PROGRAMACIÓN CONCURRENTE ATIC	**Carrera/ Plan:** *Analista en Tecnologías de la Información y la Comunicación Plan 2017*
Año 2021	**Año:** 3ro **Régimen de Cursada:** *Semestral (1er semestre)* **Carácter (Obligatoria/Optativa):** Obligatoria **Correlativas**: Introducción a los Sistemas Operativos- Seminario de Lenguajes- Taller de Lecto-comprensión y Traducción en Inglés **Profesor/es:** Marcelo Naiouf, Franco Chichizola, Laura De Giusti **Hs. semanales**:6

FUNDAMENTACIÓN

La temática de la Concurrencia es central en el desarrollo de la Ciencia Informática, en particular por el creciente desarrollo de arquitecturas multiprocesador que permiten implementar físicamente los conceptos teóricos de concurrencia “real”.
El impacto de la concurrencia se refleja en diferentes ámbitos de la disciplina tales como las arquitecturas, los sistemas operativos, los lenguajes y el diseñdo y desarrollo de aplicaciones. En este sentido, se impone que los futuros profesionales sean capaces de desarrollar soluciones que utilicen adecuadamente la tecnología disponible con fundamentos teóricos firmes.

OBJETIVOS GENERALES

Brindar los conceptos fundamentales de Concurrencia en software. Analizar la semántica y sintaxis para especificar concurrencia. Analizar el concepto de sistema concurrente compuesto por la arquitectura, el sistema operativo y los algoritmos. Estudiar la sincronización de procesos concurrentes por memoria compartida y mensajes. Vincular la concurrencia en software con los conceptos de procesamiento distribuido y paralelo. Desarrollar estudios de casos con diferentes lenguajes/ herramientas para concurrencia.

CONTENIDOS MINIMOS (de acuerdo al Plan de Estudios)

- Especificación de la ejecución concurrente.
- Comunicación y sincronización.
- Concurrencia con variables compartidas.
- Concurrencia con pasajes de mensajes.
- Lenguajes de programación concurrente.
- Introducción a los conceptos de procesamiento paralelo.

PROGRAMA ANALÍTICO

1. Conceptos básicos

Objetivos de los sistemas concurrentes.
Procesamiento secuencial, concurrente y paralelo. Características.
Evolución histórica. El modelo de CSP (Communicating Sequential Processes)
Procesos. Programa concurrente. No determinismo.
Clases de aplicaciones. Multithreading, Cómputo paralelo y distribuido. Concurrencia y paralelismo.
Algoritmos concurrentes, distribuidos y paralelos.
Areas de estudio en sistemas concurrentes.
Relación con la arquitectura. Monoprocesadores. Multiprocesadores: Procesadores híbridos.
Clasificaciones y ejemplos. Tendencias actuales en procesadores.
Conceptos de arquitecturas Grid y Cloud. Memoria compartida distribuida.
Relación con el sistema operativo. Requerimientos para el sistema operativo.
Relación con el lenguaje. Requerimientos para el lenguaje.
Sincronización y comunicación. Sincronización por exclusión mutua y por condición. Comunicación por memoria compartida y por mensajes.
Prioridad, granularidad, deadlock, manejo de recursos.
Paradigmas de resolución de programas concurrentes: iterativo, recursivo o *divide & conquer*, *pipeline* o productor consumidor, cliente/servidor y sus variantes, *peers* o interacción por pares.

2. *Concurrencia y sincronización*

Aspectos de programación secuencial
Especificación y semántica de la ejecución concurrente. La sentencia *co* y *process*
Acciones atómicas y sincronización.
El problema de interferencia. Historias válidas e inválidas.
Atomicidad de grano fino y de grano grueso.
La propiedad de “A lo sumo una vez”.
La sentencia Await. Semántica.
Técnicas para evitar interferencia.
Propiedades de seguridad y vida.
Políticas de scheduling y Fairness.
Requerimientos para los lenguajes de programación.
Problemas en sistemas distribuidos.

3. *Concurrencia con variables compartidas*

Sincronización por variables compartidas

Sincronización de grano fino.
Secciones críticas (SC). Definición del problema. Propiedades necesarias de las soluciones.
Soluciones de tipo spin-locks al problema de la SC.
Algoritmos clásicos de soluciones fair al problema de la SC (tie-breaker, ticket, bakery).
Implementación de sentencias Await arbitrarias.
Sincronización barrier. Definición. Planteo de soluciones (contador compartido, flags y coordinadores, árboles, barreras simétricas, butterfly).
Algoritmos *data parallel*. Ejemplo: Computación de prefijos.

Sincronización por semáforos

Semáforos. Sintaxis y semántica. Usos básicos y técnicas de programación.
Soluciones a SC y barreras.
Semáforos binarios divididos (*split*).
Exclusión mutua selectiva.
La técnica “*passing the baton”*. Definición y aplicaciones.
Sincronización por condición general.
Alocación de recursos. Políticas de alocación. SJN.
Ejemplos clásicos: filósofos, lectores/escritores, productores/consumidores con buffer limitado, etc.
Semáforos en lenguajes reales: Pthreads. Ejedmplos.

Sincronización por monitores
Evolución histórica a partir de semáforos. Conceptos de regiones críticas condicionales.
Monitores. Sintaxis y semántica.
Sincronización en monitores.
Disciplinas de señalización: “Signal and wait“ y “Signal and continue”: diferencias y efecto sobre la programación.
La técnica “*passing the condition”.*
Ejemplos clásicos: buffer limitado, lectores y escritores, alocación, etc.
Diseño de un reloj lógico. Alternativas.
El problema del peluquero: rendezvous.
Scheduling de discos. Ejemplo. Enfoques alternativos para la sincronización.
Monitores en lenguajes reales: Java, Pthreads. Ejemplos.

Implementaciones
Conceptos de implementación de procesos en arquitecturas mono y multiprocesador.
Kernel monoprocesador y multiprocesador.

4. *Programación distribuida. Concurrencia con pasaje de mensajes*

Programas distribuidos. Definición.
Relación entre mecanismos de comunicación.
Clases básicas de procesos: productores y consumidores, clientes y servidores, peers.
Control de concurrencia en Sistemas Distribuidos.

Mensajes asincrónicos
Sintaxis y semántica. Canales. Operaciones.
Filtros. Redes de Filtros.
Clientes/Servidores. Algoritmos clásicos. Monitores activos. Continuidad conversacional.
Peers. Intercambio de valores. Cálculo de la topología de una red.
Mensajes asincrónicos en lenguajes reales MPI. Extensión de lenguajes secuenciales con bibliotecas específicas.
Ejemplos.
El concepto de *bag of tasks*. Espacio de tuplas e interacción entre procesos. Estructuras de datos distribuidas. Ejemplos

Mensajes sincrónicos
Sintaxis y semántica.
Conceptos de CSP.
Comunicación guardada. Sintaxis y semántica.
Filtros. Clientes y servidores. Asignación de recursos.
Interacción entre procesos paralelos. Ejemplos.
Mensajes sincrónicos en lenguajes reales.
Ejemplos

Remote Procedure Calls y Rendezvous.
Sintaxis y semántica. Similitudes y diferencias.
RPC: Sincronización en módulos.
Discusión revisada de aplicaciones.
RPC en lenguajes reales: Java. RMI. Ejemplos.
Rendezvous en lenguajes reales: Ada. Tasks y sincronización. Ejemplos

Primitivas múltiples y otros enfoques
Sintaxis y semántica.
MPD. Componentes de programa. Comunicación y sincronización. Ejemplos
Conceptos básicos sobre otros lenguajes/plataformas

Implementaciones
Conceptos de implementación de mecanismos de comunicación y sincronización en ambientes distribuidos.

5. *Paradigmas de interacción entre procesos distribuidos*
Resolución de problemas mediante diferentes paradigmas de interacción entre procesos: Servidores replicados, heartbeat, pipeline, prueba-eco, broadcast, token passing, manager/workers.
Ejemplos. Comparación de alternativas.

6. *Introducción a la Programación Paralela*
Objetivos del cómputo paralelo. Necesidad del paralelismo. Areas de aplicación.
Computación científica.
Diseño de algoritmos paralelos.
Métricas. Conceptos de speedup y eficiencia.
La ley de Amdahl y la ley de Gustafson.
Concepto de escalabilidad.

En la práctica se plantean ejercicios que pueden ser realizados como trabajo experimental sobre arquitecturas multiprocesador distribuidas (clusters), multiprocesadores con memoria compartida e híbridos.

BIBLIOGRAFÏA

- Andrews G. “Foundations of Multithreaded, Parallel and Distributed Programming”, Addison Wesley, 2000
- Barnes J., “Programming in Ada 2005 with CD”, Addison Wesley, 2006.
- Ben-Ari, M. “Principles of Concurrent and Distributed Programming, 2/E”. Addison-Wesley. 2006. ISBN 0-321-31283-X
- Chandy, Misra, “Parallel Program Design. A Foundation”, Addison Wesley, 1988.
- Downey, Allen. “The Little Book of Semaphores, Second Edition”. Free book disponible en http://www.freetechbooks.com/the-little-book-of-semaphores-second-edition-t519.html, 2007.
- Filminas de las clases teóricas.
- Grama A., Gupta A., Karypis G., Kumar V., "An Introduction to Parallel Computing. Design and Analysis of Algorithms", Pearson Addison Wesley, 2nd Edition, 2003
- Herlihy M., Shavit N., “The Art of Multiprocessor Programming”. Morgan Kaufmann. Revised reprint, 2012.
- Hoare C., “Communicating Sequential Processes”, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1985
- Brinch Hansen, P., “Studies in Computational Science. Parallel Programming Paradigms”, Prentice Hall, 1995.
- Jordan H.F., Alaghband G., Jordan H.E., "Fundamentals of Parallel Computing", Prentice Hall, 2002
- Naiouf, De Giusti A., De Giusti L, Chichizola, “Conceptos de concurrencia y paralelismo”, UNLP, a publicar 2018.
- Pacheco, P. “An introduction to parallel programming”. Morgan Kaufmann, 2011.
- Raynal M. “Concurrent Programming: Algorithms, Principles, and Foundations”. Springer, 2012.
- Taubenfeld, Gadi. “Synchronization Algorithms and Concurrent Programming”. Prentice Hall. 2006.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

En la cátedra se pone énfasis en el proceso de identificación de problemas del mundo real, la especificación de los mismos como problemas resolubles desde la informática y en el desarrollo de soluciones verificables para los mismos.
Se trata de poner al alumno en el contexto de **aplicación** en el campo de la Informática de los conceptos y métodos que se encuentran en el programa de la asignatura. Esta contextualización es informativa y se discuten diferentes casos de aplicación para mostrar la utilidad de las teorías y herramientas matemáticas para resolver diferentes problemas "informáticos" conocidos por el alumno. Se pone énfasis en la capacidad del alumno para conocer técnicas y herramientas de aplicación en Informática (en lo posible siguiendo las tendencias marcadas por el cambio tecnológico) y en la aplicación efectiva de las mismas.
La cátedra acompaña el proceso de aprendizaje del alumno, para contrastar sus conclusiones y validar su habilidad para interpretar la evolución tecnológica y su visión de las tendencias futuras. Esto es brindando materiales para que el alumno estudie casos y valore la selección y empleo eficiente de herramientas y técnicas determinadas para cada problema.
Se plantean actividades relacionadas con las tecnologías existentes para diferentes problemas y se los "desafía" a presentar la posible evolución de la solución para ese tipo de problema y en qué aspectos podría mejorarse la solución/soluciones actuales. Para esto el alumno debe buscar bibliografía relacionada con el cambio tecnológico y formarse un criterio sobre las tendencias (por ejemplo, en los procesadores a utilizar, el tipo de topología, etc)

El reglamento y cronograma tentativo son conocidos por los alumnos desde el inicio de la actividad curricular.
Los alumnos pueden realizar prácticas en PC usando distintos lenguajes/bibliotecas que soportan concurrencia.

Se prevé el dictado virtual para el primer semestre vistas las restricciones impuestas por la pandemia de COVID). Se utilizará el entorno virtual de enseñanza-aprendizaje (IDEAS), donde estarán disponibles clases, guías de TP, avisos, resultados de exámenes, etc.
Para las actividades sincrónicas se utilizarán plataformas como Webex, BBB o similares según disponibilidad.

La actividad curricular se organiza en:

1) Clases teóricas:
Están a cargo de un profesor, en las cuales se imparten los temas de la asignatura.
Se establecen clases asincrónicas y sincrónicas.
Periódicamente se publicarán en IDEAS las filminas de las clases, con audio incluido, para que puedan ser accedidas asincrónicamente por los estudiantes.
Se recomienda que los estudiantes hayan leído/escuchado previamente los contenidos de las clases para un efectivo aprovechamiento de las clases sincrónicas.

2) Explicaciones de práctica:
Están a cargo de un profesor y/o JTP, y que actúan a modo de articulación entre teoría y práctica y donde se plantean y resuelven problemas "tipo".
Se publicarán periódicamente en IDEAS las filminas (con audio incluido), con la explicación de los temas prácticos y la resolución de problemas "tipo"

3) *Práctica:*
Están a cargo de auxiliares docentes (ayudantes coordinados por JTP), donde los alumnos trabajan sobre los ejercicios propuestos en la guía de trabajos prácticos.
Se establecen consultas de práctica sincrónicas y asincrónicas.
i) Asincrónicas: a cada estudiante se le asignará un auxiliar al que podrá consultar por correo interno de IDEAS.
ii) Sincrónicas: se dispondrán horarios de consulta semanales y se distribuirá a los estudiantes en grupos.
Para la distribución podrán indicar el/los horario/s de preferencia, y se intentará cumplir con la mayor

cantidad de requerimientos posible.
Cada horario/grupo tendrá un auxiliar asignado. Los estudiantes podrán conectarse para consultar preferentemente en la sesión asignada. Si bien pueden hacerlo también en otro horario, se recomienda minimizar esta situación para una mejor atención de los docentes.

4) Cuestionarios: periódicamente se publican cuestionarios de teoría a modo de guía a fin de que los alumnos reflexionen sobre los puntos más importantes.

EVALUACIÓN

La cátedra acompaña el proceso de aprendizaje del alumno, para contrastar sus conclusiones y validar su habilidad para interpretar la evolución tecnológica y su visión de las tendencias futuras
En la evaluación de las competencias en las pruebas parciales y finales se tienen en cuenta los siguientes aspectos:
- la capacidad para identificar, formular y resolver los problemas, reflejándolo en la corrección de las pruebas escritas
- la capacidad para conocer e interpretar los conceptos, teorías y métodos, aplicándolos a problemas concretos. Esto se evalúa a través de preguntas del tipo “donde cree Ud. que es aplicable este conocimiento o método”, o la interpretación de código, o interpretación de resultados
- en qué medida el alumno es capaz de utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas que son parte de la asignatura
- los resultados del estudio bibliográfico y capacidad para formular las ventajas potenciales del cambio tecnológico en los problemas planteados, plasmando esto en una planilla.

Aprobación de la cursada

Se realizarán 4 autoevaluaciones y un parcial con dos recuperatorios.
Luego de cada autoevaluación la cátedra podrá seleccionar un conjunto de estudiantes para que justifiquen/expliquen sus respuestas.
Para poder rendir el parcial se deben aprobar al menos 3 de las 4 autoevaluaciones. Cada autoevaluación se aprueba con el 40% de las respuestas correctas.

Para obtener la cursada se debe aprobar el parcial en alguna de las instancias.

Se considerarán en condición de “Desaprobado” los alumnos que no obtengan la cursada y que rindan y obtengan “D” al menos en 2 de las 3 fechas de evaluación parcial

Aprobación del final

El final puede aprobarse de dos maneras:
a) Final tradicional (teórico-práctico) en mesa de finales.
b) Promoción: Los estudiantes que aprueben el parcial de práctica en la primera fecha podrán acceder a la evaluación teórica.
- si obtiene nota >= 7, queda habilitado para rendir un coloquio en mesa de final dentro del semestre siguiente.
- si obtiene nota >=4 y <7, se asigna un trabajo individual. El mismo debe ser desarrollado y defendido en un coloquio en fecha de final dentro del semestre siguiente.

En caso de presentarse a rendir final tradicional, la promoción caduca.

CRONOGRAMA DE CLASES Y EVALUACIONES

En la semana del 1/3 se realizará una charla para detallar la modalidad, y se pondrán a disposición en Ideas las primeras teorías.
El comienzo de clases está previsto para la semana del 8 de marzo.
El cronograma detallado se pone en conocimiento de los alumnos al inicio del curso.
El esquema preliminar por bloque de las clases y evaluaciones es el siguiente:

Clase	Fecha	Contenidos/Actividades
1 y 2	Semanas 8/3 y 15/3	Conceptos básicos. Comunicación y sincronización. Interferencia.
3 a 6	Semanas 22/3 al 12/4	Concurrencia con memoria compartida.
7 a 9	Semanas 19/4 al 10/5	Concurrencia con memoria distribuida
10	Semana 17/5	Introducción a la Programación Paralela.

Parcial	Fecha
1ra fecha	Semana del 7/6
1er recuperatorio	Semana del 28/6
2do recuperatorio	Semana del 12/7
Parcial teórico	Semana del 2/8

Contacto de la cátedra (mail, página, plataforma virtual de gestión de cursos):

Plataforma virtual: ideas.info.unlp.edu.ar
Web: weblidi.info.unlp.edu.ar/catedras/concurrente/WEB/
Mail: mnaiouf@lidi.info.unlp.edu.ar, ldgiusti@lidi.info.unlp.edu.ar, francoch@lidi.info.unlp.edu.ar,

Firma del/los profesor/es

Dr. Marcelo Naiouf
Profesor Titular