



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

**105000088 - Computabilidad: Fundamentos Y Aplicaciones**

### PLAN DE ESTUDIOS

10II - Grado En Ingenieria Informatica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	105000088 - Computabilidad: Fundamentos y Aplicaciones
<b>No de créditos</b>	3 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>	2024-25

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Josefa Zuleide Hernandez Diego	2205	josefaz.hernandez@upm.es	Sin horario.
Damiano Zanardini (Coordinador/a)	2205	damiano.zanardini@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

- Programación II
- Programación Declarativa: Lógica Y Restricciones
- Programación I
- Lógica
- Matemática Discreta I
- Álgebra Lineal
- Lenguajes Formales, Automatas Y Computabilidad

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

- Paradigmas de programación: imperativo, funcional

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

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

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 13/18 - Comprender lo que pueden y no pueden conseguir las tecnologías actuales, y las limitaciones de la informática, que implica distinguir entre lo que, inherentemente, la informática no es capaz de hacer y lo que puede lograrse a través de la ciencia y la tecnología futuras.

Ce 17 - Conocer los temas informáticos avanzados de modo que permita a los alumnos vislumbrar y entender las fronteras de la disciplina, por medio de la inclusión de experiencias de aprendizaje que dirigen a los alumnos

desde los temas elementales a los temas avanzados o los temas de los que se nutren los novísimos desarrollos.

Ce 19/20 - Conocimiento de los tipos apropiados de soluciones, y comprensión de la complejidad de los problemas informáticos y la viabilidad de su solución.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA520 - Conocer los principios fundamentales de la verificación de programas en relación con la Teoría de la Computabilidad

RA388 - Comparar algunos aspectos relevantes de la computación automática con las características más algorítmicas del pensamiento humano

RA387 - Conocer cómo los límites de la computación afectan a la práctica de la Informática

RA385 - Aprender los orígenes de la historia de la Informática

RA279 - Explicar cuales son los límites y fronteras de los fundamentos científicos de la informática, y la base de las nuevas tendencias y desarrollos y de los temas avanzados y su posible aplicación. Tanto para el Prácticum como para la Movilidad Internacional:

RA384 - Estudiar potencialidad y límites teóricos de la computación

RA386 - Conocer y aplicar diversos formalismos para la computación y sus relaciones

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Supongamos que Alice y Bob estén implementando un sistema informático. Alice se encuentra con un fragmento de código P que quiere reutilizar, pero no está segura de lo que el código hace. Por esto pide a Bob que le diga lo que P calcula (Nota: este programa está escrito en el lenguaje usado por el analizador Interproc; se trata de un lenguaje muy sencillo que cualquier informático con conocimientos de algún lenguaje imperativo puede entender fácilmente):

RUTINA:

```
proc p(a:int) returns (b:int)  
begin  
  ____ b = a*2;  
end
```

PROGRAMA PRINCIPAL:

```
var x:int, y:int;  
begin  
  ____ x = 20;  
  ____ y = p(x);  
end
```

Es muy fácil entender el resultado del cálculo de P, así que Bob puede contestar a la pregunta en pocos segundos y sin ningún impedimento.

Ahora supongamos que Alice encuentra otro fragmento de código, Q, y, otra vez, quiere usarlo en su sistema. Para ello, pide a Bob que eche un vistazo a Q y le diga lo que calcula (Nota: para los que tengan dudas, "/" es la división entera y "%" es el resto):

RUTINA:

```
proc p(a:int) returns (b:int)  
var c1:int, c2:int, c3:int;  
begin  
  ____ c1 = a / 3;  
  ____ c2 = a % 3 - 1;  
  ____ b = c2;  
  ____ c3 = c1;  
  ____ while (c3>0) do  
    ____ b = b + c3 % 3 + 2;
```

```
_____ c3 = c3 - 1;  
_____ done;  
_____ if (c2 > 1) then b = b + 2;  
_____ else b = b + c2 + 1;  
_____ endif;  
_____ b = b + c1 * 3;  
_____ if (c1 % 3 == 2) then b = b + c3;  
_____ else b = b + 1;  
_____ endif;  
end
```

PROGRAMA PRINCIPAL:

```
var x:int, y:int;  
begin  
_____ x = 20;  
_____ y = p(x);  
end
```

Es evidente que entender lo que hace Q es mucho más difícil, así que Bob tarda un buen rato para contestar. Sin embargo, el resultado final es que... ¡P y Q calculan exactamente lo mismo!

En general, Bob podrá con cualquier fragmento de código, y encontrará una respuesta para todas las preguntas que Alice le pueda poner. Lo malo es que podría tardar muchísimo (no sería muy difícil producir programas mucho más largos y complejos que sigan calculando la misma función). Por esto los informáticos intentan desarrollar unos programas, que llamaremos analizadores, que realicen el trabajo de Bob tardando mucho menos y con un mayor nivel de fiabilidad.

Lo que pasa es que ni siquiera el analizador más potente podrá contestar a todas las preguntas de Alice: siempre habrá un programa para el que no sabrá dar una respuesta (en este caso, que el valor final de "y" es 40).

En este curso vamos a entender por qué pasa esto.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Formalismos de computación

- 1.1. Máquinas de Turing.
- 1.2. (optativo) Funciones Primitivas Recursivas y mu-Recursivas.
- 1.3. Lenguajes for y while.

### 2. Tesis de Church y problemas indecidibles

- 2.1. Equivalencia entre formalismos; Turing-equivalencia.
- 2.2. Tesis de Church.
- 2.3. Cardinalidad de conjuntos, aplicada a conjuntos infinitos; consecuencias para la existencia de problemas no calculables
- 2.4. Problema de la parada; problemas indecidibles; lenguajes recursivos y recursivamente enumerables.
- 2.5. Teorema del Parámetro; comparación entre problemas; reducción; Teorema de Rice

### 3. Consecuencias teóricas y prácticas

- 3.1. Ideas y ejemplos de Análisis de Programas en lenguajes de programación imperativos
- 3.2. La teoría de la Computabilidad en las tareas de Análisis de Programas. Implicaciones del Teorema de Rice. Falsos positivos y falsos negativos
- 3.3. Ideas fundamentales de Ofuscación de Código
- 3.4. (optativo) Aspectos filosóficos de la Teoría de la Computabilidad. Teoremas de Gödel. Planteamiento de Lucas y Penrose con respecto al problema mente-máquina.



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 1.1</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 1.1</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
2	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 1.1</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 1.1</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 1.2</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 1.2</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
4	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 1.2</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 1.2</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
5	<p><b>Explicación de contenidos de las unidades 1.3 y 2.1</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre las unidades 1.3 y 2.1</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

6	<p><b>Explicación de contenidos de las unidades 2.1 y 2.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre las unidades 2.1 y 2.2</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
7	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 2.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 2.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
8	<p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 2.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Primera Prueba Parcial</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</p>			<p><b>Primera prueba parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>
9	<p><b>Explicación de contenidos de las unidades 2.3 (1h) y 2.4 (1h)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 2.4</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 2.4 y anteriores</b> Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 2.4 y anteriores</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Explicación de contenidos de la unidad 2.4</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 3.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 3.1</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

13	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 3.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre la unidad 3.1</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p><b>Explicación de contenidos de la unidad 3.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios sobre las unidades 3.2 y 3.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p><b>Explicación de contenidos de las unidades 3.3 y 3.4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Segunda Prueba Parcial</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</p>			<p><b>Segunda prueba parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Prácticas semanales a realizar individualmente o breves presentaciones realizadas por los alumnos a lo largo de todo el semestre.</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:30</p>
16				<p><b>Prueba global</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:00</p>
17				

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.

## 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
8	Primera prueba parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	50%	0 / 10	CG-1/21 CG-6 Ce 13/18 Ce 17 Ce 19/20
15	Segunda prueba parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	50%	0 / 10	CG-1/21 CG-6 Ce 13/18 Ce 17 Ce 19/20
15	Prácticas semanales a realizar individualmente o breves presentaciones realizadas por los alumnos a lo largo de todo el semestre.	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:30	30%	0 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 Ce 13/18 Ce 17 Ce 19/20

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Prueba global	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	Ce 19/20 CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 Ce 13/18 Ce 17

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Prueba global	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 Ce 13/18 Ce 17 Ce 19/20

## 7.2. Criterios de evaluación

### Modalidad de Evaluación Progresiva

En caso de haber elegido la modalidad de Evaluación Continua, la calificación final se calcula a partir de las notas obtenidas en cada una de las actividades de evaluación especificadas como Evaluación Sumativa en la tabla de la siguiente forma:

$$\text{Nota\_final} = \text{MIN} (10, \text{Primer\_Parcial} * \text{Peso1} + \text{Segundo\_Parcial} * \text{Peso2} + \text{Practicas} )$$

donde Peso1 y Peso2 son los **pesos** (en porcentaje) de cada una de las pruebas parciales, y MIN selecciona el valor mínimo entre sus argumentos.

NOTA: A pesar de que los pesos indicados en la tabla son 50% y 50%, respectivamente, a lo largo del curso se podrá **modificar** dicho pesos si fuera necesario por la colocación de las pruebas en el calendario (debido a las vacaciones durante el segundo semestre, es frecuente que el primer parcial se haga bastante tarde, por lo que su peso se debería ajustar para que sea mayor que el segundo parcial). En todo caso, los pesos de las dos pruebas deberán ser comunicados a los alumnos al menos una semana antes de la primera prueba.

La asignatura se supera sólo si el resultado de este cálculo es mayor o igual a 5 sobre 10.

La tercera actividad de evaluación ("**Prácticas** semanales...") está asociada a la semana 15, pero en realidad se desarrolla a lo largo de todo el curso; se trata de prácticas en forma de ejercicios a desarrollar semanalmente. La corrección de la prácticas será, total o parcialmente, por parte de los compañeros (**evaluación por pares**). Esta actividad de evaluación puede consistir también en la presentación en clase por parte del alumno de contenidos relevantes para la asignatura. La nota máxima que se puede obtener en esta actividad de evaluación es 3 puntos. Estas pruebas son **no recuperables**, dado que (1) se conciben como parte del aprendizaje y las soluciones se

publican después de la entrega y se discuten en clase; y (2) las entregas son corregidas por los compañeros (evaluación por pares), por lo que no se pueden realizar una vez terminado el semestre; en cualquier caso, tal y como se comenta en el siguiente párrafo, no realizar las prácticas **NO** impide que se pueda obtener el **máximo de la nota** como calificación final.

NOTA: La suma de los pesos de las actividades es **130%**, y efectivamente la fórmula detallada anteriormente permite una calificación máxima de **13 sobre 10** (antes de aplicar el operador MIN en la fórmula), pero no se trata de un error: estos números están pensados para **fomentar que el alumno realice las prácticas semanales** o haga presentaciones en clase y, con esto pueda compensar unos resultados poco satisfactorios en las pruebas parciales; **en ningún caso la calificación final será más de 10**. Es importante destacar que no hay **ningún compromiso** por parte de los profesores de la asignatura a otorgar la totalidad del 30% correspondiente a "Prácticas semanales a realizar individualmente o breves presentaciones realizadas por los alumnos a lo largo de todo el semestre"; los profesores podrán decidir qué parte de esta cantidad usar para evaluar las actividades mencionadas (es decir, podría corresponder a un 30%, pero también a un 10% si el trabajo requerido por las actividades no fuera suficiente).

Los alumnos que no alcancen la nota global de **5 sobre 10** podrán presentarse a la Convocatoria Extraordinaria para ser evaluados nuevamente sobre el contenido de toda la asignatura.

### Modalidad de Evaluación con Prueba Global

El alumno que lo elija podrá realizar un **examen global** en la Convocatoria Ordinaria de **junio**, en el día fijado por Jefatura de Estudios, sobre el contenido de **toda la asignatura**. Dicho examen contendrá ejercicios de respuesta larga (desarrollo) y respuesta breve, y tendrá una duración aproximada de **2 horas**. El alumno que obtenga en la calificación de dicho examen una nota **superior o igual a 5 sobre 10** habrá superado la asignatura con la nota obtenida. En caso contrario, su calificación será de suspenso y podrá presentarse a la Convocatoria Extraordinaria para ser evaluado nuevamente sobre el contenido de toda la asignatura.

### Convocatoria Extraordinaria

La calificación del alumno en la Convocatoria Extraordinaria de julio será la obtenida en el **examen** que se realizará en el día fijado por Jefatura de Estudios sobre el contenido de **toda la asignatura**. Dicho examen contendrá ejercicios de respuesta larga (desarrollo) y respuesta breve, y tendrá una duración aproximada de 2 horas. El alumno que obtenga en dicha calificación una nota **superior o igual a 5 sobre 10** habrá superado la asignatura con la nota obtenida. En caso contrario, su calificación será de suspenso.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Material didáctico de la asignatura, disponible en Moodle.	Bibliografía	 
H. Lewis, C. H. Papadimitriou. Elements of the Theory of Computation. Prentice Hall, 1997.	Bibliografía	
N.J. Cutland. Computability. Cambridge University Press, 1980.	Bibliografía	
S. B. Cooper. Computability Theory. Chapman & Hall/CRC, 2004.	Bibliografía	
H, Rogers, Theory of Recursive Functions and Effective Computability. McGraw-Hill, 1967.	Bibliografía	
G. S. Boolos, R. C. Jeffrey. Computability and Logic, 3rd ed. Cambridge University Press, 1994.	Bibliografía	
H. Simon. Explaining the Ineffable. Proc., 14th IJCAI, 1995.	Bibliografía	
The Interproc Analyzer	Recursos web	<a href="http://pop-art.inrialpes.fr/interproc/interprocweb.cgi">http://pop-art.inrialpes.fr/interproc/interprocweb.cgi</a>
D. Zanardini. Teoría de la Computabilidad - de los resultados clásicos al día a día de la Informática. Administracióndigital S.L.	Bibliografía	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura