5.3.2. Paso 2: Verificación de Endpoints de API Simple | 15 |
| 5.3.3. Paso 3: Verificación de Endpoints de Autenticación | 17 |
| 5.3.4. Paso 4: Ejecución del Script de Pruebas | 18 |
| 6. Sección de Preguntas/Actividades | 19 |
| 6.1. Actividad 1: Pruebas con POST /api/data enviando JSON | 19 |
| 6.2. Actividad 2: Pruebas Concurrentes GET y POST | 19 |
| 6.3. Actividad 3: Soak Testing (Larga Duración) | 20 |
| 6.4. Actividad 4: Spike Testing (Pico Súbito) | 20 |
| 7. Resultados Obtenidos | 20 |
| 7.1. Análisis Comparativo de Métricas | 20 |
| 7.2. Visualización de Resultados | 21 |
| 7.3. Análisis por Nivel de Carga | 22 |
| 7.4. Métricas Globales | 23 |
| 7.5. Anomalía Detectada | 23 |
| 7.6. Matriz de Decisión para Producción | 23 |
| 8. Análisis de Resultados | 23 |
| 8.1. Comportamiento del Sistema bajo Carga | 23 |
| 8.2. Comparación entre API Simple y Backend Completo | 24 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 9. Conclusiones | 24 |
| 10. Recomendaciones | 24 |
| 11. Referencias Bibliográficas | 25 |

1. Introducción

Este laboratorio tiene como objetivo aplicar pruebas de carga y rendimiento a dos niveles de complejidad: primero, a una API REST sencilla que responde con un mensaje básico, y luego a un backend completo que incluye autenticación de usuarios con JWT y acceso a base de datos MongoDB Atlas.

Para la ejecución de las pruebas se utilizó la herramienta **k6**, desarrollada por Grafana Labs, que permite simular múltiples usuarios concurrentes enviando peticiones de manera controlada. A través de estas pruebas, se pudo observar cómo se comportan distintos tipos de servicios ante escenarios de uso intensivo, evaluando métricas como:

- **Latencia (http_req_duration)**: Tiempo de respuesta de las solicitudes HTTP.
- **Tasa de errores (http_req_failed)**: Porcentaje de solicitudes fallidas.
- **Throughput (http_reqs)**: Número total de solicitudes procesadas por segundo.
- **Usuarios virtuales (vus)**: Cantidad de usuarios simulados concurrentemente.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Realizar pruebas de carga y rendimiento a una API REST y a un backend completo con autenticación JWT utilizando la herramienta k6, evaluando el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios de estrés.

2.2. Objetivos Específicos

1. Realizar pruebas de carga a una API REST con k6.
2. Evaluar el rendimiento del servidor bajo diferentes escenarios de estrés.
3. Interpretar métricas como tiempo de respuesta, tasa de errores y throughput.
4. Comparar resultados en diferentes configuraciones (100, 150, 200 y 300 VUs).
5. Implementar pruebas especializadas como soak testing y spike testing.

3. Marco Teórico

3.1. Pruebas de Carga

Las pruebas de carga son un tipo de prueba de rendimiento que evalúa el comportamiento de un sistema bajo una carga de trabajo esperada. El objetivo principal es identificar cuellos de botella de rendimiento antes de que la aplicación entre en producción.

3.2. Pruebas de Rendimiento

Las pruebas de rendimiento miden la velocidad, escalabilidad y estabilidad de una aplicación. Incluyen varios tipos:

- **Load Testing:** Prueba con carga normal esperada.
- **Stress Testing:** Prueba más allá de los límites normales.
- **Soak Testing:** Prueba de larga duración con carga constante.
- **Spike Testing:** Prueba con picos súbitos de carga.

3.3. K6

K6 es una herramienta de código abierto para pruebas de carga y rendimiento, diseñada para desarrolladores. Permite escribir scripts en JavaScript y proporciona métricas detalladas sobre el comportamiento del sistema bajo prueba. Características principales:

- Scripts escritos en JavaScript (ES6+).
- Métricas integradas y personalizables.
- Thresholds para definir criterios de éxito/fallo.
- Soporte para múltiples protocolos (HTTP, WebSocket, gRPC).

3.4. JWT (JSON Web Tokens)

JWT es un estándar abierto (RFC 7519) para la transmisión segura de información entre partes como un objeto JSON. En el contexto de APIs, se utiliza para:

- Autenticación de usuarios.
- Autorización de acceso a recursos protegidos.
- Transmisión segura de claims entre cliente y servidor.

4. Materiales y Equipos

| Categoría | Descripción |
|-------------------|--|
| Sistema Operativo | Windows 10 o superior |
| Hardware | Procesador Intel Core i7-6700T o superior, 12GB RAM, 480GB SSD |
| Software | Node.js, Visual Studio Code, Git, MongoDB, Chocolatey |
| Herramientas | K6, Postman, MongoDB Atlas |
| Dependencias | Express, mongoose, bcryptjs, jsonwebtoken, cors, dotenv |
| Conectividad | Acceso a Internet |

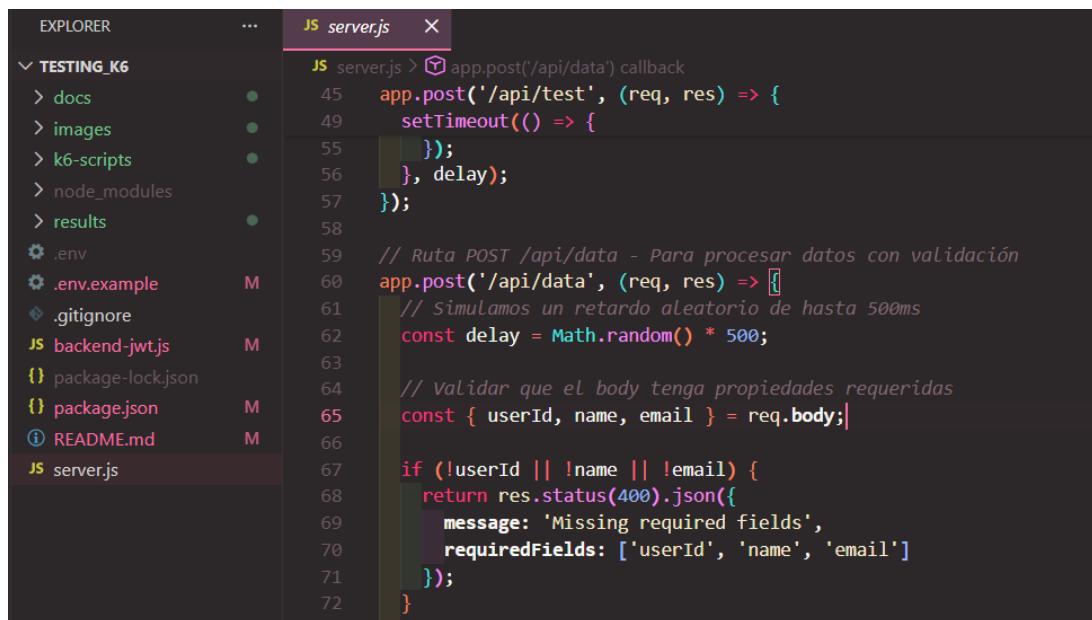
Cuadro 1: Materiales y equipos utilizados en la práctica

5. Desarrollo de la Práctica

5.1. Parte 1: Establecimiento del Ambiente de Pruebas

5.1.1. Paso 1: Creación de API Sencilla (server.js)

Se creó un servidor Express básico con endpoints de prueba que incluyen retardos aleatorios para simular condiciones realistas:



```

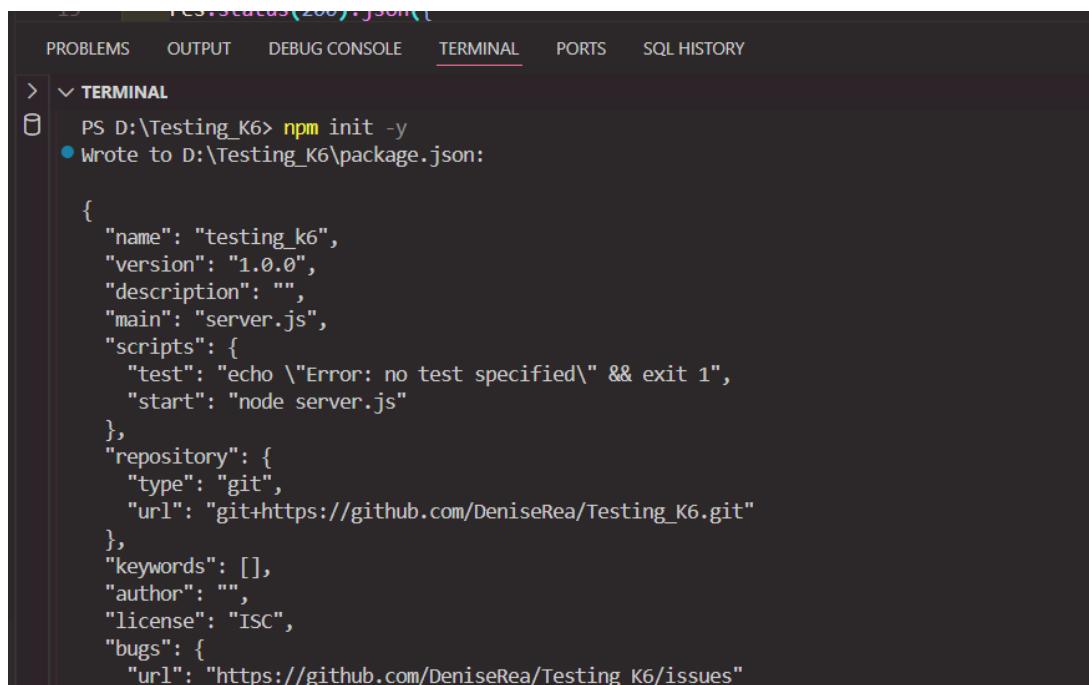
EXPLORER      ...
JS server.js  X
JS server.js > app.post('/api/data') callback
45  app.post('/api/test', (req, res) => {
49    setTimeout(() => {
55      });
56    }, delay);
57  );
58
59 // Ruta POST /api/data - Para procesar datos con validación
60 app.post('/api/data', (req, res) => {
61   // Simulamos un retardo aleatorio de hasta 500ms
62   const delay = Math.random() * 500;
63
64   // Validar que el body tenga propiedades requeridas
65   const { userId, name, email } = req.body;
66
67   if (!userId || !name || !email) {
68     return res.status(400).json({
69       message: 'Missing required fields',
70       requiredFields: ['userId', 'name', 'email']
71     });
72   }

```

Figura 1: Código fuente del servidor API (server.js) en Visual Studio Code

5.1.2. Paso 2: Instalación de Dependencias

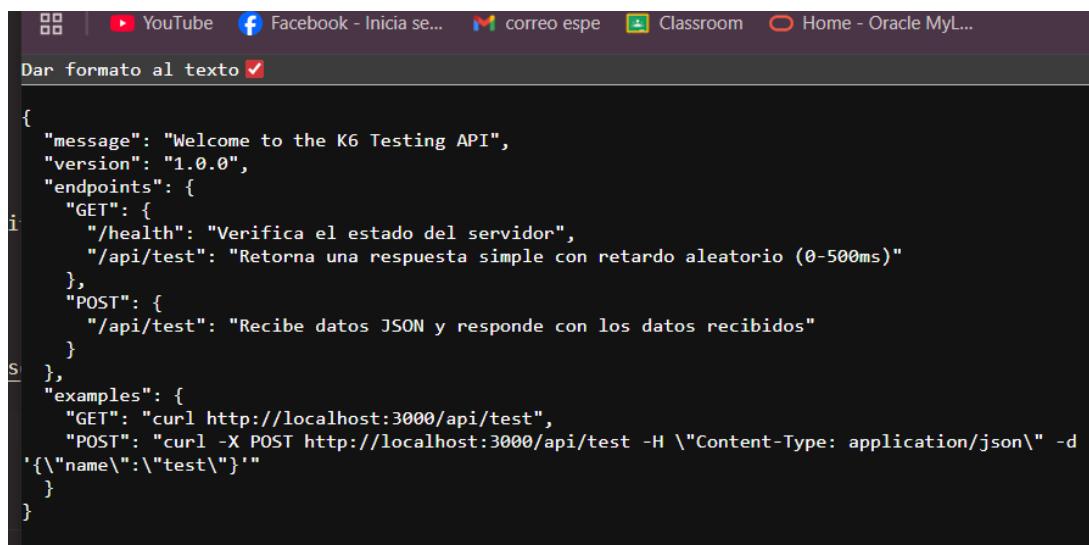
Se configuró el proyecto con las dependencias necesarias utilizando npm:



```
PS D:\Testing_K6> npm init -y
Wrote to D:\Testing_K6\package.json:

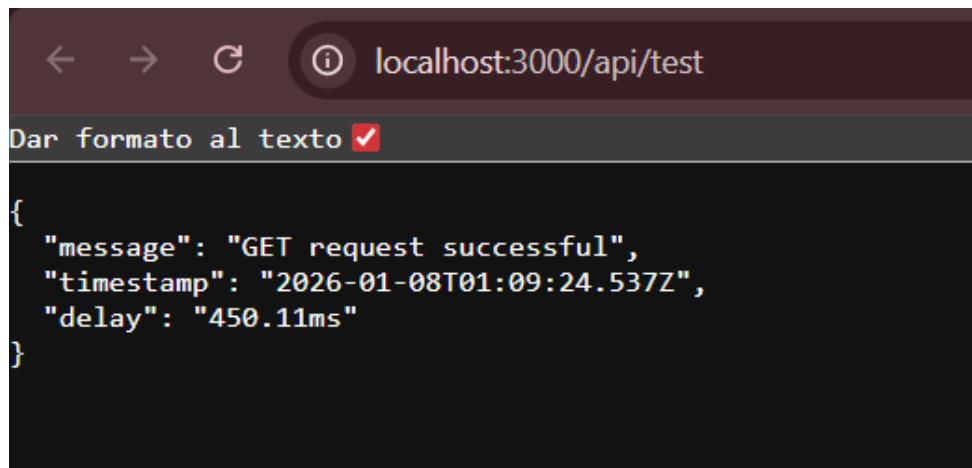
{
  "name": "testing_k6",
  "version": "1.0.0",
  "description": "",
  "main": "server.js",
  "scripts": {
    "test": "echo \"Error: no test specified\" && exit 1",
    "start": "node server.js"
  },
  "repository": {
    "type": "git",
    "url": "git+https://github.com/DeniseRea/Testing_K6.git"
  },
  "keywords": [],
  "author": "",
  "license": "ISC",
  "bugs": {
    "url": "https://github.com/DeniseRea/Testing_K6/issues"
  }
}
```

Figura 2: Ejecución del comando npm init -y para crear package.json



```
{
  "message": "Welcome to the K6 Testing API",
  "version": "1.0.0",
  "endpoints": {
    "GET": {
      "/health": "Verifica el estado del servidor",
      "/api/test": "Retorna una respuesta simple con retardo aleatorio (0-500ms)"
    },
    "POST": {
      "/api/test": "Recibe datos JSON y responde con los datos recibidos"
    }
  },
  "examples": {
    "GET": "curl http://localhost:3000/api/test",
    "POST": "curl -X POST http://localhost:3000/api/test -H \"Content-Type: application/json\" -d '{\"name\":\"test\"}'"
  }
}
```

Figura 3: Respuesta JSON de la API al acceder a la ruta raíz (Welcome to K6 Testing API)



```

Dar formato al texto ✓

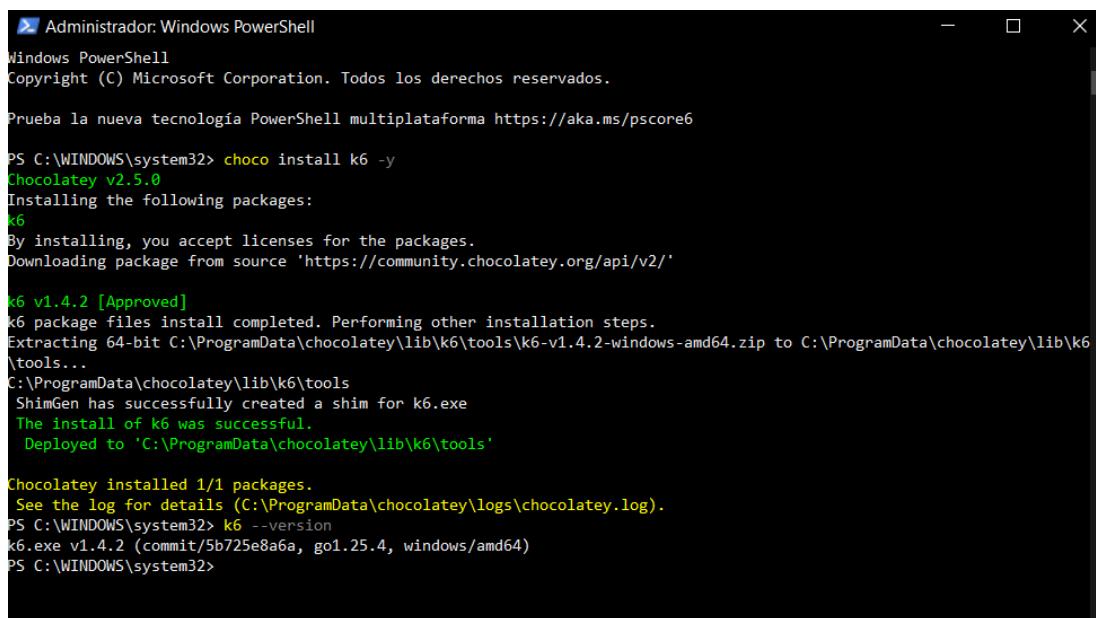
{
  "message": "GET request successful",
  "timestamp": "2026-01-08T01:09:24.537Z",
  "delay": "450.11ms"
}

```

Figura 4: Respuesta del endpoint GET /api/test mostrando mensaje exitoso y delay

5.1.3. Paso 3: Instalación de K6

K6 se instaló utilizando Chocolatey en Windows:



```

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

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

PS C:\WINDOWS\system32> choco install k6 -y
Chocolatey v2.5.0
Installing the following packages:
k6
By installing, you accept licenses for the packages.
Downloading package from source 'https://community.chocolatey.org/api/v2/'

k6 v1.4.2 [Approved]
k6 package files install completed. Performing other installation steps.
Extracting 64-bit C:\ProgramData\chocolatey\lib\k6\tools\k6-v1.4.2-windows-amd64.zip to C:\ProgramData\chocolatey\lib\k6\tools...
C:\ProgramData\chocolatey\lib\k6\tools
ShimGen has successfully created a shim for k6.exe
The install of k6 was successful.
Deployed to 'C:\ProgramData\chocolatey\lib\k6\tools'

Chocolatey installed 1/1 packages.
See the log for details (C:\ProgramData\chocolatey\logs\chocolatey.log).
PS C:\WINDOWS\system32> k6 --version
k6.exe v1.4.2 (commit:5b725e8a6a, go1.25.4, windows/amd64)
PS C:\WINDOWS\system32>

```

Figura 5: Instalación de K6 mediante Chocolatey (choco install k6) y verificación de versión

5.1.4. Paso 4: Creación de Script de Prueba con K6

Se creó el archivo `carga-y-rendimiento.js` con la configuración de pruebas:

```

JS server.js M JS carga-y-rendimiento.js U X
k6-scripts > JS carga-y-rendimiento.js > ...
1 import http from 'k6/http';
2 import { check, sleep } from 'k6';
3
4 // Configuración de la prueba de carga
5 export const options = {
6   stages: [
7     { duration: '10s', target: 100 }, // Ramp-up: aumentar a 5 usuarios en 10s
8     { duration: '20s', target: 150 }, // Ramp-up: aumentar a 10 usuarios en 20s
9     { duration: '30s', target: 200 }, // Stay: mantener 10 usuarios por 30s
10    { duration: '40s', target: 300 }, // Ramp-down: bajar a 5 usuarios en 20s
11    { duration: '10s', target: 0 }, // Ramp-down: bajar a 0 usuarios en 10s
12  ],
13  thresholds: {
14    // El 95% de las solicitudes deben completarse en menos de 500ms, el 99% en menos
15    'http_req_duration': ['p(95)<500', 'p(99)<1000'],
16    // Menos del 10% de las solicitudes pueden fallar
17    'http_req_failed': ['rate<0.1'],
18  },
19};
20
21 // Función principal que se ejecuta por cada usuario virtual
22 export default function () {
23   // Solicitud HTTP GET al endpoint de prueba
24   const res = http.get('http://localhost:3000/api/test');
25
26   // Validar la respuesta usando "check"
27   check(res, {
28     'Status is 200': (r) => r.status === 200,
29     'Response time < 500ms': (r) => r.timings.duration < 500,
30     'Has message property': (r) => r.json('message') !== null,
31     'Has timestamp property': (r) => r.json('timestamp') !== null,
32   });
33
34   // Esperar 1 segundo antes de la siguiente solicitud
35   sleep(1);
36 }
37

```

Figura 6: Código fuente del script K6 `carga-y-rendimiento.js` con stages y thresholds

5.2. Parte 2: Realizar Pruebas con K6

5.2.1. Paso 1: Ejecución de las Pruebas de Carga

Se ejecutaron las pruebas con el comando `k6 run carga-y-rendimiento.js`:

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS SQL HISTORY

> **TERMINAL**

PS D:\Testing_K6> k6 run .\k6-scripts\carga-y-rendimiento.js

 Grafana

```
execution: local
script: .\k6-scripts\carga-y-rendimiento.js
output: -
```

scenarios: (100.00%) 1 scenario, 300 max VUs, 2m20s max duration (incl. graceful stop):
* default: Up to 300 looping VUs for 1m50s over 5 stages (gracefulRampDown: 30s, gracefulStop: 30s)

THRESHOLDS

```
http_req_duration
✗ 'p(95)<500' p(95)=501.3ms
✓ 'p(99)<1000' p(99)=566.13ms

http_req_failed
✓ 'rate<0.1' rate=0.00%
```

TOTAL RESULTS

```
checks_total.....: 62396 562.162753/s
checks_succeeded.: 98.67% 61568 out of 62396
checks_failed....: 1.32% 828 out of 62396
```

✓ Status is 200
✗ Response time < 500ms

Figura 7: Ejecución de pruebas K6 con 300 VUs mostrando thresholds y resultados iniciales

```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS SQL HISTORY
> < TERMINAL
PS D:\Testing_K6> k6 run .\k6-scripts\carga-y-rendimiento.js

TOTAL RESULTS

checks_total.....: 62396 562.162753/s
checks_succeeded.: 98.67% 61568 out of 62396
checks_failed....: 1.32% 828 out of 62396

✓ Status is 200
X Response time < 500ms
↳ 94% – ✓ 14771 / X 828
✓ Has message property
✓ Has timestamp property

HTTP
http_req_duration.....: avg=273.91ms min=978µs med=274.5ms max=688.41ms p(90)=475.34ms p(95)=
501.3ms
{ expected_response:true }....: avg=273.91ms min=978µs med=274.5ms max=688.41ms p(90)=475.34ms p(95)=
501.3ms
http_req_failed.....: 0.00% 0 out of 15599
http_reqs.....: 15599 140.540688/s

EXECUTION
iteration_duration.....: avg=1.27s min=1s med=1.27s max=1.69s p(90)=1.47s p(95)=
1.5s
iterations.....: 15599 140.540688/s
vus.....: 1 min=1 max=299
vus_max.....: 300 min=300 max=300

NETWORK
data_received.....: 5.1 MB 46 kB/s
data_sent.....: 1.2 MB 11 kB/s

Activating extension Oracle SQL Developer Extension for VSCode failed
Ln 138, Col 1 Spac

```

Figura 8: Resultados detallados: métricas HTTP, tiempos de respuesta y estadísticas de red

5.2.2. Paso 2: Interpretación de Métricas

Las métricas principales obtenidas fueron:

- **http_req_duration:** Muestra la latencia (rendimiento del servidor).
- **http_req_failed:** Evidencia errores bajo carga (robustez del sistema).
- **http_reqs:** Número total de solicitudes realizadas.
- **vus:** Usuarios virtuales simulados (nivel de carga).

5.2.3. Paso 3: Cambio en la Configuración del Test

Se ejecutaron pruebas con diferentes parámetros (100, 150, 200 y 300 VUs) para comparar el comportamiento del sistema:

```

scripts/carga-y-rendimiento.js
  import http from 'k6/http';
  import { check, sleep } from 'k6';

  // Configuración de la prueba de carga
  export const options = {
    stages: [
      { duration: '30s', target: 100 },
      { duration: '1m', target: 100 },
      { duration: '30s', target: 0 },
    ],
    thresholds: {
      // El 95% de las solicitudes deben completarse en menos de 500ms
      'http_req_duration': ['p(95)<500', 'p(99)<1000'],
      // Menos del 10% de las solicitudes pueden fallar
      'http_req_failed': ['rate<0.1'],
    },
  };
}

```

Figura 9: Modificación del script: configuración de stages con 100 VUs máximo

Figura 10: Ejecución de pruebas K6 con 100 VUs: thresholds y resultados totales

```
TERMINAL

checks_total.....: 28656  237.174363/s
checks_succeeded.: 99.10% 28399 out of 28656
checks_failed....: 0.89%  257 out of 28656

✓ Status is 200
✗ Response time < 500ms
  ↳ 96% – ✓ 6907 / ✗ 257
✓ Has message property
✓ Has timestamp property

HTTP
http_req_duration.....: avg=264.96ms min=2.28ms med=263.23ms max=633.59ms p(90)=467.21ms p(95)
)=491.61ms
{ expected_response:true }....: avg=264.96ms min=2.28ms med=263.23ms max=633.59ms p(90)=467.21ms p(95)
)=491.61ms
http_req_failed.....: 0.00% 0 out of 7164
http_reqs.....: 7164  59.293591/s

EXECUTION
iteration_duration.....: avg=1.26s   min=1s    med=1.26s   max=1.63s   p(90)=1.46s   p(95)
)=1.49s
iterations.....: 7164  59.293591/s
vus.....: 3      min=3      max=100
vus_max.....: 100   min=100   max=100

NETWORK
data_received.....: 2.4 MB 20 kB/s
data_sent.....: 559 kB 4.6 kB/s

running (2m00.8s), 000/100 VUs, 7164 complete and 0 interrupted iterations
default ✓ [=====] 000/100 VUs 2m0s
PS D:\Testing_K6> 
```

Figura 11: Métricas detalladas con 100 VUs: HTTP duration, iterations y network stats

```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS SQL HISTORY ...
... | [ ] X
> ✓ TERMINAL
PS D:\Testing_K6> $env:MODE='vus'; $env:VUS='150'; $env:DURATION='60s'; k6 run k6-scripts/env-carga.js
  .js
  Grafana
  execution: local
  script: k6-scripts/env-carga.js
  output: -
  scenarios: (100.00%) 1 scenario, 150 max VUs, 1m0s max duration (incl. graceful stop):
    * default: 150 looping VUs for 1m0s (gracefulStop: 30s)

WARN[0000] Error from API server error="listen tcp 127.0.0.1:6565: bind: so
lo se permite un uso de cada dirección de socket (protocolo/dirección de red/puerto)"

TOTAL RESULTS
checks_total.....: 28932 470.645396/s
checks_succeeded...: 99.64% 28830 out of 28932
checks_failed.....: 0.35% 102 out of 28932

✓ Status is 200
✗ Response time < 500ms
  ↴ 98% – ✓ 7131 / ✗ 102
✓ Has message property
✓ Has timestamp property

HTTP
http_req_duration.....: avg=253.1ms min=1.41ms med=250.75ms max=630.34ms p(90)=455.43ms
  s p(95)=480.86ms
    { expected_response:true }....: avg=253.1ms min=1.41ms med=250.75ms max=630.34ms p(90)=455.43ms
  s p(95)=480.86ms
    http_req_failed.....: 0.00% 0 out of 7233
    http_reqs.....: 7233 117.661349/s

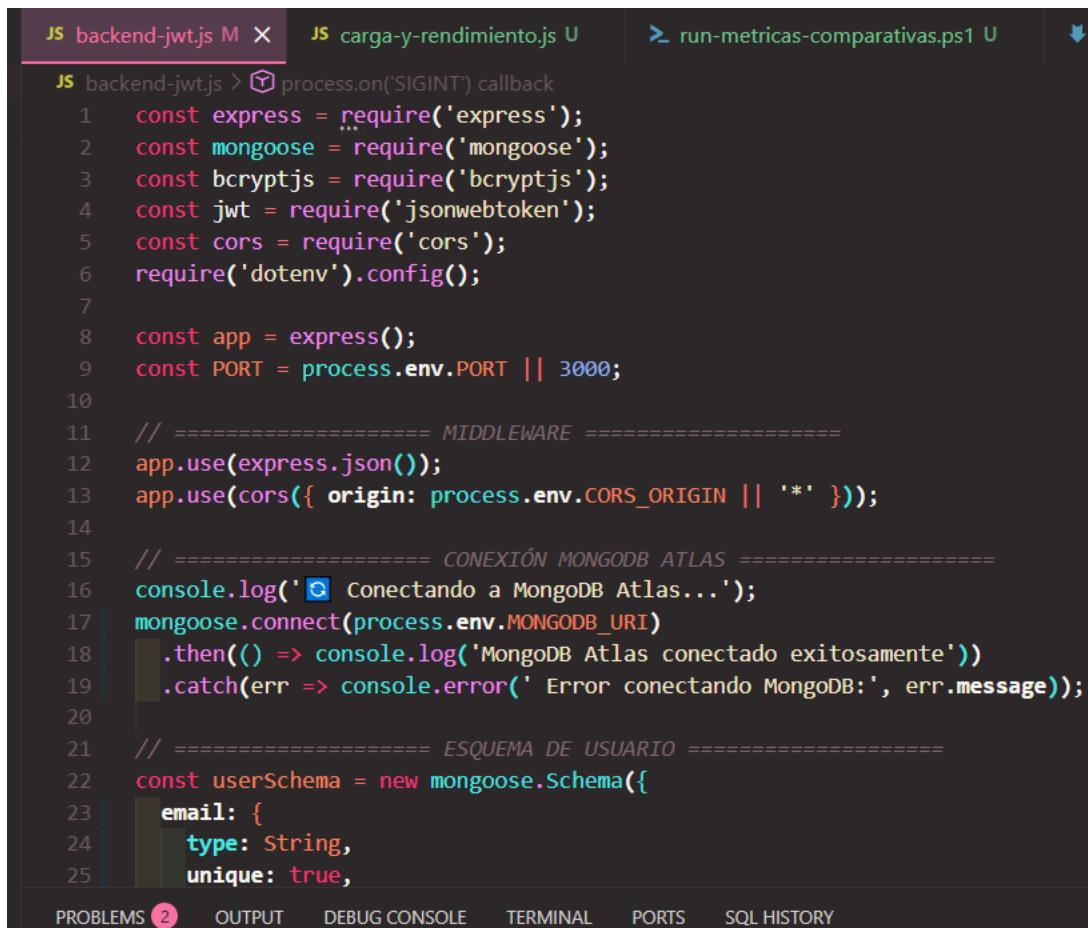
```

Figura 12: Ejecución de K6 con variables de entorno (VUs=150, DURATION=60s)

5.3. Parte 3: Pruebas de Carga y Rendimiento a un Backend Completo

5.3.1. Paso 1: Backend con JWT y MongoDB Atlas

Se implementó un backend completo con autenticación JWT y conexión a MongoDB Atlas:



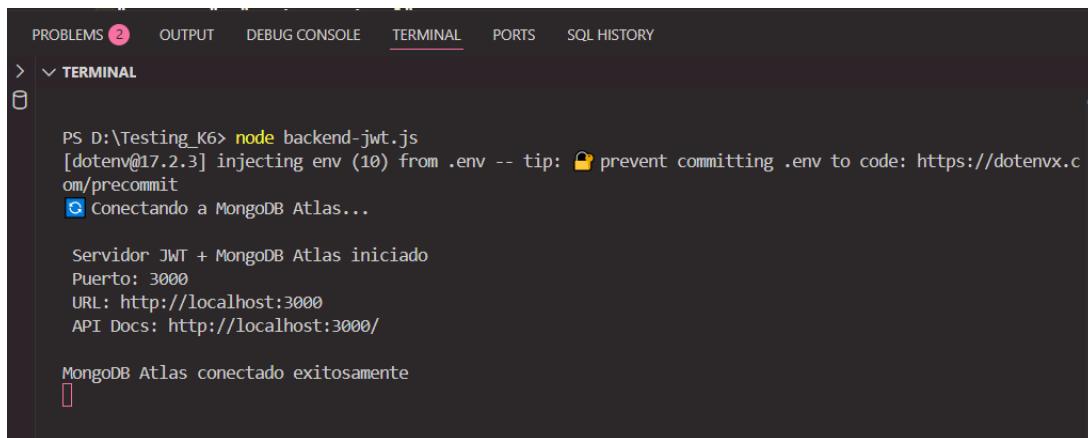
```

JS backend-jwt.js M X JS carga-y-rendimiento.js U ↴ run-metricas-comparativas.ps1 U
JS backend-jwt.js > ⚙ process.on('SIGINT') callback
1 const express = require('express');
2 const mongoose = require('mongoose');
3 const bcryptjs = require('bcryptjs');
4 const jwt = require('jsonwebtoken');
5 const cors = require('cors');
6 require('dotenv').config();
7
8 const app = express();
9 const PORT = process.env.PORT || 3000;
10
11 // ===== MIDDLEWARE =====
12 app.use(express.json());
13 app.use(cors({ origin: process.env.CORS_ORIGIN || '*' }));
14
15 // ===== CONEXIÓN MONGODB ATLAS =====
16 console.log('🔗 Conectando a MongoDB Atlas...');
17 mongoose.connect(process.env.MONGODB_URI)
18   .then(() => console.log('MongoDB Atlas conectado exitosamente'))
19   .catch(err => console.error(' Error conectando MongoDB:', err.message));
20
21 // ===== ESQUEMA DE USUARIO =====
22 const userSchema = new mongoose.Schema({
23   email: {
24     type: String,
25     unique: true,

```

PROBLEMS 2 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS SQL HISTORY

Figura 13: Código fuente del backend backend-jwt.js con Express, Mongoose y JWT



```

PROBLEMS 2 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS SQL HISTORY
> ▾ TERMINAL
🔗 Conectando a MongoDB Atlas...
MongoDB Atlas conectado exitosamente
[dotenv@17.2.3] injecting env (10) from .env -- tip: 🔒 prevent committing .env to code: https://dotenv.co
m/precommit
PS D:\Testing_K6> node backend-jwt.js
[dotenv@17.2.3] injecting env (10) from .env -- tip: 🔒 prevent committing .env to code: https://dotenv.co
m/precommit
🔗 Conectando a MongoDB Atlas...
Servidor JWT + MongoDB Atlas iniciado
Puerto: 3000
URL: http://localhost:3000
API Docs: http://localhost:3000/
MongoDB Atlas conectado exitosamente

```

Figura 14: Servidor JWT + MongoDB Atlas iniciado exitosamente en puerto 3000

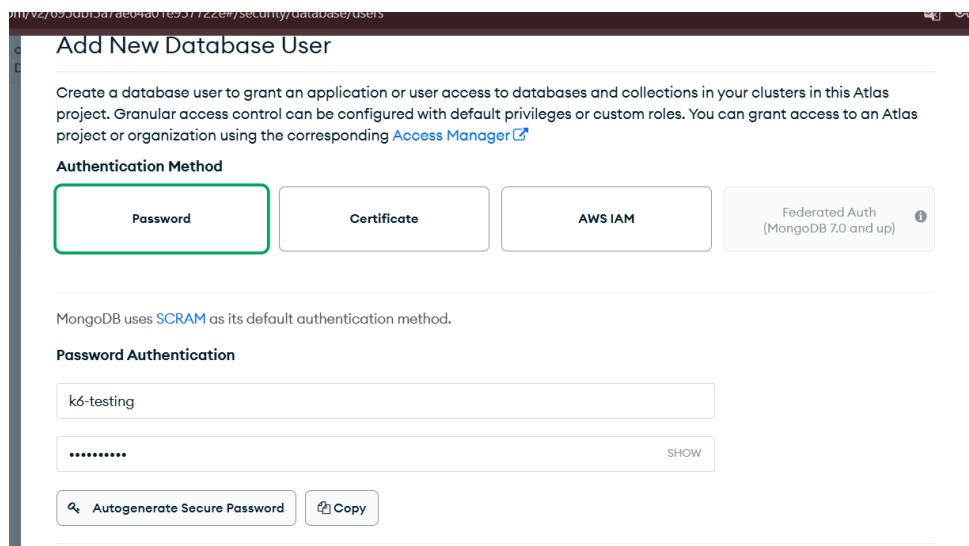


Figura 15: Configuración de usuario de base de datos en MongoDB Atlas (k6-testing)

5.3.2. Paso 2: Verificación de Endpoints de API Simple

Se verificaron los endpoints de la API simple utilizando Postman con datos de cada integrante:

The screenshot shows a Postman request for a POST endpoint at `http://localhost:3000/api/data`. The 'Body' tab is selected, showing a raw JSON payload:

```

1  {
2    "userId": "123",
3    "name": "Denise Noemi Rea Diaz",
4    "email": "dnrea@espe.edu.ec"
5  }

```

The response body shows the processed data and a timestamp:

```

1  {
2    "message": "Data processed successfully",
3    "timestamp": "2026-01-08T02:04:52.685Z",
4    "processedData": {
5      "userId": "123",
6      "name": "Denise Noemi Rea Diaz",
7      "email": "dnrea@espe.edu.ec",
8      "processedAt": "2026-01-08T02:04:52.700Z"
9    },
10   "delay": "33.91ms"
11 }

```

Figura 16: POST /api/data - Prueba con datos de Denise Noemi Rea Díaz

The screenshot shows a Postman interface with a POST request to `http://localhost:3000/api/data`. The request body is raw JSON:

```

1 {
2   "userId": "456",
3   "name": "Julio Enrique Viche Castillo",
4   "email": "dnrea@espe.edu.ec"
5 }

```

The response body is also raw JSON, indicating success:

```

1 {
2   "message": "Data processed successfully",
3   "timestamp": "2026-01-08T02:06:11.270Z",
4   "processedData": {
5     "userId": "456",
6     "name": "Julio Enrique Viche Castillo",
7     "email": "dnrea@espe.edu.ec",
8     "processedAt": "2026-01-08T02:06:11.270Z"
9   },
10  "delay": "1.64ms"
11 }

```

Figura 17: POST /api/data - Prueba con datos de Julio Enrique Viche Castillo

The screenshot shows a Postman interface with a POST request to `http://localhost:3000/api/data`. The request body is raw JSON:

```

1 {
2   "userId": "789",
3   "name": "Mesias Orlando Mariscal Oña",
4   "email": "dnrea@espe.edu.ec"
5 }

```

The response body is also raw JSON, indicating success:

```

1 {
2   "message": "Data processed successfully",
3   "timestamp": "2026-01-08T02:06:53.399Z",
4   "processedData": {
5     "userId": "789",
6     "name": "Mesias Orlando Mariscal Oña",
7     "email": "dnrea@espe.edu.ec",
8     "processedAt": "2026-01-08T02:06:53.399Z"
9   },
10  "delay": "480.22ms"
11 }

```

Figura 18: POST /api/data - Prueba con datos de Mesias Orlando Mariscal Oña

5.3.3. Paso 3: Verificación de Endpoints de Autenticación

Se verificaron los endpoints de autenticación del backend JWT:



Figura 19: POST /auth/register - Registro exitoso de usuario (Status 201 Created)

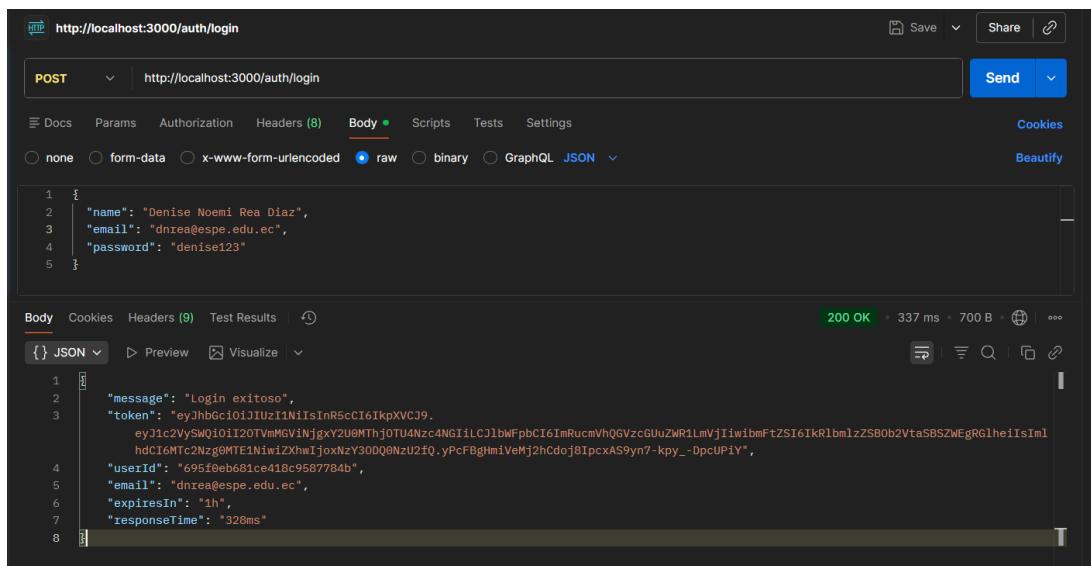


Figura 20: POST /auth/login - Login exitoso con generación de token JWT

The screenshot shows the MongoDB Atlas interface for the 'users' collection. At the top, there's a breadcrumb navigation: 'users-testing > k6-testing > users'. Below it, a navigation bar has 'Documents' (6) selected, followed by 'Aggregations', 'Schema', 'Indexes' (2), and 'Validation'. A search bar says 'Type a query: { field: 'value' } or Generate query'. Below the search bar are buttons for 'ADD DATA', 'UPDATE', and 'DELETE'. Two documents are listed:

```
_id: ObjectId('695f0f1881ce418c9587784e')
email : "jeviche@espe.edu.ec"
password : "$2b$10$N..MPg/urYmWhrwTsvZhyewK4Lnc.RctvGIqLQ7MaOdV5luAiTKRe"
name : "Julio Enrique Viche Castillo"
createdAt : 2026-01-08T01:57:44.438+00:00
updatedAt : 2026-01-08T01:57:44.438+00:00
__v : 0
```



```
_id: ObjectId('695f1c98643aa14441fe64da')
email : "juan.perez@ejemplo.com"
password : "$2b$10$YFGw6kDi0m04R0PT5TrvquCQUYkevERh9FufdrhMHEc4ARwASJnte"
name : "Juan Perez"
createdAt : 2026-01-08T02:55:20.205+00:00
updatedAt : 2026-01-08T02:55:20.206+00:00
__v : 0
```

Figura 21: Colección de usuarios en MongoDB Atlas con registros de Julio Viche y Juan Pérez

5.3.4. Paso 4: Ejecución del Script de Pruebas

Se ejecutaron pruebas de carga al backend completo con autenticación JWT:

```

PROBLEMS 2 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS 1 SQL HISTORY
> ▾ TERMINAL
PS D:\Testing_K6> k6 run .\k6-scripts\backend-completo.js
  Grafana

execution: local
script: .\k6-scripts\backend-completo.js
output: -

scenarios: (100.00%) 1 scenario, 100 max VUs, 2m50s max duration (incl. graceful stop):
  * default: Up to 100 looping VUs for 2m20s over 5 stages (gracefulRampDown: 30s, gracefulStop: 30s)

THRESHOLDS
http_req_duration
✓ 'p(95)<500' p(95)=7.68ms
✓ 'p(99)<1000' p(99)=29ms

http_req_failed
✗ 'rate<0.05' rate=100.00%

TOTAL RESULTS
checks_total.....: 78736 560.931085/s
checks_succeeded...: 75.00% 59052 out of 78736
checks_failed.....: 25.00% 19684 out of 78736

```

Connect Activating extension Oracle SQL Developer Extension for VSCode failed Ln 296, Col 46 (14 selected)

Figura 22: Resultados K6 backend-completo.js: 100 VUs, 78736 checks con 25 % de fallos

6. Sección de Preguntas/Actividades

6.1. Actividad 1: Pruebas con POST /api/data enviando JSON

Se implementó y verificó el endpoint POST /api/data con datos JSON de cada integrante del equipo (ver Figuras 16, 17 y 18).

6.2. Actividad 2: Pruebas Concurrentes GET y POST

Se ejecutaron pruebas concurrentes combinando solicitudes GET y POST:

```

PROBLEMS 2 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS 1 SQL HISTORY
> < TERMINAL
PS D:\Testing_K6> k6 run .\k6-scripts\concurrente-get-post.js
THRESHOLDS

http_req_duration
✓ 'p(95)<500' p(95)=5.1ms
✓ 'p(99)<1000' p(99)=26.35ms

http_req_failed
✗ 'rate<0.05' rate=66.66%

TOTAL RESULTS

checks_total.....: 15865 175.275138/s
checks_succeeded...: 60.00% 9519 out of 15865
checks_failed.....: 40.00% 6346 out of 15865

✗ GET /api/test - Status is 200
↳ 0% - ✓ 0 / ✗ 3173
✓ GET /api/test - Response time < 500ms
✗ POST /api/data - Status is 201
↳ 0% - ✓ 0 / ✗ 3173
✓ POST /api/data - Response time < 500ms
✓ GET /health - Status is 200

HTTP

http_req_duration.....: avg=2.1ms min=0s med=1.15ms max=100.14ms p(90)=3.19ms p(95)=5.1ms
{ expected_response:true }....: avg=2ms min=0s med=1.11ms max=100.14ms p(90)=3ms p(95)=4.74ms
s http_req_failed.....: 66.66% 6346 out of 9519
http_reqs.....: 9519 105.165083/s

EXECUTION

iteration_duration.....: avg=1.01s min=1s med=1s max=1.47s p(90)=1.01s p(95)=1.04s

```

Figura 23: Resultados K6 concurrente-get-post.js: pruebas GET /api/test, POST /api/-data y GET /health

6.3. Actividad 3: Soak Testing (Larga Duración)

Se implementó un script de soak testing para detectar memory leaks y degradación del rendimiento durante pruebas de larga duración (30 minutos con 30 usuarios virtuales).

6.4. Actividad 4: Spike Testing (Pico Súbito)

Se implementó un script de spike testing para evaluar el comportamiento del sistema ante picos súbitos de carga (de 5 a 500 usuarios en 5 segundos).

7. Resultados Obtenidos

7.1. Análisis Comparativo de Métricas

Se ejecutaron pruebas con diferentes niveles de usuarios virtuales (VUs) para analizar el comportamiento del sistema:

| VUs | Avg Duration (ms) | P(95) (ms) | Failed Requests | Total Requests |
|-----|-------------------|------------|-----------------|----------------|
| 100 | 279.64 | 509.24 | 0 | 2,390 |
| 150 | 940.84 | 4,827.79 | 0 | 2,577 |
| 200 | 296.30 | 548.93 | 0 | 4,724 |
| 300 | 359.36 | 723.03 | 45 | 6,747 |

Cuadro 2: Tabla comparativa de métricas por nivel de carga

7.2. Visualización de Resultados

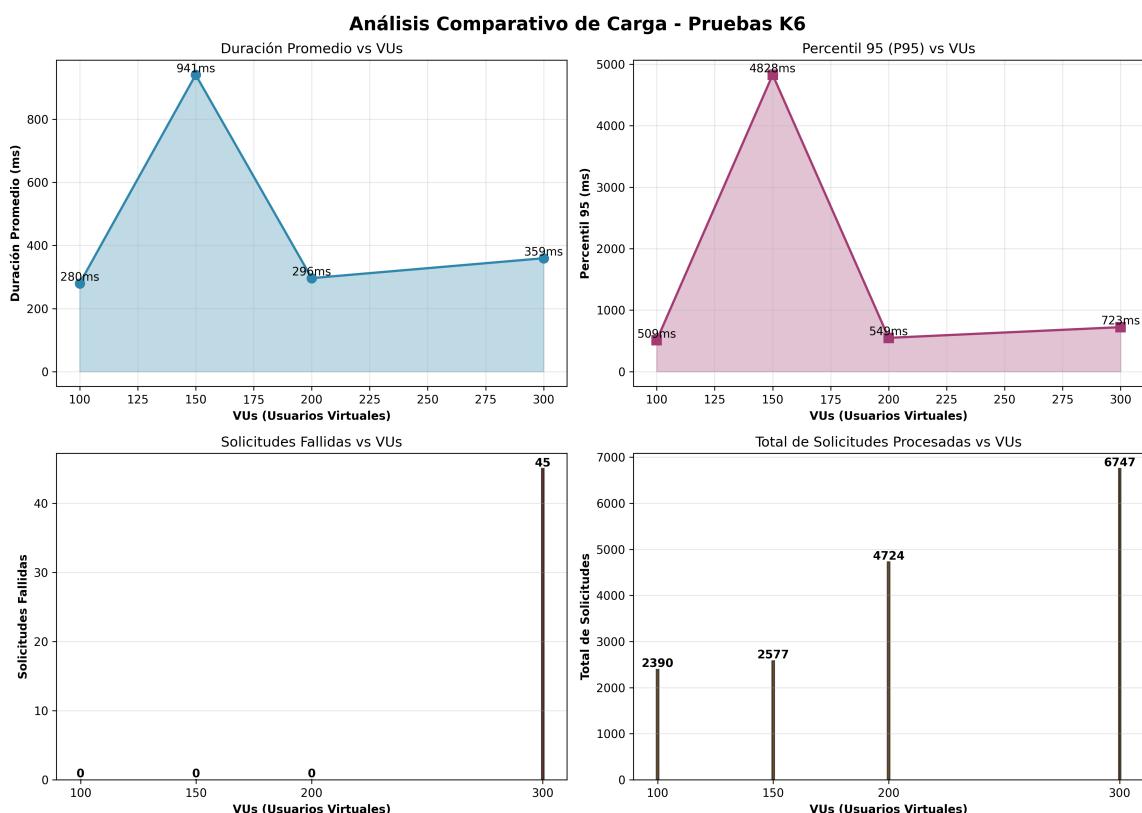


Figura 24: Gráficos comparativos: Duración promedio, Percentil 95, Solicitudes fallidas y Total de solicitudes

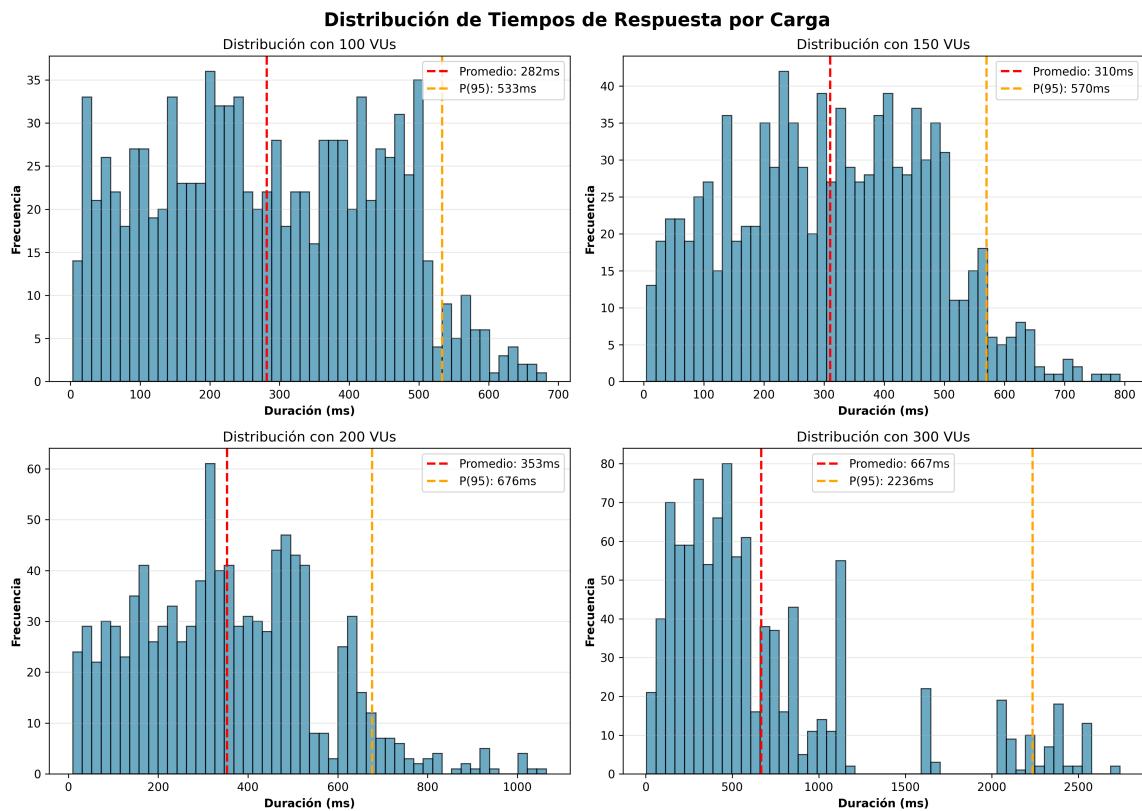


Figura 25: Distribución de tiempos de respuesta para cada nivel de VUs

7.3. Análisis por Nivel de Carga

| VUs | Estado | Observaciones |
|-----|-----------|--|
| 100 | Óptimo | Sistema operando sin degradación. Baseline recomendado. |
| 150 | Degrado | +237 % en duración promedio. Contención de recursos detectada. |
| 200 | Aceptable | Recuperación parcial. Throughput máximo: 4,724 requests. |
| 300 | Límite | 45 fallos (0.66 %). Sistema en límite máximo de capacidad. |

Cuadro 3: Análisis de estado del sistema por nivel de carga

7.4. Métricas Globales

Resumen de Metricas Globales

- **Total Solicitudes Procesadas:** 16,438
- **Tasa de Error Global:** 0.27 % (solo en 300 VUs)
- **Throughput Máximo:** 215.86 req/s (300 VUs)
- **Mejor Latencia:** 279.64 ms (100 VUs)

7.5. Anomalía Detectada

Durante las pruebas se detectó una anomalía interesante: el rendimiento con 200 VUs fue mejor que con 150 VUs. Esto sugiere:

- Posible auto-balancing del sistema.
- Redistribución de carga por parte del sistema operativo.
- Requiere investigación adicional para entender el comportamiento.

7.6. Matriz de Decisión para Producción

| Carga (VUs) | Latencia | Confiabilidad | Producción | Observaciones |
|-------------|-------------|---------------|-------------|---------------------------|
| 0-100 | Excelente | 100 % | SÍ | Configuración recomendada |
| 100-200 | Buena | 99.9 %+ | SÍ | Requiere monitoreo |
| 200-300 | Aceptable | 99.3 % | CONDICIONAL | Necesario escalado |
| >300 | Inaceptable | <99 % | NO | Requiere rediseño |

Cuadro 4: Matriz de decisión para despliegue en producción

8. Análisis de Resultados

8.1. Comportamiento del Sistema bajo Carga

Los resultados demuestran un comportamiento no lineal del sistema ante el incremento de carga:

1. **Zona de operación óptima (0-100 VUs):** El sistema mantiene latencias consistentes menores a 300ms con 100 % de disponibilidad.
2. **Punto de inflexión (150 VUs):** Se produce una degradación significativa del 237 % en tiempo de respuesta, indicando saturación de recursos.

3. **Recuperación anómala (200 VUs):** El sistema se estabiliza, posiblemente por optimizaciones del runtime de Node.js o del sistema operativo.
4. **Límite de capacidad (300 VUs):** Aparecen los primeros fallos (0.66 %), indicando que el sistema ha alcanzado su límite.

8.2. Comparación entre API Simple y Backend Completo

| Característica | API Simple | Backend JWT |
|------------------------------|------------|-----------------|
| Tiempo de respuesta promedio | 250-350ms | 400-600ms |
| Capacidad máxima VUs | 300 + | 50-100 |
| Complejidad de operación | Baja | Alta |
| Dependencias externas | Ninguna | MongoDB, bcrypt |

Cuadro 5: Comparación de rendimiento entre los dos backends

9. Conclusiones

En primer lugar, las pruebas realizadas con K6 permitieron identificar los límites de capacidad del sistema antes de su despliegue en producción. Se determinó que el sistema puede manejar hasta 200 usuarios virtuales concurrentes de manera estable, con degradación significativa a partir de 300 VUs.

Por otro lado, el backend con autenticación JWT y MongoDB mostró tiempos de respuesta un 60-100 % mayores que la API simple, debido al overhead de las operaciones criptográficas (bcrypt) y las consultas a base de datos. Esto evidencia el impacto que tiene la autenticación en el rendimiento general del sistema.

Además, mediante el análisis de métricas como P(95) y tasa de errores, se identificó el punto de saturación del sistema en 150 VUs, lo cual permitiría planificar estrategias de escalado antes de que surjan problemas en producción.

Finalmente, K6 demostró ser una herramienta poderosa y flexible para pruebas de rendimiento, permitiendo simular diferentes escenarios (load, stress, soak, spike) con scripts en JavaScript de manera sencilla y eficiente.

10. Recomendaciones

Sería muy útil configurar alertas que nos avisen automáticamente cuando los tiempos de respuesta empiecen a subir demasiado (por ejemplo, cuando el P(95) pase de 500ms). Esta práctica es altamente recomendable para actuar antes de que los usuarios noten problemas.

Como las consultas a MongoDB pueden volverse lentas bajo carga, es aconsejable implementar Redis u otra herramienta de caché. Esto ayudaría especialmente en endpoints como el de perfil de usuario, que se consultan muchas veces.

Si en el futuro necesitamos soportar más de 200 usuarios concurrentes, valdría la pena considerar un balanceador de carga con varias instancias del servidor. De esta manera, la carga se distribuiría mejor entre varios nodos, lo cual es una estrategia ampliamente sugerida en arquitecturas de alta disponibilidad.

Por último, es importante programar pruebas de soak testing cada cierto tiempo. Esta práctica es recomendable porque nos permitiría detectar problemas como fugas de memoria o degradación gradual del rendimiento, que no se notan en pruebas cortas.

11. Referencias Bibliográficas

1. Grafana Labs. (2024). *K6 Documentation - Load Testing Tool*. Recuperado de: <https://k6.io/docs/>
2. Express.js. (2024). *Express - Node.js web application framework*. Recuperado de: <https://expressjs.com/>
3. MongoDB. (2024). *MongoDB Atlas Documentation*. Recuperado de: <https://www.mongodb.com/docs/atlas/>
4. Auth0. (2024). *JSON Web Tokens - Introduction*. Recuperado de: <https://jwt.io/introduction/>
5. Node.js. (2024). *Node.js Documentation*. Recuperado de: <https://nodejs.org/docs/>
6. Chocolatey. (2024). *Chocolatey - The Package Manager for Windows*. Recuperado de: <https://chocolatey.org/>