



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

**105000129 - Modelizacion**

### PLAN DE ESTUDIOS

10ML - Grado En Matematicas E Informática

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	5
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	17

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	105000129 - Modelizacion
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	10ML - Grado En Matematicas E Informática
<b>Centro responsable de la titulación</b>	10 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Informaticos
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Hector Barge Yañez	1302	h.barge@upm.es	Sin horario.
Juan Angel Rojo Carulli	1302	juan.rojo.carulli@upm.es	Sin horario.
F.agueda Mata Hernandez	1312	agueda.mata@upm.es	Sin horario.
Roberto San Jose Garcia	5002	roberto.sanjose@upm.es	Sin horario.
Luis Magdalena Layos	1302	luis.magdalena@upm.es	Sin horario.

Esther Dopazo Gonzalez		esther.dopazo@upm.es	Sin horario.
Salvador Jimenez Burillo		s.jimenez@upm.es	Sin horario.
Miguel E. Reyes Castro (Coordinador/a)	1305	miguel.reyes@upm.es	Sin horario.
Juan Luis Perez Camaño	5002	juanluis.perez@upm.es	Sin horario.
Susana Muñoz Hernandez	2310	susana.munoz@upm.es	Sin horario.
Elena Esther Castiñeira Holgado	1307	elenaesther.castineira@upm. es	Sin horario.
Maria Pilar Velasco Cebrian		mp.velasco@upm.es	Sin horario.
Julio Mariño Carballo		julio.marino@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. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Ecuaciones Diferenciales
- Analisis Complejo
- Probabilidades Y Estadistica Ii
- Geometria Afin Y Proyectiva
- Matematica Discreta Ii

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

El plan de estudios Grado en Matematicas e Informática no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE03 - Ser capaz de plantear modelos matemáticos para problemas reales, utilizando para resolverlos las herramientas necesarias, interpretando la solución en los mismos términos en que estaba planteado el problema.

CE04 - Comprender y ser capaz de encontrar soluciones a problemas matemáticos en diferentes áreas, utilizando para resolverlos las herramientas analíticas, numéricas o estadísticas disponibles.

CE06 - Diseñar algoritmos y desarrollar programas para resolver problemas en matemáticas.

CE08 - Formalización y especificación de problemas reales cuya solución requiere el uso de la informática.

CE09 - Capacidad de elegir y usar los métodos analíticos y de modelización relevantes, y de describir una solución de forma abstracta.

CE13 - Poseer destrezas fundamentales de la programación que permitan la implementación de los algoritmos y las estructuras de datos en el software.

CE15 - Capacidad para integrar matemáticas e informática en el contexto de un proyecto individual o en equipo.

CE17 - Conocer la relación entre problemas reales y sus modelos matemáticos en términos de ecuaciones diferenciales y saber utilizar los conceptos y resultados clásicos de este campo. Comprender la necesidad de utilizar métodos numéricos y enfoques cualitativos para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias.

CE24 - Relacionar los contenidos matemáticos y la resolución de problemas procedentes de distintos ámbitos del conocimiento.

CE43 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CE44 - Ser capaz de aclarar la relevancia y utilidad de la teoría y las habilidades aprendidas en el contexto académico sobre los acontecimientos del mundo real.

CG01 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG02 - Capacidad para el aprendizaje autónomo y la actualización de conocimientos, y reconocimiento de su necesidad en las áreas de la matemática y la informática.

CG03 - Saber trabajar en situaciones carentes de información y bajo presión, teniendo nuevas ideas, siendo creativo.

CG04 - Capacidad de gestión de la información.

CG05 - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.

CG08 - 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.

CG10 - Capacidad para usar las tecnologías de la información y la comunicación.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA76 - Conocer las herramientas básicas para la formulación de modelos físico-matemáticos en ciencias e ingeniería.

RA19 - Modelizar matemáticamente problemas reales y conocer las técnicas para resolverlos

RA75 - Estudiar fenómenos o situaciones del mundo real en los que se apliquen las Matemáticas de manera esencial

RA35 - Utilizar diversas técnicas para la resolución de problemas con ayuda de software matemático

RA77 - Relacionar los contenidos matemáticos y la resolución de problemas procedentes de distintos ámbitos del conocimiento.

RA12 - Ajuste de modelos a un conjunto de datos.

RA9 - Saber resolver de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura de Modelización estudia fenómenos o situaciones del mundo real en los que se aplican las Matemáticas de manera esencial.

La asignatura se divide en dos partes. En las primeras semanas los alumnos reciben docencia en forma de clase, seminario o taller sobre los temas propuestos, y en el resto del semestre elaboran un proyecto, tutelado por un profesor, sobre uno de dichos temas.

Los temas son propuestos por los Departamentos con docencia en el Grado de Matemáticas e Informática. Los temas propuestos este curso son:

- Teoría de juegos y su aplicación a la programación de juegos de estrategia. Elena Castiñeira.
- La matemática de los juegos. Águeda Mata.
- Modelos computacionales de simulación de dinámica de fluidos. Roberto San José, Juan Luis Pérez Camaño.
- Constraints (Restricciones). Julio Mariño.
- Herramientas para el uso práctico y expresivo de la Lógica Difusa. Susana Muñoz.
- Cálculo fraccionario como instrumento de modelización. Salvador Jiménez y M. Pilar Velasco.
- Modelización mediante técnicas de computación evolutiva. Luis Magdalena.
- Modelos y algoritmos matemáticos de indexación. Esther Dopazo.
- Métodos topológicos aplicados a la robótica. Héctor Barge.
- Superficies minimales. Juan Ángel Rojo.

Los temas se dividirán en dos bloques de cinco temas cada uno y los alumnos en dos grupos del mismo tamaño. Los alumnos de cada grupo recibirán docencia sobre los cinco temas de su bloque, serán evaluados sobre ellos y realizarán el trabajo teórico-práctico sobre uno de esos temas.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Teoría de juegos y su aplicación a la programación de juegos de estrategia
2. Modelos computacionales de simulación de dinámica de fluidos
3. Constraints (Restricciones)
4. Herramientas para el uso práctico y expresivo de la Lógica Difusa
5. Cálculo fraccionario como instrumento de modelización
6. La matemática de los juegos
7. Modelización mediante técnicas de computación evolutiva
8. Modelos y algoritmos matemáticos de indexación
9. Métodos topológicos aplicados a la Robótica
10. Superficies minimales



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>Explicación de contenidos teóricos y resolución de ejercicios</b> Duración: 04:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Control de seguimiento de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30
2	<b>Explicación de contenidos teóricos y resolución de ejercicios</b> Duración: 04:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Control de seguimiento de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30
3	<b>Explicación de contenidos teóricos y resolución de ejercicios</b> Duración: 04:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Control de seguimiento de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30
4	<b>Explicación de contenidos teóricos y resolución de ejercicios</b> Duración: 04:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Control de seguimiento de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30
5	<b>Explicación de contenidos teóricos y resolución de ejercicios</b> Duración: 04:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Control de seguimiento de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30
6	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
7	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
8	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
9	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
10	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00

11	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
12	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
13	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
14	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00
15	<b>Dirección de trabajos</b> Duración: 03:30 OT: Otras actividades formativas			<b>Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 09:00  <b>Exposición de los trabajos realizados</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Duración: 03:00
16				
17				<b>Examen Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 02:00  <b>Exposición y entrega de trabajo sobre uno de los temas de la asignatura</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación sólo prueba final Duración: 00:15

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Control de seguimiento de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE44 CG01 CG02 CE08 CE09 CE13 CE15 CE17 CE24 CE03 CE04 CE06 CG03 CG04 CG05
2	Control de seguimiento de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE44 CG01 CG02 CE08 CE09 CE13 CE15 CE17 CE24 CE03 CE04 CE06 CG03 CG04 CG05
3	Control de seguimiento de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE44 CG01 CG02 CE08 CE09 CE13 CE15 CE17 CE24 CE03

							CE04 CE06 CG03 CG04 CG05
4	Control de seguimiento de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE44 CG01 CG02 CE08 CE09 CE13 CE15 CE17 CE24 CE03 CE04 CE06 CG03 CG04 CG05
5	Control de seguimiento de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE44 CG01 CG02 CE08 CE09 CE13 CE15 CE17 CE24 CE03 CE04 CE06 CG03 CG04 CG05
6	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
7	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
8	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10

9	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
10	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
11	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
12	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
13	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
14	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
15	Trabajo relacionado con alguno de los temas impartidos	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	09:00	%	/ 10	CE43 CG08 CG10
15	Exposición de los trabajos realizados	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	03:00	50%	/ 10	CE43 CG08 CG10

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CG01 CG02 CE08 CE09 CE13 CE15 CE17 CE44 CE24 CE03 CE04 CE06 CG03 CG04 CG05

17	Exposición y entrega de trabajo sobre uno de los temas de la asignatura	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	No Presencial	00:15	50%	5 / 10	CE43 CG08 CG10
----	---	--	---------------	-------	-----	--------	----------------------

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	5 / 10	CE44 CG01 CG02 CE08 CE09 CE13 CE15 CE17 CE24 CG03 CG04 CG05 CE06 CE03 CE04
Exposición y entrega de trabajo sobre uno de los temas de la asignatura	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:15	50%	5 / 10	CE43 CG08 CG10

## 7.2. Criterios de evaluación

### Convocatoria ordinaria

- **Sistema general de evaluación continua**

El 50% de la calificación viene dado por los controles de seguimiento, cada uno de ellos puntuado de 0 a 10. El otro 50% vendrá dado por la presentación y defensa de un trabajo teórico/práctico relacionado con alguno de los seminarios. La asignatura se considera aprobada cuando se obtiene una nota mayor o igual que 5 sobre 10.

- **Sistema de evaluación mediante *sólo prueba final***

El alumno que desee seguir el sistema de evaluación mediante *sólo prueba final*, deberá comunicarlo por escrito al coordinador de la asignatura antes del 28 de febrero de 2018.

Este sistema de evaluación mediante sólo prueba final, consistirá en la realización de una prueba de respuesta larga (desarrollo) que abarcará el temario de todos los seminarios que forman la asignatura, puntuable de 0 a 5, y la presentación y defensa de un trabajo teórico/práctico relacionado con alguno de los seminarios (designado por el coordinador), también puntuable de 0 a 5.

Se considera aprobada la asignatura cuando al sumar las notas obtenidas con el examen y el trabajo se obtiene una nota mayor o igual que 5 sobre 10.

### Convocatoria extraordinaria de julio

Consistirá en la realización de una prueba de respuesta larga (desarrollo) que abarcará todo el temario de todos los seminarios que forman la asignatura, puntuable de 0 a 5, y la presentación y defensa de un trabajo teórico/práctico relacionado con alguno de los seminarios (designado por el coordinador), también puntuable de 0 a 5.

Se considera aprobada la asignatura cuando se obtiene una nota mayor o igual que 5 sobre 10.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
E. van Groesen & J. Molenaar, Continuum modelling in the Physical Sciences, SIAM, 2007	Bibliografía	Fundamentos y herramientas de modelización matemática en ciencias e ingeniería
A. Fowler, Mathematical models in the Applied Sciences, Cambridge University Press, 1997	Bibliografía	Fundamentos y herramientas de modelización matemática en ciencias e ingeniería
M.Z. Jacobson, Fundamentals of Atmospheric Modeling, Cambridge University Press, 1999	Bibliografía	Modelos computacionales de simulación de dinámica de fluidos
R. B. Stull, An introduction to boundary layer Meteorology, Kluwer Academic Publishers, 1988	Bibliografía	Modelos computacionales de simulación de dinámica de fluidos
R. San José & C.A. Brebbia, Measurements and Modelling in Environmental Pollution, Computational Mechanics Publications, 1997	Bibliografía	Modelos computacionales de simulación de dinámica de fluidos
A.Giraldo y M.A.Sastre, Geometría Fractal. Aplicaciones y Algoritmos, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid, 2000	Bibliografía	Sobre algunas de las aplicaciones de la Geometría Fractal a las Ciencias
Peitgen, H.O.; Jürgens, H. and Saupe, D., Chaos and Fractals. New Frontiers of Science, Springer-Verlag, New York, 1992.	Bibliografía	Sobre algunas de las aplicaciones de la Geometría Fractal a las Ciencias
M. de Guzmán, M.A. Martín, M. Morán y M. Reyes, Estructuras fractales y aplicaciones, Labor, Barcelona, 1993.	Bibliografía	Sobre algunas de las aplicaciones de la Geometría Fractal a las Ciencias.



M.F. Barnsley, Fractals everywhere, Academic Press, San Diego, 1988.	Bibliografía	Sobre algunas de las aplicaciones de la Geometría Fractal a las Ciencias
L. Sterling and E.Y. Shapiro, The Art of PROLOG: Advanced Programming Techniques (Logic Programming)", 1986.	Bibliografía	Herramientas para el uso práctico y expresivo de la Lógica Difusa
S. Guadarrama, S. Muñoz-Hernández y C. Vaucheret. "Fuzzy prolog: a new approach using soft constraints propagation". Fuzzy Sets and Systems (FSS), 144(1):127 - 150, 2004. Possibilistic Logic and Related Issues.	Bibliografía	Herramientas para el uso práctico y expresivo de la Lógica Difusa
Morris, P., Introduction to Game Theory. Springer, 1994	Bibliografía	Teoría de juegos y su aplicación a la programación de juegos de estrategia.
Shikin, I. V., Introducción a la Teoría de Juegos. URSS, 2003.	Bibliografía	Teoría de juegos y su aplicación a la programación de juegos de estrategia.
<a href="http://www.amazon.com/Programming-Constraints-Introduction-Kimball-Marriott/dp/0262133415">http://www.amazon.com/Programming-Constraints-Introduction-Kimball-Marriott/dp/0262133415</a>	Recursos web	Constraints (Restricciones)
<a href="http://www.minizinc.org/challenge2013/challenge.html">http://www.minizinc.org/challenge2013/challenge.html</a>	Recursos web	Constraints (Restricciones)
K.B. Oldham, J. Spanier. The Fractional Calculus: Theory and Application of Differentiation and Integration to Arbitrary Order. Academic Press, 1974.	Bibliografía	Cálculo fraccionario como instrumento de modelización
I. Podlubny. Fractional Differential Equations. Academic Press, 1999.	Bibliografía	Cálculo fraccionario como instrumento de modelización
A.A. Kilbas, H.M. Srivastava, J.J. Trujillo. Theory and Applications of Fractional Differential Equations. Elsevier, 2006.	Bibliografía	Cálculo fraccionario como instrumento de modelización.

K. Diethelm, The analysis of fractional differential equations, Springer-Verlag, 2010.	Bibliografía	Cálculo fraccionario como instrumento de modelización
W.W. Rouse and H.S.M. Coxeter, Mathematical recreations and essays, Dover	Bibliografía	La matemática de los juegos
C. Averbach, Problem solving through recreational mathematics, Dover	Bibliografía	La matemática de los juegos
J.J. Clessa, Math and logic puzzles for PC enthusiasts, Dover	Bibliografía	La matemática de los juegos
Z. Michalewicz, Genetic Algorithms + Data Structures - Evolution Programs, Springer, 1996.	Bibliografía	Modelización mediante técnicas de computación evolutiva
Kacprzyk, Janusz, Pedrycz and Witold (Eds.), Springer Handbook of Computational Intelligence, Part. E: Evolutionary Computation, Springer, 2015.	Bibliografía	Modelización mediante técnicas de computación evolutiva
A.N. Langville, C.D. Meyer, Google's PageRank and beyond, The search engine rankings, Princeton University Press, 2006.	Bibliografía	Modelos y algoritmos matemáticos de indexación
E. Anderson, P.A. Ekstrom, Investigating Google's PageRank algorithm, Uppsala University.	Bibliografía	Modelos y algoritmos matemáticos de indexación
C.W. Ueberhuber, Numerical Computation: Methods, Software and Analysis, Springer, 1995.	Bibliografía	Modelos y algoritmos matemáticos de indexación
A. Abrams, R. Ghrist, Finding topology in a factory: configuration spaces, Amer. Math. Monthly 109 (2002), nº2, pp.140-150.	Bibliografía	Métodos topológicos aplicados a la Robótica

M. Farber, Invitation to topological robotics, Zurich Lectures in Adv. Math., EMS, 2008.	Bibliografía	Métodos topológicos aplicados a la Robótica
R. Ghrist, Elementary applied topology, 2014 ( <a href="https://www.math.upenn.edu/ghrist/notes.html">url:https://www.math.upenn.edu/ghrist/notes.html</a> ).	Bibliografía	Métodos topológicos aplicados a la Robótica
A. Murillo, Robótica topológica, Gac. R. Soc. Mat. Esp. 12 (2009), nº1, pp.109-127.	Bibliografía	Métodos topológicos aplicados a la Robótica
M.P. Do Carmo, Differential Geometry of Curves and Surfaces, Dover, 1976.	Bibliografía	Superficies minimales
U. Pinkall, K. Polthier, Computing discrete minimal surfaces and their conjugates, 1991.	Bibliografía	Superficies minimales

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura