



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

93001091 - Fundamentos De La Computación En La Nube

### PLAN DE ESTUDIOS

09BA - Master Universitario En Ingeniería De Redes Y Servicios Telemáticos

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 3  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 8  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 12 |
| 9. Otra información.....                         | 14 |

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 93001091 - Fundamentos de la Computación en la Nube                        |
| <b>No de créditos</b>                      | 3 ECTS   |
| <b>Carácter</b>                            | Optativa   |
| <b>Curso</b>                               | Primer curso   |
| <b>Semestre</b>                            | Primer semestre  |
| <b>Período de impartición</b>              | Septiembre-Enero   |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano   |
| <b>Titulación</b>                          | 09BA - Master Universitario en Ingeniería de Redes y Servicios Telemáticos |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion            |
| <b>Curso académico</b>                     | 2023-24  |

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                                  | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b>     | <b>Horario de tutorías *</b>   |
|--|-----------------|-------------------------------|--|
| Diego Martin De Andres                         | B-213           | diego.martin.de.andres@upm.es | Sin horario.<br>Contactar por email para confirmar la hora de la tutoría |
| Alejandro Antonio Alonso Muñoz (Coordinador/a) | B-319           | alejandro.alonso@upm.es       | Sin horario.<br>Contactar por email para confirmar la hora de la tutoría |

|                                   |         |                        |  |
|-----------------------------------|---------|------------------------|--|
| Miguel Angel De Miguel<br>Cabello | B-323-1 | miguel.demiguel@upm.es | Sin horario.<br>Contactar por email<br>para confirmar la<br>hora de la tutoría |
|-----------------------------------|---------|------------------------|--|

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de Redes y Servicios Telemáticos no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos básicos de sistemas operativos
- Análisis, diseño y programación de software
- Conocimientos básicos de redes de comunicación

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CB06 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA61 - Conocer las características fundamentales de los sistemas distribuidos y la computación en la nube

RA57 - Entender los modelos de servicio utilizados en la computación en la nube y su aplicación práctica

RA64 - Adquisición de competencias complementarias y avanzadas de las competencias adquiridas en asignaturas obligatorias del Máster

RA58 - Conocer los protocolos de gestión de instantáneas

RA63 - Implementar servicios replicados y distribuidos

RA59 - Conocer algoritmos distribuidos como los de consenso, elección de principal o multienvío

RA62 - Conocer los tipos y arquitecturas de replicación de servicios

RA60 - Conocer tipos de algoritmos distribuidos que se emplean para implementar los sistemas de computación en la nube

RA56 - Conocer los mecanismos de gestión de estados globales coherentes

RA55 - Adquisición de competencias sobre tecnologías novedosas y de interés profesional.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La computación en la nube permite ofrecer complejos servicios y aplicaciones a través de la red de forma segura, eficiente, fiable y altamente escalable. Para ofrecer estos servicios, se requiere el uso de múltiples tecnologías, tradicionales y novedosas, que permiten coordinar el uso de grandes infraestructuras de computación, almacenamiento y red localizados en centros de datos. Una de las tecnologías claves en la evolución de la computación en la nube son los sistemas distribuidos. La implementación de los mecanismos necesarios para poder proporcionar servicios en la nube requiere de algoritmos distribuidos que permitan la comunicación fiable y ordenada, replicación de servicios, exclusión mutua distribuida, detección de fallos o acuerdo entre procesos cooperantes. La teoría de sistemas distribuidos lleva muchos años investigando sobre estos temas y proporciona un

conjunto de técnicas y algoritmos distribuidos para resolver estos problemas,

La asignatura aborda el estudio de las tecnologías sobre las que se asienta la denominada computación en la nube, centrándose en:

- Las características fundamentales de los sistemas distribuidos y la computación en la nube
- Los algoritmos básicos utilizados en las aplicaciones distribuidas utilizados en la nube.
- Las arquitecturas, componentes básicos y modelos de servicio utilizados.

El curso incluye múltiples prácticas de laboratorio, en las que los alumnos experimentarán directamente con las tecnologías presentadas durante el curso

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción: Sistemas distribuidos y computación en la nube
2. Comunicación en sistemas distribuidos
3. Paradigmas para la computación de nube
  - 3.1. Sistemas de coordinación
  - 3.2. Tablas hash distribuidas. Redes P2P
4. Replicación
  - 4.1. Tolerancia de fallos en servicios distribuidos
  - 4.2. Alta disponibilidad en servicios distribuidos
5. Servicios de ejecución en la nube
6. Estados globales coherentes en sistemas distribuidos

- 6.1. Modelos de computación distribuida
- 6.2. Causalidad potencial, relojes lógicos y relojes vectoriales
- 6.3. Estados globales coherentes y observadores
- 6.4. Protocolos para la gestión de instantáneas
- 7. Coordinación y acuerdo
  - 7.1. Algoritmos de acuerdo
  - 7.2. Algoritmos de consenso
  - 7.3. Coordinación en comunicación de grupos

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad en aula  | Actividad en laboratorio  | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación  |
|-----|--|---|----------------|--|
| 1   | <b>Tema 1</b><br>Duración: 01:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 2</b><br>Duración: 01:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |   |                |  |
| 2   | <b>Tema 3</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |   |                |  |
| 3   |  | <b>Práctica 1</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |  |
| 4   | <b>Tema 4</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |   |                |  |
| 5   |  | <b>Práctica 2</b><br>Duración: 01:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |  |
| 6   |  | <b>Práctica 2</b><br>Duración: 01:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                | <b>Prácticas dirigidas</b><br>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 01:30 |
| 7   | <b>Tema 5</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |   |                |  |
| 8   |  | <b>Práctica 3</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |  |
| 9   |  | <b>Práctica 4</b><br>Duración: 02:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |  |
| 10  | <b>Tema 6</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |   |                |  |
| 11  | <b>Tema 7</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |   |                |  |

|    |  |  |  |   |
|----|--|--|--|---|
| 12 | <b>Tema 7</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |  |   |
| 13 | <b>Tema 7</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |  |   |
| 14 | <b>Tema 7</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |  |   |
| 15 |  |  |  |   |
| 16 |  |  |  | <b>Temas presentados en la asignatura</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 01:30<br><br><b>Práctica final</b><br>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 01:00     |
| 17 |  |  |  | <b>Todos los temas</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 01:30<br><br><b>Todas las prácticas</b><br>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas<br>Evaluación sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 01:30 |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción                        | Modalidad                                | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|------------------------------------|--|------------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
| 6    | Prácticas dirigidas                | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 01:30    | 15%             | 3 / 10      | CB06<br>CB10           |
| 16   | Temas presentados en la asignatura | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | Presencial | 01:30    | 35%             | 3 / 10      | CB06<br>CB10           |
| 16   | Práctica final                     | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 01:00    | 50%             | 3 / 10      | CB06<br>CB10           |

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción         | Modalidad                                | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|---------------------|--|------------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
| 17  | Todos los temas     | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | Presencial | 01:30    | 35%             | 3 / 10      | CB06<br>CB10           |
| 17  | Todas las prácticas | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 01:30    | 65%             | 3 / 10      | CB06<br>CB10           |

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-------------|-----------|------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
|-------------|-----------|------|----------|-----------------|-------------|------------------------|

|                     |  |            |       |     |        |              |
|---------------------|--|------------|-------|-----|--------|--------------|
| Todos los temas     | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | Presencial | 01:30 | 35% | 3 / 10 | CB06<br>CB10 |
| Todas las prácticas | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 01:30 | 65% | 3 / 10 | CB06<br>CB10 |

## 7.2. Criterios de evaluación

La asignatura se aprobará cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5 puntos sobre un total de 10, según las normas que se indican en este apartado.

La evaluación está compuesta de un examen escrito y una serie de prácticas, que se deben entregar antes de una fecha que se notificará durante la asignatura.

### Evaluación progresiva:

La evaluación progresiva de la asignatura constará de tres partes con los siguientes pesos y esquema:

- Examen escrito: 35%. El examen se realizará al final de la asignatura. La fecha la establecerá la Junta de la Escuela.
- Evaluación de las prácticas parciales: 15%. La evaluación se realizará después de la entrega de las prácticas y según de la fecha establecida. La calificación resultará en el análisis de los documentos entregados.
- Examen oral de la práctica final: 50%. La evaluación se celebrará después de la fecha de la entrega.

Para poder superar la evaluación, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Es obligatorio entregar todas las prácticas propuestas
- Obtener en cada ejercicio una nota igual o superior a 3,5 (sobre 10 puntos)

### Evaluación global:

La evaluación global contiene las misma partes que en la evaluación global y coincidieran las fechas del examen escrito y la examen oral de la práctica final. En esta evaluación global, las prácticas parciales se deberán antes que la práctica final y se evaluará como en la evaluación progresiva.

### Evaluación global en la convocatoria extraordinaria:

La evaluación se realizará igual que las previas.

### Fraude académico en las pruebas de evaluación

Todos los exámenes y trabajos que se realicen deben ser fruto del trabajo personal del alumno. En cualquier caso se fomentará la discusión y el trabajo en grupo para ayudar a entender mejor los problemas que se intentan resolver. La copia de exámenes o trabajos prácticos supondrá el suspenso de la asignatura de forma automática, tanto para quien copia como para quien se deja copiar. En el caso de que en el desarrollo de las pruebas de evaluación se aprecie el incumplimiento de los deberes como estudiante universitario, el coordinador de la asignatura

podrá ponerlo en conocimiento del Director o Decano del Centro, que de acuerdo con lo establecido en el artículo 74 (n) de los Estatutos de la UPM tiene competencias para "Proponer la iniciación del procedimiento disciplinario a cualquier miembro de la Escuela o Facultad, por propia iniciativa o a instancia de la Comisión de Gobierno al Rector, en los términos previstos en los estatutos y normas de aplicación". El fraude académico está tratado en la Normativa de Evaluación Aprendizaje de la UPM, con fecha del 26 de mayo de 2022

Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de AI u otros no adecuados

### Sobre las prácticas

Las soluciones de las prácticas no se van a publicar. Las prácticas de cada curso son similares. La publicación de soluciones dificultará la adquisición de las competencias planteadas. Es necesario que los alumnos desarrollen las prácticas personalmente o en los grupos planteados.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre  | Tipo         | Observaciones |
|---|--------------|---------------|
| G. F. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, and G. Blair. Distributed Systems. Concepts and Design. Fifth Edition. Addison Wesley. May 2011.  | Bibliografía |               |
| O. Babaoglu, K. Marzullo. "Consistent Global States of Distributed Systems: Fundamental Concepts and Mechanisms". Technical Report UBLCS-93-1. January 1993. Laboratory for Computer Science. University of Bologna. Bologna (Italy). | Bibliografía |               |
| Dan C. Marinescu, Cloud Computing: Theory and Practice, Morgan Kaufmann, may de 2013  | Bibliografía |               |
| Kenneth Birman, Guide to Reliable Distributed Systems: Building High-Assurance Applications and Cloud-Hosted Services, Springer, 2014   | Bibliografía |               |
| Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, Prentice Hall, 2014  | Bibliografía |               |
| B. Reed, F. Junqueira, ZooKeeper: Distributed Process Coordination, O'Reilly Media November 2013 (Safari)   | Bibliografía |               |

|   |              |   |
|---|--------------|---|
| K. Jamsa, "Cloud Computing", Jones & Bartlett Learning, 2012.                                     | Bibliografía |   |
| Robert Cope, Amin Naserpour, Thomas Erl, Cloud Computing Design Patterns, Pearson Education, 2015 | Bibliografía |   |
| Laboratorios docentes del Dpto. de Ingeniería de Sistemas Telemáticos                             | Equipamiento | Utilizados para la realización de las prácticas, aunque también se ofrecerá la posibilidad de realizarlas en los ordenadores personales de los alumnos siempre que sea posible.   |
| <a href="http://www.jgroups.org">www.jgroups.org</a>  | Recursos web | Documentación sobre el sistemas de gestión de grupos JGroups  |
| Herramienta Virtual Networks over linuX (VNX)   | Otros        | Utilizada para crear algunos de los escenarios de red virtuales utilizados en las prácticas de laboratorio. La herramienta ha sido desarrollada en el propio departamento ( <a href="http://vnx.dit.upm.es">vnx.dit.upm.es</a> ) y es utilizada en varias asignaturas de redes. |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con ODS4, ODS5 y ODS9.

- Subobjetivo 4.4: Aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento.
- Subobjetivo 5.1: Poner fin a todas las formas de discriminación contra todas las mujeres y las niñas en todo el mundo
- Subobjetivo 9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad