

**PROGRAMACIÓN DISTRIBUIDA Y  
TIEMPO REAL**

Año 2023

**Carrera/ Plan:*****Licenciatura en Informática Plan 2021 – Plan 2015 – Plan 2012*****Año: 4º****Régimen de Cursada: Semestral****Carácter (Obligatoria/Optativa): Obligatoria****Correlativas:****Profesor/es: Fernando G. Tinetti****Hs. semanales: 6 hs****FUNDAMENTACIÓN**

Se presenta 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 multidisciplinares, 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 sincrónicos, implementación de mensajes asíncronos con mensajes sincrónicos. 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, algunas ideas implementadas en Condor. 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**

- Sistemas Distribuidos: Principios y Paradigmas, 2da. Ed., A. S. Tanenbaum, M. van Steen, Pearson Educación, México, 2008.

- M. van Steen and A.S. Tanenbaum, Distributed Systems, 3rd ed., CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.
- Distributed Systems: Concepts and Design, 4th Ed., G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, Addison Wesley, 2005.
- Distributed Computing: Principles and Applications, M. L. Liu, Addison-Wesley, 2004.

## **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

La modalidad de enseñanza incluye:

- 1) Clases teóricas, normalmente guiadas a partir de diapositivas proyectadas y explicaciones de algunos detalles en pizarrón. Se presentan respuestas a los alumnos utilizando el pizarrón y en algunos casos ejemplos funcionando sobre un sistema distribuido para aclaración de conceptos. Para gran parte de las clases con exposiciones de temas se aprovechará el material en video generado por la cátedra en los períodos de clases a distancia de 2020 y 2021. De esta manera, se podrá dedicar más tiempo a consultas, charlas y explicaciones de esos temas que ya tienen la exposición disponible tanto en videos como en diapositivas, así como referencias a otros materiales disponibles en internet.
- 2) Clases prácticas, mayormente para: a) presentación de los temas de los trabajos prácticos, y b) consultas de los trabajos prácticos.
- 3) La actividad de los trabajos prácticos se presenta a través de código a entregar funcionando correctamente como con informes que se elaboran de manera grupal o individual y se evalúan de manera individual y oral.

**Virtualización/distancia:** para el caso en que se deba volver a actividades a distancia por motivos de salud, siguiendo las directivas de las autoridades correspondientes, se aplicará la metodología que se ha desarrollado para la asignatura durante los años 2020 y 2021:

- Explicaciones generales en video y con apoyo de material escrito (como mínimo de las diapositivas explicadas en video).
- Consultas en línea por medio de la plataforma provista por las autoridades de la Facultad (en 2020 y 2021, se utilizó webex y en general aportó la funcionalidad necesaria para las consultas).
- Plataforma Ideas para todas las comunicaciones/notificaciones.
- Plataforma Ideas para las consultas por escrito, en particular por el foro provisto por la plataforma.
- Almacenamiento externo, tanto de los videos de las explicaciones generales como de las grabaciones de las consultas en línea. En 2020 y 2021 se utilizó el almacenamiento provisto por la plataforma de la empresa Google (gdrive) de las cuentas personales de los docentes tanto de youtube (videos) como de gdrive (material escrito, mayormente en formato .pdf) dependiendo de las disponibilidades de las cuentas personales de los docentes.

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

## **EVALUACIÓN**

La evaluación se lleva a cabo mediante exámenes parciales y final.

Los exámenes parciales consisten en la defensa de los informes y entregas correspondientes a los trabajos prácticos. Esta defensa es oral e individual a partir de los informes y de los programas que los alumnos desarrollan para la resolución de los trabajos prácticos. Las entregas de trabajos prácticos 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. Cuando los alumnos deciden llevar a cabo un trabajo final integrador, 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.

**Virtualización/distancia:** para el caso en que se deba volver a actividades a distancia por motivos de salud, siguiendo las directivas de las autoridades correspondientes, se aplicará la metodología que se ha desarrollado para la asignatura durante el año 2020 y 2021:

- En el caso de evaluaciones orales, pueden ser realizadas en línea por medio de la plataforma provista por las autoridades de la Facultad (se utilizó webex, y en general aportó la funcionalidad necesaria para la interacción en línea).
- Para el caso de los exámenes parciales con entrega de trabajos prácticos, se evalúan las entregas tanto en términos del software provisto/desarrollado por los estudiantes como la documentación generada para los mismos.

CGS2- Comunicarse con efectividad en forma oral y escrita.

Los alumnos deben presentar un trabajo escrito (individual/en comisión) que es evaluado teniendo en cuenta el contenido técnico, pero también la estructura, organización, sintaxis, claridad conceptual y la bibliografía consultada que debe ser citada rigurosamente. Esto se refleja en planillas escritas que conforman documentación de evaluación del trabajo.

CGT1- Identificar, formular y resolver problemas de Informática.

En la cátedra se pone énfasis en el proceso de identificación de problemas del mundo real, especificación de los mismos como problemas resolubles desde la informática y en el desarrollo de soluciones verificables para los mismos.

La evaluación de esta competencia forma parte de las evaluaciones de trabajos prácticos y examen final de la asignatura y se refleja en la corrección de las pruebas escritas del alumno.

CGT5- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la Informática.

En la cátedra se pone énfasis en la capacidad del alumno para conocer técnicas y herramientas de aplicación en Informática (analizando y eligiendo las mejores características de las tendencias marcadas por el cambio tecnológico) y en la aplicación efectiva de las mismas.

CGT8 Capacidad de interpretación y resolución de problemas multidisciplinarios, desde los conocimientos de la disciplina informática.

En la cátedra se tratan proyectos multidisciplinarios, en muchas oportunidades interactuando con profesionales/especialistas de otras disciplinas y/o analizando el trabajo colaborativo con otras disciplinas. Se trata de acompañar al alumno en la interpretación del rol del Informático como articulador de soluciones en áreas de conocimiento muy diferentes que requieren participación de expertos extra-disciplinarios.

La cátedra acompaña el aprendizaje del alumno (individual o según su rol en un equipo de proyecto) sobre esta competencia con materiales bibliográficos de casos de interés que resulten informativos y motivadores para el alumno.

La evaluación de esta competencia forma parte de las evaluaciones de trabajos prácticos y examen final de la asignatura (esta redacción puede tener matices según la asignatura) y se refleja en la corrección de las pruebas escritas (o coloquios) del alumno.

## CRONOGRAMA DE CLASES Y EVALUACIONES

Horarios y aulas: lunes 10:00, aula 8 y jueves 17:00, aula15.

Todas las clases incluyen contenidos de teoría y tiempo suficiente de consulta de los trabajos prácticos.

**En términos generales, se dedica el 50% del tiempo de cada clase a teoría y el 50% a práctica. 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.) dependiendo del caso.

Clase/s	Fecha/s	Contenidos/Actividades
1, 2 y 3	Clases 1 a 3 correspondientes al calendario	<p>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.</p> <p><b>Definición y Consultas de TP</b></p>
4, 5 y 6	Clases 4 a 7 correspondientes al calendario	<p>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.</p> <p><b>Definición y Consultas de TP</b></p>
7		<b>Entrega/Evaluación de TP</b>
8	Clases 8 y 9 correspondientes al calendario	<p>Pasaje de mensajes asíncronos. Clientes y servidores. Interacción entre pares. Pasaje de mensajes sincrónicos, implementación de mensajes asíncronos con mensajes sincrónicos. Redes y sockets. Ejemplos con lenguajes y bibliotecas como C, MPI y Java.</p> <p><b>Definición y Consultas de TP</b></p>
9		<p>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.</p>

		<b>Definición y Consultas de TP</b>
10 y 11	Clases 10 y 11 correspondientes al calendario	<b>Entrega y Evaluaciones de TP</b>
12, 13, 14 y 15	Clases 12 a 15 correspondientes al calendario	<p>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, algunas ideas implementadas en Condor. 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.</p> <p><b>Definición y Consultas de TP</b></p>
16	Clase 16 correspondiente al calendario	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.
17	Clases 17 y 18 correspondientes al calendario	<b>Entrega y Evaluaciones de TP</b>
18		<b>Consultas para Reentregas de TP a corregir</b>

Evaluaciones previstas	Fecha
<b>Definición de Reentregas</b>	7/12/23
<b>1er. Recuperatorio de Entregas</b>	21/12/23
<b>2do. Recuperatorio de Entregas</b>	08/02/24

**Contacto de la cátedra (mail, sitio WEB, plataforma virtual de gestión de cursos):**

Se utilizará la plataforma ideas <https://ideas.info.unlp.edu.ar/>. En esta plataforma se puede llevar a cabo toda la comunicación y manejo de material de la asignatura, desde la comunicación por correo electrónico,

almacenamiento de material como apuntes de clases, enunciados de trabajos prácticos, entregas de material por parte de los estudiantes, etc. Para los casos en los cuales el almacenamiento de la plataforma Ideas no sea suficiente dadas sus limitaciones, se recurrirá a las cuentas personales de los docentes. En caso de ser necesario, se acuerdan clases de consulta específicas utilizando el correo electrónico, con el cual se acuerdan días/horarios para tal fin.

El inicio de clases se notificará en el sitio provisto por la Facultad de Informática para tal fin.

Correos electrónicos de contacto:

- El propio de la Plataforma Ideas
- fernando@info.unlp.edu.ar

Firma del/los profesor/es

Fernando G. Tinetti