



FACULTAD DE INFORMATICA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



## Especialización en Cómputo de Altas Prestaciones – Modalidad a distancia

### Conceptos de Cloud, Fog y Edge Computing

Año 2021

Duración: 70 hs. Totales.

Cantidad de horas presenciales/VC: 25 hs.

Cantidad de horas de actividades en línea y de trabajo final: 45 hs.

#### OBJETIVOS GENERALES:

Analizar el cambio tecnológico en las arquitecturas de procesadores a partir de la aparición de los procesadores de múltiples núcleos y el desarrollo de los sensores que han dado lugar a las aplicaciones de IoT (Internet de las Cosas), IIoT (Industrial IoT) e IIloT (Intelligent Industrial IoT). En particular analizar el impacto sobre las tecnologías de procesamiento paralelo y su vinculación con la nube (Cloud).

Explicar los conceptos de Edge Computing y sus ventajas en relación a los modelos centralizados de procesamiento.

Explicar el concepto de Fog Computing como una capa física y lógica de procesamiento intermedio que puede simplificar las comunicaciones y el procesamiento posterior en la nube.

Retomar los conceptos fundamentales de rendimiento en aplicaciones paralelas, considerando las arquitecturas de Edge, Fog y Cloud Computing.

Analizar aplicaciones de tiempo real que requieran procesamiento en sensores (Edge) y su posterior vinculación con un Cloud.

Presentar los conceptos fundamentales del middleware en Edge y Fog Computing y su interoperabilidad con el Cloud.

Estudiar el modo de configurar máquinas virtuales en un Cloud. Discutir clases de aplicaciones concretas y presentar trabajos a realizar sobre la combinación de Edge / Fog y Cloud, orientados a diferentes campos.

#### COMPETENCIAS A DESARROLLAR EN RELACION CON EL OBJETIVO DE LA CARRERA

C.1- Analizar problemas del mundo real que por su complejidad y/o volumen de datos requieran cómputo paralelo y diseñar soluciones desde el punto de vista del hardware necesario, lo que requiere un conocimiento de las arquitecturas paralelas actuales.

C.4- Tener capacidad de configurar arquitecturas y desarrollar programación en la nube (Cloud Computing).

C.5- Conocer las tecnologías y el manejo de sistemas de Fog Computing y Edge Computing, su middleware y aplicaciones.



## CONTENIDOS MINIMOS:

- Conceptos de las tecnologías actuales de sensores y procesadores.
- Edge Computing / Fog Computing / Cloud Computing
- Vinculación de las capas Edge / Fog y Cloud en aplicaciones concretas.
- Estudio de casos en laboratorio para analizar performance.

## PROGRAMA

### Conceptos básicos

- Evolución de las arquitecturas de procesadores. Multicores. GPUs.
- Estado actual de la tecnología de procesamiento paralelo.
- Evolución de la tecnología de sensores.
- Estado actual del campo de IoT / IIoT / IIIoT y sus aplicaciones.
- Conceptos de Edge Computing, Fog Computing y Cloud Computing.

### Algoritmos paralelos/distribuidos que vinculan Edge / Fog y Cloud

- Tratamiento de problemas de tiempo real.
- Casos de estudio de redes de sensores.
- Casos de estudio de la capa de Fog Computing y sus ventajas para conectar sensores con la nube (en tiempo real o diferido).
- Estudio de eficiencia (en particular comunicaciones) según la distribución del procesamiento.

### Edge Computing: Software de Base y Aplicaciones.

- Análisis de los componentes posibles de la capa de sensores en Edge Computing.
- Estudio de la capacidad de procesamiento y memoria en casos específicos.
- Lenguajes y algoritmos aplicados en la capa Edge.
- Middleware para Edge Computing.
- Tecnologías actuales en Edge Computing.

### Fog Computing: Software de Base y Aplicaciones.

- Análisis de la capa "fog" como un concentrador de datos recibidos de la capa "edge" y pre procesamiento de los mismos, para comunicarse con la nube.
- Estudio de la capacidad de procesamiento y memoria en casos específicos.
- Lenguajes y algoritmos aplicados en la capa Fog.
- Middleware para Fog Computing.
- Tecnologías actuales en Fog Computing. Performance comparativa.

### Cloud Computing

- Evolución: de Clusters y GRID a Cloud.
- Análisis de beneficios del empleo de arquitecturas Cloud: Escalabilidad, Disponibilidad, Confiabilidad.



- Riesgos y desafíos del empleo de arquitecturas Cloud: Seguridad, Portabilidad, Eficiencia.
- Características de un Cloud.

### **Arquitecturas en Cloud Computing**

- IaaS. Infraestructura como Servicio.
- PaaS. Plataforma como Servicio.
- SaaS. Software como Servicio.
- Tipos de arquitecturas Cloud. (públicas, privadas, híbridas).
- Virtualización estática y dinámica.
- Manejo de las Comunicaciones en Cloud.
- Manejo de Datos en Cloud.
- Seguridad en Cloud.
- Configuración de máquinas virtuales sobre un Cloud.
- Relación con Fog Computing y Edge Computing.

### **Planteo y resolución de aplicaciones que vinculan Edge / Fog y Cloud Computing**

- Aplicaciones de sensores en edificios.
- Aplicaciones de sensores en áreas rurales.
- Robótica y Cloud robotics.
- Aplicaciones de Tiempo Real específicas.

## **ACTIVIDADES EXPERIMENTALES y DE INVESTIGACION**

### **Tareas en Laboratorio (presencial o remoto)**

Tal como se explica en el ítem relacionado con la metodología, ésta se basa en clases sincrónicas (presenciales o remotas) combinadas con actividades demostrativas en el laboratorio para aplicar los conceptos teóricos y que así el alumno adquiera las competencias y habilidades sobre cada uno de los temas que forman parte del contenido de la asignatura.

Además el alumno debe analizar un proyecto/desarrollo relacionado con los temas dictados en la teoría, cuya implementación concreta se realiza sobre sensores / placas / máquinas específicas más una infraestructura de la capa Fog y el vínculo con un Cloud privado en la misma Facultad y/o con los Clouds de acceso académico de los proveedores de este servicio (Amazon / Microsoft, etc).

#### **Investigación/ Estudios adicionales:**

Los alumnos analizarán papers relacionados con problemas de sensores/redes de sensores y la capacidad de procesamiento en la capa "Edge" y su vinculación con la nube, a través de una posible capa intermedia "fog". Se pondrá énfasis en el análisis de performance de diferentes soluciones tecnológicas para problemas conocidos, de modo de comparar alternativas.



Se les propondrán temas de I+D orientados al estudio comparativo de evaluación de rendimiento en algoritmos que distribuyan el procesamiento en las tres capas, de modo de potenciar el conocimiento transmitido en la teoría.

## **METODOLOGIA Y MODALIDAD DE EVALUACION**

La metodología se basa en clases sincrónicas a través del sistema de videoconferencias adoptado por el Postgrado de Informática combinadas con sesiones en el laboratorio remoto para aplicar los conceptos teóricos y que así el alumno adquiera las competencias y habilidades sobre cada uno de los temas que forman parte del contenido de la asignatura.

Es de hacer notar que en el laboratorio remoto, además de las máquinas convencionales, se dispone de placas con sensores de diferente tipo y también robots con sensores sobre los cuales se pueden plantar y resolver problemas que hacen al objetivo de la asignatura.

Se requiere un 80% de asistencia a los encuentros sincrónicos, incluyendo el encuentro inicial de presentación de la materia, y el encuentro final de integración, ambos de asistencia obligatoria.

El trabajo se complementa con un proyecto experimental que debe desarrollar el alumno para cumplimentar las horas asignadas con soporte tutorizado por el profesor (*on-line*) y seguimiento a través del Entorno Virtual IDEAS contemplado en el SIED de la Facultad de Informática de la UNLP.

La evaluación se realizará mediante un examen escrito al final de las sesiones sincrónicas para evaluar el grado de conocimientos del alumno (20%), el proyecto/desarrollo experimental que deberá entregar el alumno al final de las horas programadas (70%) y la participación y aportaciones de calidad/excelencia a las soluciones propuestas (10%).

## **RECURSOS Y MATERIALES DE ESTUDIO**

Como materiales de estudio, se dispone de:

- Presentaciones multimedia desarrolladas ad-hoc para introducir cada uno de los diferentes ejes temáticos.
- Píldoras formativas con la explicación de algunos temas
- Ejemplos donde se aplican los conceptos teóricos
- Ejercicios prácticos que son desarrollados en clase
- Material de lectura para estudiar y profundizar conceptos abordados en las clases
- Enlaces a artículos de actualidad de repositorios reconocidos en el área
- Acceso a equipamiento remoto situado en la Facultad de Informática de la UNLP y también en la nube (Cloud).
  
- Software específico para determinadas actividades de laboratorio que se detallan en este programa.



## ACTIVIDADES EXPERIMENTALES Y APROPIACIÓN DE SABERES

Los trabajos experimentales pueden desarrollarse en cada clase o continuarse en más de una clase. Parten de una especificación/consigna del docente (explicada en la clase) y un trabajo individual o en grupos que interactúan en el que los alumnos resuelven un problema experimental concreto relacionado con la temática.

Los trabajos podrán ser individuales o grupales. Para esto último se configura el entorno virtual para que los alumnos del mismo grupo se encuentren en un espacio virtual diferente del resto. Durante el desarrollo del trabajo, el docente estará conectado respondiendo dudas y consultas.

Estos trabajos pretenden desarrollar y/o fortalecer las aptitudes de opinión crítica en los temas relativos del curso. Los alumnos deberán sintetizar su comprensión de los temas, al realizar correctamente la tarea experimental propuesta.

También se pretende desarrollar la capacidad de poder comunicar y transmitir los resultados, en presentaciones pautadas a lo largo del curso.

En general, finalizada una actividad, hay una sesión de discusión conjunta donde los participantes comunicarán sus opiniones e intercambiarán los distintos puntos de vista.

## BIBLIOGRAFÍA BASICA

- S.K. Prasad, A. Gupta, A. Rosenberg, A. Sussman , C. Weems. "Topics in Parallel and Distributed Computing". Springer 2018.
- Ganapathi Pulipaka "The Future of Data Science and Parallel Computing: A Road to Technological Singularity" . Amazon Press 2018.
- R. Trobec, B. Slivnik, P. Bulić, B. Robič "Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms" Springer 2018.
- Adamatzky, S. Akl, G.Ch. Sirakoulis "From Parallel to Emergent Computing" CRC Press 2019.
- Thomas Erl "Cloud Computing. Concepts, Technology & Architecture" Prentice Hall 2013.
- Mohan N., Kangasharju J. "Edge-Fog Cloud: A Distributed Cloud for Internet of Things Computations", 2016 Cloudification of the Internet of Things (CloT), Paris, France, 2016, pp. 1-6.
- P. Garcia Lopez et al. "Edge-centric computing: Vision and challenges," *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, vol. 45, no. 5, pp. 37–42, Sep. 2015.
- M. Yannuzzi et al. "Key ingredients in an iot recipe: Fog computing, cloud computing, and more fog computing," in *IEEE CAMAD*, 2014.
- K. Hong et al. "Mobile fog: A programming model for large-scale applications on the internet of things," in *ACM SIGCOMM Workshop on Mobile Cloud Computing*, 2013.
- A. Chandra, J. Weissman, and B. Heintz, "Decentralized edge clouds," *Internet Computing, IEEE*, vol. 17, no. 5, pp. 70–73, Sept 2013.



## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Kirk, Hwu "Programming massively parallel processors" Elsevier 2013
- Furth, Escalante "Handbook of Data Intensive Computing" Springer 2013
- Rothon J. "Cloud computing explained: Implementation handbook for enterprises" Recursive Press 2013
- F. Zhang, J. Zhai, M. Snir, H. Jin, H. Kasahara , M. Valero "Network and Parallel Computing: 15th IFIP WG 10.3 International Conference, NPC 2018" , Japan. Springer Lecture Notes.
- A.F.Lorenzon , A.C.Schneider Beck Filho "Parallel Computing Hits the Power Wall: Principles, Challenges, and a Survey of Solutions" Springer 2019.
- S.Kurgalin, S. Borzunov "A Practical Approach to High-Performance Computing" Springer 2019
- M. Pi Puig, J. M. Paniego, S. Medina, S. Rodriguez Eguren, L. Libutti, J. Lanciotti, J. de Antueno, C. Estrebou, F. Chichizola and L. De Giusti, "Intelligent Distributed System for Energy Efficient Control", *Cloud Computing and Big Data. JCC&BD 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 1050. Springer, Cham , 2019.*
- W. Shi, H. Sun, J. Cao, Q. Zhang, and W. Liu, "Edge computing-an emerging computing model for the Internet of everything era," *J. Comput. Res. Develop.*, vol. 54, no. 5, pp. 907\_924, May 2017.
- J. de Antueno, S. Medina, L. De Giusti and A. De Giusti, "Analysis, Deployment and Integration of Platforms for Fog Computing", *Journal of Computer Science and Technology, 20(2), e12, October 2020.*
- F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu and S. Addepalli, "Fog Computing and Its Role in the Internet of Things", in *MCC '12: Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing. Association for Computing Machinery, New York, NY, United States , 2012.*
- M. Asemani, F. Jabbari, F. Abdollahei and P. Bellavista, "A Comprehensive Fog-enabled Architecture for IoT Platforms", *High-Performance Computing and Big Data Analysis. TopHPC 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 891. Springer, Cham, 2019.*