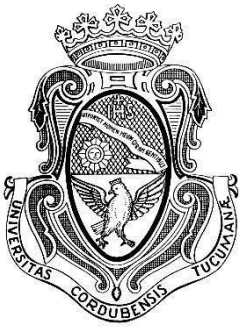


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

PROGRAMACIÓN CONCURRENTE

TRABAJO PRÁCTICO Nº 1

"Simulación concurrente del flujo de pedidos en un centro logístico"

Grupo: Fairness con coca

Alumnos:

García, Lautaro Misael	44.192.548
Martinez, Facundo Jesús	40.681.858
Renaudo Gaggioli, Valentino	45.379.952
Sánchez, Leonardo Ariel	38.002.962

Mayo / 2025

Índice

1. Introducción

1.1 Objetivo del trabajo práctico

Este trabajo práctico tiene como objetivo principal afianzar los conocimientos adquiridos sobre programación concurrente, fundamentales en el desarrollo de sistemas que requieren la ejecución simultánea de múltiples tareas. A través de la implementación de procesos que operan en paralelo, se busca comprender y aplicar conceptos clave como hilos de ejecución, sincronización, condiciones de carrera, estructuras de datos seguras para múltiples hilos, y el manejo de recursos compartidos. La propuesta ofrece un entorno adecuado para analizar cómo la concurrencia puede mejorar el rendimiento, la eficiencia y la organización de sistemas complejos en la práctica.

1.2 Descripción general del problema a resolver

El problema planteado consiste en simular el circuito logístico de gestión de pedidos dentro de una empresa de distribución. La tarea implica modelar los distintos procesos involucrados (preparación, despacho, entrega y la verificación), de manera que puedan funcionar en paralelo, representando así un sistema realista donde múltiples pedidos son procesados simultáneamente. Estos procesos deben interactuar entre sí mediante estructuras que garanticen la integridad de los datos y eviten errores comunes en entornos concurrentes. El sistema también debe ser capaz de registrar el estado de los pedidos y producir logs con fines estadísticos.

1.3 Enfoque adoptado para la resolución

Para abordar este problema, se diseñó una arquitectura en la que cada proceso del circuito logístico es representado por uno o más hilos independientes. Los pedidos fluyen a través del sistema mediante una serie de colas bloqueantes (`LinkedBlockingDeque`), que conectan las diferentes etapas del proceso y permiten una comunicación segura entre hilos. Cada clase responsable de un rol logístico (por ejemplo, `Preparador`, `Despachador`, `Entregador`, `Verificador`) opera sobre estas colas, consumiendo y produciendo pedidos según reglas específicas. Este enfoque

modular y concurrente facilita la escalabilidad del sistema y permite simular con mayor precisión las condiciones del mundo real en un entorno controlado y extensible.

2. Desarrollo

2.1 Modelado y Diseño

El sistema fue modelado como un conjunto de etapas que representan el ciclo de vida de un pedido dentro del centro de almacenamiento: preparación, despacho, entrega y verificación. Cada etapa es gestionada por una clase específica (`Preparador`, `Despachador`, `Entregador` y `Verificador`), que extiende una clase base llamada Distribuidor. Estas clases funcionan como hilos independientes que procesan pedidos de forma concurrente. Los pedidos se trasladan entre etapas a través de colas compartidas, implementadas con estructuras thread-safe (`LinkedBlockingDeque`), que actúan como buffers entre hilos. Además, se utiliza una clase llamada `CentroDeAlmacenamiento`, que contiene una matriz de casilleros, donde se almacenan los pedidos durante el proceso. Cada pedido puede tener éxito o fallar en una etapa, simulando condiciones reales mediante probabilidades de fallo. El sistema también registra estadísticas sobre el proceso y el estado de los casilleros, lo que permite evaluar el desempeño general.

El diseño del sistema se basó en una estructura modular, orientada a objetos, que permite representar de forma clara cada rol dentro del proceso de distribución de pedidos. Las clases principales fueron organizadas para reflejar tanto la lógica funcional como las necesidades de la programación concurrente:

La clase `Pedido` representa la unidad básica del sistema. Contiene atributos como su estado actual y su posición dentro del centro de almacenamiento.

Las clases `Despachador`, `Entregador` y `Verificador` extienden a la clase abstracta `Distribuidor`, la cual encapsula el comportamiento común de los hilos procesadores. Este diseño permite el uso de herencia para reducir la duplicación de código y facilitar la extensión del sistema.

`Distribuidor` extiende `Thread` y gestiona la lógica de procesamiento: extracción de pedidos de la cola de origen, simulación de éxito o fallo, y envío a las colas correspondientes (exitosos o fallidos).

`Preparador` extiende `Thread` y representa uno de los hilos encargados de tomar pedidos nuevos, obtener un casillero disponible desde el

`CentroDeAlmacenamiento`, asignarlo al pedido, y pasarlo a la cola de pedidos preparados. Accede a las colas compartidas (`pedidosNuevos` y `pedidosPreparados`). La extracción del pedido se realiza de forma aleatoria para simular desorden en el procesamiento. En caso de no haber casilleros disponibles, espera brevemente antes de reintentar. El tiempo de procesamiento se simula con una pausa controlada por una distribución gaussiana.

`CentroDeAlmacenamiento` modela una matriz de casilleros donde se puede ubicar cada pedido. Esta clase se accede de manera sincronizada para garantizar que dos hilos no asignen el mismo casillero al mismo tiempo.

Se utiliza `LinkedBlockingDeque` como estructura de comunicación entre hilos. Su implementación bloqueante y segura para múltiples hilos evita condiciones de carrera y problemas de visibilidad entre hilos.

Este enfoque permite un flujo de trabajo concurrente ordenado, donde cada etapa puede trabajar en paralelo sin interferencias, y se asegura la integridad de los datos mediante sincronización explícita y el uso de clases concurrentes.

2.2 Implementación

`Main:` Clase principal que se encarga de inicializar el entorno, generar los pedidos y lanzar los hilos correspondientes. Es el núcleo organizador de la simulación. Registra en archivos `.txt` y `.csv` el estado del sistema cada 200 ms.

`CentroDeAlmacenamiento`: Administra el conjunto de casilleros mediante una matriz. Provee casilleros vacíos aleatorios mediante `obtenerCasillero()`.

`Pedido`: Representa un pedido individual. Contiene atributos como ID y estado. Es la unidad que se transmite a lo largo del sistema.

`Casillero`: Simula un espacio de almacenamiento para un pedido. Contiene métodos sincronizados para depositar o retirar pedidos, y estadísticas internas sobre uso y fallos.

`Distribuidor`: Clase base para los hilos que participan en la cadena (Despachador, Entregador, Verificador). Define estructura común y comportamiento general.

`Preparador`, `Despachador`, `Entregador`, `Verificador`: Hilos que simulan cada etapa del proceso. Cada uno toma pedidos de una cola, ejecuta una tarea (con posible falla), y los pasa a la siguiente etapa. Implementan lógica concurrente y aleatorización de tiempo/falla.

Para la coordinación entre etapas del proceso (preparación, despacho, entrega y verificación), se utilizaron estructuras de datos concurrentes provistas por la biblioteca `java.util.concurrent`, como `LinkedBlockingDeque`.

En el caso de la asignación de pedidos a casilleros, se implementó una selección aleatoria de los casilleros disponibles. Esto se logró generando un índice aleatorio con la clase Random y accediendo a dicho casillero dentro del arreglo. De este modo, se garantiza una distribución uniforme de pedidos entre los casilleros y se simula un comportamiento no determinista que favorece el testeo de concurrencia y rendimiento del sistema.

Para simular el comportamiento realista del procesamiento de pedidos, se utilizó una distribución gaussiana (normal) para determinar los tiempos de espera entre tareas. Esta distribución permite que la mayoría de los tiempos se agrupen alrededor de un valor promedio, con pequeñas variaciones, lo cual imita con mayor precisión los tiempos variables que se dan en la práctica. Se establecieron límites mínimos y máximos para evitar valores extremos no deseados. Esta elección busca lograr un equilibrio entre realismo, fluidez de simulación y control del rendimiento del sistema.

2.3 Herramientas Utilizadas

- Lenguaje: Java
- Entorno de desarrollo: Visual Studio Code e IntelliJ IDEA
- Control de versiones: Git y GitHub
- Gestor de dependencias: Maven
- Para gráficos: LibreOffice Calc

3. Plan de Versiones en el Repositorio

A lo largo del desarrollo del proyecto, se siguió una estrategia incremental basada en versiones, lo cual permitió integrar y verificar nuevas funcionalidades de forma progresiva. A continuación se detalla el plan de versiones.

Versión 1 - Estructura inicial del proyecto

Clases: `Casillero`, `Estado`, `CentroDeAlmacenamiento`.

Inicialización de matriz de casilleros.

Método `toString()` para visualizar el estado de la matriz de casilleros.

Versión 2 - Preparación de pedidos y prueba de hilos

Clase `Pedido`.

Lista inicial de 500 pedidos.

Se desarrolló el módulo de preparación de pedidos, con los hilos `Preparador`.

Se realizaron pruebas para verificar la correcta interacción entre hilos y estructuras concurrentes.

Versión 3 - Flujo completo y manejo de fallos

Se añadieron las clases `Despachador`, `Entregador` y `Verificador`, completando el ciclo de procesamiento de pedidos.

Se implementó el manejo de fallos con registro en listas separadas.

El sistema ya permite procesar 500 pedidos de forma concurrente.

Se implementan `LinkedBlockingDeque` para el acceso seguro a las colas de pedidos.

Versión 4 - Log y generación de archivos estadísticos

Se agregó el módulo de logging dentro del `main`, con escritura periódica en archivos `.txt` y `.csv`.

Se introdujeron esperas aleatorias y configurables para simular las condiciones realistas.

Se incorporó cálculo del tiempo de ejecución y la impresión del estado final del almacenamiento.

Versión 5 - Documentación, dependencias y diagramas

Inclusión de los diagramas de clases y de secuencia en alta calidad.

Migración del proyecto a Maven para el manejo de dependencias.

Revisión final del código y documentación para asegurar la portabilidad.

4. Resultados y análisis

Durante la ejecución del programa, se generaron dos archivos de log: uno en formato **.txt** y otro en **.csv**. Ambos contienen información sobre la cantidad de pedidos verificados y fallidos en intervalos regulares de tiempo (cada 200 ms). Estos datos permiten observar la evolución del sistema y detectar posibles cuellos de botella o desequilibrios en la concurrencia.

Ejemplos de líneas del log `.txt`:

[1 ms] Verificados: 0, Fallidos: 0

[217 ms] Verificados: 0, Fallidos: 0

[419 ms] Verificados: 2, Fallidos: 3

[619 ms] Verificados: 4, Fallidos: 4

[822 ms] Verificados: 5, Fallidos: 4

[1024 ms] Verificados: 9, Fallidos: 5

…

Ejemplo del archivo `.csv` :

Timestamp(ms),Verificados,Fallidos

1,0,0

217,0,0

419,2,3

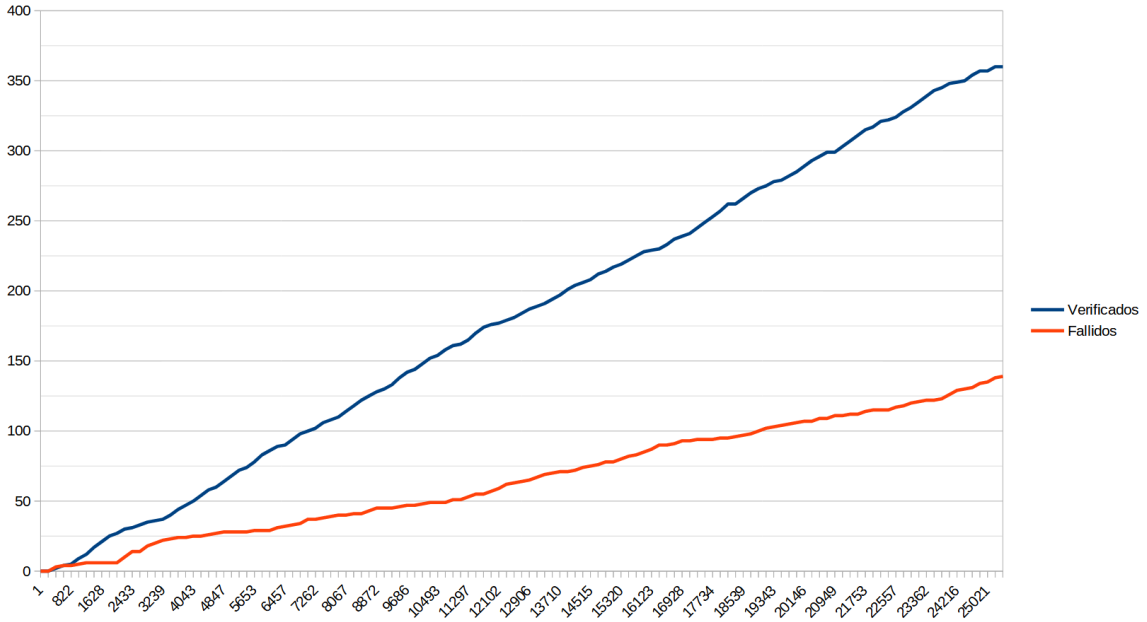
619,4,4

822,5,4

1024,9,5

…

A partir del archivo CSV, se generó un gráfico utilizando **LibreOffice Calc**, lo que permitió visualizar de forma clara la evolución del sistema:



5. Decisiones de diseño

Uso de listas bloqueantes (`LinkedBlockingDeque`)

Se eligió esta estructura de datos a partir de la lectura del libro Java 7 Concurrency Cookbook, en el cual se destacan las ventajas de las colecciones concurrentes provistas por el paquete java.util.concurrent para evitar errores comunes en programación multihilo. En particular, la `LinkedBlockingDeque` permite un manejo eficiente y seguro de colas compartidas entre hilos sin necesidad de bloqueos explícitos, simplificando el control de concurrencia en el sistema. Sin embargo esta decisión conlleva la creación de un método que transforma esta lista en una `ArrayList` para hacer posible la selección de un objeto aleatorio.

Separación por responsabilidades: una clase por rol

Cada etapa del proceso (preparador, despachador, entregador y verificador) fue modelada mediante una clase específica que hereda de una clase abstracta común. Esta separación favorece la legibilidad, el mantenimiento del código y permite la escalabilidad del sistema.

Randomización de tiempos de procesamiento

Uno de los objetivos principales del trabajo es simular comportamientos realistas bajo condiciones inciertas. Para esto, se incorporó una lógica de fallos aleatorios en cada etapa del procesamiento de pedidos. A su vez, los tiempos de procesamiento de cada hilo también fueron randomizados utilizando la distribución gaussiana (normal), a través de la función `random.nextGaussian()`. Esto permite que los delays se distribuyan alrededor de un valor medio, reflejando la variabilidad habitual que puede encontrarse en sistemas reales, donde los tiempos de atención no son constantes pero tienden a una media.

Persistencia del log en formatos aptos para lectura y graficación

Se implementó un registro periódico de estadísticas del sistema en archivos `.txt` y `.csv`. Esto facilita el análisis posterior de resultados y la

visualización mediante herramientas externas como hojas de cálculo o software de gráficos. Para la periodicidad de los registros se aprovechó el bucle presente en el main que detecta el final del procesamiento de pedidos.

6. Conclusiones

Este trabajo nos permitió llevar a la práctica los principales conceptos de programación concurrente, viendo de forma concreta cómo se comportan los hilos cuando comparten recursos y trabajan en paralelo.

Uno de los principales desafíos fue el manejo correcto de los recursos compartidos entre hilos, como las colas de pedidos y la asignación de casilleros. Estos fueron resueltos mediante el uso de estructuras thread-safe y mecanismos de sincronización, lo cual garantiza la integridad de los datos y evitó condiciones de carrera.

El trabajo no solo permitió poner en práctica conceptos teóricos sobre concurrencia, sincronización y diseño orientado a objetos, sino también entender su aplicación concreta en escenarios reales. Trabajando con fallos aleatorios y tiempos de procesamiento variables, se pudo observar cómo se comporta el sistema frente a la incertidumbre y la no determinación.

En resumen, aprendimos cómo diseñar un sistema concurrente con múltiples etapas, cómo coordinar hilos que comparten datos, cómo registrar el estado del sistema a lo largo del tiempo y cómo manejar su finalización. Todo esto reforzó los conceptos teóricos vistos en clase con una aplicación concreta.