

Asignatura: **Sistemas Distribuidos**

Código: 10-09814	RTF	10
------------------	-----	----

Semestre: 8	Carga Horaria	96
-------------	---------------	----

Bloque: Tecnologías Aplicadas	Horas de Práctica	40
-------------------------------	-------------------	----

Departamento: Computación

## Correlativas:

- Redes de Computadores
- Sistemas Operativos

## Contenido Sintético:

- 1) Introducción, evolución y visión histórica de los sistemas distribuidos.
- 2) Modelo de sistemas distribuidos.
- 3) Comunicaciones entre procesos distribuidos.
- 4) Objetos distribuidos e invocación de métodos remotos.
- 5) Algoritmos de sistemas distribuidos.
- 6) Soporte del sistema operativo
- 7) Sistemas de archivos distribuidos
- 8) Sincronización y estados globales
- 9) Transacciones y control de concurrencia
- 10) Redes Inalámbricas de Sensores
- 11) Sistemas de Memoria y Archivos distribuidos
- 12) Replicación y tolerancia a fallas

**Competencias Genéricas:**

- CG2: Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG6: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- CG9: Aprender en forma continua y autónoma.

Aprobado por HCD: 1042-HCD-2023

RES: Fecha: 27/11/2023

**Competencias Específicas:**

CE5.1 Analizar, interpretar, diseñar e implementar arquitecturas de redes de computadoras. (M)

CE6.1 Conocer y poder diseñar la estructura de sistemas operativos, la administración de procesos, la gestión de memoria, la administración de archivos, la gestión de dispositivos de entrada/salida y la implementación de políticas de seguridad. (M)

CE6.4 Proyectar, desarrollar, dirigir, controlar, construir, operar y mantener sistemas operativos distribuidos (A)

## Presentación

Desde el inicio de la era de la computadora moderna (1945), hasta cerca de 1985, sólo se conocía la computación centralizada. A partir de la mitad de la década de los ochenta aparecen microprocesadores poderosos y económicos y comienza el desarrollo de las redes con posibilidad de conectar cientos de máquinas. Entonces aparecen los primeros sistemas distribuidos, en contraste con los sistemas centralizados.

Un sistema distribuido es un sistema en el que los componentes hardware o software se encuentran separados lógicamente o físicamente y que se comunican y coordinan sus acciones. Esta definición simple cubre toda la gama de sistemas en los que se pueden implementar de manera útil computadoras conectadas.

Esta definición de sistema distribuido tiene las siguientes consecuencias significativas: concurrencia, inexistencia de un reloj global, necesidad de temporalidad para coordinación/sincronización y la posibilidad de fallos independientes (desconexión, problemas de hardware o problemas de software).

La principal motivación para la construcción y uso de los sistemas distribuidos proviene del deseo de compartir los recursos. El término «recurso» es un poco abstracto, pero es el que mejor caracteriza a la variedad de cosas que pueden compartirse útilmente en un sistema de computadoras conectadas. Se extiende desde los componentes de hardware, como discos e impresoras a entidades definidas por software como archivos, bases de datos y objetos de datos de todo tipo. También incluye el flujo de tramas de vídeo que proviene de una cámara de vídeo digital y la conexión de audio que representa una llamada de teléfono móvil.

Muchas de las empresas más grandes del mundo han puesto un esfuerzo significativo en el diseño de una infraestructura sofisticada de sistema distribuido para soportar la mayoría de los servicios que hoy utilizamos como buscadores, editores de texto colaborativos, videojuegos y un sin número de herramientas que utilizamos a diario en las que sin el concepto de sistemas distribuidos todo esto sería impensado. Otro ejemplo de sistema distribuido es el de blockchain que logró sintetizar en él la solución a casi todos los problemas que presentan los sistemas distribuidos logrando una red de pares robusta y tolerante a fallas sin precedentes.

Este curso está diseñado para proporcionar a los estudiantes una profunda comprensión de los sistemas distribuidos, abarcando desde los conceptos fundamentales hasta las técnicas avanzadas en diseño, implementación y gestión. A lo largo de esta experiencia de aprendizaje, se exploran conceptos teóricos clave relacionados con la modelización de sistemas como así también aspectos relacionados con la seguridad tanto en sistemas de gran escala como en sistemas embebidos.

## Contenidos

Capítulo 1) Introducción, evolución y visión histórica de los sistemas distribuidos.

Introducción. Ejemplos de sistemas distribuidos. Búsqueda web. Juegos online masivamente multijugador (MMOGs). Comercio financiero. Tendencias de los sistemas distribuidos. La importancia de las redes y el Internet moderno. Computación móvil y ubicua.

Capítulo 2) Modelo de sistemas distribuidos.

Modelos físicos de sistemas distribuidos. Introducción. Modelos físicos. Modelos arquitectónicos de sistemas distribuidos. Introducción. Elementos arquitectónicos. Patrones arquitectónicos. Soluciones middleware asociadas. Modelos fundamentales de sistemas distribuidos. Modelos fundamentales. Modelo de interacción. Modelo de fallas. Modelo de seguridad.

Capítulo 3) Comunicaciones entre procesos distribuidos.

Comunicación interproceso. Las características de la comunicación interproceso. Sockets. Protocolos de red distribuidos. Comunicación Multicast. Redes de pares mesh. Invocación remota. Introducción. Protocolos de solicitud-respuesta. Invocación de Método Remoto RMI. Otras distinciones clave. Sistemas Publicar-Suscribir. Aplicaciones de los sistemas publicar-suscribir. Características de los sistemas publicar-suscribir. El Modelo de programación. Cola de mensajes. El modelo de programación. Aproximaciones de Memoria Compartida. Memoria Compartida Distribuida.

Capítulo 4) Objetos distribuidos e invocación de métodos remotos.

Objetos distribuidos. El modelo de objetos distribuidos. Acciones en un sistema de objetos distribuidos. Desacoplamiento espacial y temporal. La relación con la comunicación asincrónica. El modelo de programación. Grupos de procesos y grupos de objetos

Capítulo 5) Algoritmos de sistemas distribuidos.

Algoritmos diseñados para ejecutarse en múltiples procesadores, sin un control centralizado estricto, auto estabilización, computabilidad sin esperas y detectores de fallas, y material nuevo sobre programación concurrente escalable de memoria compartida.

Capítulo 6) Soporte del sistema operativo, Sistemas de Memoria y de archivos distribuidos

Características, Modelos, Acceso a Archivos, acceso a memoria Caching, Replicación, tolerancia a las Fallas

Capítulo 7) Sincronización y estados globales ,Transacciones y control de concurrencia

Exclusión mutua distribuida. Algoritmos para exclusión mutua. El algoritmo de servidor central. Elecciones. Un algoritmo de elección basado en anillo. Coordinación y acuerdo en comunicación de grupo. Modelo del sistema. Multicast básico. Multicast confiable.

Capítulo 8) Blockchain

Tipos de redes, mecanismos de consenso, smart contracts, trazabilidad.

Capítulo 9) Redes Inalámbricas de Sensores

Protocolos, capa física, microcontroladores y sistemas p2p, seguridad

## Metodología de enseñanza

Se aplica una metodología de enseñanza centrada en el estudiante y orientada hacia el desarrollo de competencias profesionales sólidas. Esta metodología se basa en la premisa de que el aprendizaje efectivo de los sistemas distribuidos no solo implica la adquisición de conocimientos teóricos, sino también la capacidad de aplicar esos conocimientos de manera significativa en entornos profesionales. Se fomenta la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje en las clases teórico-prácticas. Se promueve la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la discusión de casos prácticos. Los estudiantes son alentados a plantear preguntas, desafiar ideas preconcebidas y explorar nuevas perspectivas, lo que les permite desarrollar habilidades críticas para la toma de decisiones en el ámbito de los sistemas distribuidos. Esto cobra vital relevancia ya que la tecnología en los sistemas distribuidos evoluciona constantemente.

Los proyectos prácticos desempeñan un papel central ya que los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar los conceptos y técnicas aprendidos en situaciones del mundo real. A través de la creación de bases de datos, la optimización de consultas y la resolución de problemas específicos, los estudiantes adquieren habilidades prácticas esenciales para su futura carrera profesional.

Los sistemas distribuidos están presentes en un sin número de situaciones del día a día y su comprensión es fundamental en el desarrollo de un ingeniero en computación, esta comprensión implica conocimientos de redes, concurrencia y sistemas operativos, por lo tanto, fomentamos un enfoque interdisciplinario que permite a los estudiantes explorar cómo se aplican los sistemas distribuidos en diferentes sectores, como la salud, la logística, la educación y la investigación científica. Esto les brinda una visión más amplia de las oportunidades profesionales disponibles.

Visitas Técnicas y entrevistas: se realizarán visitas programadas a datacenters y entrevistas técnicas con profesionales que utilizan sistemas operativos distribuidos.

Evaluación Continua y Retroalimentación son un pilar pedagógico de esta asignatura. Los estudiantes reciben retroalimentación constante a lo largo del curso, lo que les permite identificar áreas de mejora y ajustar su enfoque de aprendizaje. Además, se fomenta la autorreflexión y la autoevaluación como herramientas para el desarrollo profesional.

Para poder alcanzar las competencias requeridas se utilizan herramientas y recursos tecnológicos de vanguardia para enriquecer la experiencia de aprendizaje.

Colaboración y Comunicación: Se promueve la comunicación efectiva y la colaboración entre estudiantes, imitando las dinámicas profesionales. Cada proyecto será abordado como un proyecto de ingeniería donde podrán elaborar las capacidades necesarias para desempeñarse de manera segura en ambientes profesionales.

Cuestiones Éticas: La privacidad, el anonimato y la seguridad serán abordados a lo largo de la currícula. Los sistemas distribuidos y en especial las redes de pares proponen una forma ética y sana de relación con la tecnología que un profesional de ingeniería en computación debe tener capacidad de implementar y administrar de manera adecuada teniendo en cuenta la responsabilidad ante la sociedad que ello representa.

## Propuesta de Evaluación

Las evaluaciones están diseñadas para garantizar que los estudiantes adquieran y demuestren de manera efectiva las competencias profesionales necesarias en este campo.

Estas evaluaciones están alineadas con la metodología descrita anteriormente.

**Proyectos Prácticos:** Estos proyectos son la piedra angular de la evaluación. Los estudiantes trabajan en equipos para diseñar, implementar y administrar sistemas distribuidos con aplicación en el mundo real. Los proyectos incluyen la creación de un sistema de registro distribuido, la implementación de una red de sensores distribuidas de pares con el uso de un registro de datos distribuido, la implementación de un sistema con control de acceso federado entre otros.

Como parte de los proyectos se presentan casos de uso reales de código abierto en los que los estudiantes deberán analizar y proponer soluciones y mejoras basadas en los conceptos estudiados. Los estudios de caso requieren que los estudiantes apliquen conceptos teóricos a situaciones concretas y presenten soluciones argumentadas. Las mejores soluciones serán propuestas a los proyectos originales. Cada grupo de trabajo deberá presentar sus avances de manera semanal de forma sucinta, y con dos presentaciones formales emulando un proceso de desarrollo basado en metodologías ágiles.

En cada grupo de trabajo, los estudiantes asumen roles simulados en correspondencia con los que se identifican en el mundo profesional.

Los proyectos se evalúan en función de la calidad de diseño, rendimiento y solución de problemas.

Los estudiantes son requeridos para presentar y defender sus proyectos y soluciones ante sus compañeros y el profesor. Esto fomenta la habilidad de comunicación y la capacidad de explicar y respaldar sus decisiones de diseño y gestión de bases de datos.

**Colaboración y Evaluación por Pares:** En conjunto con la presentación de los proyectos, se trabaja con la evaluación entre pares, donde los estudiantes preparan al tema corto y puntual, luego evalúan y proporcionan retroalimentación sobre el trabajo de sus compañeros. Esto promueve la colaboración y la capacidad de evaluar críticamente el trabajo de otros. Se evalúa la pertinencia y completitud de las críticas.

**Evaluaciones Continuas:** A lo largo de la asignatura, se realizan evaluaciones formativas automatizadas que permiten a los estudiantes recibir retroalimentación regular sobre su progreso. Esto incluye ejercicios prácticos y cuestionarios automatizados de los temas troncales de cada unidad.

**Exámenes teóricos-prácticos:** aunque la metodología se centra en la aplicación práctica, también es importante que los estudiantes comprendan los fundamentos teóricos. Los exámenes teóricos-prácticos evalúan el conocimiento conceptual de los estudiantes. De esta manera cada trabajo puede favorecer el desarrollo de una determinada competencia en particular y es de esperar la evidencia de esto hacia la conclusión de dicha actividad, la evaluación será continua a lo largo de todas las actividades propuestas. Al final del semestre cada estudiante debe haber demostrado un nivel de desarrollo de las competencias propuestas a través de los resultados de aprendizaje propuestos.

Cada trabajo será calificado en función de los aspectos disciplinares, así como de la evidencia de desarrollo de las competencias alcanzadas al momento de la finalización del mismo, pudiendo modificar esta calificación si en el transcurso de

los trabajos subsiguientes se evidencia un mayor desarrollo de las mismas. Como herramienta de evaluación del conjunto de competencias propuestas se emplea la siguiente rúbrica:

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Mínimo	Valoración
CG2, CG6	Interpreta correctamente el dominio de un problema y diseña soluciones acordes y es capaz de establecer procedimientos de trabajo acordes		
CG6	Se comunica de manera efectiva con sus pares y con el docente, utiliza las herramientas de comunicación adecuadas y respeta los procedimientos de trabajo establecidos para el proyecto.		
CG6	Cumple en tiempo con los compromisos asumidos con su equipo de trabajo.		
CG9, CG6	Estudia, prepara y expone un tema pequeño y novedoso, frente a sus pares resaltando los aspectos fundamentales del tema, citando las referencias utilizadas y extrayendo conclusiones propias.		
CE5.1,CG9	Diseña una solución eficiente adecuada a un problema de sensado distribuido y determina las fortalezas y debilidades del diseño.		
CE5.1,CE6.1	Diseña una red para un sistema distribuido eligiendo los protocolos adecuados y evalúa la performance de su implementación y evalúa la seguridad del sistema.		
CE6.4	Proyecta diseña y evalúa una implementación de un sistema operativo distribuido para una arquitectura propuesta.		

Aunque la metodología se centra en la aplicación práctica, también es importante que los estudiantes comprendan los fundamentos teóricos. Los exámenes teóricos-prácticos evalúan el conocimiento conceptual de los estudiantes en áreas como paradigmas, teoría de bases de datos, el diseño de esquemas y la normalización, se realizan de manera automatizada, dos instancias de evaluación.

**Autoevaluación y Reflexión:** Los estudiantes son alentados a realizar autoevaluaciones periódicas para reflexionar sobre su progreso y desarrollo de competencias. Esta reflexión personal les ayuda a identificar áreas de mejora y a tomar medidas para abordarlas. Para evaluar los trabajos arriba indicados se utilizarán rúbricas a fin de que el alumno pueda discernir los objetivos que alcanzó y en qué grado como una forma de retroalimentación. El rango de valoración de la rúbrica es de 1 a 3 u se corresponde a:

1. Insuficiente: No se evidencia el nivel de desarrollo de las competencias esperado a través de los resultado de aprendizaje
2. Suficiente: En la mayoría de las situaciones se evidencia el nivel de desarrollo deseado.
3. Alto: Se evidencia un claro desarrollo de las competencias esperado a través de los resultados de aprendizaje.

La calificación final se compone ponderando los resultados de las actividades prácticas (40%) y el resultado de la rúbrica (60%)

## Condiciones de aprobación

Para regularizar y promoción se exige un 80% de asistencia y participación en clase. Para regularizar, además, se exige un 40% de la calificación global según los criterios de evaluación. Esto incluye la entrega de la totalidad de los prácticos durante el cursado.

Para promoción, se exige un 70% de calificación.

## Actividades prácticas y de laboratorio

Además de las actividades indicadas en el punto Evaluación se realizan actividades prácticas en conjunto con el dictado de clases resolviendo problemas de acuerdo a los contenidos que se van desarrollando.

## Resultados de aprendizaje

- Interpreta correctamente el dominio de un problema y diseña soluciones acordes y es capaz de establecer procedimientos de trabajo acordes
- Se comunica de manera efectiva con sus pares y con el docente, utiliza las herramientas de comunicación adecuadas y respeta los procedimientos de trabajo establecidos para el proyecto.
- Cumple en tiempo con los compromisos asumidos con su equipo de trabajo.
- Estudia, prepara y expone un tema pequeño y novedoso, frente a sus pares resaltando los aspectos fundamentales del tema, citando las referencias utilizadas y extrayendo conclusiones propias.
- Diseña una solución eficiente adecuada a un problema de sensado distribuido y determina las fortalezas y debilidades del diseño.
- Diseña una red para un sistema distribuido eligiendo los protocolos adecuados y evalúa la performance de su implementación y evalúa la seguridad del sistema.
- Proyecta diseña y evalúa una implementación de un sistema operativo distribuido para una arquitectura propuesta.

## Bibliografía

Coulouris,G (2012). DISTRIBUTED SYSTEMS,Concepts and Design (Fifth Edition). Addison-Wesley

Lynch, N (1996). Distributed Algorithms, O'Reilly

D. Gollmann, The Cyber Security Body of Knowledge. University of Bristol, 2021, <https://www.cybok.org/>

C. Cachin, R. Guerraoui, and L. Rodrigues, Introduction to Reliable and Secure Distributed Programming. Springer, 2011.

Sukumar G.(2014) Distributed Systems: An Algorithmic Approach.

Cachin, C. Introduction to Reliable and Secure Distributed Programming (Second Edition)