

SEÑALES BIOMÉDICAS

Guía de Aprendizaje – Información al estudiante

1. Datos Descriptivos

| | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Asignatura | Señales Biomédicas |
| Materia | Señales e Imágenes Biomédicas |
| Departamento responsable | Tecnología Fotónica y Bioingeniería |
| Créditos ECTS | 6 |
| Carácter | Obligatoria |
| Titulación | Graduado en Ingeniería Biomédica |
| Curso | 3º |
| Especialidad | No aplica |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Curso académico | 2014-2015 |
| Semestre en que se imparte | 1º |
| Semestre principal | |
| Idioma en que se imparte | Castellano |
| Página Web | |

2. Profesorado

| NOMBRE Y APELLIDO | DESPACHO | Correo electrónico |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------------|
| Francisco del Pozo Guerrero (Coord.) | CTB | francisco.delpozo@ctb.upm.es |
| María Teresa Arredondo | | |
| M ^a Elena Hernando | | |
| M ^a Fernanda Cabrera | | |

3. Conocimientos previos requeridos para poder seguir con normalidad la asignatura

| | |
|---|--|
| Asignaturas superadas | |
| Otros resultados de aprendizaje necesarios | Los adquiridos en las materias de Estadística, Matemáticas y Sistemas y Señales El alumno debe tener experiencia en MATLAB o adquirirla durante al inicio del curso |

4. Objetivos de Aprendizaje

| COMPETENCIAS ASIGNADAS A LA ASIGNATURA Y SU NIVEL DE ADQUISICIÓN | | |
|---|--|--------------|
| Código | Competencia | Nivel |
| CG1-18 | La asignatura contribuye en mayor o menor medida a la consecución de las competencias generales pretendidas. Destacando: | 1-3 |
| CG1 | Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza. | 3 |
| CG5 | Tener capacidad de análisis y síntesis, pensar de forma integrada, abordar los problemas desde diferentes perspectivas y estar siempre preparado para "to think out of the box" | 3 |
| CG6 | Adoptar una actitud ante los problemas de su competencia que considere que su papel no es exclusivamente aportar soluciones sino, siempre que sea posible, participar además en la propia identificación o definición de dichos problemas. | 3 |
| CG10 | Formular, diseñar y elaborar proyectos siendo capaz de liderar grupos de trabajo y buscar en distintas fuentes de información e integrar nuevos conocimientos en la investigación. | 3 |
| CG11 | Elaborar y defender argumentos y resolver los problemas de forma efectiva y creativa. | 3 |
| CE11 | Calcular y representar gráficamente los parámetros mas relevantes de un experimento utilizando funciones matemáticas | 2 |
| CE12 | Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biomédicas y bibliográficos. | 2 |
| CE13 | Comprender y aplicar las principales técnicas de muestreo y utilizar las pruebas estadísticas elementales para el control de experimentos | 3 |

| | | |
|------|--|---|
| CE14 | Comprender los principios de la metodología científica; capacidad para su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería | 3 |
| CE38 | Conocer los principios y técnicas de medida de las señales biomédicas | 3 |
| CE40 | Conocer los principales tipos de dispositivos terapéuticos empleados en ingeniería biomédica | 1 |
| CE42 | Conocer técnicas de muestreo y procesado de señales e imágenes para diversas aplicaciones en relación con la Ingeniería Biomédica | 3 |
| CE43 | Capacidad de análisis e interpretación de señales e imágenes médicas | 3 |

LEYENDA: Nivel de adquisición 1:
Nivel de adquisición 2:
Nivel de adquisición 3:

| RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA | | | |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------|
| Código | Resultado de aprendizaje | Competencias asociadas | Nivel de adquisición |
| RA1 | Proporcionar una formación teórica y experimental al alumno en los métodos y técnicas de procesamiento de señales biomédicas | Todas | 3 |
| RA2 | Desarrollar la capacidad de realizar un trabajo en equipo. En la planificación del trabajo común, la búsqueda de fuentes de información y la presentación de resultados | CG1,5,6 | 2 |
| RA3 | Desarrollar la capacidad de presentación oral pública. | CG10,11 | 3 |

5. Sistema de evaluación de la asignatura

| INDICADORES DE LOGRO | | |
|-----------------------------|--|---------------------------|
| Ref | Indicador | Relacionado con RA |
| I1 | Entender las dificultades intrínsecas al análisis de sistemas complejos: no estacionarios y no-lineales | RA1 |
| I2 | Comprender las bases matemáticas, estadísticas y metodológicas de la estimación espectral de procesos estocásticos | RA1 |
| I3 | Conocer los criterios para la elección de los métodos de análisis de señales más adecuados a los objetivos biomédicos pretendidos | RA1 |
| I4 | Comprender el origen de los distintos componentes de ruido que puede afectar las señales, los elementos para su control y los métodos para su atenuación o eliminación | RA1 |
| I5 | Conocer las necesidades de métodos de análisis de señales demandadas por las aplicaciones reales del mundo real | RA1 |
| I6 | Entender los métodos de análisis multidimensional de las señales necesarios para la comprensión de los sistemas vivos siempre complejos | RA1 |
| I7 | Aprender a plantear las estrategias de análisis en función del objetivo biomédico pretendido | RA1 |
| I8 | Demostrar habilidades para trabajar en grupo mediante búsqueda y organización de información técnica. | RA2 |
| I9 | Demostrar habilidades de presentación de trabajos de forma oral y escrita. | RA3 |

| EVALUACION SUMATIVA | | | |
|---|--|-------------------------------|--|
| Breve descripción de las actividades evaluables | Momento | Lugar | Peso en la calif. |
| Evaluaciones parciales: Realización de los casos prácticos | Dentro de los 15 días siguientes a la entrega de la práctica | Casa. En el aula/web tutorías | 50% |
| Examen final | Día del examen final | Aula | Su aprobación es condición indispensable para aprobar la asignatura 30% |
| Realización de un trabajo por grupos de uno de los seminarios | Elaboración semanas 10-12 Defensa semanas 14-16 | Aula | 20% |
| | | | Total: 100% |

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

La calificación de la asignatura se realizará del siguiente modo:

NOTA FINAL = 50 % Trabajos de “Casos Prácticos”. 30 % Controles de conocimientos (exámen final) + 20% Trabajo en grupo del seminario elegido.

Casos Prácticos: El alumno desarrollará ejercicios prácticos sobre casos reales que se entregarán al alumno a continuación de los grandes temas de la materia, con el formato de “casos prácticos”. Dichos trabajos deberán ser presentados dentro de los 15 días siguientes al que se les entregó el trabajo. Los Casos Prácticos serán resueltos en grupos de 3 alumnos

Trabajo en grupo del seminario elegido: Los alumnos además realizarán en grupos de 3 un trabajo sobre uno de los seminarios impartidos, que elegirán libremente. Este trabajo tendrá una extensión máxima de 10 páginas.

Controles de conocimientos (exámen final): Todos los alumnos han de pasar un examen de evaluación al final del curso. Su aprobación es obligada para que el resto de pruebas sean tenidas en cuenta. Dicho examen estará compuesto por preguntas seleccionadas de una lista de 10 preguntas por capítulo, que se entregarán a los alumnos con el material de cada capítulo. Esas preguntas se definirán para evaluar el grado de comprensión de la materia y de la participación de cada alumno en la elaboración de los casos prácticos.

En cumplimiento de la Normativa de Evaluación de la Universidad Politécnica de Madrid, los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final siempre y cuando lo comuniquen al Director del Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería mediante solicitud presentada en el registro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación antes del día 1/10/2012. Esta opción supone la renuncia a la evaluación continua de los exámenes parciales pero mantiene el trabajo en grupo y su presentación.

6. Contenidos y Actividades de Aprendizaje

| CONTENIDOS ESPECÍFICOS | | |
|---|--|---------------------------------|
| Bloque / Tema / Capítulo | Apartado | Indicadores Relacionados |
| <p>Tema 1</p> <p>Bases matemáticas para el análisis de señales</p> <p>Su extensión y detalle dependerá del nivel detectado al comienzo de las clases de la asignatura (2-4 horas)</p> | <p>1. Evaluación del conocimiento previo de los alumnos</p> <p>1.1 Caracterización matemática de las señales. operaciones (convolución). Sistemas y señales. Bibliografía</p> <p>1.2 Transformadas: Fourier, DFT, Z. Muestreo. Bibliografía</p> <p>1.3 Revisión de conceptos y métodos de Estadística para el análisis de señales.</p> <p>1.4 Procesos estocásticos. Test de permutación. Análisis multivariable</p> | |
| <p>Tema 2</p> <p>Introducción al análisis de las señales biomédicas</p> | <p>2. Características matemáticas y físicas de las señales biomédicas</p> <p>2.1 Relación Fuentes-Señales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El origen de la señales biomédicas: Relación entre las propiedades de las señales con los fenómenos que las generan y la características electromagnéticas del tejido en el que se propagan. • Ruidos y artefactos • Identificación del problema clínico a abordar para definir la estrategia, objetivos y métodos del análisis de las señales biomédicas implicadas. • Ejemplos reales <p>2.2 Análisis de la Señal EEG y MEG</p> <ul style="list-style-type: none"> • Señales neurofisiológicas (EEG/MEG). Registros espontáneos y evocados. • Redes neuronales. • Ruidos y artefactos. • Estrategias de análisis • Ejemplos reales • Tendencias • Bibliografía | 11-19 |

| | | |
|--|---|-------|
| | <p>2.3 Análisis de la señal ECG</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detección del QRS • Análisis morfológico del ECG • Análisis del ritmo cardíaco. Análisis de su variabilidad. Arritmias • Ejemplos reales • Tendencias • Bibliografía <p>2.4 Otras señales fisiológicas y biomédicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • EMG, EOG, GSR, del sistema respiratorio, etc • Registro unitario de células excitables • Variables biomédicas | 11-19 |
| <p>Tema 3</p> <p>Estimación espectral</p> | <p>3. Estimación espectral</p> <p>3.1 Métodos no paramétricos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimación espectral. Métodos • Sesgo y consistencia de los estimadores espectrales. • Periodogramas modificados. Métodos basados en ventanas. • Otros métodos. Ej.: Welch,... <p>3.2 Métodos paramétricos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos AR • Aplicaciones <p>3.3 Métodos de segmentación. <i>Short Fourier Transform.</i></p> <p><i>Caso práctico #1 Aplicación de métodos de estimación espectral a la caracterización de bioseñales</i></p> | 11-19 |
| <p>Tema 4</p> <p>Filtrado y eliminación de ruido</p> | <p>4. Preparación de las señales para su análisis</p> <p>4.1 La importancia de la eliminación de ruido y artefactos en la señales biomédicas: Ejemplos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de filtrado analógico y digital. Filtros de Butterworth, Chebyshev I, Chebyshev II y elíptico. Filtros digitales FIR y IIR. Filtros adaptativos. Aplicación en señales EEG y ECG. • Métodos de interpolación. Eliminación de la línea de base de registros. • Utilización de Regresión Lineal para eliminación de artefactos. Aplicaciones • Ejemplos • Potenciales evocados. Métodos de | 11-19 |

| | | |
|--|---|-------|
| | <p>promediación. Eliminación de ruido blanco, gaussiano y aditivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4.2 Algoritmos de separación ciega de Fuentes: PCA e ICA • Métodos adaptativos <p><i>Caso práctico #2 Eliminación de ruido mediante PCA e ICA, regresión lineal y correlación</i></p> | |
| <p>Tema 5</p> <p>Análisis F-T</p> | <p>5. Análisis F-T</p> <p>5.2 Descomposición en wavelets (ondículas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familias de wavelets. • Representación continua y discreta. • Representación real y compleja. • Aplicaciones • Ejemplos reales • Bibliografía <p><i>Caso práctico #3 Aplicación de wavelets a la eliminación de artefactos y la caracterización en el tiempo del comportamiento espectral de las señales</i></p> | 11-19 |
| <p>Tema 6</p> <p>Análisis de señales multivariable</p> | <p>6. Análisis multivariable</p> <p>6.1 Métodos lineales: correlación, coherencia</p> <p>6.2 Métodos avanzados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Métodos de sincronización de fase: <i>phase locking value, phase lag index.</i> • Métodos de sincronización generalizada: S, H, M, N, L, <i>sinchonization likellyhood</i> • Métodos basados en causalidad de <i>granger. granger causality, direct transfer function, partial directed coherence.</i> • Métodos basados en teoría de la información: <i>mutual information, transfer entropy.</i> <p><i>Caso práctico #4 Estudios de sincronización de señales fisiológicas múltiples. Énfasis en métodos no lineales</i></p> <p>6.3 Análisis de las matrices de sincronización mediante teoría de grafos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtención de los parámetros más comunes de caracterización de la red: <i>shortest path length, cluster level, complejidad de la red, etc.</i> • Interpretación física de los resultados | 11-19 |

| | | |
|---|---|--------------|
| <p>Tema 7</p> <p>Aplicación de las técnicas aprendidas a casos reales</p> | <p>7. Aplicación de las técnicas aprendidas a casos reales</p> <p><i>Caso práctico #5 Analizar el efecto de alguna intervención terapéutica o cambio en la condición del sujeto analizado en señales de neurofisiología. Demostrar la significación estadística de esos efectos</i></p> <p><i>Caso práctico #6 Analizar el efecto de alguna intervención terapéutica o cambio en la condición del sujeto analizado en señales de cardiología. Demostrar la significación estadística de esos efectos</i></p> | <p>11-19</p> |
| <p>Seminario 1.</p> <p>Sincronización señales-imágenes</p> | <p>Seminario S1: Sincronización señales-imágenes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integración de la conectividad funcional y anatómica en el cerebro • Métodos • Aplicación a la definición de biomarcadores de patologías | <p>1-19</p> |
| <p>Seminario 2:</p> <p>Análisis de fuentes</p> | <p>Seminario S2: El problema inverso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Imposición de restricciones para resolver el problema inverso. • Métodos de reconstrucción: • Dipolo único y múltiple. • Estimación de norma mínima • “Beamforming” • Métodos Bayesianos. | <p>1-19</p> |
| <p>Seminario 3:</p> <p>Cronobioingeniería</p> | <p>Seminario S3: Cronobioingeniería</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de series temporales sin muestreo equidistante. • Métodos: ajuste de modelos regresivos • Estadística inferencial | |

7. Breve descripción de las modalidades organizativas utilizadas y de los métodos de enseñanza empleados

| | |
|-------------------------|--|
| CLASES DE TEORIA | Se utilizará la lección magistral para la exposición verbal de los contenidos |
| PRÁCTICAS | El alumno desarrollará ejercicios prácticos sobre casos reales que se presentaran a continuación de los grandes temas de la materia, con el formato de “casos prácticos” Dichos trabajos deberán ser presentados dentro de los 15 días siguientes al que se les entregó el trabajo. Los Casos Prácticos serán resueltos en grupos de 3 alumnos |
| SEMINARIOS | Los alumnos en grupos de 3 realizarán un trabajo sobre uno de los seminarios impartidos, que elegirán libremente. Este trabajo tendrá una extensión máxima de 10 páginas. |
| EVALUACIÓN FINAL | Todos los alumnos han de pasar un examen de evaluación al final del curso, cuya aprobación es obligada para que el resto de pruebas sean tenidas en cuenta. Dicho examen estará compuesto por preguntas seleccionadas de una lista de 10 preguntas prediseñadas por capítulo que se entregarán a los alumnos con el material de cada capítulo |
| TUTORÍAS | Se realizarán según la normativa vigente. Los alumnos podrán usar un foro que el profesor responsable pondrá a disposición de los alumnos de la asignatura |

8. Recursos didácticos

| RECURSOS DIDÁCTICOS | |
|--|--|
| <p>BIBLIOGRAFÍA</p> <p>La bibliografía incluida esta pensada exclusivamente para dotar al alumno de una amplia referencia a sus trabajos personales y como complemento a su material personal en el campo del análisis de señales</p> | <p>INTRODUCCIÓN SEÑALES</p> <p><i>Monson H. Hayes Statistical Digital Signal Processing and Modeling, Wiley, 1996, ISBN 0-471-59431-8</i></p> <p><i>Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky, S. Hamid Nawab. Señales y Sistemas, 2º ed. Prentice Hall 1998, ISBN 970-17-0116-X</i></p> <p>GENERAL-BIOSEÑALES</p> <p><i>J. D. Bronzino. Biomedical Engineering Handbook, CRC Press Inc. (2006)</i></p> <p><i>Electric Fields of the Brain. Paul L. Nunez y Ramesh Srinivasan. 2dn Ed. Oxford Univ. Press, 2006</i></p> <p><i>Leif Sörnmo y Pablo Laguna, Bioelectric signal processing in cardiac and neurologic applications, (2005) ISBN-13: 978-0-12-437552-9.</i></p> <p><i>Shanbao Tung y NitishV. Thakor, Quantitative EEG Analysis, Methods and Clinical Applications. Eds. Artech House (2009)</i></p> <p>FILTRADO ADAPTATIVO</p> <p><i>Simon Haykin, Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, 2002, ISBN 0-13-048434-2</i></p> <p>ESTUPIÑAN DONOSO AA <i>Reducción de artefactos oculares en señales EEG: Filtrado adaptativo como alternativa a la regresión lineal.</i></p> <p>REGRESIÓN LINEAL</p> <p><i>Devore, Jay L.; Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. International Thomson Editores. México. ISBN-10: 9706864571.</i></p> <p><i>S. ROMERO, M. A. MAÑANAS, M. J. BARBANOJ. Ocular Reduction in EEG Signals Based on Adaptive Filtering, Regression and Blind Source Separation. Annals of Biomedical Engineering, Vol. 37, pp. 176–191, 2009.</i></p> <p><i>A. Schlögl, C. Keinrath, D. Zimmermann, R. Scherer, R. Leeb, G. Pfurtscheller. A fully automated correction method of EOG artifacts in EEG recordings. Clinical Neurophysiology 118 (2007) 98-104</i></p> <p>INTERPOLACIÓN</p> <p><i>Demidovich BP, Maron IA. Cálculo numérico fundamental. Editorial VAAP (U.R.S.S.) ISBN: 84-283-0887-X</i></p> <p><i>Royo MP, Laguna P. Cancelaciones de variaciones de línea de base en el ECG: estudio comparativo de diferentes técnicas.</i></p> |

PCA

Jonathon Shlens. **Tutorial on Principal Component Analysis**, 2005

ICA

Bell AJ, Sejnowski TJ. **An Information-Maximization Approach to Blind Separation and Blind Deconvolution**. *Neural Computation* 7, 1129-1159 (1995)

Urrestarazu E., Iriarte J. **El análisis de componentes independientes (ICA) en el estudio de señales electroencefalográficas**. *Neurología* 20(6): 299-310, 2005.

Makeig S, Bell AJ, Jung T-P, Sejnowski TJ. **Independent Component Analysis of Electroencephalographic Data**. *Advances in Neural Information Processing Systems* 8, D. Touretzky, M. Mozer and M. Hasselmo (Eds), MIT Press, Cambridge MA, 145-151, 1996.

Jung T, Makeig S, Westerfield M, Townsend J, Courchesne E, Sejnowski TJ. **Removal of eye artifacts from visual event-related potentials in normal and clinical subjects**. *Clinical Neurophysiology* 11; 1745-1758, 2000.

WAVELETS

Robi Polikar, **The Wavelet Tutorial**,

<http://users.rowan.edu/~polikar/WAVELETS/WTpart1.html>

Amara Graps, **An Introduction to Wavelets**, IEEE

Computational Sciences and Engineering, Vol. 2, No 2, Summer 1995, pp 50-61.

R. Crandall, **Projects in Scientific Computation**, Springer-Verlag, New York, 1994, pp. 197-198, 211-212.

Y. Meyer, **Wavelets: Algorithms and Applications**, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 1993, pp. 13-31, 101-105.

G. Kaiser, **A Friendly Guide to Wavelets**, Birkhauser, Boston, 1994, pp. 44-45.

W. Press et al., **Numerical Recipes in Fortran**, Cambridge University Press, New York, 1992, pp. 498-499, 584-602.

M. Vetterli and C. Herley, **"Wavelets and Filter Banks: Theory and Design,"** IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 40, 1992, pp. 2207-2232.

I. Daubechies, **"Orthonormal Bases of Compactly Supported Wavelets,"** *Comm. Pure Appl. Math.*, Vol 41, 1988, pp. 906-966.

M.A. Cody, **"The Wavelet Packet Transform,"** *Dr. Dobb's Journal*, Vol 19, Apr. 1994, pp. 44-46, 50-54.

J. Bradley, C. Brislawn, and T. Hopper, **"The FBI Wavelet/Scalar Quantization Standard for Gray-scale Fingerprint Image Compression,"** Tech. Report LA-UR-93-1659, Los Alamos Nat'l Lab, Los Alamos, N.M. 1993.

D. Donoho, **"Nonlinear Wavelet Methods for Recovery of Signals, Densities, and Spectra from Indirect and Noisy Data,"** *Different Perspectives on Wavelets*, Proceeding of

| | |
|---------------------|---|
| | <p><i>Symposia in Applied Mathematics, Vol 47, I. Daubechies ed. Amer. Math. Soc., Providence, R.I., 1993, pp. 173-205.</i></p> <p>ANÁLISIS MULTIVARIABLE <i>J. Guiomar Niso Galán, Ernesto Pereda, María Gudín, Sira Carrasco, Ricardo, Gutiérrez, David Papo, Fernando Maestú and Francisco Del Pozo, Causal Relationships and Network Parameters in Functional Brain Activity, Francesco Signorelli Ed. Intech Open science, 2013</i> <i>J. Guiomar Niso Galán, Ernesto Pereda, María Gudín, Sira Carrasco, Ricardo, Gutiérrez, David Papo, Fernando Maestú and Francisco Del Pozo "HERMES: towards an integrated toolbox to characterize functional and effective brain connectivity", Neuroinformatics, 2013</i></p> |
| RECURSOS WEB | <p>http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/</p> |
| EQUIPAMIENTO | <p>Laboratorio: Se pone a disposición de los alumnos los laboratorios del Centro de Tecnología Biomédica (CTB) para la realización de los trabajos prácticos</p> <p>Aula : Asignada por Jefatura de Estudios</p> <p>Sala de trabajo en grupo: Laboratorio</p> |

9. Cronograma de trabajo de la asignatura

| Semana | Actividades en Aula | Actividades en Laboratorio | Trabajo Individual | Trabajo en Grupo | Actividades de Evaluación | Otros |
|-----------------------|--|----------------------------|------------------------------------|------------------|---------------------------|-------|
| Semana 1 (8 horas) | <ul style="list-style-type: none"> • Presentación de la asignatura • Reparto de documentación • Temas de evaluación de conocimientos: <ul style="list-style-type: none"> • Tema 1.1 • Tema 1.2 • Tema 1.3 • Tema 1.4 4 horas | | Estudio individual del tema (4 h). | | | |
| Semana 2 (8 horas) | <ul style="list-style-type: none"> • Tema 2.1 • Tema 2.2 4 horas | | Estudio individual del tema (4 h). | | | |
| Semana 3 (8 horas) | <ul style="list-style-type: none"> • Tema 2.3 • Tema 2.4 4 horas | | Estudio individual del tema (4 h). | | | |

| Semana | Actividades en Aula | Actividades en Laboratorio | Trabajo Individual | Trabajo en Grupo | Actividades de Evaluación | Otros |
|-----------------------|--|---|------------------------------------|---|---------------------------|-------|
| Semana 4 (8 horas) | Tema 3.1 Tema 3,2 2 horas | Presentación caso práctico # 1 2 horas | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (2 horas) | | |
| Semana 5 (8 horas) | • Tema 4.1 • Tema 4.2 2 horas | Presentación caso práctico # 2 2 horas | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (2 horas) | | |
| Semana 6 (8 horas) | • Tema 5.1 • Tema 5.2 2 horas | Presentación caso práctico # 3 2 horas | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (2 horas) | | |
| Semana 7 (8 horas) | • Tema 6.1 • Tema 6.2 4 horas | | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (2 horas) | | |
| Semana 8 (8 horas) | • Tema 6.2 (cont) • Tema 6.3 2 horas | Presentación caso práctico # 4 2 horas | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (2 horas) | | |
| Semana 9 (8 horas) | • Tema 7 2 horas | Presentación caso práctico # 5 2 horas | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (2 horas) | | |

| Semana | Actividades en Aula | Actividades en Laboratorio | Trabajo Individual | Trabajo en Grupo | Actividades de Evaluación | Otros |
|------------------------|---|---|---|---|---------------------------|-------|
| Semana 10 (8 horas) | Tema 7 (cont) 2 horas | Presentación caso práctico # 6 2 horas | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (2 horas) | | |
| Semana 10 (8 horas) | Seminario S1 Revisión Trabajo en grupo 4 horas | | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (4 horas) | | |
| Semana 11 (8 horas) | Seminario S2 Revisión 4 horas | | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de casos prácticos (4 horas) | | |
| Semana 12 (8 horas) | Seminario S3 4 horas | | Estudio individual del tema (2 h). | Desarrollo de trabajo Seminario (4 horas) | | |
| Semana 13 (8 horas) | Desarrollo de trabajo Seminario (8 horas) | | | | | |
| Semana 14 (8 horas) | Presentación trabajos de seminarios en el aula 4 horas | | Desarrollo de trabajo Seminario (4 horas) | | | |
| Semana 15 (8 horas) | Presentación trabajos de seminarios en el aula 4 horas | | Desarrollo de trabajo Seminario (4 horas) | | | |

| Semana | Actividades en Aula | Actividades en Laboratorio | Trabajo Individual | Trabajo en Grupo | Actividades de Evaluación | Otros |
|--------------------------|---|----------------------------|--------------------|------------------|--------------------------------|-------|
| Semana 16 (5,5 horas) | Presentación trabajos de seminarios en el aula 4 horas | | | | Evaluación final (1,5 hora) | |

Nota: Para cada actividad se especifica la dedicación en horas que implica para el alumno.

