

## GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA:

### “Introducción al Caos y a las Bifurcaciones en sistemas dinámicos no lineales”

#### 1. DATOS FORMALES DE LA ASIGNATURA

<b>Universidad:</b>	Universidad Politécnica de Madrid				
<b>Centro:</b>	Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica				
<b>Departamento:</b>	Matemática Aplicada y Estadística				
<b>Titulación:</b>		<b>Plan de estudios</b>	2002		
<b>Nombre Asignatura:</b>	Introducción al Caos y a las Bifurcaciones en sistemas dinámicos no lineales		<b>Código:</b>	9047	
<b>Descriptor (BOE):</b>					
<b>Tipo:</b>	LIBRE ELECCION		<b>Curso:</b>	SEGUNDO Y TERCERO	
<b>Créditos Totales LRU/ECTS:</b>	4.5/3.5	<b>Teóricos:</b>	3.0	<b>Prácticos:</b>	1.5
<b>Área de Conocimiento:</b>	Matemática Aplicada				
<b>Nivel del alumno:</b>	El correspondiente a haber cursado las asignaturas de Matemáticas, de una Titulación propia de Escuela Técnica de Ingeniería.				
<b>Profesores</b>	Guiomar Ruiz López				

#### 2. PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

<b>2.1 Presentación de la Asignatura:</b>
<p>La asignatura presenta los elementos de la teoría del caos en los sistemas dinámicos a través de la experimentación gráfica y numérica. Se pretende con ello introducir a los alumnos de ingeniería de segundo y tercer curso en el análisis y la caracterización de los fenómenos caóticos y de la dinámica no lineal.</p> <p>Se presentarán los conceptos básicos utilizando modelos reales, como es el caso del péndulo forzado y amortiguado en el estudio de los sistemas dinámicos continuos, o el mapa logístico en el estudio de los sistemas dinámicos discretos. De este modo se facilitará el aprendizaje del alumno, sin necesidad hacer uso de la extensa formación matemática que demandaría en cambio una aproximación al problema según un enfoque más general.</p> <p>Se presentarán también otros ejemplos y aplicaciones del caos espacio-temporal en la dinámica de fluidos, el crecimiento de cristales y otras áreas.</p>

## 2.2 Conocimientos Previos

Para matricularse en la asignatura es necesario haber superado al menos las asignaturas de Cálculo I y Álgebra en el primer curso de Ingeniería Técnica. Se requiere además al menos haber cursado la parte correspondiente al estudio de los Sistemas Dinámicos y Ecuaciones Diferenciales, correspondiente a la asignatura de Métodos Matemáticos del segundo curso de Ingeniería Técnica.

En cualquier caso y dado el enfoque experimental de la asignatura, esta podrá ser cursada con aprovechamiento haciendo uso de un bagaje matemático mínimo.

## 3. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DOCENTES

### 3.1. Objetivo General de la Asignatura:

Explorar la profunda relación entre los sistemas dinámicos, el caos y los fractales, y desvelar la estructura que existe aun cuando el orden parece estar ausente.

Comprensión de algunos fenómenos comunes en sistemas muy diferentes, e investigar los mecanismos que hacen esto posible.

### 3.2. Temario Teórico y Planificación Temporal:

#### T1: Introducción

- Espacio de Fases
- Sección de Poincaré
- Análisis espectral de las series temporales

#### T2: Visualización de la dinámica del péndulo

- Sensibilidad a las condiciones iniciales
- Diagrama de fases y espectro de potencias
- Cuencas de atracción
- Diagramas de Bifurcación

#### T3: Hacia la comprensión del caos

- El mapa logístico
  - o Desdoblamiento de periodo
  - o Ventanas periódicas
  - o Exponentes de Lyapunov
  - o Entropía
- Mapa circular
- Mapa del panadero

#### T4: Caracterización de los atractores caóticos

- Dimensión
- Exponentes de Lyapunov
- Información y exponentes de Lyapunov

#### T5: Estados caóticos

- Caracterización de los estados caóticos
- Predicción en estados caóticos
- Modificación de estados caóticos

### 3.3. Temario Práctico y Planificación Temporal:

La asignatura se desarrollará en 19 sesiones de una hora y media horas, estructuradas según el esquema:

1. Introducción: Modelos dinámicos. Origen del comportamiento caótico y visualización. Introducción al uso de *Java for Chaos*.
2. Órbitas en sistemas unidimensionales
3. Bifurcaciones en sistemas unidimensionales
4. Sistemas bidimensionales
5. Fractales y atractores extraños
6. Oscilaciones no lineales
7. Ubicuidad del caos

### Metodología docente:

La aproximación al estudio del caos y las bifurcaciones en sistemas dinámicos no lineales, combina el uso de matemáticas fundamentales y relativamente sencillas con experimentos por ordenador, haciendo uso de "*Chaos for Java*", desarrollado específicamente para este propósito por Brian Davies, University of New South Wales (Australia).

El software que se utilizará, escrito en Java, permite al estudiante realizar sus propios experimentos cuantitativos en una gran variedad de sistemas dinámicos, incluyendo el análisis de los puntos fijos de mapas compuestos, cuencas de atracción, órbitas tridimensionales, secciones de Poincaré y mapas de retorno.

### 3.5. Bibliografía Fundamental:

Exploring Chaos. Theory and experiment  
Autor: Brian Davies  
Westview Press, Advanced Book Program

### 3.6. Bibliografía Complementaria:

Chaotic Dynamics: An Introduction  
Autor Gregory L. Baker, J. P. Gollub  
Ed.: Cambridge University Press, 1996

### 3.7. Direcciones de Internet recomendadas:

<http://www.maths.anu.edu.au/~briand/chaos/>

Proyecto en desarrollo para la enseñanza y aprendizaje de los sistemas dinámicos no lineales y el caos. Desarrollado por B. Davies, Australian National University.

[http://www.phy.davidson.edu/StuHome/chgreene/chaos/Pendulum/pendulum\\_content\\_frame.htm](http://www.phy.davidson.edu/StuHome/chgreene/chaos/Pendulum/pendulum_content_frame.htm)

Applets para comprender la dinámica del péndulo amortiguado y forzado, por el Departamento de Física del Davidson College.

<http://www.ct.infn.it/cactus/> Laboratorio de sistemas complejos, Università di Catania.

<http://www-chaos.umd.edu/> Página de la Universidad de Maryland

#### 4. DESTREZAS A ADQUIRIR

##### 4.1. Competencias específicas:

- Comprensión e interpretación de los conceptos expuestos en el programa.

##### 4.2. Competencias transversales:

- Iniciación a la simulación de sistemas dinámicos.
- Manejo y aprovechamiento de simuladores y laboratorios públicos de dinámica caótica.
- Acceso a las bases de datos electrónicos para la búsqueda de artículos en revistas internacionales.

#### 5. EVALUACIÓN

##### 5.1. Criterios de evaluación (detallados para cada uno de los grupos de actividades):

- Para aprobar la asignatura es condición necesaria la asistencia al menos en un 90%, siempre que la ausencia se justifique.
- Se propondrá algún ejercicio para evaluar el seguimiento personalizado de la asignatura.

#### 6. CALENDARIO DEL CURSO

##### 6.1. Calendario Escolar:



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID  
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA AERONAUTICA  
CALENDARIO ESCOLAR 2008 – 2009

Octubre 2009							Noviembre 2009							Diciembre 2009						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6
5	6	7	8	9	10	11	9	10	11	12	13	14	15	7	8	9	10	11	12	13
12	13	14	15	16	17	18	16	17	18	19	20	21	22	14	15	16	17	18	19	20
19	20	21	22	23	24	25	23	24	25	26	27	28	29	21	22	23	24	25	26	27
26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29	28	29	30	31			
							30													

##### 6.1. Ordenación Académica:

Los créditos teóricos se desarrollarán en dos sesiones semanales de hora y media de duración cada una. El inicio de la asignatura está previsto para el día 1 de octubre, y la finalización en diciembre.

- Sala de ordenadores reservada: a concretar
- Horario: 14:30-16:00

Guiomar Ruiz López

Madrid, Septiembre 2009