



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Procesado digital de señales

Asignatura	Procesado digital de señales			
Código	V05G306V01205			
Titulación	Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	6	OB	2	1c
Lengua Impartición	Inglés			
Departamento	Teoría de la señal y comunicaciones			
Coordinador/a	Alonso Alonso, Ignacio			
Profesorado	Alonso Alonso, Ignacio			
Correo-e	ignacio.alonso@uvigo.es			
Web	<a href="http://moovi.uvigo.gal">http://moovi.uvigo.gal</a>			
Descripción general	<p>El procesado digital de señal está presente hoy en día en la mayoría de los dispositivos de uso cotidiano para las comunicaciones y ocio. El objetivo de la asignatura es proporcionar al alumno las bases matemáticas para el análisis de señales y sistemas generales. En materias de cursos posteriores, estos conocimientos se aplicarán a señales y sistemas para usos concretos, como son el audio, imagen, vídeo y señal de voz, señales de control, comunicaciones digitales, etc. Los objetivos de la asignatura son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> El manejo matemático y visual de señales y sistemas; conocimiento y aplicación de sus propiedades.</li> <li><input type="checkbox"/> Conocer los distintos dominios para el análisis de señales y sistemas: dominio temporal, frecuencial y dominio Z. Saber trasladar un problema planteado en un dominio al dominio en el que resulte más fácil de resolver.</li> <li><input type="checkbox"/> Dominar el concepto de respuesta en frecuencia de un filtro y saber interpretar la función del sistema. Comprender la relación entre los polos y ceros de la función del sistema y su respuesta en frecuencia.</li> <li><input type="checkbox"/> Manejar un paquete informático específico para el procesado digital de señales.</li> <li><input type="checkbox"/> Aplicar los anteriores conocimientos a ejemplos prácticos y muy sencillos de laboratorio que incluyan muestreo y filtrado digital.</li> </ul> <p>Materia del programa English Friendly: Los/as estudiantes internacionales podrán solicitar al profesorado: a) materiales y referencias bibliográficas para el seguimiento de la materia en inglés, b) atender las tutorías en inglés, c) pruebas y evaluaciones en inglés.</p>			

## Resultados de Formación y Aprendizaje

Código	
B3	CG3 Conocimiento de materias básicas y tecnologías que capaciten al alumnado para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías, así como que le dote de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
B4	CG4 Capacidad para resolver problemas con iniciativa, para la toma de decisiones, la creatividad, y para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico de Telecomunicación.
C48	(CE48/T16) Conocimiento de las técnicas adecuadas para el desarrollo y la explotación de subsistemas de procesado de señal.
C49	(CE49/T17) Capacidad de analizar esquemas de procesado digital de señales.
D2	CT2 Concebir la Ingeniería en un marco de desarrollo sostenible.
D3	CT3 Tomar conciencia de la necesidad de una formación y mejora continua de calidad, mostrando una actitud flexible, abierta y ética ante opiniones o situaciones diversas, en particular en materia de no discriminación por sexo, raza o religión, respeto a los derechos fundamentales, accesibilidad, etc.

## Resultados previstos en la materia

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje		
Utilizar aplicaciones informáticas de procesado digital de señales	B3	C48	D3

Adaptar los conocimientos matemáticos al filtrado lineal de señales	B4	C49	D2
Interpretar las operaciones de filtrado en el dominio de la frecuencia	B4	C49	D2
Adquirir herramientas matemáticas que permitan la comprensión de los efectos prácticos del muestreo y enventanado de señales analógicas	B3	C48	D3
Analizar sistemas que incorporen elementos de procesado de señal	B4	C49	D2

## Contenidos

Tema	
Tema 1. Introducción	Introducción a los conceptos de señal y sistema y a su representación matemática
Tema 2. Sinusoides	Señales sinusoidales: Frecuencia, amplitud y fase. Exponenciales complejas y fasores. Teorema de adición de fasores.
Tema 3. Representación del espectro	Espectro de una suma de sinusoides. Expresión matemática y representación gráfica. Desarrollo en serie de Fourier de señales periódicas
Tema 4. Muestreo y aliasing	Concepto de muestreo y frecuencia digital. Aliasing. Teorema de Nyquist.
Tema 5. Filtros FIR	Introducción a los sistemas discretos. Ecuación en diferencias. Linealidad e invarianza en el tiempo. Diagramas de bloques. Convolución. Sistemas en cascada.
Tema 6. Respuesta en frecuencia de los filtros FIR	Respuesta de un filtro FIR a una senoide. Respuesta en frecuencia. Propiedades. Representación gráfica.
Tema 7. Transformada Z	Definición y propiedades. Filtros de fase lineal.
Tema 8. Filtros IIR	Ecuación en diferencias, respuesta al impulso y función del sistema. Diagrama de polos y ceros y relación con la respuesta en frecuencia.
Tema 9. Señales y sistemas continuos	Introducción a los sistemas continuos. Impulso unidad. Escalón unidad. Desplazamiento. Linealidad e invarianza en el tiempo. Convolución
Tema 10. Transformada de Fourier en tiempo continuo	Definición. Pares transformados. Propiedades.
Tema 11. Análisis del muestreo y la reconstrucción en el dominio de la frecuencia	Demostración del teorema de Nyquist empleando análisis de Fourier
Práctica 1. Conversión A/D y D/A	Digitalización de señales continuas. Aliasing.
Práctica 2. Filtros digitales	Filtrado digital en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

## Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Actividades introductorias	1	0	1
Lección magistral	32	37	69
Prácticas de laboratorio	10	20	30
Resolución de problemas	14	28	42
Foros de discusión	0	2	2
Examen de preguntas objetivas	1.5	0	1.5
Resolución de problemas y/o ejercicios	4.5	0	4.5

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

## Metodologías

	Descripción
Actividades introductorias	Presentación de la asignatura: programa, bibliografía, metodología docente y sistema de evaluación.
Lección magistral	Exposición por parte del profesor de los conceptos principales de cada tema. Durante los 5 minutos previos a la sesión magistral, un alumno hará un resumen de los conceptos principales expuestos en la anterior sesión. Los alumnos participarán contestando a preguntas que el profesor realizará durante la explicación y realizando ejercicios. Trabajo personal posterior del alumno repasando los conceptos vistos en el aula y ampliando los contenidos tomando como referencia la guía de cada tema. Identificación de dudas que requieran ser resueltas en tutorías personalizadas.  Con esta metodología se trabajan las competencias C48, B3, y D3 .
Prácticas de laboratorio	Aplicación de las funciones y comandos de Matlab relacionados con el procesado digital de señales a la resolución de ejercicios prácticos. Identificación de dudas que requieran ser resueltas en tutorías personalizadas. Software utilizado: MatLab  Con esta metodología se trabajan las competencias C49, B4 y D2

Resolución de problemas Se formulan problemas y/o ejercicios relacionados con los contenidos expuestos en las sesiones magistrales y con los referenciados en la guía de cada tema. Los alumnos resuelven los problemas y/o ejercicios previamente a la clase de resolución, en la cual, uno o varios alumnos explicarán el proceso de resolución en la pizarra. Identificación de dudas que requieran ser resueltas en tutorías personalizadas.

Con esta metodología se trabajan las competencias C49, B4 y D2.

Foros de discusión La web de la asignatura está accesible a través de la plataforma de teledocencia MooVi (<https://moovi.uvigo.gal/>). La suscripción a esta plataforma, incluyendo una fotografía es de carácter obligatorio. En la web, está disponible toda la información relacionada con la asignatura; se publican las notas de la evaluación continua y se crean foros para que los alumnos intercambien ideas y comenten dudas sobre la asignatura.

Con esta metodología se trabajan las competencias C48, C49, B3, B4, D2 y D3.

### Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Lección magistral	Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el horario que los profesores establecerán a tal efecto a principio de curso y que se publicará en la página web de la asignatura en MooVi ( <a href="https://moovi.uvigo.gal/">https://moovi.uvigo.gal</a> ) en el apartado "Profesorado y tutorías". En dichas tutorías, se resolverán las dudas surgidas a los estudiantes sobre: * Los contenidos impartidos en las sesiones magistrales y se les orientará cómo abordar su estudio. * El desarrollo de las prácticas de laboratorio y el software empleado. * Los problemas y/o ejercicios propuestos y resueltos en el aula así como de otros problemas y/o ejercicios que puedan aparecer a lo largo del estudio de la asignatura. También existirá la posibilidad de concertar tutorías online con cita previa.
Prácticas de laboratorio	Equivalente a la del apartado anterior.
Resolución de problemas	Equivalente a la del apartado anterior.

### Evaluación

	Descripción	Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje		
Examen de preguntas objetivas	Se emplean para evaluar la parte de Prácticas. Superarlas constituye un requisito para aprobar la asignatura. Ver detalles en el apartado de otros comentarios.	0	B3	C48 C49	D3
Resolución de problemas y/o ejercicios	Se emplean para evaluar la parte de Problemas. Superarlas constituye un requisito para aprobar la asignatura. Ver detalles en el apartado de otros comentarios.	100	B3 B4	C48 C49	D2 D3

### Otros comentarios sobre la Evaluación

#### PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN:

##### A. Visión general

Las competencias adquiridas se evalúan mediante una serie de pruebas agrupadas en dos partes y con distintos requisitos de superación:

1. Pruebas de **Prácticas**: exámenes tipo test.
2. Pruebas de **Resolución de problemas**: exámenes de problemas.

#### Para superar la asignatura es necesario superar las dos partes.

- Para cada parte se realizan varias pruebas para obtener una calificación independiente en cada una de ellas.
- Hay pruebas de ambas partes tanto durante el período de clases como en los periodos de evaluación final.
- Una vez que se supera una parte, la nota obtenida se mantiene durante todo el curso académico.
- La nota de Prácticas es de 0 a 10. En caso de ser mayor o igual que 5 se considera que el alumno ha superado las prácticas. Además, si se realizan los exámenes de prácticas durante el período de clases y la nota obtenida en ese período es mayor o igual que 7, la nota de prácticas incrementará la calificación de la asignatura (ver detalles a continuación).
- La nota de Resolución de problemas es de 0 a 10.

- La **Calificación final** de la asignatura se obtiene del siguiente modo (tanto para evaluación continua como global):
  - Si se han superado las dos partes y la nota de Prácticas obtenida por evaluación continua (mediante la realización de las prácticas en el período de clases) no supera el 7:
    - Calificación final= Nota de Resolución de problemas
  - Si se han superado las dos partes y la nota de Prácticas obtenida durante el período de evaluación continua es mayor que 7:
    - Calificación final= mínimo [10, Nota de Resolución de problemas + [ (Nota de Prácticas Obtenida por Evaluación Continua - 7)/3 ] ]
  - Si no se ha superado alguna de las dos partes:
    - Calificación final= mínimo [Nota de Resolución de problemas, Nota de Prácticas]
  - Como el alumno tiene varias oportunidades a lo largo del curso para presentarse tanto a la Resolución de problemas como las Prácticas, es posible que tenga varias notas en cada parte. A la hora de obtener la Calificación final siempre se emplea, en cada parte, la mayor de las notas que tenga en dicha parte.

También es importante resaltar lo siguiente:

- En esta asignatura, el sistema de evaluación continua permite que un alumno pueda obtener una calificación final de 10 sin necesidad de presentarse al examen final.
- **Se considera que el alumno se presenta a evaluación continua en el momento en el que realiza alguna de las pruebas de la parte de Resolución de problemas.** En ese caso el alumno obtendrá siempre alguna calificación en el acta distinta de No presentado

En los siguientes apartados se explica en detalle cómo se califica cada una de las partes.

## B. Detalles de cada parte evaluable

### B1. Pruebas de Prácticas

- Objetivo: Conocer si el alumno ha adquirido el conjunto de conocimientos y/o destrezas correspondientes a las prácticas de laboratorio, haciendo hincapié en el empleo de MatLab para el procesado digital de señales.
- Materia que es objeto de examen: El contenido de los boletines de prácticas de laboratorio y aquellos contenidos de teoría que se especifiquen en los mismos.
- Tipo de examen: Preguntas tipo test. Para su resolución se podrá emplear MatLab.
- Calificación: Nota de 0 a 10. Si se obtiene al menos un 5, se supera esta parte de la asignatura. Si se obtiene más de un 7 durante las prácticas (no en los exámenes finales de prácticas), la nota de Prácticas ayuda a subir la nota final.
- Método de evaluación de las prácticas:
  - **Oportunidad ordinaria:** Para superar la parte de Prácticas en la Oportunidad Ordinaria hay dos mecanismos no excluyentes:
    1. Dos pruebas durante el período de clases (evaluación continua):
      - Se hace una prueba tipo test al final de cada práctica en el aula de grupo pequeño. Se evalúa la práctica que se finaliza en dicha sesión y todas las anteriores.
      - En cada prueba se obtiene una nota entre 0 y 10 y es obligatorio presentarse a las dos pruebas. La nota de prácticas se obtiene haciendo un promedio ponderado de las notas de las dos prácticas, siendo los pesos del 40% y el 60% para las prácticas 1 y 2 respectivamente. Si dicho promedio ponderado es mayor o igual que 5, se considera que el alumno ha superado las prácticas.
      - Las fechas exactas de las pruebas se aprobarán en una Comisión Académica de Grado (CAG) y estarán disponibles al principio del cuatrimestre. Podrán consultarse en la web de la asignatura.
    2. Un examen final (Evaluación Global). Es un examen tipo test donde se evalúan todas las prácticas. Se supera con al menos un 5 sobre 10.
  - **Oportunidad Extraordinaria o Convocatoria Fin de Carrera:** Un examen final (Evaluación Global). Es un examen tipo test donde se evalúan todas las prácticas. Se supera con al menos un 5 sobre 10.

- Consideraciones particulares:
  - Una vez que se han superado las prácticas, la nota se guarda para todo el curso académico.

## B2. Pruebas de Resolución de problemas

- Objetivo: Comprobar que el alumno ha adquirido el conjunto de conocimientos y/o destrezas de la asignatura y sabe aplicarlos a la resolución de problemas.
- Materia que es objeto de examen: Se especifica en las guías de cada tema, disponibles en la web de la asignatura, en el apartado de "Contenidos que son materia de examen". Se excluyen de estas pruebas los conocimientos de MatLab.
- Tipo de examen: Examen de problemas. No se pueden emplear libros, ni apuntes. En cada examen se especificará si se puede usar o no calculadora.
- Calificación: Nota de 0 a 10. Esta parte se supera con al menos un 5.
- Método de evaluación de la parte de Problemas:
  - **Oportunidad Ordinaria:** Para superar la parte de Problemas en la Oportunidad Ordinaria hay dos mecanismos no excluyentes:
    1. Tres pruebas durante el período de clases, en el aula de grupo grande (evaluación continua). Cada uno se califica de 0 a 10 y es obligatorio presentarse a las tres pruebas.
      - La nota de Resolución de problemas se obtiene como  $p1*NotaPrueba1+p2*NotaPrueba2+p3*NotaPrueba3$
      - El peso p1 será 0.25 si la nota de la primera prueba es mayor o igual que 3 sobre 10. En otro caso p1 será 0.
      - El peso p2 será 0.35 si la nota de la segunda prueba es mayor o igual que 3 sobre 10. En otro caso p2 será 0.
      - El peso p3 será 0.40 si la nota de la tercera prueba es mayor o igual que 3 sobre 10. En otro caso p3 será 0
      - Prueba 1: Temas 1 a 4. Prueba 2: Temas 1 a 7. Prueba 3: Temas 1 a 11.
      - Las fechas exactas de las pruebas se aprobarán en una Comisión Académica de Grado (CAG) y estarán disponibles al principio del cuatrimestre. Podrán consultarse en la web de la asignatura.
    2. Un examen final (Evaluación Global). Se supera con al menos un 5 sobre 10.
  - **Oportunidad Extraordinaria o Convocatoria Fin de Carrera:** Un examen final (Evaluación Global). Se supera con al menos un 5 sobre 10.

- Consideraciones particulares:
  - Una vez que se obtiene una nota de al menos un 5, se guarda para todo el curso académico.
  - En la Oportunidad Ordinaria, si se ha superado esta parte durante la evaluación continua, es posible presentarse a ella en el examen final de dicha Oportunidad Ordinaria para subir nota.
  - Si en la Oportunidad Ordinaria se ha superado esta parte, los alumnos NO pueden presentarse en la Oportunidad Extraordinaria a esta parte para subir nota.

## C. Aclaraciones y otras consideraciones

- Finalizado el curso los alumnos tendrán una única nota de la asignatura en su expediente académico.
  - Una vez finalizada la Oportunidad Ordinaria se pone la nota obtenida por el alumno hasta ese momento, que es definitiva si se trata de una nota igual o superior a 5 puntos.
  - Si un alumno que no ha superado la asignatura en la Oportunidad Ordinaria obtiene una mejor calificación en la Oportunidad Extraordinaria, esta nueva nota será la que pase a constar en su expediente. Si no es mejor, se deja la que tenía anteriormente. En todo caso esta nota pasa a ser definitiva.
- Los exámenes de evaluación continua no son recuperables.
- Las notas obtenidas en las partes de Prácticas, y Resolución de problemas son sólo válidas durante el actual curso

académico.

- En caso de que en alguno de los exámenes de la parte de Resolución de problemas se permita el uso de calculadora, sólo podrá ser una calculadora científica convencional. NO se pueden utilizar calculadoras que permitan el almacenamiento de fórmulas, ni aquellas que disponen de librerías que realizan de forma automática operaciones con números complejos, cálculo de raíces, etc.
- En caso de detección de plagio en cualquiera de las pruebas (pruebas cortas, exámenes parciales o examen final), la calificación final será de SUSPENSO (0) y el hecho será comunicado a la dirección del Centro para los efectos oportunos.
- A lo largo del curso, durante la celebración de las clases, los profesores de la asignatura eventualmente propondrán actividades o ejercicios en los que los alumnos podrán ser bonificados con hasta 1 punto sobre 10. De recibirla, esta bonificación se sumará a la nota final que el alumno obtenga siguiendo el método de evaluación descrito.
- Materia del programa English Friendly: Los/as estudiantes internacionales podrán solicitar al profesorado: a) materiales y referencias bibliográficas para el seguimiento de la materia en inglés, b) atender las tutorías en inglés, c) pruebas y evaluaciones en inglés.

---

### **Fuentes de información**

#### **Bibliografía Básica**

J.H. McClellan y R.W. Schafer, R, **Signal Processing First**, Pearson Prentice Hall,

#### **Bibliografía Complementaria**

A. Quarteroni y F. Saleri, **Cálculo científico con Matlab y Octave**, Springer,

M. J. Roberts, **Señales y Sistemas**, McGraw Hill,

A.V. Oppenheim y R.W. Schafer, **Tratamiento de señales en tiempo discreto**, Prentice Hall,

---

### **Recomendaciones**

#### **Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente**

Física: Análisis de circuitos lineales/V05G301V01108

Matemáticas: Álgebra lineal/V05G301V01102

Matemáticas: Cálculo I/V05G301V01101

Matemáticas: Cálculo II/V05G301V01106

---