



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Procesado digital de señales

|                     |  |            |       |              |
|---------------------|--|------------|-------|--------------|
| Asignatura          | Procesado digital de señales   |            |       |              |
| Código              | V05G300V01304  |            |       |              |
| Titulación          | Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación   |            |       |              |
| Descriptores        | Creditos ECTS  | Seleccione | Curso | Cuatrimestre |
|                     | 6  | OB         | 2     | 1c           |
| Lengua              | Castellano   |            |       |              |
| Impartición         | Gallego  |            |       |              |
| Departamento        | Teoría de la señal y comunicaciones  |            |       |              |
| Coordinador/a       | Alonso Alonso, Ignacio   |            |       |              |
| Profesorado         | Alonso Alonso, Ignacio<br>Docio Fernández, Laura<br>García Mateo, Carmen<br>Márquez Flórez, Óscar Willian  |            |       |              |
| Correo-e            | ignacio.alonso@uvigo.es  |            |       |              |
| Web                 | http://faitic.uvigo.es   |            |       |              |
| 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 incluyen filtrados, fft, enventanado y muestreo.</li> </ul> |            |       |              |

## Competencias

|        |   |
|--------|---|
| 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 de aprendizaje

|   |                                       |     |    |
|---|---------------------------------------|-----|----|
| 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 al muestreo y al aliasing                                   | Concepto de muestreo y frecuencia digital. Aliasing. Teorema de Nyquist.   |
| Tema 2. Filtros FIR  | Introducción a los sistemas discretos. Ecuación en diferencias. Linealidad e invarianza en el tiempo. Diagramas de bloques. Convolución. Respuesta en frecuencia. Sistemas en cascada. |
| Tema 3. Transformada Z   | Definición y propiedades. Filtros de fase lineal.  |
| Tema 4. 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 5. Señales y sistemas continuos   | Introducción a los sistemas continuos. Impulso unidad. Escalón unidad. Desplazamiento. Linealidad e invarianza en el tiempo. Convolución   |
| Tema 6. Transformada de Fourier en tiempo continuo                               | Definición. Pares transformados. Propiedades.  |
| Tema 7. Análisis del muestreo y la reconstrucción en el dominio de la frecuencia | Demostración del teorema de Nyquist empleando análisis de Fourier  |
| Tema 8. Enventanado y transformada de Fourier discreta (DFT)                     | Relación entre el espectro de una señal continua y su señal muestreada. Enventanado. DFT y FFT.  |
| 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.  |
| Práctica 3. Análisis espectral   | Enventanado. FFT. Ejemplos.  |

## Planificación

|  | Horas en clase | Horas fuera de clase | Horas totales |
|--|----------------|----------------------|---------------|
| Actividades introductorias             | 1              | 0                    | 1             |
| Sesión magistral                       | 23             | 40                   | 63            |
| Prácticas de laboratorio               | 11             | 22                   | 33            |
| Resolución de problemas y/o ejercicios | 15             | 30                   | 45            |
| Foros de discusión                     | 0              | 2                    | 2             |
| Pruebas de tipo test                   | 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.  |
| Sesión 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.<br>Los alumnos participarán contestando a preguntas que el profesor realizará durante la explicación y realizando ejercicios.<br>Trabajo personal posterior del alumno repasando los conceptos vistos en el aula y ampliando los contenidos tomando como referencia la guía de cada tema.<br>Identificación de dudas que requieran ser resueltas en tutorías personalizadas.<br><br>Con esta metodología se trabajan las competencias CE48, CG3, y CT3 . |
| Prácticas de laboratorio               | Aplicación de las funciones y comandos de Matlab relacionados con el procesado digital de señales a la resolución de ejercicios prácticos.<br>Identificación de dudas que requieran ser resueltas en tutorías personalizadas.<br><br>Con esta metodología se trabajan las competencias CE49, CG4 y CT2   |
| Resolución de problemas y/o ejercicios | 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.<br>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.<br>Identificación de dudas que requieran ser resueltas en tutorías personalizadas.<br><br>Con esta metodología se trabajan las competencias CE49, CG4 y CT2.   |

Foros de discusión La web de la asignatura en <http://faitic.uvigo.es> está incluida en la plataforma de teledocencia Faitic. La suscripción a esta plataforma, incluyendo una fotografía es de carácter obligatorio. En la web, está accesible 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 CE48, CE49, CG3, CG4 , CT2 y CT3.

### Atención personalizada

| Metodologías                           | Descripción  |
|--|--|
| Sesión magistral                       | Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el despacho del profesor 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 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. |
| Prácticas de laboratorio               | Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el despacho del profesor 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 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. |
| Resolución de problemas y/o ejercicios | Los estudiantes tendrán ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el despacho del profesor 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 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. |

### Evaluación

|  | Descripción   | Calificación | Resultados de Formación y Aprendizaje |            |          |
|--|---|--------------|---------------------------------------|------------|----------|
| Pruebas de tipo test                   | 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<br>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<br>B4                              | C48<br>C49 | D2<br>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. En total hay tres oportunidades para superar cada parte a lo largo del curso académico.
- 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 la nota 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, a grandes rasgos, del siguiente modo:
  - Si se han superado las dos partes y la nota de Prácticas no supera el 7:
    - Calificación final= Nota de Resolución de problemas
  - Si se han superado las dos partes y la nota de Prácticas es mayor que 7:
    - Calificación final= mínimo [10, Nota de Resolución de problemas + [ (Nota de Prácticas - 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:

- Mediante evaluación continua se puede obtener la máxima calificación (10).
- Los alumnos que hayan hecho las pruebas de evaluación continua y que no hayan superado alguna parte, al final del cuatrimestre o al final del curso, sólo es necesario que realicen dicha parte.
- **Se considera que el alumno se presenta a evaluación continua en el momento en el que realiza alguno de los exámenes de Resolución de problemas.**

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, el enunciado de la práctica del laboratorio y las anotaciones que sobre ella realice el alumno y el libro de texto. No se puede emplear calculadora.
- 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, la nota de Prácticas ayuda a subir la nota final.
- Calendario: El alumno tiene tres oportunidades para superar la parte de Prácticas:
  - Oportunidad 1 (evaluación continua):
    - Tres exámenes durante el período de clases.
    - Se hace un examen tipo test al final de cada práctica en el aula de grupo pequeño.
    - Se evalúa la práctica que se finalice en dicha sesión y todas las anteriores.
    - En cada prueba se obtiene una nota entre 0 y 10. Es obligatorio presentarse a los tres exámenes. Si el promedio obtenido es mayor o igual que 5, se considera que el alumno ha superado las prácticas.
    - Las fechas exactas de los exámenes se publicarán en la web de la asignatura a principio de curso.
  - Oportunidades 2 y 3: Un examen coincidiendo con las fechas de los exámenes finales del primer cuatrimestre y otra a final de curso (Junio-Julio). Se considera que el alumno ha superado las Prácticas 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.
  - Mientras no se hayan superado, es posible presentarse a cualquiera de las tres oportunidades especificadas.

### **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 en el apartado de "Contenidos que son materia de examen". Se excluyen de este examen 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.
- **Calendario:** El alumno tiene tres oportunidades para superar la parte de Resolución de problemas:
  - Oportunidad 1 (evaluación continua): Tres exámenes durante el período de clases, en el aula de grupo grande. Cada uno se califica de 0 a 10.
    - La nota de Resolución de problemas se obtiene como  $0.25*NotaPrueba1+0.35*NotaPrueba2+0.4*NotaPrueba3$ .
    - Prueba 1: Temas 1 y 2. Sexta semana de curso.
    - Prueba 2: Temas 1 a 6. Décima semana de curso.
    - Prueba 3: Temas 1 a 8. Decimocuarta semana de curso.
    - Las fechas exactas de las pruebas se publicarán en la web de la asignatura a principio de curso.
  - Oportunidades 2 y 3: Un examen coincidiendo con las fechas de los exámenes finales a final de cuatrimestre y otro a final de curso (Junio-Julio).
- **Consideraciones particulares:**
  - Una vez que se obtiene una nota de al menos un 5, se guarda para todo el curso académico.
  - Mientras no se supera esta parte, es posible presentarse a cualquiera de las tres oportunidades especificadas.
  - Si se ha superado esta parte durante la evaluación continua, es posible presentarse a ella en el examen de final de cuatrimestre para subir nota.
  - Los alumnos que tengan que presentarse a final de curso (segunda oportunidad) pero que tengan superada la parte de Resolución de problemas, NO pueden presentarse 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 finalizado el primer cuatrimestre 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 el primer cuatrimestre, obtiene una mejor calificación en Junio-Julio, 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.

---

#### 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 continúan el temario

---

Fundamentos de sonido e imagen/V05G300V01405  
Técnicas de transmisión y recepción de señales/V05G300V01404  
Fundamentos de procesado de imagen/V05G300V01632  
Procesado de sonido/V05G300V01634  
Sistemas de audio/V05G300V01532  
Sistemas de imagen/V05G300V01633  
Sistemas electrónicos de procesado de señal/V05G300V01522  
Tratamiento de señales multimedia/V05G300V01513  
Vídeo y televisión/V05G300V01533

---

**Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente**

---

Física: Análisis de circuitos lineales/V05G300V01201  
Matemáticas: Álgebra lineal/V05G300V01104  
Matemáticas: Cálculo I/V05G300V01105  
Matemáticas: Cálculo II/V05G300V01203  
Matemáticas: Probabilidad y estadística/V05G300V01204

---