

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Técnicas de Trading Algorítmico
Código	DOI-MTF-512
Impartido en	Máster en Tecnologías Financieras: Pagos y Banca Digital [Primer Curso]
Nivel	Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	4,5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Organización Industrial
Responsable	Cristobal Cantos Sánchez de Iburgüen
Horario de tutorías	A consultar con el profesor

### Datos del profesorado

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

La creciente electrificación de los mercados financieros está transformando radicalmente el negocio comercial. La posibilidad de utilizar algoritmos computacionales para operar automáticamente permite a las firmas de inversión ampliar sus negocios, optimizar las decisiones comerciales mediante la explotación de múltiples fuentes de datos históricos y en tiempo real y reducir costos.

Big data y Advanced Analytics juegan un papel cada vez más importante en el diseño de algoritmos comerciales. Como agente autónomo que toma decisiones en los mercados financieros, un algoritmo de negociación se beneficia enormemente de indicadores que resumen el estado del mercado o predictores que lo anticipan. En las aplicaciones más avanzadas, la estrategia completa del algoritmo comercial se puede derivar utilizando técnicas de aprendizaje automático.

Durante este curso, comprenderemos qué son los algoritmos comerciales y cómo se utilizan hoy en día en los mercados financieros. Aprenderemos los fundamentos de la microestructura del mercado, el entorno en el que opera un algoritmo comercial y los objetivos comerciales más habituales, a saber, ejecución, creación de mercado e inversión. Pondremos un énfasis especial en las teorías matemáticas y analíticas utilizadas para derivar estrategias comerciales óptimas. Advanced Analytics juega un papel central natural cuando se utilizan estos marcos para desarrollar algoritmos comerciales.

Probablemente no haya mejor manera de comprender los matices de un tema técnico que una experiencia práctica real. En este curso, los estudiantes implementarán varios algoritmos comerciales impulsados por Machine Learning, que cubren los casos de uso más típicos de la industria. La evaluación se basará en la correcta implementación y comprensión de estos algoritmos comerciales.

Completaremos el curso discutiendo las megatendencias que están revolucionando el mundo del comercio algorítmico, desde los últimos avances en Big Data e inteligencia artificial, hasta criptomonedas y finanzas descentralizadas.

#### Prerrequisitos



Conocimientos de Python

## Competencias - Objetivos

### Competencias

#### Conocimientos

- CO3: Estudiar las técnicas y principios de tecnología blockchain y finanzas descentralizadas.
- CO4: Entender en profundidad los fundamentos de los contratos inteligentes y monedas digitales emitidas por el Banco Central.
- CO5: Adquirir una comprensión completa de las técnicas de intercambios descentralizados y tokenomics.

#### Competencias

- CP3: Manejar las finanzas descentralizadas y la tecnología blockchain, incluyendo los contratos inteligentes y los intercambios descentralizados. Conocer y emplear las monedas digitales emitidas por el Banco Central y la tokenomics.
- CP8: Desarrollar y perfeccionar las tecnologías de pago, desde las tarjetas de débito y crédito hasta los pagos criptográficos.

#### Habilidades

- HA3: Destreza en el uso de tecnologías blockchain y contratos inteligentes en finanzas descentralizadas.
- HA4: Aptitud para procesar, manejar y utilizar grandes volúmenes de datos en finanzas digitales, incluyendo la capacidad de acceder, filtrar, evaluar, crear, programar y compartir contenido digital.
- HA5: Maestría para destinar técnicas de inteligencia artificial y machine learning en la gestión de riesgos y la prevención del fraude.
- HA8: Habilidad para diseñar e implementar estrategias de trading algorítmico utilizando técnicas de machine learning y análisis de datos financieros.

### Resultados de Aprendizaje

Al final de curso los alumnos deben ser capaces de:

RA1. Comprender los fundamentos de los mercados financieros, incluyendo las razones detrás de las operaciones financieras, los tipos de inversores, y el propósito de los mercados primarios y secundarios, así como los principales tipos de activos financieros.

RA2. Analizar el funcionamiento del Limit Order Book, identificando los tipos de órdenes, datos asociados (tick, intradía) y aplicar técnicas de análisis de datos para predecir desequilibrios y volúmenes en la práctica.

RA3. Explicar cómo funciona el Request for Quote (RfQ), diferenciando los tipos de datos utilizados y desarrollar modelos para estimar la probabilidad de éxito en las solicitudes de cotización.

RA4. Definir el trading algorítmico, identificando diferentes tipos de algoritmos de trading, su infraestructura, regulación asociada y diseñar estrategias de backtesting.

RA5. Desarrollar habilidades de programación para construir algoritmos de trading, incluyendo el diseño de clases y modelos.

RA6. Aplicar conceptos matemáticos avanzados como procesos estocásticos y ecuaciones de Bellman en el diseño y análisis de algoritmos de trading.

RA7. Analizar y comparar diferentes tipos de algoritmos de ejecución, identificando los riesgos, tipos de benchmarks y ejemplos prácticos

de ejecución algorítmica.

RA8. Implementar modelos teóricos como el de Avellaneda-Stoikov para market-making, comprendiendo su mecánica, riesgos asociados y ejemplos de aplicación en mercados financieros.

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

#### Tema 1. Introducción a los mercados financieros

- Fundamentos de los mercados financieros: por qué se negocia, tipos de inversores, finalidad de los mercados financieros, mercados primarios frente a secundarios, tipos de centros de negociación, principales clases de activos
- Fundamentos de los mercados financieros: por qué se negocia, tipos de inversores, finalidad de los mercados financieros, mercados primarios y secundarios, tipos de centros de negociación, principales clases de activos.
- Libro de órdenes a precio limitado: cómo funciona, tipos de órdenes, tipos de datos (tick, intradía, etc.), análisis de datos.
- Práctica de la cartera de órdenes limitadas: creación de modelos para predecir desequilibrios, volumen, etc.
- Solicitud de cotización: cómo funciona, tipos de datos, análisis de datos
- Práctica de solicitudes de cotización: creación de modelos de probabilidad de ganar solicitudes de cotización

#### Tema 2. Fundamentos de Trading Algorítmico

- Qué es el trading algorítmico, tipos de algoritmos de negociación, infraestructura, regulación, diseño y backtesting
- Qué es la negociación con trading algorítmico, tipos de algoritmos de negociación, infraestructura, regulación, diseño y backtesting
- Conocimientos de programación para crear algoritmos (clases, modelos, etc.)
- Plataformas de backtesting (quantconnect y otras)
- Conocimientos matemáticos (procesos estocásticos, ecuaciones de Bellman, etc.)

#### Tema 3. Algoritmos de ejecución

- Introducción, tipos de algoritmos de ejecución, tipos de puntos de referencia, riesgos a los que se enfrentan los algoritmos de ejecución, ejemplos reales.
- Teoría Almgren - Chriss
- Práctica de Almgren - Chris
- Teoría VWAP
- Práctica de VWAP
- Teoría de las tácticas
- Práctica de táctica

#### Tema 4. Algoritmos de creación de mercados

- Introducción, mecánica, tipos de riesgos a los que se enfrenta el creador de mercado, ejemplos
- Modelos de juguete
- Teoría de Avellaneda-Stoikov
- Aplicación del modelo de Avellaneda Stoikov

## Tema 5. Algoritmos de inversión

- Introducción, tipos de algoritmos, puntos de referencia, ejemplos reales
- Teoría de la reversión a la media
- Práctica de la reversión a la media
- Momentum y teoría del arbitraje
- Momentum y práctica del arbitraje

## Tema 6. El futuro del Trading Algoritmico

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

#### Metodología Presencial: Actividades

- Clase magistral y presentaciones generales: Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Resolución de problemas.
- Estudio individual del material a discutir en clases posteriores: Actividad realizada individualmente por el estudiante cuando analiza, busca e interioriza la información que aporta la materia y que será discutida con sus compañeros y el profesor en clases posteriores.
- Resolución grupal de casos prácticos y problemas. El profesor planteará pequeños casos prácticos y problemas que los alumnos resolverán en pequeños grupos en clase y cuya solución discutirán con el resto de grupos.

#### Metodología No presencial: Actividades

- Realización de ejercicios prácticos y de aplicación fuera del aula disponibles en Moodle.
- Lecturas de textos científico-técnicos sobre caracterización, selección y aplicación de materiales disponibles en Moodle.
- Búsqueda de información sobre los temas a tratar en el aula o para los trabajos de investigación por grupo.
- Estudio por parte del alumno de los temas tratados

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

### Calificaciones

#### Convocatoria ordinaria

La calificación en la **convocatoria ordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- Exámenes tipo test al final de cada bloque de fundamentos. Peso 40%
- Ejercicios prácticos 30%
- Prácticas en Python. Peso 30%

Para poder realizar esta suma ponderada es necesario obtener una nota mínima de **4,0 puntos en cada una de las partes que componen la calificación**

#### Convocatoria extraordinario

En la **convocatoria extraordinaria** el alumno se examinará sólo de la parte suspensa (teoría y/o prácticas).

La calificación en la **convocatoria extraordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- Exámenes tipo test al final de cada bloque de fundamentos. Peso 40%
- Ejercicios prácticos 30%
- Prácticas en Python. Peso 30%

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- 1) Rishi K. Narang, Manoj Narang and David Siegal. (2013). Inside the Black Box : A Simple Guide to Quantitative and High Frequency Trading. Second Edition. Wiley. ISBN 9781118420591 - Relatively non-technical introduction to quantitative & algorithmic investing
- 2) Ernest P Chan. (2013). Algorithmic Trading : Winning Strategies and Their Rationale. Wiley. ISBN 9781118659557 - Good introduction to do-it-yourself investment trading algorithms

### Bibliografía Complementaria

- 3) Marcos Lopez de Prado. (2018). Advances in financial machine learning. First Edition. Wiley. ISBN 9781119482116 - General guidelines on backtesting strategies and how to use machine learning models within trading strategies
- 4) Marcos López de Prado. (2020). Machine Learning for Asset Managers. Cambridge University Press. ISBN 1108792898 - A book that focuses on the use of Machine Learning for investment strategies, with plenty of useful practical insights
- 5) Barry Johnson. (2010). Algorithmic Trading & DMA: An Introduction to Direct Access Trading Strategies. 4Myeloma Press. ISBN 9780956399205 - A classical book focused on execution algorithms. It also provides a deep dive into market structure.
- 6) Irene Aldridge. (2013). High-Frequency Trading : A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems. Second Edition. Wiley. ISBN 9781118420119 -Introduction to high frequency trading algorithms and the infrastructure needed. It covers market-making strategies
- 7) Stefan Jansen. (2020). Machine Learning for Algorithmic Trading. Packt Publishing. ISBN 9781839216787 - Good introduction to practical tools to build trading algorithms. General introduction to machine learning techniques.
- 8) Oliver Gueant. (2016). The Financial Mathematics of Market Liquidity: From Optimal Execution to Market-Making. CRC Press. ISBN 9780429153778 - Detailed introduction to mathematical models for execution and market-making.
- 9) Campbell R. Harvey, Ashwin Ramachandran and Joey Santoro. (2021). DeFi and the Future of Finance. First Edition. Wiley. ISBN 1119836018 - A comprehensive non-technical introduction to Decentralized Finance
- 10) Alvaro Cartea, Sebastian Jaimungal, José Peñalva. (2015). Algorithmic and High-Frequency Trading. Cambridge University Press. ISBN 9781107091146 - Another good introduction to the mathematical foundations of trading algorithms, covering execution, market-making and investment algorithms
- 11) Irene Aldridge and Marco Avellaneda. (2021). Big Data Science in Finance. John Wiley & Sons Inc. ISBN 111960298X - Introduction to Big Data and Machine Learning techniques that are useful for investment strategies
- 12) Mathew F. Dixon, Igor Halperin and Paul Bilokon. (2020). Machine Learning in Finance: From Theory to Practice. Springer. ISBN 3030410676 - A comprehensive introduction to Machine Learning and its mathematical foundations, with practical examples in Finance, some of them useful for trading algorithms. A strong focus is placed on Reinforcement Learning techniques.
- 13) Alexander Denev and Saeed Amen. (2020). The Book of Alternative Data: A Guide for Investors, Traders and Risk Managers. Wiley & Sons Inc. ISBN 1119601797 - A good overview of alternative data, the new data sources that are being explored in order to enhance investment strategies