

**Proyecto/Guía docente de la asignatura THI-MUITIC**

Asignatura	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN (THAI)		
Materia			
Módulo	BLOQUE BÁSICO		
Titulación	MÁSTER UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES		
Plan	719	Código	55331
Periodo de impartición	1 ^{er} CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	FORMACIÓN BÁSICA
Nivel/Ciclo	POSGRADO (MÁSTER	Curso	1º
Créditos ECTS	4 ECTS		
Lengua en que se imparte	ESPAÑOL		
Profesor/es responsable/s	Carlos Alberola López César Palencia de Lara		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	Carlos Alberola López carlos.alberola@tel.uva.es , 983-185544 César Palencia de Lara: cesar.palencia@tel.uva.es 983-185805		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA MATEMÁTICA APLICADA		
Fecha de revisión por el Comité de Título			



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

La formación de futuros investigadores requiere del dominio de diferentes técnicas de investigación. El conocimiento de las mismas permite ampliar el abanico de posibilidades a la hora de desarrollar trabajos de investigación, bien en otras asignaturas del máster o bien en su futura carrera investigadora. En esta asignatura se pretende cubrir esta necesidad, proporcionando una introducción general a una panorámica de herramientas matemático-estadísticas de investigación, que permitan, además, nivelar los conocimientos de los estudiantes acerca de algunas técnicas habituales en ingeniería. Dada la diversidad de orientaciones previsible entre los alumnos, la asignatura se plantea con flexibilidad para determinar el grado de intensificación en sus dos bloques.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está relacionada con el resto de asignaturas del máster, ya que en ella se presentan técnicas de investigación que serán útiles para la realización de tareas de investigación en el resto de las asignaturas. También se relaciona con la asignatura de “Metodología de Investigación”, donde se estudian aspectos complementarios relacionados con el oficio de la investigación.

1.3 Prerrequisitos

Prerrequisitos recomendables:

1. Conocimientos previos de matemáticas:

- Álgebra lineal: sistemas de ecuaciones, problemas de mínimos cuadrados, diagonalización.
- Cálculo diferencial en varias variables: gradiente, fórmula de Taylor, máximos y mínimos.
- Ecuaciones diferenciales ordinarias: concepto de ecuación diferencial y de sistemas de ecuaciones diferenciales.
- Conceptos básicos de teoría de la probabilidad

Se facilitará bibliografía de estudio personal previo para los alumnos que lo requieran

2. Conocimientos instrumentales: manejo de Excel, Matlab y/o R.

(Se facilitarán guías de aprendizaje y/o sesiones de “curso cero”)

2. Competencias

2.1 Generales

1. Capacidad de analizar y aplicar los conocimientos técnicos específicos de su área en nuevos entornos y contextos, teniendo en cuenta los parámetros y variables más significativas de cada nueva situación. [CG 5]
2. Capacidad de entender las implicaciones éticas y sociales de las decisiones adoptadas durante el ejercicio de las labores profesionales y de investigación. [CG 6]
3. Capacidad de comprender los factores que generan problemas relacionados con la igualdad de sexo, raza o religión, así como la cultura de paz, dentro del sistema global de I+D+i, así como poder integrar soluciones a estos problemas en las propuestas técnicas. [CG 7]
4. Capacidad de comunicar los resultados de investigación mediante artefactos escritos, propios de divulgación del conocimiento en el sistema de investigación regido por el sistema de revisión entre pares o, o en otros términos, escribir artículos técnicos correctos tanto en el fondo como en la forma [CG 8]
5. Capacidad de emplear las técnicas y medios más adecuados para la comunicación oral en diversos foros de la comunidad académica, científica o empresarial, así como para su divulgación en general en la sociedad, o, en otros términos, preparar y realizar presentaciones orales correctas ante audiencias expertas y en contextos divulgativos [CG 9]
6. Capacidad de conocer y emplear técnicas y herramientas relacionadas con el modelado, simulación, experimentación y validación de las propuestas técnicas, así como evaluarlas mediante unos parámetros de bondad establecidos. [CG 10]
7. Capacidad de desarrollar la capacidad de aprendizaje y trabajo en grupo tanto en entornos conocidos y restringidos, así como en consorcios internacionales en los que intervienen factores culturales. [CG 11]
8. Capacidad de trabajar en grupos multidisciplinares pudiendo aprovechar las distintas tradiciones, lenguajes, y métodos, trasladando de forma creativa soluciones entre las distintas disciplinas. [CG 12]
9. Capacidad de proseguir en un aprendizaje a lo largo de toda la vida (Life Long Learning) a través de la asimilación de las técnicas y actitudes propias del trabajo autónomo y auto-dirigido. [CG13]
10. Capacidad de ser creativo y crítico en la concepción, formulación y resolución de preguntas de investigación. [CG 15]
11. Capacidad de entender y emplear métodos de indagación (inquiry) como elemento intrínseco de aprendizaje y trabajo en la investigación científica [CG 19]

2.2 Específicas

1. Diseñar experimentos, proponer modelos, validar hipótesis y optimizar sistemas.
2. Programar algoritmos de optimización y de integración numérica para problemas TIC, e interpretar los resultados obtenidos

3. Objetivos

3. Conocer las técnicas básicas del modelado estadístico, del diseño de experimentos y de la validación de hipótesis.
4. Manejar el método de Montecarlo y las técnicas de simulación
5. Comprender los algoritmos de optimización básicos y ser capaz de implementarlos.



4. Bloques temáticos

Bloque 1: Técnicas de investigación cuantitativa

Carga de trabajo en créditos ECTS:

a. Contextualización y justificación

Existen numerosos campos de investigación en los que es necesario analizar cuantitativamente los datos obtenidos o bien ser capaz de generar resultados numéricos a partir de modelos conceptuales. El análisis de los resultados permite validar (o descartar) las hipótesis formuladas. Una correcta comprensión de este análisis facilita el diseño experimento de experimentos concluyentes. Por otro lado, la elaboración de modelos susceptibles de ser formulados matemáticamente permite inferir consecuencias contrastables de forma cuantitativa, bien mediante resolución analítica, bien a través de simulaciones numéricas. Estos resultados cuantitativos pueden ser utilizados para optimizar el sistema estudiado.

b. Objetivos de aprendizaje

Al final del bloque todos los estudiantes deberán ser capaces de:

- Aplicar los conceptos básicos de estadística descriptiva
- Plantear un test de hipótesis
- Diseñar experimentos y a interpretar los resultados mediante las técnicas de análisis estadístico
- Distinguir diferentes enfoques de implementación de modelos para realizar simulaciones numéricas

c. Contenidos

1. Introducción a la Teoría de la Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos.
 - Teoría de la Probabilidad
 - Variables aleatorias
 - Procesos Estocásticos
2. Introducción a la estadística descriptiva
 - Estadísticos muestrales
 - Métodos gráficos
3. Estimación de parámetros
 - Estimadores básicos e intervalos de confianza.
 - Estimación de máxima verosimilitud
 - Estimación Bayesiana
4. Test de hipótesis
 - Test de una muestra.
 - Tests de dos muestras.
 - Tests de múltiples muestras.
5. Regresión y correlación
 - Regresión lineal univariante



- Regresión lineal multivariante
 - Regresión logística.
6. Simulación mediante ordenador
- Generación de variables aleatorias independientes
 - Generación de variables aleatorias correladas y procesos estocásticos.
 - Simulación Monte Carlo.

d. Métodos docentes

- Clases magistrales
- Sesiones de aprendizaje dirigido
- Creación de foros
- Estudio y trabajo autónomo del alumno: lecturas y trabajos dirigidos
- Presentación de trabajos tanto de forma oral (usando videoconferencia o grabaciones de video) como escrita
- Aprendizaje Basado en Casos o Problemas
- Tutorías síncronas mediante videoconferencia y/o chat
- Tutorías asíncronas mediante correo electrónico (o mensajería del campus virtual) y foros de debate integrados en el mismo

e. Plan de trabajo

Temporalización y tiempo de dedicación de cada actividad

Actividad	Dedicación	Evaluable	Tipo	Peso Evaluación
1.- Lectura Texto	10 h	no	(formativa)	0%
2.- Visionado video	8 h			
3.- Tutoría (asistencia síncrona)	3 h	no	(formativa)	0%
4.- Práctica con ordenador (PCO)	10 h	sí	Evaluación por Pares	25%
5.- Trabajo (confección, entrega y exposición)	8 h	no	Evaluación por Pares	20%
7.- Problemas	10 h	sí	Evaluación por Pares +profesor	35%
6.- Cuestionario on-line	1 h	si	Profesor	20% (con umbral)



TOTAL BLOQUE	50 h		
--------------	------	--	--

f. Evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA DEL BLOQUE	OBSERVACIONES
Prueba práctica de simulación	25%	
Entrega de problemas solicitados	35%	
Trabajos e informes realizados por el alumno	10%	
Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen	10%	
Cuestionario on-line	20%	Se establece un mínimo del 40% de la puntuación de este cuestionario para aprobar el bloque.

g. Bibliografía básica

- C. Alberola, Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: Una introducción orientada a las telecomunicaciones. Universidad de Valladolid, 2004.
- B. Rosner. Fundamentals of biostatistics. Cengage learning, 2015.

h. Bibliografía complementaria

- Papoulis A., *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, Mc-Graw Hill 3rd Ed., NY, USA, 1991.
- Peebles P., *Probability, Random Variables, and Random Signal Principles*, Mc-Graw Hill 4th Ed., NY, USA, 2001.
- Starks H., Woods J. W., *Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers*, Mc-Graw Hill 2nd Ed., NY, USA, 1994.
- B. W. Lindgren *Statistical Theory*, Collier-Macmillan Int. Ed., 4th Ed., 1976.
- W. Navidi, *Estadística para ingenieros y científicos*. MCGraw Hill, 2006.
- F. Neelamkavil, *Computer simulation and modelling*, Chichester, Sussex [etc.] : John Wiley & Sons, 1994.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en plataforma Moodle (Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Sistema de videoconferencia síncrona (facilitado por la UVa)
- Ordenadores con MATLAB para las clases de laboratorio, facilitados por la UVA. El entorno RStudio es de libre distribución.
- Recursos en la página de la asignatura en www.tel.uva.es

j. Temporalización

(Semanas 6,7 y 8 del curso)

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO (detallar orden semanas)
0.24	Sesión 1: Introducción y repaso de teoría de la probabilidad: Vídeo (1h) + lectura de texto (2 h) + problemas (2h) + tutoría (1h) = 6 horas.
0.2	Sesión 2: Estadística Descriptiva: Vídeo (1h) + lectura de texto (1 h) + PCO (2h) + problemas (1h) = 5 horas.
0.24	Sesión 3: Estimación: Vídeo (1h) + lectura de texto (1 h) + PCO (2h) + problemas (2h) = 6 horas.
0.2	Sesión 4: Test de hipótesis (I): Vídeo (1h) + lectura de texto (1 h) + PCO (1h) + problemas (2h) = 5 horas.
0.32	Sesión 5: Test de hipótesis (II). Vídeo (1h) + lectura de texto (2 h) + PCO (2h) + problemas (2h) + tutoría (1h) = 8 horas.
0.2	Sesión 6: Regresión y correlación: Vídeo (1h) + lectura de texto (1 h) + PCO (1h) + trabajo (1h) + problemas (1h) = 5 horas.
0.48	Sesión 7: Simulación: Vídeo (2h) + lectura de texto (1 h) + PCO (2h) + trabajo (7h) = 12 horas.
0.12	Sesión 8: Exposición y evaluación de trabajos (2h) + cuestionario <i>on-line</i> (1h) = 3 horas.

Bloque 2: Herramientas Matemáticas

Carga de trabajo en créditos ECTS:

a. Contextualización y justificación

En este bloque se contempla una selección de herramientas de amplia utilización, tanto en otras disciplinas del máster como en la investigación. En el contexto de las telecomunicaciones, en el de la electrónica y en el de la informática es preciso resolver sistemas de ecuaciones no lineales y también son muy frecuentes los modelos ligados a problemas de minimización, lo que justifica la inclusión de temas relacionados con la el método de Newton y la optimización. El bloque finaliza con una breve incursión en los sistemas dinámicos regidos por ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales, tema de gran interés propio, dada la enorme profusión de modelos en la ingeniería que vienen regidos por ecuaciones diferenciales, y que también conectamos con la optimización.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá de ser capaz de:

- Entender y manejar los conceptos básicos de cada una de las lecciones



- Implementar en lenguaje de pseudocódigo y en MATLAB los algoritmos de Newton, optimización y de integración de ecuaciones diferenciales contemplados en el bloque
- Analizar los ejemplos y modelos fundamentales introducidos en las lecciones, así como otros de su interés profesional, mediante las técnicas numéricas desarrolladas y extraer consecuencias significativas relacionadas a dichos modelos sobre la base del comportamiento observado en las aproximaciones numéricas.

c. Contenidos

1. Ecuaciones lineales

- Ecuaciones lineales: métodos directos
- Ecuaciones lineales: métodos iterativos
- Método del gradiente conjugado
- Método de la bisección
- Repaso matriz jacobiana. Matriz jacobiana aproximada.
- Método de Newton con jacobiano exacto y aproximado
- Condición de la secante. Métodos casi-Newton
- Restricciones. Funciones de penalty.

2. Optimización

- Repaso del gradiente y de los conjuntos de nivel
- Repaso de la matriz Hessiana y de la fórmula de Taylor de segundo orden
- Extremos locales y globales. Condiciones necesarias. Condiciones suficientes
- Métodos de descenso. Método del máximo descenso
- Algoritmo de Goldstein-Armijo
- Condición de la secante/casi-Newton
- Correcciones de rango 2
- Métodos BDFG

3. Sistemas dinámicos

- Manejo de integradores explícitos
- Integradores implícitos. Necesidad y manejo
- Sistemas gradiente
- Sistemas de segundo orden. Osciladores



- Conexión con la optimización
- Idea de los métodos de Nesterov

d. Métodos docentes

- Clases magistrales
- Sesiones de aprendizaje dirigido
- Creación de foros
- Estudio y trabajo autónomo del alumno: lecturas y trabajos dirigidos
- Presentación de trabajos tanto de forma oral (usando videoconferencia o grabaciones de video) como escrita
- Aprendizaje Basado en Casos o Problemas
- Tutorías síncronas mediante videoconferencia y/o chat
- Tutorías asíncronas mediante correo electrónico (o mensajería del campus virtual) y foros de debate integrados en el mismo

e. Plan de trabajo

Temporalización y tiempo de dedicación de cada actividad

Actividad	Dedicación	Evaluable	Tipo	Peso Evaluación
1.- Lectura Texto	10 h	no	(formativa)	0%
2.- Visionado video	8 h			
3.- Tutoría (asistencia síncrona)	3 h	no	(formativa)	0%
4.- Práctica con ordenador (PCO)	12 h	sí	Evaluación por Pares	30%
5.- Trabajo (confección, entrega y exposición)	8 h	no	Evaluación por Pares	35%
7.- Problemas	8 h	sí	Evaluación por Pares +profesor	15%
6.- Cuestionario on-line	1 h	si	Profesor	20% (con umbral)
TOTAL BLOQUE	50 h			

f. Evaluación



INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA DEL BLOQUE	OBSERVACIONES
Prueba práctica de simulación	30%	
Entrega de problemas solicitados	15%	
Trabajos e informes realizados por el alumno	20%	
Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen	15%	
Cuestionario on-line	20%	Se establece un mínimo del 40% de la puntuación de este cuestionario para aprobar el bloque.

g. Bibliografía básica

- Andreas Antoniu, Wu Sheng-Lu, Practical Optimization, Algorithms and engineering applications, Springer Verlag, 2007.
- Richard L. Burden and Douglas Faires, *Análisis Numérico*, 7ªEd., Thomson, 2001

h. Bibliografía Complementaria

- Stig Larsson and Vidar Thomée, Partial Differential Equations With Numerical Methods, Springer Verlag, 2005.
- Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, *Numerical Optimization*, Springer Verlag, 2000.
- Y. Nesterov, Introductory Lectures on Convex Programming, Springer Verlag, 2004.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en plataforma Moodle (Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Sistema de videoconferencia síncrona (facilitado por la UVa)
- Ordenadores con MATLAB para las clases de laboratorio, facilitados por la UVA. El entorno RStudio es de libre distribución.
- Recursos en la página de la asignatura en www.tel.uva.es

j. Temporalización

(Semanas 8,9 y 10 del curso)

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO (detallar orden semanas)
0.28	Sesión 1: Método de Newton I: Vídeo (1h) + lectura de texto (2h) + PCO (2h) + problemas (2h)=7 horas.
0.24	Sesión 2: Método de Newton II: Vídeo (1h) + lectura de texto (2h) + PCO (2h) + problemas (1h) = 6 horas.
0.20	Sesión 3: Método de Newton III: Vídeo (1h) + tutoría (1h)+trabajo (3h)= 5 horas.
0.28	Sesión 4: Optimización I: Vídeo (1h) + lectura de texto (2h) + PCO (2h) + problemas (1h) = 7 horas.
0.24	Sesión 5: Optimización II: Sesión 2: Método de Newton I: Vídeo (1h) + lectura de texto (2h) + PCO (2h) + problemas (2h)= 6 horas.
0.20	Sesión 6: Optimización III: Vídeo (1h) + tutoría (1h) + trabajo (3h)= 5 horas.
0.44	Sesión 7: Sistemas dinámicos: Vídeo (2h) + lectura de texto (2h) + PCO (2h) + trabajo (2h) + problemas (2h) +tutoría (1h)= 11 horas.
0.12	Sesión 8: Exposición y evaluación de trabajos (2h) + cuestionario <i>on-line</i> (1h) = 3 horas.

5. Temporalización (por bloques temáticos)

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque 1: Técnicas de investigación cuantitativa	2	Desde semana 6 hasta la mitad de la 8
Bloque 2: Herramientas matemáticas	2	Desde la mitad de la semana 8 a la 10

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	0	Lectura texto	20
Clases prácticas de aula (A)	0	Visionado vídeos	16
Laboratorios (L)	0	Tutorías on-line	6
Prácticas externas, clínicas o de campo	0	Prácticas con ordenador	22
Seminarios (S)	0	Trabajos (cofección y defensa)	16
Tutorías grupales (TG)	0	Problemas	18
Evaluación	0	Presentaciones y cuestionarios evaluación	2
Total presencial		Total no presencial	100

(1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.