



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Informaticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**105000070 - Sistemas Dinámicos, Caos Y Fractales**

### PLAN DE ESTUDIOS

10II - Grado En Ingenieria Informatica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	5
6. Actividades y criterios de evaluación.....	7
7. Recursos didácticos.....	9

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	105000070 - Sistemas Dinámicos, Caos y Fractales
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Octavo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	10II - Grado en Ingeniería Informática
<b>Centro responsable de la titulación</b>	10 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Informaticos
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Juan Angel Rojo Carulli	1302	juan.rojo.carulli@upm.es	Sin horario.
M. Del Carmen Escribano Iglesias (Coordinador/a)	1303	mariadelcarmen.escribano@upm.es	Sin horario.
Miguel E. Reyes Castro	1305	miguel.reyes@upm.es	Sin horario.

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

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 3.1. Competencias

CG-1/21 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG-13/CE55 - Capacidad de comunicarse de forma efectiva con los compañeros, usuarios (potenciales) y el público en general acerca de cuestiones reales y problemas relacionados con la especialización elegida.

CG-19 - Capacidad de usar las tecnologías de la información y la comunicación.

CG-2/CE45 - Capacidad para el aprendizaje autónomo y la actualización de conocimientos, y reconocimiento de su necesidad en el área de la informática.

CG-6 - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis

Ce 12/16 - Conocer los campos de aplicación de la informática, y tener una apreciación de la necesidad de poseer unos conocimientos técnicos profundos en ciertas áreas de aplicación; apreciación del grado de esta necesidad en, por lo menos, una situación.

Ce 14/15 - Conocer el software, el hardware y las aplicaciones existentes en el mercado, así como el uso de sus elementos, y capacidad para familiarizarse con nuevas aplicaciones informáticas.

Ce 44 - Conocimiento de tecnologías punteras relevantes y su aplicación.

### 3.2. Resultados del aprendizaje

RA277 - Dado un problema real elegir la tecnología informática existente en el mercado mas apropiada para su solución y diseñar su desarrollo e integración, analizando la viabilidad de su solución, lo que se puede y no se puede conseguir a través del estado actual de desarrollo de la tecnología usada, y lo que se espera que avance en el futuro.

RA278 - Desarrollar la solución matemática y algorítmica mas apropiada a un problema informático que requiera un tratamiento especialmente complejo, analizando y exponiendo su viabilidad.

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

Los sistemas dinámicos y el concepto de caos aparecen de manera natural en muchos procesos que siguen leyes deterministas o estocásticas, por eso son una herramienta fundamental para simular y estudiar la evolución de estos procesos. La asignatura está dividida en dos partes, en primer lugar se introducirá al alumno en los conceptos básicos de sistemas dinámicos discretos, las características más significativas del caos y el concepto de atractor. En segundo lugar los conjuntos fractales y sus aplicaciones. Todos estos conceptos son experimentados a través de la simulación en laboratorio mediante la programación de los algoritmos correspondientes en Maple o Python.

En el primer tema se hace un análisis detallado de la familia logística que surge como uno de los modelos más sencillos de dinámicas de poblaciones y en la que aparece la gama completa de posibles comportamientos de sistemas dinámicos unidimensionales, desde los más simples hasta los caóticos. Estos últimos sirven como motivación para introducir el concepto de caos y demostrar su existencia a través de la dinámica simbólica en sistemas unidimensionales relativamente sencillos: shift, tienda y otros. A continuación se estudian los sistemas dinámicos bidimensionales. Para terminar esta primera parte se consideran sistemas dinámicos en el campo complejo que dan origen a los conjuntos de Julia y Mandelbrot.

Los sistemas dinámicos son una herramienta básica para la construcción de conjuntos fractales. Se presentarán primero los fractales clásicos como el conjunto de Cantor, el triángulo de Sierpinski, la curva de Koch y otros fractales autosemejantes, para pasar finalmente a los fractales generados por los sistemas de funciones iteradas cuyo atractor es precisamente el fractal. Se estudiarán algunas de sus aplicaciones como, por ejemplo, a la simulación y compresión de imágenes reales.

## 4.2. Temario de la asignatura

1. Sistemas dinámicos y Caos
  - 1.1. Nociones básicas de sistemas dinámicos
  - 1.2. La familia logística
  - 1.3. Estabilidad e inestabilidad
  - 1.4. Diagrama de bifurcaciones
  - 1.5. El caos y sus características
  - 1.6. Atractores planos (Henon y otros)
2. Sistemas dinámicos complejos
  - 2.1. Sistemas dinámicos complejos
  - 2.2. Conjuntos de Julia y de Mandelbrot
3. Fractales
  - 3.1. Fractales clásicos
  - 3.2. Medida y dimensión
  - 3.3. Fractales aleatorios y movimiento browniano
4. Sistemas de funciones iteradas
  - 4.1. Sistemas de funciones iteradas
  - 4.2. Algoritmos determinista y aleatorio
  - 4.3. El problema inverso
  - 4.4. Aplicación a la simulación y compresión de imágenes reales

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación progresiva. Examen teórico de los temas 1y2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30  <b>Entrega, exposición y examen de prácticas/trabajos de los temas 1 y 2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:30
9	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

10	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15	<b>Explicación y desarrollo de contenidos teóricos y prácticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas informáticas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación progresiva.Examen teórico de los temas 3 y 4</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30  <b>Evaluación progresiva. Entrega, exposición y examen de prácticas/trabajos de los temas 3 y 4</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:30
16				
17				<b>Evaluación global. Examen teórico de recuperación.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:30  <b>Evaluación global. Entrega y examen global de prácticas.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final Presencial 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.



## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Evaluación progresiva. Examen teórico de los temas 1y2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	25%	/ 10	CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 Ce 12/16 Ce 14/15 Ce 44
8	Entrega, exposición y examen de prácticas/trabajos de los temas 1 y 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	25%	/ 10	CG-1/21 CG-19 CG-13/CE55 Ce 14/15
15	Evaluación progresiva.Examen teórico de los temas 3 y 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	25%	/ 10	CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 Ce 12/16 Ce 14/15 Ce 44
15	Evaluación progresiva. Entrega, exposición y examen de prácticas/trabajos de los temas 3 y 4	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:30	25%	/ 10	CG-1/21 CG-19 CG-13/CE55 Ce 14/15

#### 6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Evaluación global. Examen teórico de recuperación.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	50%	/ 10	CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 CG-19 Ce 12/16 Ce 44
17	Evaluación global. Entrega y examen global de prácticas.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:30	50%	/ 10	CG-1/21 CG-19 CG-13/CE55 Ce 14/15

### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 6.2. Criterios de evaluación

### CONVOCATORIA ORDINARIA

Sistema general de **evaluación progresiva**: Las actividades evaluables son las especificadas en la tabla del apartado anterior (evaluación continua sumativa), cada una de ellas puntuable de 0 a 10. La nota de la asignatura se calcula según los pesos fijados en dicha tabla, y se considera aprobada la asignatura cuando se obtiene una nota mayor o igual que 5 sobre 10.

Sistema de **evaluación global**: El alumno que no haya superado alguna de las dos pruebas de evaluación progresiva, esto es, que obtenga una calificación inferior a 5 sobre 10 en esa prueba, podrá recuperar la prueba con la realización de una prueba de desarrollo y/o práctica que abarcará el temario correspondiente. En este caso la nota final se obtendrá teniendo en cuenta esta última calificación en la tabla de la evaluación sumativa, con el peso correspondiente, que se muestra en el apartado anterior.

La nota final se obtiene con los pesos anteriores y se considera aprobada la asignatura cuando se obtiene una nota mayor o igual que 5 sobre 10.

### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA DE JULIO

Consistirá de:

- La realización de una prueba de respuesta larga (desarrollo) que abarcará todo el temario de la asignatura, puntuable de 0 a 10 y con peso en la nota final del 50%.
- Entrega y examen de prácticas de laboratorio propuestas en la evaluación continua. Se puntuarán de 0 a 10, y con peso en la nota final del 50%. La nota final se obtiene con los pesos anteriores y se considera aprobada la asignatura cuando se obtiene una nota mayor o igual que 5 sobre 10.

## 7. Recursos didácticos

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Barnsley, M.F., Fractals everywhere, Academic Press, 1988.	Bibliografía	
Flake, G.W., The computational beauty of nature, MIT Press, 2000.	Bibliografía	
Giraldo, A. y Sastre, M.A., Geometría fractal: aplicaciones y algoritmos, FGUPM, 2000.	Bibliografía	
Giraldo, A. y Sastre, M.A., Sistemas dinámicos discretos y caos, FGUPM, 2002.	Bibliografía	
Guzmán, M. de; Martín, M.A.; Morán, M.; y Reyes, M., Estructuras fractales y aplicaciones, Labor, 1993.	Bibliografía	
Peitgen, H.O.; Jürgens, H. and Saupe, D., Chaos and Fractals, Springer, 1992.	Bibliografía	
<a href="http://ocw.upm.es/matematica-aplicada/introduccion-a-los-sistemas-dinamicos">http://ocw.upm.es/matematica-aplicada/introduccion-a-los-sistemas-dinamicos</a>	Recursos web	
<a href="http://web3.fi.upm.es/AulaVirtual">http://web3.fi.upm.es/AulaVirtual</a>	Recursos web	