

**PROGRAMACION DISTRIBUIDA Y TIEMPO
REAL****Año 2026****Carrera/ Plan: (Dejar lo que corresponda)***Licenciatura en Informática*
Plan 2021 / Plan 2015**Año:** 4to**Régimen de Cursada:** Semestral**Carácter (Obligatoria/Optativa):** Obligatoria**Correlativas:** SI306, SI304**Profesor/es:** Fernando G. Tinetti**Hs. semanales teoría:** 3**Hs. semanales práctica:** 3**FUNDAMENTACIÓN**

Se presentan el contexto y los conceptos básicos de las herramientas de programación en los entornos distribuidos. Agrega una visión de mayor nivel de abstracción de sistemas operativos y de redes combinados con conceptos propios de sistemas distribuidos. Se realiza una presentación de los temas más importantes de los sistemas de tiempo real, el impacto en el desarrollo y evaluación de los sistemas y la relación o el impacto de los requerimientos de tiempo real en los programas distribuidos.

OBJETIVOS GENERALES

Analizar las arquitecturas de procesamiento distribuido y los mecanismos de comunicación y sincronización entre procesos. Integrar los conocimientos anteriores con el manejo de datos distribuidos. Desarrollar prácticas experimentales sobre redes LAN y WAN con ambientes de desarrollo orientados a la programación distribuida. Caracterizar los sistemas de tiempo real (STRs) y los sistemas distribuidos de tiempo real (SDTRs), en particular en relación con el desarrollo de software para los mismos. Estudiar aspectos propios de la arquitectura y comunicaciones de los SDTRs.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- 1.4. Aplicar e integrar conocimientos de otras disciplinas informáticas como apoyo al estudio de la propia área de especialidad (o áreas de especialidad) (Básico).
- 1.5. Demostrar sensibilización ante la necesidad de contar con amplios conocimientos a la hora de crear aplicaciones informáticas en otras áreas temáticas (Básico).
- 3.1. Definir y diseñar hardware/software informático/de red que cumpla con los requisitos establecidos (Básico).
- 3.3. Elegir y utilizar modelos de proceso adecuados, entornos de programación y técnicas de gestión de datos con respecto a proyectos que impliquen aplicaciones tradicionales, así como aplicaciones emergentes (Adecuado).

COMPETENCIAS

- CGS2- Comunicarse con efectividad en forma oral y escrita.
- CGT1- Identificar, formular y resolver problemas de Informática.
- CGT5- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la Informática.
- CGT8 Capacidad de interpretación y resolución de problemas multidisciplinarios, desde los conocimientos de la disciplina informática.
- LI- CE1 – Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de especificación, diseño, implementación, verificación, validación, puesta a punto, mantenimiento y actualización para arquitecturas de

sistemas de procesamiento de datos, con capacidad de incorporar aspectos emergentes del cambio tecnológico.

- LI- CE4 – Planificar, dirigir, realizar y/o evaluar proyectos de relevamiento de problemas del mundo real, especificación formal de los mismos, diseño, implementación, prueba, verificación, validación, mantenimiento y control de calidad de sistemas de software/sistemas de información que se ejecuten sobre equipos de procesamiento de datos, con capacidad de incorporación de tecnologías emergentes del cambio tecnológico. Capacidad de análisis, diseño y evaluación de interfaces humano computador y computador-computador.

CONTENIDOS MINIMOS (de acuerdo al Plan de Estudios)

- Procesamiento distribuido. Modelos y paradigmas.
- Distribución de datos y procesos.
- Bases de datos distribuidas.
- Migración de procesos en ambientes distribuidos.
- Programación de aplicaciones en ambientes distribuidos.
- Características de los Sistemas de Tiempo real y su software.
- Procesamiento distribuido y sistemas de Tiempo Real.
- Aplicaciones de Sistemas Distribuidos de Tiempo Real

PROGRAMA ANALÍTICO

Unidad 1.- Sistemas Distribuidos. Conceptos introductorios. Motivación. Definiciones. Caracterización y problemas a resolver. Arquitecturas de procesamiento paralelo y su evolución a entornos/arquitecturas distribuidos. Redes de interconexión. Modelos de procesamiento distribuido. Distribución de datos y procesos. Ejemplos de utilización actual.

Unidad 2.- Patrones Básicos de Interacción de Procesos. Productores/Consumidores: relaciones con pipelines de procesamiento y filtros de los sistemas operativos. Cliente/ servidor: conceptos, ejemplos, sistemas operativos distribuidos, relación con Internet, relación con threads. Interacción entre pares (peer-to-peer): relación con cómputo paralelo clásico, identificación de áreas de aplicación.

Unidad 3.- Pasaje de Mensajes. Pasaje de mensajes asíncronos. Clientes y servidores. Interacción entre pares. Pasaje de mensajes síncronos, implementación de mensajes asíncronos con mensajes síncronos. Redes y sockets. Ejemplos con lenguajes y bibliotecas como C, MPI y Java.

Unidad 4.- RPC (Remote Procedure Call, Llamada a Procedimiento Remoto) y Rendezvous. Concepto de RPC, extensión del modelo de ejecución procedural tradicional, relación con módulos de programas. Definición de rendezvous, ejemplos cliente/servidor e interacción entre pares. Ejemplos con lenguajes de programación. Relación de RPC con protocolos de requerimiento-respuesta.

Unidad 5.- Problemas/Conceptos Relacionados. Bases de datos distribuidas: motivación, antecedentes, relación con programación distribuida, consultas y transacciones distribuidas, migración y replicación de datos. Modelo de cómputo/ aplicaciones N-tier. Migración de procesos en entornos distribuidos. DSM (Distributed Shared Memory, memoria compartida físicamente distribuida): motivación, implementaciones. Otros modelos y lenguajes: Bag-of-Tasks (bolsa de tareas), Manager/worker (manejador/trabajador), Master/worker (maestro/trabajador), Algoritmos de heartbeat y/o sistólicos, Algoritmos de broadcast, Servidores múltiples.

Unidad 6.- Sistemas de Tiempo Real (STR) y Sistemas Distribuidos de Tiempo Real (SDTR). Definiciones de sistemas de tiempo real. Tipos de restricciones de tiempo. Características de los Sistemas de Tiempo real y su software. Procesamiento distribuido y sistemas de Tiempo Real. Aplicaciones de Sistemas Distribuidos de Tiempo Real. Impacto sobre los sistemas operativos, sobre el software en general y sobre el software distribuido en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- Distributed Systems, 4th ed., M. van Steen and A.S. Tanenbaum, distributed-systems.net, 2023, ISBN-13: 978-9081540636.
- Distributed Systems: Concepts and Design, 5th Ed., George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg, Gordon Blair, Pearson Education, 2011.
- Distributed Computing: Principles and Applications, M. L. Liu, Addison-Wesley, 2004.
- Computer Networking A Top-Down Approach, 9th edition, J. F. Kurose, K. Ross, ISBN-13: 9780135415603, Pearson, 2025.
- Distributed Systems: Theory and Applications, Ratan K. Ghosh, Hiranmay Ghosh, Wiley-IEEE Computer Society Pr, 2023, ISBN-13: 978-1119825951
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119825968>
- Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications, Giorgio Buttazzo, Springer Cham, 2024, ISBN: 978-3-031-45412-7.
- Real-time systems design and analysis: An engineer's handbook (4th ed.), Phillip Laplante, Wiley-IEEE Press, 2011, ISBN-13: 978-1118025044.
- Real-time Systems and Programming Languages: Ada, Real-Time Java and C/Real-Time POSIX, 4th Ed., Alan Burns, Andrew J. Wellings, Addison-Wesley, 2009, ISBN: 9780321417459

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Las clases se organizan mediante:

- 1) Instancias de explicaciones teóricas, normalmente guiadas a partir de diapositivas proyectadas y explicaciones de algunos detalles en pizarrón. También es usual presentar respuestas a los alumnos utilizando el pizarrón.
- 2) Instancias de prácticas, mayormente para: a) presentación de los temas de los trabajos prácticos, y b) consultas de los trabajos prácticos.
- 3) Se aprovechará el material audiovisual preparado para las clases a distancia de los años 2020-2022, de manera tal que las actividades en el aula se puedan aprovechar de manera extensiva para consultas de conceptos teóricos y problemas de los trabajos prácticos. En algunos casos, el material se ha mejorado en el transcurso de los años 2023 y 2024.
- 4) Se enfatiza en las actividades presenciales el trabajo de consulta por sobre el de desarrollo, de manera tal el desarrollo se realice de manera asincrónica y se aproveche el contacto directo presencial con los docentes para mayor y mejor incorporación de los conceptos de la asignatura.

Se tendrán disponibles dos horarios de clases presenciales por semana (lunes y miércoles), pudiendo dedicarse tanto a consultas de teoría como de práctica y las explicaciones y aclaraciones pertinentes.

La actividad de los trabajos prácticos se presenta a través de código en algunos casos a entregar funcionando correctamente como con informes que se elaboran de manera grupal o individual y se evalúan de manera individual y oral.

El material de la asignatura, como diapositivas, clases en video, enunciados de trabajos prácticos, etc. se pone a disposición en un sistema de almacenamiento externo en la nube (ej: Mega, Google Drive, etc.) a menos que la Facultad disponga y provea de almacenamiento a tal fin. En general, la cátedra dispone de un cronograma que se actualiza a medida que avanza el tiempo de cursada en caso de ser necesario por posibles eventualidades propias de cada año de cursada.

EVALUACIÓN

La evaluación se lleva a cabo mediante una entrega de Trabajo Práctico, examen parcial (se planifican dos instancias de exámenes parciales recuperatorios) y examen final.

Los exámenes parciales consisten en la defensa de un informe y entrega correspondiente a un trabajo práctico en particular y un examen parcial para los temas que no son parte de la entrega mencionada anteriormente. En todos los casos, la defensa es oral e individual a partir de los informes y de los programas que los alumnos desarrollan para la resolución de los problemas planteados. La entrega del trabajo práctico se realiza promediando la primera mitad del semestre del dictado de la asignatura. El examen parcial se realiza al final del semestre del dictado de la asignatura se distribuyen uniformemente en el tiempo a lo largo del semestre de cursada.

El examen final es oral e incluye todos los temas presentados en la asignatura. Se les da la opción a los alumnos de llevar a cabo un trabajo final integrador. En este caso, el examen se suele concentrar en la defensa del trabajo y la justificación de cada una de las decisiones tomadas en el mismo a partir de los conceptos vistos de la asignatura.

CRONOGRAMA DE CLASES Y EVALUACIONES

Inicio de clases: semana 1 de clase, es decir la primera semana del Segundo Semestre del Calendario Académico 2026 de la Facultad de Informática de la UNLP (semestre en el que se dicta la asignatura), tal como se ha publicado oportunamente por la propia Facultad.

Horarios y aulas: lunes, aula 8, a partir de las 8:30Hs y miércoles, aula 15, a partir de las 16:00.

Cada semana se tiene una clase teórica y una clase práctica, aunque en ambas clases se pueden abordar tanto temas teóricos como prácticos dependiendo de los casos específicos de la temática de clase y de las consultas que se realicen en el propio desarrollo de la clase.

En términos generales, se dedica el 50% del tiempo de desarrollo de la asignatura para temas de teoría y el 50% a actividades prácticas/consultas. Dependiendo de los temas y de los avances y/o dificultades particulares de los estudiantes, esta distribución de tiempo de teoría y práctica se ajusta y adapta a los requerimientos particulares, pudiendo resultar en distribución de tiempos de 50% +/- 10% teoría y 50% +/- 10% práctica.

En caso de que el tiempo de consulta se agote en ambas clases semanales y queden temas pendientes de consultas por parte de los estudiantes, se pueden acordar tiempos y/o métodos de consulta agregados (en línea, foro de la plataforma Ideas, etc.). Estas actividades se determinarán de acuerdo con las necesidades específicas que se identifiquen.

Clase/s	Fecha/s	Contenidos/Actividades
1 a 3	Clases 1 a 3 correspondientes al calendario	Conceptos introductorios. Motivación. Definiciones. Caracterización y problemas a resolver. Arquitecturas de procesamiento paralelo y su evolución a entornos/arquitecturas distribuidos/as. Redes de interconexión. Modelos de procesamiento distribuido. Distribución de datos y procesos. Ejemplos de utilización actual. Definición y Consultas de TP1

4 a 6	Clases 4 a 7 correspondientes al calendario	Productores/Consumidores: relaciones con pipelines de procesamiento y filtros de los sistemas operativos. Cliente/servidor: conceptos, ejemplos, sistemas operativos distribuidos, relación con Internet, relación con threads. Interacción entre pares (peer-to-peer): relación con cómputo paralelo clásico, identificación de áreas de aplicación. Consultas de TP1
7		Revisión de Temas Teóricos y Prácticos del TP1
8 a 10	Clases 8 a 12 correspondientes al calendario	Pasaje de mensajes asincrónicos. Clientes y servidores. Interacción entre pares. Pasaje de mensajes sincrónicos, implementación de mensajes asincrónicos con mensajes sincrónicos. Redes y sockets. Ejemplos con lenguajes y bibliotecas como C, MPI y Java. Evaluaciones de tiempos de comunicaciones entre procesos en ambientes distribuidos. Definición y Consultas de TP2
11-12		Definiciones de sistemas de tiempo real. Tipos de restricciones de tiempo. Características de los Sistemas de Tiempo real y su software. Procesamiento distribuido y sistemas de Tiempo Real. Aplicaciones de Sistemas Distribuidos de Tiempo Real. Impacto sobre los sistemas operativos, sobre el software en general y sobre el software distribuido en particular. Definición y Consultas para la entrega de TP2
14-15	Clases 14 y 15 correspondientes al calendario	Entrega y Evaluaciones de TP2
16 a 18	Clases 16 a 18 correspondientes al calendario	Concepto de RPC, extensión del modelo de ejecución procedural tradicional, relación con módulos de programas. Definición de rendezvous, ejemplos cliente/servidor e interacción entre pares. Ejemplos con lenguajes de programación como Ada y Java. Implementación de los conceptos con gRPC. Definición y Consultas de TP3

19	Clase 19 correspondiente al calendario	Consultas y Revisión de Temas Teóricos y Prácticos del TP3
20 a 22	Clases 20 a 22 correspondientes al calendario	Bases de datos distribuidas: motivación, antecedentes, relación con programación distribuida, consultas y transacciones distribuidas, migración y replicación de datos. Arquitecturas de software distribuidas. Modelo de cómputo/aplicaciones N-tier. Migración de procesos en entornos distribuidos, Implementación de agentes móviles con JADE. Definición y Consultas de TP4
23-24	Clases 23 y 24 correspondientes al calendario	Conceptos teóricos. DSM (Distributed Shared Memory, memoria compartida físicamente distribuida): motivación, y posibles implementaciones. Otros modelos y lenguajes: Bag-of-Tasks (bolsa de tareas), Manager/ worker (manejador/trabajador), Master/worker (maestro/ trabajador), Algoritmos de heartbeat y/o sistólicos, Algoritmos de broadcast, Servidores múltiples. Consultas TP4
25	Clase 25 correspondiente al calendario	Consultas y Revisión de Temas Teóricos y Prácticos del TP4
27 a 29	Clases 27 a 29 correspondientes al calendario	Clases de Consultas y Revisiones de Temas Teóricos y Prácticos Previos al Examen Parcial

Evaluaciones previstas	Fecha
Evaluación parcial	03/12/26
1er. recuperatorio de Evaluación	17/12/26
2do. recuperatorio de Evaluación	04/02/27

Los resultados de las evaluaciones se proporcionan el mismo día de la propia evaluación, junto con las explicaciones del caso que sean necesarias, en forma personal e individual. Las fechas consignadas pueden estar sujetas a cambios dependiendo de múltiples factores que pueden afectar el segundo cuatrimestre (ej.: disponibilidad/cambio de aulas durante los períodos de elecciones, inscripciones a la carrera, etc.).

Contactos de la cátedra:

- **Mail (obligatorio):** fernando@info.unlp.edu.ar, a partir de la inscripción en la plataforma virtual, toda comunicación asincrónica por medios electrónicos de se lleva a cabo en la plataforma.
- **Sitio WEB:**
- **Plataforma virtual:** Ideas
- **Otros:**



Firma del/los profesor/es

Fernando G. Tinetti