

**Proyecto/Guía docente de la asignatura Adaptada a la Nueva Normalidad**

Asignatura	Seminario de Procesos Estocásticos		
Materia	Probabilidad y Estadística		
Módulo	Módulo de Formación Avanzada		
Titulación	Máster en Matemáticas		
Plan	645	Código	55040
Periodo de impartición	1 ^{er} cuatrimestre	Tipo/Carácter	Optativa
Nivel/Ciclo	-	Curso	-
Créditos ECTS	3		
Lengua en que se imparte	Español, con parte del material en inglés		
Profesor/es responsable/s	Eustasio del Barrio		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	eustasio.delbarrio@uva.es 983185870		
Departamento	Estadística e Investigación Operativa		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

Los procesos estocásticos son modelos matemáticos para fenómenos aleatorios que evolucionan en el tiempo. Esto significa que, de manera natural, los procesos estocásticos son los modelos matemáticos indicados para, por ejemplo, predecir las necesidades máximas de capacidad y poder diseñar correctamente una red de telecomunicaciones, estudiar la evolución de carteras en mercados financieros sujetos a incertidumbre o modelar fenómenos físicos en presencia de 'ruido'. Los procesos estocásticos son una de las áreas más fructíferas de investigación en Matemáticas, asociados a los nombres de varios de los últimos ganadores de la medalla Fields: Wendelin Wener o Stanislav Smirnov, entre otros.

1.1 Contextualización

Esta es una asignatura optativa del Máster en Matemáticas y asume un nivel de madurez matemática/estadística por parte de los estudiantes. Este curso trata de cubrir tres aspectos relacionados con la teoría de procesos:

- desigualdades maximales: son una herramienta imprescindible para el desarrollo de la teoría de procesos, pero aportan además el ingrediente necesario para la obtención de garantías estadísticas en algoritmos de aprendizaje automático
- procesos empíricos: una de las clases más estudiadas de procesos, fundamental en la teoría asintótica en Estadística Matemática
- cálculo estocástico: versión del cálculo diferencial e integral adaptada al modelado de fenómenos sujetos a "ruido aleatorio", con aplicaciones en campos muy diversos (finanzas, epidemiología, ingeniería,...)

En función de los intereses de los estudiantes matriculados se pondrá mayor énfasis en uno u otro bloque de los anteriores.

1.2 Relación con otras materias

Las técnicas estudiadas se relacionan estrechamente con las de la asignatura “Métodos Probabilísticos”. El estudio de desigualdades maximales tiene aplicación en “Aprendizaje Automático”. Algunos aspectos estudiados sobre cálculo estocástico se relacionan con las materias de “Ecuaciones Diferenciales Avanzadas” o “Métodos Matemáticos en Finanzas”.

1.3 Prerrequisitos

Es recomendable haber cursado un curso elemental de Procesos Estocásticos y de Teoría de la Probabilidad.

2. Competencias

2.1 Generales

G1.- Conocimiento del método científico.

Conocer el método científico, en particular en el ámbito de las Matemáticas, formulando modelos e hipótesis de trabajo relevantes y planificando el análisis en relación con dichas hipótesis y la discusión de las conclusiones, de modo que se pueda avanzar en el conocimiento de las Matemáticas.

G2.- Competencia para aplicar los conocimientos adquiridos.

Aplicar los conocimientos técnicos adquiridos, de forma coherente y profesional, sobre todo en contextos novedosos o en constante renovación, que impliquen la realización de una actividad matemática.

G3.- Capacidad crítica, de análisis y síntesis, y capacidad de interpretación.

Emitir juicios críticos sobre propuestas, hipótesis y validez científica de las conclusiones, así como sintetizar la presentación de propuestas y resultados, en el ámbito de las Matemáticas y de sus aplicaciones.

G4.- Competencias metodológicas.

Elegir la metodología más adecuada para el desarrollo de la investigación de un problema, adaptándola al contexto en el que se origina el problema.

G5.- Capacidad para reconocer la originalidad y creatividad.

Reconocer la originalidad en la concepción, formulación y resolución de problemas matemáticos.

G6.- Capacidades de comunicación.

Presentar, de forma oral y escrita, y tanto ante públicos especializados como no especializados, resultados avanzados de investigación en Matemáticas, teniendo en cuenta los antecedentes en la investigación, las hipótesis de trabajo, los desarrollos y las conclusiones.

G7.- Capacidad de trabajo en equipo.

Desarrollar una actividad matemática dentro de un equipo de investigación, bajo supervisión o de forma autónoma, pero al servicio de un proyecto investigador común, que puede ser multidisciplinar.

G8.- Capacidad para el uso de las nuevas tecnologías.

Adquirir destrezas generales en el uso de las nuevas tecnologías en el ámbito de la actividad matemática, facilitando su utilización en ámbitos diversos, así como el conocimiento de las herramientas informáticas disponibles más importantes.

G9.- Capacidad para poder mantener una formación permanente.

Adquirir las destrezas necesarias para poder ampliar conocimientos y mantener una formación continua a lo largo de su vida profesional.

G10.- Capacidad de aprendizaje autónomo.

Adquirir las destrezas necesarias para el aprendizaje autónomo en el ámbito de las Matemáticas, conociendo las fuentes de conocimiento para dicho aprendizaje y su utilización, y motivando el aprendizaje a lo largo de la vida en el ejercicio de la actividad matemática.

G11.- Competencias para la internacionalización de la actividad profesional en Matemáticas.

Adquirir competencias que favorezcan el desarrollo de una actividad profesional en Matemáticas en contextos internacionales, especialmente mediante el uso de un idioma extranjero, usualmente el inglés, para la comunicación en el ámbito científico internacional de los resultados de la actividad investigadora.

2.2 Específicas

E1.- Adquisición de destrezas técnicas generales en el ámbito de los Procesos Estocásticos.

Utilizar de forma profesional el lenguaje y las técnicas avanzadas propias del área, para favorecer la interpretación fluida de las fuentes especializadas correspondientes, así como la formulación adecuada de nuevos problemas.

E2.- Capacidad de comprensión de las bases teóricas y técnicas en las que se apoyan los conceptos y métodos de los Procesos Estocásticos.

Adquirir el corpus teórico que sustenta los conceptos y métodos de la materia y la capacidad para un manejo experto y fluido de dichos conocimientos.

E3.- Capacidad para iniciarse en la investigación y/o aplicación de las Matemáticas.

Adquirir competencias suficientes para iniciar un proyecto de investigación en algún tema relacionado con los Procesos Estocásticos, de forma supervisada, y en particular, en relación con la línea de investigación en Probabilidad y Estadística Matemática incluida en el Programa de Doctorado en Matemáticas de la Universidad de Valladolid.

Alternativamente conseguir competencias que le permitan la colaboración en proyectos interdisciplinarios en los que el uso de las técnicas y el pensamiento matemáticos resultan fundamentales.

E4.- Capacidad y destrezas para la gestión de las fuentes bibliográficas de la investigación.

Buscar y gestionar documentación y bibliografía especializada, en el ámbito específico de la especialización que le sea propia; usar ésta de modo racional y crítico para determinar el estado del arte en un determinado problema, y dominar los recursos bibliográficos pertinentes.

E5.- Capacidad de aplicar y adaptar los modelos teóricos y las técnicas específicas tanto a problemas abiertos en su línea de especialización, como a problemas provenientes de otros ámbitos ya sean científicos o técnicos.

Adaptar los modelos teóricos propios de cada una de las disciplinas de las Matemáticas para el estudio de problemas abiertos relacionados o para el análisis de otros problemas provenientes de los ámbitos científicos, sociales o tecnológicos.

E6.- Capacidad de analizar problemas, detectando el posible uso de modelos matemáticos para contribuir a su comprensión y resolución.

Analizar nuevas situaciones para identificar la aplicación de modelos matemáticos, existentes o de nuevo diseño, que contribuyan a la comprensión y solución de los problemas planteados.

E7.- Capacidad de exponer y defender proyectos y trabajos de investigación en el ámbito de sus líneas de especialización, así como de mantener debates científicos sobre los mismos, ya sean estos propios o adquiridos.

Exponer y defender proyectos y trabajos de investigación en el ámbito propio de la especialización adquirida, tanto para defender las tesis propias como para debatir con juicio crítico con terceros, en una relación entre pares.

E8.- Discernir entre las diferentes orientaciones de las técnicas específicas que concurren en la comprensión y resolución de un problema, comprendiendo la oportunidad y el uso de cada una de ellas individualmente, así como la cooperación entre ellas de cara a la resolución global del problema.

E9.- Capacidad de comprender nuevos avances y perspectivas científicas en el ámbito de la investigación en las líneas de su especialización.

Comprender la formulación de nuevos avances y las perspectivas que éstos abren.

E10.- Capacidad de detectar líneas de trabajo emergentes en el ámbito de las Matemáticas o de sus aplicaciones, identificando la relación, origen e influencia con el estado de conocimiento propio de cada una de las especializaciones de las Matemáticas.

Reconocer líneas de trabajo emergentes en el ámbito de las Matemáticas o de sus aplicaciones, identificando las interrelaciones existentes con cada una de las especialidades.

E11.- Capacidad para modelar matemáticamente fenómenos de la realidad y describir, en el ámbito de esos fenómenos, la relevancia de los resultados matemáticos.

Proponer y ajustar modelos matemáticos, deterministas o estocásticos, continuos o discretos, en el estudio de problemas concretos, estudiando sus propiedades y la teoría matemática que sustenta su uso.

E12.- Capacidad para el ajuste de modelos matemáticos.

Valorar la idoneidad de un modelo matemático en un problema concreto, estudiando sus propiedades y manejando las herramientas de ajuste y diagnóstico necesarias.

3. Objetivos

Conocer los fundamentos teóricos avanzados de los procesos estocásticos. Comprender la conexión entre las propiedades estudiadas y las aplicaciones en otros campos como la estadística matemática, el aprendizaje automático o la matemática financiera.

4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: “Desigualdades maximales”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1

a. Contextualización y justificación

Las desigualdades maximales son una herramienta imprescindible para el desarrollo de la teoría de procesos y tienen además aplicación a la obtención de garantías estadísticas en algoritmos de aprendizaje automático

b. Objetivos de aprendizaje

Conocer los métodos principales de obtención de desigualdades maximales probabilística y de momentos. Comprender la relación entre las cotas anteriores y la regularidad de los procesos. Explorar la aplicación en aprendizaje automático.



c. Contenidos

Cota de Chernoff. Desigualdades elementales. El método de encadenamiento. Entropías. Desigualdades de concentración.

d. Métodos docentes

Descritos en el punto 5 de este documento.

e. Plan de trabajo

Seis horas de clases teóricas (60%), tres horas de clases de resolución de problemas (30%) y una hora de clase de presentación de trabajos (10%).

f. Evaluación

Descrita en el punto 7 de este documento.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

1. Apuntes de clase disponibles en el campus virtual de la Uva.
2. Boucheron, S., Lugosi y Massart, P. (2013). *Concentration Inequalities: A Nonasymptotic Theory of Independence*. Oxford University Press.
3. Talagrand, M. (2014). *Upper and Lower Bounds for Stochastic Processes. Modern Methods and Classical Problems*. Springer.

h. Recursos necesarios

Pizarra, proyector.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1	Primeras diez horas del curso

Bloque 2: “Procesos empíricos”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1

a. Contextualización y justificación



Los procesos empíricos son una de las clases de procesos más estudiados y están detrás de gran parte de los resultados asintóticos en Estadística Matemática y de las cotas probabilísticas que aportan garantías de buen funcionamiento a algunos algoritmos en aprendizaje automático.

b. Objetivos de aprendizaje

Conocer los resultados principales sobre convergencia de procesos empíricos. Conocer las aplicaciones en estadística asintótica.

c. Contenidos

Convergencia de procesos empíricos. Extensiones. Aplicaciones en M-estimación.

d. Métodos docentes

Descritos en el punto 5 de este documento.

e. Plan de trabajo

Seis horas de clases teóricas (60%), tres horas de clases de resolución de problemas (30%) y una hora de clase de presentación de trabajos (10%).

f. Evaluación

Descrita en el punto 7 de este documento.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- Apuntes de clase disponibles en el campus virtual de la Uva.
- Van Der Vaart, A.W. y Wellner, J. (2000). *Weak Convergence and Empirical Processes: With Applications to Statistics*. Springer.

h. Recursos necesarios

Pizarra, proyector.

i. Temporalización



CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1	Segundas diez horas del curso

Bloque 3: “Cálculo Estocástico”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1

a. Contextualización y justificación

El cálculo de estocástico de Ito, como sus generalizaciones posteriores, es la base de los modelos matemáticos en finanzas y tiene aplicaciones en muchos otros contextos, incluyendo el estudio de ecuaciones en derivadas parciales.

b. Objetivos de aprendizaje

Conocer el Movimiento Browniano. Manejar el concepto de integral de Ito y las ecuaciones diferenciales estocásticas basadas en ella.

c. Contenidos

Movimiento Browniano. Integral de Ito. Cálculo de Ito. Ecuaciones diferenciales estocásticas.

d. Métodos docentes

Descritos en el punto 5 de este documento.

e. Plan de trabajo

Seis horas de clases teóricas (60%), tres horas de clases de resolución de problemas (30%) y una hora de clase de presentación de trabajos (10%).

f. Evaluación

Descrita en el punto 7 de este documento.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

5. Apuntes de clase disponibles en el campus virtual de la Uva.



Karatzas, I. y Shreve, S.E. (1987). *Brownian Motion and Stochastic Calculus*. Springer.

h. Recursos necesarios

Pizarra, proyector.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1	Últimas diez horas del curso

5. Métodos docentes y principios metodológicos

Esta asignatura se plantea como una exposición a un nivel avanzado a algunos de los temas de más interés en el contexto de los Procesos Estocásticos. Los bloques elegidos podrían haber sido otros (procesos estacionarios, procesos de Markov, etc). No se pretende ser exhaustivo en la presentación de la teoría (lo que, por otro lado, no sería viable en un curso de 3 créditos), sino de presentar algunos elementos de especial interés en ella, profundizando en alguno.

A continuación se describen los tipos de actividades formativas que se emplearán en el desarrollo de la asignatura:

- Clases Teóricas (18 horas): Clases en las que el profesor presenta el corpus teórico de la asignatura. Corresponde en gran medida al concepto de lección magistral, aunque se entiende que el profesor puede contar con otros recursos docentes.
- Resolución de problemas (9 horas): Esta actividad comprende clases en las que se resuelven ejercicios y problemas con intervención del estudiante, aunque siempre orientada por el profesor.
- Realización y presentación de trabajos: Actividad esencial en la que estudiantes, de forma individual o en grupos muy reducidos, trabajan sobre un tema específico de uno de los tres bloques de la asignatura, propuesto por el profesor. Se procurará que este tema se adapte a los intereses específicos de los estudiantes. Además de ayudar a adquirir una perspectiva más amplia sobre el valor de alguno de los aspectos de la teoría de procesos estocásticos, trabajar en una buena presentación de los resultados ayudará a mejorar las habilidades de comunicación de resultados científicos por parte de los estudiantes.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teóricas	18	Trabajo individual autónomo	30
Clases de resolución de problemas	9	Trabajo en equipo	15
Presentación de trabajos	3		
Total presencial	30	Total no presencial	45
TOTAL presencial + no presencial			75

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor para otro grupo presente en el aula.

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Resolución de problemas a lo largo del curso	50%	
Realización y presentación de trabajo sobre uno de los tres bloques del curso	50%	

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - Para la obtención de la máxima calificación en la resolución de problemas se requiere una resolución correcta del mismo y una explicación y justificación suficiente de los argumentos empleados.
 - En la valoración de los trabajos realizados se tendrá en cuenta, además de la corrección del material presentado, la calidad y claridad de la presentación.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - se emplearán los mismos criterios que en la convocatoria ordinaria

8. Consideraciones finales



La presente guía ha sido elaborada asumiendo un escenario de vuelta a la docencia presencial normal. En caso de suspensión o limitación de la docencia presencial sería necesario modificar los métodos docentes en esta asignatura. Los cambios principales serían los siguientes:

1. Sustitución de clases presenciales por el uso intensivo del campus virtual:
 - a. Las clases teóricas se suplen con la exposición de la materia en vídeos (presentaciones con sonido grabado) para suplementar el material disponible, que están disponibles a través del Campus Virtual. El material se expone con discusión a través de la plataforma webex
 - b. Las clases de problemas se convierten en discusiones a través de foros específicos para cada tema. El profesor resuelve, a modo de ejemplo, parte de los ejercicios propuestos. Después los estudiantes suben al campus virtual sus soluciones a los problemas propuestos (en formato html, Rmd o con imágenes escaneadas). Las soluciones se discuten en el foro y el profesor aporta correcciones o aclaraciones. El soporte para latex del campus virtual facilitará esta actividad.
2. Adaptación de la presentación de trabajos:
 - a. Los trabajos se realizan de forma similar, como comunicación a través de la red entre los estudiantes y con el profesor. La presentación se desarrolla con la plataforma Webex.
3. La tabla de dedicación del estudiante se mantiene esencialmente igual, aunque en función de la disponibilidad de acceso a la red podría ser necesario mayor dedicación individual para suplir una hipotética limitación en el acceso a las actividades en línea. La forma de evaluación se mantendría con los mínimos cambios posibles.