



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO DE SOLICITUD DE ASIGNACIÓN DE TUTOR/A Y TEMA DE  
TRABAJO FIN DE MÁSTER CON ACUERDO PREVIO CON TUTOR**

☐ MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS (MUM)

Estoy matriculada/o en la asignatura Introducción al Trabajo Fin de Máster: \_\_\_\_\_ (indicar Sí o NO)

☐ DOBLE MÁSTER MAES-MUM

☒ MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE DATOS (MUEACD)

D./Dña María Cristina Molero del Río

Profesor/a del Departamento de Estadística e Investigación Operativa

**ACEPTA** ser Tutor/a para el Trabajo Fin del Máster marcado arriba que será desarrollado por el/la estudiante D./Dña David Holoskov Holoskov

dentro de la Línea<sup>1</sup> Machine learning and time series. Application to electricity consumption.

y con tema Machine learning and time series. Application to electricity consumption.

En Sevilla, a 12 de octubre de 2026.

El/La Tutor/a,

MOLERO DEL RIO  
MARIA CRISTINA  
- 30996120D

Signature numérique de  
MOLERO DEL RIO MARIA  
CRISTINA - 30996120D  
Date : 2026.10.14 07:50:49  
+02'00'

El/La Estudiante,

Firmado por HOLOSKOV  
HOLOSKOV, DAVID (FIRMA) el  
día 13/10/2026 con un  
certificado emitido por AC  
DNIE 006

Fdo.: María Cristina Molero del Río

Fdo.:

David Holoskov Holoskov

**Sr. Presidente de la Comisión Académica del máster correspondiente**

<sup>1</sup> La línea del trabajo habrá de ser uno de las ofertadas previamente por el departamento correspondiente y con el/la citado/a profesor/a como responsable de la misma.



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE  
DATOS POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: Estadística e Investigación Operativa.

Líneas de trabajos ofertadas: Modelos ocultos de Markov: métodos de estimación y análisis computacional.

Breve descripción de las líneas propuestas:

Esta línea de trabajo se centra en el estudio estadístico y computacional de los modelos ocultos de Markov (Hidden Markov Models), con especial atención a los métodos de estimación de sus parámetros, el comportamiento de los algoritmos y su aplicación al análisis de datos secuenciales.

Los trabajos podrán abordar aspectos como la influencia de los valores iniciales en los procedimientos de estimación, la estabilidad y convergencia de los algoritmos, el efecto del tamaño muestral, la selección del número de estados ocultos y la comparación de diferentes estrategias de estimación.

Se contempla el desarrollo de estudios de simulación para evaluar el comportamiento de los métodos bajo distintos escenarios, así como su implementación computacional mediante Python o R y, cuando resulte pertinente, su aplicación a conjuntos de datos reales.

Responsables: Álvaro Gómez Losada

En Sevilla, a 22 de octubre de 2026



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE  
DATOS POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA

Líneas de trabajos ofertadas:

UN ESTUDIO DEL IMPACTO DE OUTLIERS EN TÉCNICAS DE CLASIFICACIÓN  
EN MACHINE LEARNING

**Breve descripción de las líneas propuestas:**

En Ciencia de Datos, se denomina outliers u observaciones atípicas a aquellos datos que presentan un comportamiento marcadamente diferente al resto de las observaciones. En la fase previa a cualquier análisis estadístico, deben emplearse técnicas adecuadas para detectarlos, y adecuarlos antes de aplicar otros métodos estadísticos. En este TFM estudiaremos cómo proceder en problemas de clasificación. Se debe realizar un resumen de técnicas para detectar outliers y de los métodos de clasificación que se consideren. El TFM se completará con aplicaciones a datos reales, tomados, por ejemplo, de KAGGLE.

Responsables: Inmaculada Barranco Chamorro (chamorro@us.es)



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE  
DATOS POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

**Dpto.:** Estadística e Investigación Operativa

**Líneas de trabajos ofertadas:** Uso de datos en formato grafos en algoritmos de aprendizaje estadístico

**Breve descripción de las líneas propuestas:** Los conjuntos de datos que se utilizan para entrenar y testear algoritmos de aprendizaje estadístico supervisados suelen ser homogéneos en cuanto a dimensionalidad y no son adaptables a situaciones en las que existen determinados tipos de relaciones que sí pueden recoger los grafos. Este TFM busca indagar en los algoritmos de aprendizaje supervisado que pueden utilizarse para predecir la clasificación de una variable categórica ordinal asociada a grafos donde cada grafo tiene un número variables de nodos y aristas, aprovechando la información contenida en la estructura de los grafos y la información de los nodos y aristas para realizar las predicciones.

Responsables: David Gálvez Ruiz

En Sevilla, a 22 de octubre

de 2026



Facultad de Matemáticas

## **FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE DATOS POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: Estadística e Investigación Operativa

Líneas de trabajos ofertadas: De cajas negras a agujeros negros: principios de teoría de la información física para la interpretabilidad de modelos de aprendizaje automático

Breve descripción de las líneas propuestas:

Este TFM propone trasladar herramientas matemáticas de la física teórica de agujeros negros al estudio de la interpretabilidad de modelos de aprendizaje automático. El punto de partida es una analogía estructural:

Por un lado, los agujeros negros son sistemas cuyo “interior” resulta inaccesible al observador externo, pero que, en el caso de la física, han podido caracterizarse mediante un número reducido de parámetros macroscópicos observables o medibles (masa, momento angular y carga, según el teorema *no-hair*).

Por otro lado, en algunos modelos de aprendizaje estadístico, si bien las variables de salida son totalmente observables por un observador externo, las vías de transformación a través de las cuales las entradas de alta dimensión (a veces ni siquiera observables por un observador externo), se asignan a las salidas ocultan los mecanismos que subyacen a las predicciones y socavan la confianza en la inferencia automatizada.

La línea de investigación busca formalizar esta analogía de manera rigurosa, definiendo propiedades fundamentales de los modelos y estudiando conceptos análogos a los definidos en los teoremas básicos de información física cuántica.

### ***Objetivos del TFM***

1. Formalización matemática. Desarrollar con rigor las definiciones de masa, momento y carga informacionales a partir de la teoría de la información (entropía de Shannon, información mutua, matriz de Fisher, longitud de descripción mínima), estudiando sus propiedades e invariancias.
2. Caracterización del horizonte de sucesos del modelo. Estudiar, mediante información mutua condicionada, el umbral de complejidad a partir del cual los datos de entrenamiento se vuelven irre recuperables a partir de las salidas del modelo.
3. Estudio del principio holográfico de interpretabilidad. Analizar si el contenido informacional de un modelo puede caracterizarse mediante la estructura topológica de su frontera de decisión.
4. Validación empírica. Diseñar experimentos sobre arquitecturas neuronales concretas para medir las cantidades definidas y contrastar las conjeturas planteadas.

### ***Perfil y conocimientos previos recomendados***



### Facultad de Matemáticas

- Fundamentos de teoría de la probabilidad y estadística matemática.
- Teoría de la información (entropía, información mutua, complejidad de Kolmogorov).
- Conocimientos de aprendizaje automático y redes neuronales profundas, así como experiencia básica de programación (R, Python/PyTorch o similar) para la parte experimental.
- Álgebra lineal y optimización (gradiente, Hessiano, valores propios).
- Se valorarán nociones de geometría diferencial y topología algebraica (variedades, homología), deseables para el estudio de fronteras de decisión y para comprender las analogías con relatividad general.
- Formación previa básica en física de agujeros negros.

### ***Orientación hacia el doctorado***

Este TFM se ofrece principalmente a alumnos interesados en continuar la investigación a través del Programa de Doctorado en Matemáticas de la Universidad de Sevilla. La línea está en una fase fundacional, con numerosos problemas abiertos de naturaleza matemática que constituyen material idóneo para una tesis doctoral. El TFM funcionará como primera etapa de dicho recorrido, permitiendo al alumno incorporarse a una línea emergente con potencial de publicación en el ámbito interdisciplinar de matemáticas, física teórica y ciencia de datos.

### Bibliografía básica de partida

- Carter, B. (1971). \*Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom\*. Phys. Rev. Lett., 26(6).
- Hawking, S. W. (1976). \*Breakdown of predictability in gravitational collapse\*. Physical Review D, 14(10).
- Jaynes, E. T. (1957). \*Information theory and statistical mechanics\*. Physical Review, 106(4).
- Lundberg, S. M. & Lee, S.-I. (2017). \*A unified approach to interpreting model predictions\*. NeurIPS.
- Ribeiro, M. T., Singh, S. & Guestrin, C. (2016). \*"Why should I trust you?" Explaining the predictions of any classifier\*. KDD.
- 't Hooft, G. (1993). \*Dimensional reduction in quantum gravity\*. arXiv:gr-qc/9310026.
- Susskind, L. (1995). \*The world as a hologram\*. Journal of Mathematical Physics, 36(11).
- S. Shalev-Shwartz and S. Ben-David, Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. Cambridge University Press, May 2014.
- R. P. Kerr, "Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metrics," Physical Review Letters, vol. 11, no. 5, pp. 237–238, 1963.
- S. J. Russell and P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th ed., ser. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence. Boston: Pearson, 2022.
- L. Longo, M. Brcic, F. Cabitza, J. Choi, R. Confalonieri, J. D. Ser, R. Guidotti, Y. Hayashi, F. Herrera, A. Holzinger, R. Jiang, H. Khosravi, F. Lecue, G. Malgieri, A. Páez, W. Samek, J. Schneider, T. Speith, and S. Stumpf, "Explainable Artificial Intelligence (XAI) 2.0: A manifesto of open challenges and interdisciplinary research directions," Information Fusion, vol. 106, p. 102301, Jun. 2024.
- L. Dib, "Formal Definition of Interpretability and Explainability in XAI," in Intelligent Systems and Applications, K. Arai, Ed. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, vol. 1067, pp. 133-151.



Facultad de Matemáticas

- Z. C. Lipton, "The mythos of model interpretability," Communications of the ACM, vol. 61, no. 10, pp. 36-43, Sep. 2018.
- W. J. Murdoch, C. Singh, K. Kumbier, R. Abbasi-Asl, and B. Yu, "Definitions, methods, and applications in interpretable machine learning," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 116, no. 44, pp. 22071-22080, Oct. 2019.
- S. M. Lundberg and S.-I. Lee, "A Unified Approach to Interpreting Model Predictions," in Advances in Neural Information Processing Systems, 2017, pp. 4765–4774.
- B. Bilodeau, N. Jaques, P. W. Koh, and B. Kim, "Impossibility theorems for feature attribution," Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 121, no. 2, p. e2304406120, Jan. 2024.
- Saidjon Kamolov, "Feature attribution methods in machine learning: A state-of-the-art review," Annals of Mathematics and Computer Science, vol. 29, pp. 104-111, Aug. 2025.
- Y. Zhou, S. Booth, M. T. Ribeiro, and J. Shah, "Do Feature Attribution Methods Correctly Attribute Features?" Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, vol. 36, no. 9, pp. 9623-9633, Jun. 2022.

Responsables: David Gálvez Ruiz

En Sevilla, a        de        de 20



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE  
DATOS POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: Estadística e Investigación Operativa

Líneas de trabajos ofertadas: Predicción probabilística de la demanda eléctrica y calibración de intervalos

Breve descripción de las líneas propuestas:

El objetivo del trabajo es estudiar modelos que proporcionen predicciones de demanda eléctrica que sean a la vez precisas y estén bien calibradas, especialmente en horas punta. Se comenzará con la predicción puntual del valor esperado de la demanda, seguido de la predicción probabilística, es decir, valores puede tomar la demanda y con qué probabilidad. Se desea cuantificar la incertidumbre de esa predicción y determinar si los intervalos obtenidos son fiables. Un apartado del trabajo debe dedicarse a la evaluación y calibración de los intervalos obtenidos, estudiando si tienen la cobertura adecuada y son suficientemente precisos.

Responsables: Antonio Beato Moreno

En Sevilla, a 21 de octubre de 2026



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE  
DATOS POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: Estadística e Investigación Operativa

Líneas de trabajos ofertadas: Diseño de rutas de reparto urbano con ventanas temporales

Breve descripción de las líneas propuestas:

Este Trabajo Fin de Máster estudia cómo planificar rutas urbanas de reparto respetando capacidades de vehículos y franjas horarias de entrega. Se formulará una extensión del problema de rutas de vehículos con ventanas temporales (VRPTW) que incorpora situaciones en las que no es posible atender a todos los clientes. El objetivo del TFG analizará la estructura matemática del problema, su dificultad computacional y formulaciones de programación entera mixta y heurísticas. Se estudiará el software disponible que implemente métodos exactos para casos pequeños y heurísticas o paquetes especializados para instancias mayores.

Responsables: Antonio Beato Moreno

En Sevilla, a 21 de octubre de 2026



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DE MÁSTER  
POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: Estadística e Investigación Operativa

MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS (MUM) / MAES-MUM

TFM (9 créditos) ☐

TFM más Introducción al TFM (18 créditos) ☐

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE DATOS (MUEACD)

TFM (12 créditos) ☒

Líneas de trabajos ofertadas: Detección de comunidades: modelización y optimización

Breve descripción de las líneas propuestas:

El problema de detección de comunidades en redes consiste en identificar grupos de nodos estrechamente relacionados, con aplicaciones en ámbitos como las redes sociales, biológicas o tecnológicas. El objetivo del TFM será estudiar y desarrollar métodos para abordar este problema, prestando especial atención a los enfoques basados en optimización matemática. Se podrán analizar distintas formulaciones, estudiar sus propiedades, implementar algoritmos y comparar su comportamiento mediante experimentación computacional. El trabajo se adaptará a los conocimientos e intereses del estudiante, pudiendo orientarse tanto al análisis de métodos existentes como al desarrollo de nuevas variantes y al estudio de cuestiones abiertas en la literatura.

Responsables: Miguel Ángel Pozo Montaña

En Sevilla, a 19 de Octubre de 2026

**(NO FIRMAR)**



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DE MÁSTER  
POR PARTE DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: Estadística e Investigación Operativa

MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS (MUM) / MAES-MUM

TFM (9 créditos) ☐

TFM más Introducción al TFM (18 créditos) ☐

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTADÍSTICA AVANZADA Y CIENCIA DE DATOS (MUEACD)

TFM (12 créditos) ☒

Líneas de trabajos ofertadas: Métodos de optimización para problemas de decisión jerárquica con variables enteras

Breve descripción de las líneas propuestas:

La optimización binivel permite modelizar problemas de decisión jerárquica en los que un agente toma sus decisiones teniendo en cuenta la respuesta óptima de otro agente. El objetivo del TFM será estudiar y aplicar técnicas de resolución para problemas de esta naturaleza en los que el nivel inferior incluya decisiones enteras. El trabajo podrá abarcar la revisión de métodos existentes, la formulación matemática de problemas de aplicación, la implementación de algoritmos y el análisis de sus resultados mediante experimentación computacional. En función de los conocimientos e intereses del estudiante, se podrá profundizar en el estudio de las propiedades de los modelos, la comparación de métodos o el desarrollo de nuevas estrategias de resolución.

Responsables: Miguel Ángel Pozo Montaña

En Sevilla, a 19 de Octubre de 2026

**(NO FIRMAR)**