



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO INGENIERIA DE SISTEMAS**  
Proyecto Introducción a Sistemas Distribuidos  
Período Académico 2023-01

## Sistema Distribuido de Préstamo de Libros

30%

### Objetivos

- Poner en práctica conceptos de sistemas distribuidos para solucionar un problema.
- Utilizar patrones de comunicación síncronos y asíncronos.
- Resolver problemas presentes en sistema distribuidos, tales como fallas de los componentes y actualización de réplicas.

### Descripción del Sistema a Desarrollar

El objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de préstamo de libros como el que se muestra en la figura 1. Este sistema funcionará en al menos dos sedes de la Biblioteca Caribe. **Se tendrá una base de datos replicada en cada una de las sedes.**

Los componentes del sistema se describen a continuación:

**Procesos Solicitantes (PS):** son los procesos que ingresarán al sistema las operaciones sobre los libros que requieren los usuarios. Las operaciones son:

1. **Devolver un libro:** permite a un usuario devolver un determinado libro.
2. **Renovar un libro:** permite a un usuario renovar, por una semana adicional, un libro que ya posee.
3. **Solicitar prestado un libro:** por medio de esta operación se solicita el préstamo de un determinado libro.

La idea es que los **PS** generen requerimientos de estos tres tipos provenientes de un archivo de texto previamente configurado, de manera que se lean las peticiones de forma automática. Cada archivo debe tener no menos de 20 requerimientos de los tres tipos. Se supone que todos los requerimientos son válidos. Alternativamente, los PS puede usar un generador de Carga como JMeter

(<https://jmeter.apache.org/>) para generar los requerimientos hacia el Gestor de Carga.

**Gestor de Carga:** este proceso recibe las peticiones de los PS y, dependiendo del tipo de solicitud, realiza las siguientes acciones:

1. *Devolver un libro:* en este caso, el **Gestor** acepta de forma inmediata la operación y le devuelve al PS una respuesta positiva indicando que la biblioteca está recibiendo el libro. Una vez que le ha respondido al cliente de tipo PS, el Gestor **publica** un requerimiento de registro de operación (**en este caso el tópico publicado es Devolución**) que será atendido por uno de los procesos Actores, tal y como se muestra en la Figura 1. El requerimiento debe llevar la información del libro devuelto. Existirá un proceso de tipo Actor que se suscribirá al tópico **Devolución**. Cuando el Actor tome el requerimiento realizará la actualización en la BD. Se debe actualizar la BD y la réplica.
2. *Renovar un libro:* al igual que en el caso anterior, el **Gestor** acepta de forma inmediata la operación y le devuelve al PS una respuesta positiva indicando la nueva fecha de entrega (1 semana a partir de la fecha actual). Una vez que le ha respondido al cliente de tipo PS, el Gestor publica un tópico **Renovación** con los datos correspondientes al libro. El mensaje asociado al tópico debe llevar la fecha actual y la nueva fecha de entrega del libro. Un libro puede renovarse infinitas veces. Uno de los procesos Actores se suscribirá a este tópico y cuando reciba mensajes de este tipo, realizará la actualización correspondiente en la BD y su réplica.
3. *Solicitar prestado un libro:* en este caso el Proceso Solicitante (PS) hará el requerimiento de un libro y esperará a que el Gestor le dé respuesta (**request-reply**). El Gestor le asigna el trabajo a un proceso Actor que debe validar en la BD local y en su réplica, la existencia del libro; una vez que compruebe la disponibilidad, dará respuesta positiva o negativa al Gestor para que éste pueda responder al PS. Los estudiantes decidirán si el libro lo puede solicitar únicamente por el código (sería una especie de ISBN) o pueden permitir la solicitud por otros campos: título, autor, etc.

**Actores:** son los procesos encargados de interactuar con la BD y sus réplicas. Existirán al **menos 2 actores que se comunicarán con el Gestor bajo el patrón Publicador/Suscriptor para devoluciones y renovaciones, y al menos un tercer actor destinado a atender las solicitudes de préstamos**. Según llega información de los tópicos a los que se suscriben, los actores responsables actualizan la BD local y envían una solicitud de actualización a la réplica para mantener la consistencia (las actualizaciones deberían ser síncronas). El o los actores que se encargan de otorgar un libro en préstamo, deben verificar en la BD local y en la remota, que el libro existe y que pueden otorgarlo. Tengan en cuenta que dos

personas pueden estar pidiendo el mismo libro, en ambas sedes, al mismo tiempo (y puede existir solo un ejemplar del libro). Dado que la devolución de los libros sí se hace de forma asíncrona, es posible que la solicitud de un libro sea negada, aun cuando éste ya haya sido devuelto por otro usuario; en este caso el requerimiento aún no ha sido atendido por un actor.

## **Base de Datos**

### **Datos Iniciales**

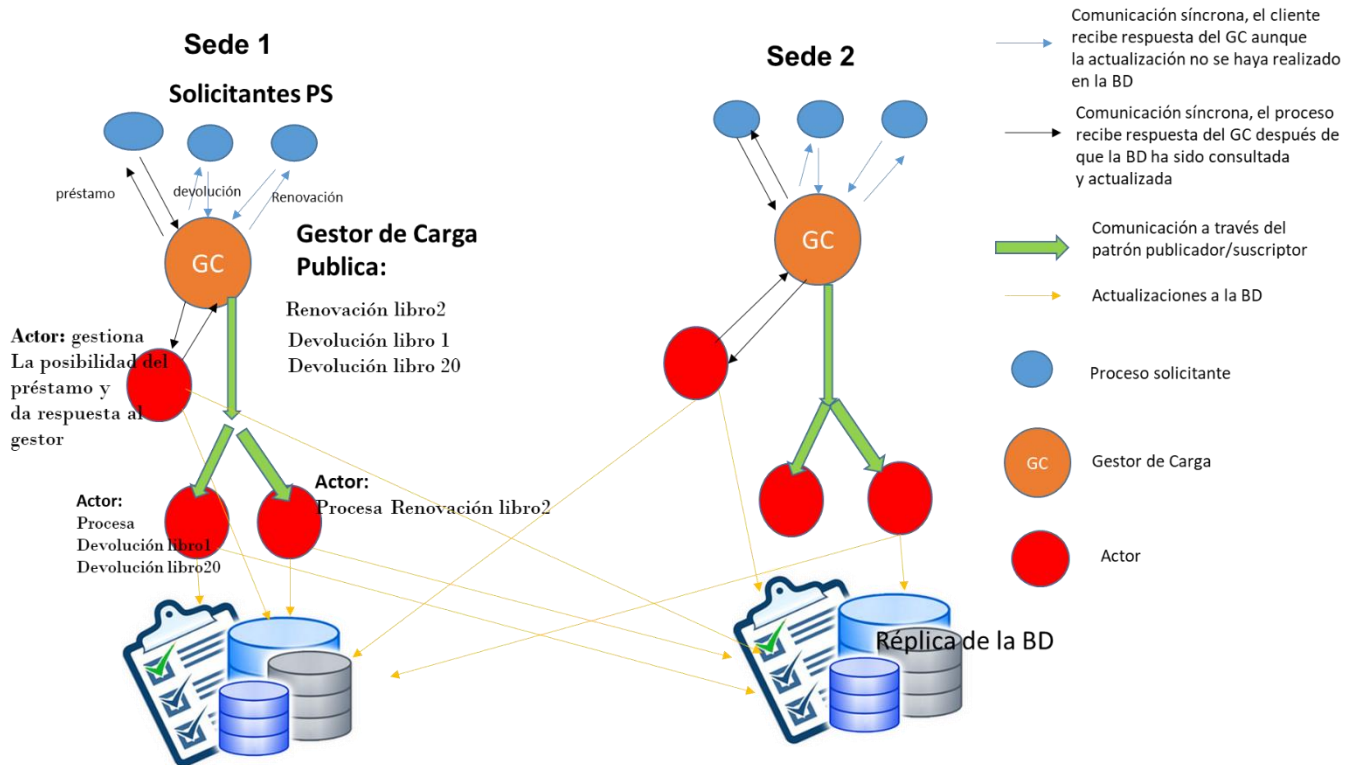
La BD debe llenarse inicialmente con datos de al menos 300 libros, 50 de los cuales están ya prestados (25 en una sede y 25 en otra). Durante las pruebas, en cada sede, se solicitarán al menos 15 operaciones de devolución, 10 de renovación y 10 de préstamo.

Cada entidad libro debe tener al menos: un código, un nombre y el número de ejemplares disponibles. Existen libros que tienen un único ejemplar. Ud. puede colocar los datos adicionales que considere necesario en su diseño.

Al inicio, ambas sedes tendrán una copia idéntica de la Base de Datos de libros.

La “BD” puede implementarse con archivos de texto. Puede usar un gestor de BD real con manejo de réplicas, si lo desea.

**Procesos y número de computadores para la realización del proyecto:** la implementación debe tener al menos los tres tipos de procesos descritos anteriormente. Ud. puede agregar los procesos que considere convenientes con funciones adicionales. El proyecto se deberá probar en al menos tres computadores: en un computador deben colocar el Gestor y Actores de la sede 1. En otro computador el Gestor y Actores de la sede 2. En un tercer computador coloque los procesos solicitantes de ambas sedes.



**Figura 1: Componentes del Sistema.** Nota: la figura muestra ejemplos de los tres tipos de operaciones. En el sistema de la derecha se pueden realizar todas las operaciones disponibles, a pesar de que se han omitido algunas flechas por simplicidad.

## Detalles de Implementación

**Comunicación:** para la comunicación entre el Gestor de Carga y los Actores en las operaciones de Renovación y Devolución deben implementar un patrón publicador/suscriptor. Entre los PS y el GC se debe utilizar el patrón **request-reply** (o solicitud respuesta)

**Fallas:** en su implementación debe considerar una posible falla de los gestores de carga. Cuando uno de estos procesos deja de funcionar, debe asumir la carga un proceso homólogo. Cuando el nuevo proceso entra en operación, la reconexión y distribución de cargas debe hacerse de forma automática, es decir, será transparente para el cliente; las operaciones deben continuar en el punto en que se habían dejado y no iniciar desde el principio.

**Consistencia de Réplicas:** debe implementar un algoritmo para mantener actualizadas las réplicas. Cuando se trata de otorgar un préstamo, el Actor debe estar seguro de que el préstamo del libro queda consistente en las réplicas antes de otorgarlo.

**Necesario para la evaluación:** el día de la sustentación es importante que se pueda observar:

- Estado inicial de la BD (original y réplica) y como va quedando a medida que se realizan las operaciones.
- Operaciones que van realizando cada uno de los procesos y resultado de la operación, si aplica.

## Medidas de Rendimiento

Una vez implementado el proyecto, el equipo realizará pruebas, para medir cuánto afecta el rendimiento del sistema la cantidad de requerimientos y las fallas de uno de sus componentes. Dado que las pruebas realizarán solicitudes de préstamo de libros, le recomendamos que llene la BD con la mayor cantidad de libros (es decir, se supone un estado inicial donde no se han prestado libros). Para generar los requerimientos puede integrar su proyecto con la herramienta Apache Jmeter (<https://jmeter.apache.org/>).

Los experimentos a realizar se describen a continuación:

### Parámetros (lo que se varía en la experimentación)

- Número de procesos solicitantes PS enviando requerimientos al sistema.
- Falla de uno de los Gestores de Carga.

### Variables Respuesta

La variable a medir será:

**Tiempos de respuesta** de las peticiones de **solicitud de préstamo** de un libro.

### Hipótesis:

Plantee al menos al menos 2 hipótesis sobre qué sucederá con la variable respuesta al variar cada uno de los parámetros. Desarrolle los experimentos que se describen a continuación para comprobar las hipótesis planteadas.

### Descripción del Experimento I

Consiste en realizar **3 corridas del sistema** variando el número de procesos PS que realizan peticiones de préstamo de un libro a ambas sedes: 5, 10 y 15 procesos PS, generando peticiones. La idea es que, en cada corrida, cada PS realizará la mitad de solicitudes a una sede y la otra mitad en la otra sede. Debe realizar al menos dos réplicas de cada corrida para obtener estadísticos como el promedio y desviación estándar. Un generador como jmeter genera estos valores de forma automática.

## Descripción del Experimento II

Realice las 3 corridas descritas en el experimento I, pero a cierto instante **T** después de iniciada la prueba, debe fallar uno de los dos Gestores de Carga. Debe levantarse un proceso idéntico y el sistema no debe parar su funcionamiento. Durante cada corrida debe medir la variable respuesta descrita.

## Resultados

Después de realizar las 6 corridas del sistema descritas anteriormente rellene una tabla con los resultados obtenidos:

	Experimento I	Experimento II
Numero de procesos PS generando requerimientos en cada sede	T. Respuesta promedio (y desv. standard) de las solicitudes de préstamo.	T. Respuesta promedio (y desv. standard) de las solicitudes de préstamo.
5		
10		
15		

**Realice gráficos de la variable respuesta en función del número de PS por sede. Comente los resultados obtenidos.** ¿Cómo afecta la cantidad de requerimientos a los tiempos de respuesta (solicitud de libros)? Qué pasa cuando falla un componente en el sistema. Mencione si se cumplieron o no las hipótesis planteadas.

## PRIMERA ENTREGA (15%)

La primera entrega se realizará el domingo 9 de abril (para los estudiantes de la clase del lunes) y el miércoles 12 de abril (para los estudiantes que reciben la clase

el día jueves). Las sustentaciones serán el lunes 10 y el jueves 13 de abril (dependiendo de su día de clases).

La primera entrega consta de un informe donde se debe especificar:

- Diseño del sistema: Diagrama de clases y diagrama de secuencia.
- El protocolo de pruebas que utilizará para la entrega final

Adicionalmente deben tener implementado:

- Solicitud de operaciones de devolución y renovación únicamente **entre los PS y el Gestor de Carga**. Estos dos procesos deben estar ubicados en computadoras distintas.
- Mecanismo para generar los requerimientos.

El día de la sustentación, cada equipo tendrá 15 minutos para mostrar sus resultados y responder las preguntas que tengan los profesores.

Es posible que se den recomendaciones sobre cómo será la sustentación, días antes de la fecha de la misma. Esté atento a estas indicaciones.

## SEGUNDA ENTREGA (15%)

La entrega se realizará el 28 mayo a través de la plataforma. Las sustentaciones serán los días lunes 29 y jueves 1ero de junio para las clases de los lunes y jueves respectivamente. El día de la sustentación los integrantes del equipo deben **mostrar la funcionalidad del proyecto**. Deben estar presentes todos los integrantes del grupo. La sustentación es presencial.

La entrega se compone de:

- En un archivo .zip código fuente de los programas que conforman el sistema y un archivo Readme donde indique cómo ejecutarlo.
- Se debe complementar la documentación de la primera entrega. Los archivos fuente deben estar documentados.
- Un video de máximo 10 minutos donde explica los siguientes aspectos de su proyecto:
  - a. Distribución de componentes en máquinas.
  - b. Librerías y patrones usados
  - c. Tratamiento de la falla del gestor.
  - d. Algoritmo de consistencia de réplicas

- Un informe de máximo 5 páginas donde explican los experimentos realizados y resultados obtenidos. Aparte de las especificaciones que se encuentran en el informe, Ud. debe agregar: **especificaciones de hw y sw donde se realizaron las medidas** y herramientas de medición utilizadas. Debe mostrar en tablas y gráficos los resultados obtenidos, así como un análisis de dichos resultados.

**Equipos de Trabajo.**

El proyecto se realizará en grupos de trabajo de máximo de 4 personas

**No puede existir replicación de documentos ni de código fuente entre grupos, lo cual se consideraría plagio.**

M. Curiel/O. De Castro.