



Facultad de Matemáticas

## OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO

### Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos) ☐

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☐

#### Líneas de trabajos ofertadas:

1. Superficies de Delaunay.
2. El problema de Calabi para superficies mínimas.

#### Breve descripción de las líneas propuestas:

1. **Superficies de Delaunay:** Las superficies de curvatura media constante aparecen de forma natural en diversos contextos de la geometría, la física y el análisis. En este trabajo se estudiará la clasificación de las superficies de revolución con curvatura media constante. En 1841, el matemático y astrónomo Charles Delaunay demostró que dichas superficies se obtienen al rotar las ruletas de las cónicas. Las superficies obtenidas de esa forma son el plano, el cilindro, la esfera, el catenoide, el unduloide y el nodoide.
2. **El problema de Calabi para superficies mínimas:** Las superficies mínimas —aquellas cuya curvatura media es cero en todos sus puntos— aparecen de forma natural en diversos contextos de la geometría, la física y el análisis. En 1965, Eugenio Calabi realizó dos conjeturas sobre la existencia de superficies mínimas acotadas. En este trabajo se estudiarán dichas conjeturas, así como su refutación mediante los ejemplos contruidos por Jorge y Xavier (1980) y por Nadirashvili (1996).

**Responsable: Isabel Fernández Delgado**



Facultad de Matemáticas

## OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO

### Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos) ☒

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☒

#### Líneas de trabajos ofertadas:

1. Multiparameter Constructions for Large-Scale Data
2. Geometric Reconstruction with Background Noise

#### Breve descripción de las líneas propuestas:

1. **Multiparameter Constructions for Large-Scale Data.** In topological data analysis, one-parameter filtrations like the Vietoris-Rips complex are overly sensitive to outliers. A more robust approach is to add a density parameter to the filtration, leading to multiparameter persistence. In a recent preprint (<https://arxiv.org/pdf/2509.22432>) Graf et al. introduce the Flood complex, a stable one-parameter filtration that allow for persistence homology on large scale data. The framework for constructing the Flood complex also leads to several other simplicial complexes that have not been studied. These can all be made into bifiltrations, by adding a density parameter to the construction.

This project concerns the comparison of the different variations through interleavings. This might lead to new stability results both for single- and multiparameter persistence.

2. **Geometric Reconstruction with Background Noise.** In practice, interesting topological spaces can be difficult to measure, and often we only have access to a point cloud sampled for the space. Geometric reconstruction involves recovering topological features of the space (like homotopy type, homology, Betti numbers, Reeb graph), by only looking at the sample together with mild assumptions. A usual combination of assumptions is to restrict the curvature of space while ensuring high sample density. A central problem is how to deal with background noise in your sample. A simple approach might be to add additional assumptions to existing reconstruction results, like restricting the allowed density outside the unknown space. A precisely formulated assumption will allow us to filter out the less dense background noise, leaving only the points signaling the true space.

This project concerns the formulation of such an assumption and consequently proving reconstruction results for point clouds with background noise. See a classic result in <https://doi.org/10.1007/s00454-008-9053-2>, and the improvement in <https://arxiv.org/pdf/2206.10485> where they handle the case of sampling noise without background noise.

**Responsables: Rocío González Díaz, Lars M. Salbu**



Facultad de Matemáticas

## OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO

### Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos)

x

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos)

x

**Líneas de trabajos ofertadas:** Diseños, Códigos y Criptografía

#### Breve descripción de las líneas propuestas:

1. **Técnicas avanzadas de criptoanálisis en criptografía simétrica.** Los criptoanálisis lineal y diferencial fueron introducidos durante la década de los noventa del siglo pasado, y constituyen importantes técnicas para atacar primitivas criptográficas simétricas. La mayoría de los ataques modernos se basan en ellas, ya sea por extensión o generalización de estas. Por tanto, no es de extrañar que las funciones que presentan mejor resistencia a estos ataques desempeñen un papel relevante en el diseño de primitivas seguras. Por ejemplo, para los ataques lineales y diferenciales tenemos las funciones casi bent (AB) y las casi perfecta no lineales (APN), respectivamente. Es frecuente caracterizar estas funciones vectoriales Booleanas mediante la transformada Walsh-Hadamard (donde la matriz de Hadamard de tipo Sylvester aparece de modo natural). En este trabajo se pretende realizar un estudio desde un enfoque álgebra combinatorio de estos ataques clásicos, principalmente el lineal, y su extensión a otros ataques.
2. **Una panorámica sobre la criptografía poscuántica.** En febrero del 2016, la NIST inició un proceso público con objeto de elegir los nuevos estándares de criptografía poscuántica (<https://www.nist.gov/pqcrypto>). Estos nuevos estándares de clave pública deberían ser resistentes ante ataques llevados a cabo por ordenadores cuánticos como clásicos. Además, deben ser compatibles con los protocolos y redes de comunicación actuales. En agosto de 2024, se certificaron los tres primeros estándares: uno para intercambio de clave y 2 para firma. Recientemente (marzo 2025), se ha propuesto un nuevo candidato (denominado BCH) como estándar de intercambio de clave. Este candidato se basa en código correctores de errores. En este TFM se pretende dar una visión global de este proceso de estandarización y trabajar en detalle alguna de las soluciones propuestas.
3. **Diseños combinatorios en criptografía y ciberseguridad.** La presente línea de trabajo enfoca su estudio en el análisis teórico y computacional de distintos tipos de diseños combinatorios: cuadrados latinos (sudokus, cuadrados mágicos, etc.), matrices de Hadamard o matrices de Heffter, entre otros. Se plantea trabajar en la generación, clasificación y estudio de simetrías de dichas estructuras, así como su implementación y aplicación en teoría de códigos, criptografía y ciberseguridad, entre otros.

**Responsables:** José Andrés Armario Sampalo, Raúl Manuel Falcón Ganfornina



Facultad de Matemáticas

## OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO

### Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos)

☒

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos)

☒

#### Líneas de trabajos ofertadas:

1. Parámetros asociados a grafos continuos
2. Polinomios asociados a grafos

#### Breve descripción de las líneas propuestas:

1. Esta línea se enmarca en el área de Teoría de Grafos. El objetivo es estudiar parámetros asociados a los llamados grafos continuos que son una generalización del concepto de grafo en los que todos los puntos sobre las aristas se consideran parte del grafo. Así, un grafo continuo se puede ver como un conjunto infinito de puntos, lo que los convierte en un modelo más realista desde el punto de vista de múltiples aplicaciones (como, por ejemplo, en diseño de redes de carreteras o redes de suministros). Aparte de su interés teórico, esta aplicabilidad justifica que en los últimos años los grafos continuos se estén estudiando intensamente desde distintos puntos de vista.  
Entre los parámetros a estudiar en esta línea de trabajo destacan aquellos asociados a distancias, como el diámetro o el radio. Se comenzará con el estudio de estos parámetros en el modelo clásico de grafos para pasar a continuación a estudiarlos en el modelo de grafos continuos.
2. Existe un creciente interés en relacionar los polinomios asociados a grafos con otros parámetros. Esto se debe a que estos polinomios codifican una gran cantidad de información combinatoria sobre el grafo al que están asociados. Por ejemplo, el polinomio cromático cuenta las coloraciones, y el polinomio de flujo cuenta flujos con valores no nulos. Para grafos planares, las coloraciones y los flujos son conceptos duales, y esta propiedad la captura el polinomio de Tutte, el cual es probablemente el polinomio asociado a grafos más estudiado.  
En esta línea se pretende estudiar propiedades básicas y fundamentales del polinomio cromático y del polinomio de Tutte, con el fin de comprender la conexión entre estos polinomios y otros parámetros de grafos, principalmente aquellos relacionados con los homomorfismos de grafos, los cuales generalizan a las coloraciones y reflejan cómo se puede preservar la adyacencia en redes bajo modificaciones.

**Responsables: Delia Garijo Arroyo**



Facultad de Matemáticas

## **OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO**

### **Matemática Aplicada I**

TFM (9 créditos)

☐ x

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos)

☐ x

#### **Líneas de trabajos ofertadas:**

1. Introducción a las ecuaciones de difusión rápida.
2. Análisis de las ecuaciones de Euler.
3. Estudio teórico y/o numérico de ecuaciones que modelan quimiotaxis.

#### **Breve descripción de las líneas propuestas:**

1. Las ecuaciones de difusión rápida son un tipo de ecuaciones en derivadas parciales no lineales que describen procesos de difusión en los que la velocidad de propagación aumenta cuando la densidad disminuye. A diferencia de la difusión clásica (como la ecuación del calor), en este caso las regiones con baja concentración se nivelan rápidamente. Estas ecuaciones aparecen en fenómenos físicos, biológicos y geométricos, como la difusión de gases, la dinámica poblacional y el flujo por curvatura media.  
Se pretende en este trabajo estudiar el análisis de las ecuaciones de difusión rápida, enfocándose en las propiedades de existencia, unicidad y regularidad de sus soluciones, así como en el comportamiento asintótico y la influencia de las condiciones iniciales en la evolución del sistema.
2. Las ecuaciones de Euler son un conjunto de ecuaciones diferenciales que describen el movimiento de un fluido ideal, es decir, sin viscosidad ni pérdidas de energía. Derivadas de las leyes de conservación de la masa y del momento, relacionan la velocidad, la presión y la densidad del fluido a lo largo del tiempo y el espacio. Son fundamentales en la dinámica de fluidos y sirven como base para desarrollar modelos más complejos, como las ecuaciones de Navier–Stokes.  
El objetivo de este trabajo es explorar los resultados que se conocen hasta ahora sobre sus soluciones, analizando su existencia, unicidad y comportamiento en distintos contextos, así como las dificultades matemáticas y físicas que surgen al intentar describir con precisión el movimiento de los fluidos ideales mediante las ecuaciones de Euler.
3. La quimiotaxis es el proceso mediante el cual las células u organismos se mueven de forma dirigida en respuesta a la concentración de ciertas sustancias químicas en su entorno. Este movimiento es fundamental en numerosos procesos biológicos de gran interés biológico. Este fenómeno se puede modelar mediante ecuaciones en derivadas parciales cuya búsqueda de solución utilizar una gran variedad de herramientas matemáticas del análisis matemático para poder establecer las propiedades de sus soluciones.  
Su aproximación no es obvia en absoluta y requiere el diseño de algoritmos que capturan las propiedades continuas. El método de elementos finitos es un buen candidato para simular las propiedades de estos modelos.

**Responsables: Juan Vicente Gutiérrez Santacreu.**



Facultad de Matemáticas

## OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO

### Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos) ☒

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☒

#### Líneas de trabajos ofertadas:

- Análisis de datos topológico desde la teoría de haces microlocal.

#### Breve descripción de las líneas propuestas:

Durante los últimos años se ha desarrollado la aplicación de la teoría de haces al análisis topológico de datos. Esta teoría parte del trabajo de Schapira y Kashiwara en teoría microlocal de haces [1], relacionando los haces gamma con la homología persistente, un concepto central en análisis de datos topológico. La tarea del estudiante consiste en adquirir una sólida base en teoría de categorías y teoría de haces. Una referencia serán las notas de Schapira sobre Topología Algebraica [2]. Una segunda parte del trabajo consistirá en familiarizarse con las construcciones habituales del análisis de datos topológico, como el complejo de Vietoris-Rips, el complejo alfa y los complejos multiparamétricos. El objetivo del trabajo será formular estas construcciones dentro del lenguaje categórico. Actualmente, ya se han conseguido adaptar algunas construcciones, como la definición de distancia bottleneck como convolución de haces gamma [3]. El/la estudiante deberá familiarizarse con los últimos avances en esta línea.

#### Bibliografía:

- [1] Kashiwara, M., Schapira, P. Persistent homology and microlocal sheaf theory. J Appl. and Comput. Topology 2, 83–113 (2018). <https://doi.org/10.1007/s41468-018-0019-z>
- [2] <https://webusers.imj-prg.fr/~pierre.schapira/LectNotes/AlTo.pdf>
- [3] N Berkouk, F Petit. Ephemeral persistence modules and distance comparison, Algebraic & Geometric Topology 21 (2021) 247–277.

**Responsables: Álvaro Torras Casas**



Facultad de Matemáticas

## OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO

### Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos) ☒

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☒

#### Líneas de trabajos ofertadas:

1. Análisis topológico de datos de biología espacial
2. Caracterización de redes mitocondriales usando grafos

#### Breve descripción de las líneas propuestas:

1. El análisis topológico de datos, conocido como TDA por sus siglas en inglés, permite estudiar características topológicas de nubes de puntos que pueden representar datos de muy distinta naturaleza. Se propone el estudio de herramientas topológicas de este campo que permitan el análisis de datos de biología espacial (que entre otras cosas, estudia la interacción espacial de distintos tipos de células). En concreto, estamos interesados en el análisis de datos en distintos escenarios:

- a. nubes de puntos etiquetadas representando distintos tipos de células en un microentorno de cáncer, con el objetivo de estudiar las herramientas que permiten caracterizar interacciones espaciales entre distintos tipos celulares;
- b. células madre en un video monitorizando un proceso de diferenciación celular, con el objetivo de detectar si existe alguna correlación entre las interacciones espaciales y la diferenciación celular final;
- c. simulaciones 3D de conjuntos de células que varían en el tiempo tanto en expresión de uno o más genes como en morfología, con el objetivo de determinar las mejores herramientas de TDA para detectar la correlación entre el cambio en el tiempo de la expresión génica y de la morfología.

2. Los grafos son estructuras matemáticas que permiten estudiar las propiedades e interrelaciones de múltiples sistemas. Su uso está extendido en sistemas biológicos como la genética y la ecología, pero no al interior de la célula, donde se encuentra mitocondria, encargada de suministrar la mayor parte de la energía necesaria para la actividad celular. En células humanas, la mitocondria forma una red compleja que se extiende a lo largo de toda la célula, que además es dinámica y capaz de adaptar su estructura a determinados estímulos. Este trabajo tiene como objetivo modelar la red mitocondrial como un grafo y el estudio de sus propiedades mediante teoría de grafos, aplicando este resultado primero a un experimento control y posteriormente al estudio de pacientes que sufren enfermedades mitocondriales.

**Responsables: María José Jiménez Rodríguez** en colaboración con

- 1a. **Bernadette Stolz** (Max Planck Institute of Biochemistry, Alemania)
- 1b. **Elena Camacho Aguilar** (Universidad de Sevilla)
- 1c. **Miguel Brun-Usan, Fernando Casares** (Centro Andaluz de Biología del Desarrollo)
2. **Alejandro Campoy** (Centro Andaluz de Biología del Desarrollo)



Facultad de Matemáticas

**OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO**

**Matemática Aplicada I**

TFM (9 créditos) ☒

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☒

**Líneas de trabajos ofertadas:**

1. Álgebras no asociativas: álgebras de Lie y Leibniz.
2. Superálgebras de Leibniz. N-álgebras de Lie y de Leibniz

**Breve descripción de las líneas propuestas:**

En esta línea de trabajo, nos centramos en el estudio y clasificación de estructuras algebraicas no asociativas, en su mayoría aparecidas en relación con la física como, por ejemplo, las álgebras de Leibniz, n-álgebras de Lie y de Leibniz, las superálgebras de Lie y de Leibniz, etc.

También nos interesa el estudio de otras estructuras algebraicas no asociativas como las álgebras de evolución, las álgebras de Zinbiel o las n-álgebras de Lie.

**Responsables: Luisa María Camacho Santana**





Facultad de Matemáticas

## OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO

### Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos)

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos)

#### Líneas de trabajos ofertadas:

1. Teoría combinatoria de la representación.
2. Orden normal de operadores diferenciales.
3. Funciones partición de vector y puntos enteros en politopo.

#### Breve descripción de las líneas propuestas:

1. **Teoría combinatoria de la representación (9 o 18 credits).** Varias operaciones de la teoría de las representaciones de grupos dan lugar a multiplicidades (restricción a subgrupo, productos tensoriales). En muchos casos, estas multiplicidades admiten descripciones combinatorias: por ejemplo, cuentan puntos enteros en politopos, o soluciones de algún puzzle combinatorio... Estas descripciones permiten establecer propiedades notables de las funciones multiplicidades, y proporcionan herramientas para cálculos efectivos y estimaciones asintóticas. El trabajo consiste en estudiar y presentar algunas de estas familias de multiplicidades y sus propiedades.
2. **Orden normal de operadores diferenciales (9 credits).** Si  $DX = XD + 1$  (no es nada más que la regla de Leibniz  $(xf)' = x f'' + f'$ ) entonces ¿Cómo escribir  $DXDXDX$  como todos los  $X$  antes de todos los  $D$ ? Es el problema del orden normal en el álgebra de Weyl. Tales problemas de orden normal tienen conexiones notables con la física de partículas, varios objetos combinatorios, ecuaciones diferenciales y otros temas.  
El trabajo consiste en estudiar los métodos combinatorios generales que se aplican a este tipo de problemas. Referencia: Combinatorial Models of Creation-Annihilation, Pawel Blasiak, Philippe Flajolet. Facultad de Matemáticas Seminaire Lotharingien de Combinatoire 65, Art. B65c (2011).  
<https://www.mat.univie.ac.at/~slc/wpapers/s65blafla.html>
3. **Funciones partición de vector y puntos enteros en politopos (9 o 18 credits).** ¿De cuántas maneras se puede descomponer  $(x, y)$  como combinación lineal a coeficientes enteros no-negativos de  $(1,1)$ ,  $(1,0)$ ,  $(0,1)$  y  $(1, -1)$ ? Llama este número  $f(x,y)$ . Esta función  $f$  es un ejemplo de función partición de vectores. Estas funciones tienen descripciones notables (son casi-polinomiales a trozos). Aparecen naturalmente en varios contextos en teoría de las representaciones de grupos. El trabajo consiste en estudiar las propiedades de estas funciones, y funciones aparentadas, y algunos ejemplos. Referencias: - Computing the Continuous Discretely; Matthias Beck and Sinai Robins  
- Topics in Hyperplane Arrangements, Polytopes and Box-Splines, De Concini and Procesi

**Responsables: Emmanuel Briand**



Facultad de Matemáticas

**OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO**

**Matemática Aplicada I**

TFM (9 créditos) ☐

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☐

**Líneas de trabajos ofertadas:**

- Estudio de problemas de optimización para el funcional diámetro relativo máximo

**Breve descripción de las líneas propuestas:**

Se considerará el problema de encontrar divisiones minimizantes para el funcional diámetro relativo máximo (definido en un cuerpo plano convexo), tratándose la existencia y unicidad de soluciones, así como su caracterización en los casos en los que sea posible.

**Tutores: Antonio Cañete**



Facultad de Matemáticas

## **OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO**

### **Matemática Aplicada I**

TFM (9 créditos) ☒

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☒

#### **Líneas de trabajos ofertadas:**

- El paisaje dinámico de las decisiones celulares

#### **Breve descripción de las líneas propuestas:**

Durante el desarrollo embrionario, las células pueden diferenciarse en distintos tipos en función de señales externas. Este proceso puede formalizarse como un sistema dinámico donde cada destino (o tipo) celular corresponde a un estado estable del sistema.

El trabajo consistirá en analizar y simplificar un modelo existente de ecuaciones diferenciales ordinarias (ODEs) que describe estas transiciones de destino.

Los objetivos principales serán:

- Simplificar el modelo conservando sus propiedades esenciales.
- Analizar matemáticamente la estructura de los puntos estacionarios.
- Estudiar bifurcaciones o cambios en los puntos estacionarios para determinar bajo qué condiciones una célula cambiaría de un destino a otro.
- Realizar simulaciones numéricas para ilustrar trayectorias y validar el análisis cualitativo.

El trabajo permitirá al estudiante aplicar técnicas clásicas de sistemas dinámicos —análisis de estabilidad, diagramas de bifurcación, métodos numéricos— a un problema real: la caracterización del paisaje de decisiones celulares durante el desarrollo embrionario temprano.

**Responsables: Dr. Elena Camacho Aguilar**



Facultad de Matemáticas

**FORMULARIO NORMALIZADO OFERTA DE LÍNEAS DE TRABAJOS FIN DEL  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN MATEMÁTICAS POR PARTE  
DE LOS DEPARTAMENTOS**

Dpto.: Matemática Aplicada I

TFM (9 créditos) ☒

TFM más Introducción al TFM (18 de créditos) ☒

Líneas de trabajos ofertadas:

- Hypergraph data analysis based on topological scales. Applications to machine learning.
- Scale-Space Topological Computer Vision.
- Scale-Space Topological Image Processing
- Machine Learning based on algebraic topological direct systems.
- Resilience Homology and its applications
- Cybersecurity from a scale topological framework

Breve descripción de las líneas propuestas (todas ellas son continuación del trabajo hecho por los investigadores del grupo de investigación andaluz “TIC245: Topological Pattern Analysis, Recognition and Learning”):


**1. Hypergraph data analysis based on topological scales.** “Topology provides scale” is the principle at the core of a set of algebraic topological tools that are panned to be developed in this line of work, as well as their applications to the analysis of different kinds of complex networks.

**2. Scale-Space Topological Computer Vision.** Representar escenas e imágenes como complejos filtrados y extraer descriptores invariantes para tareas de detección, segmentación y reconocimiento robustas al ruido y a la escala.

**3. Scale-Space Topological Image Processing.** Diseñar operadores de procesado (suavizado, realce y segmentación) que preserven la topología a lo largo de un cambios topológicos multiescala, con análisis de estabilidad/consistencia y validación en imagen biomédica o de teledetección.

**4. Machine Learning based on algebraic topological direct systems.** Modelar datos como sistemas directos de complejos y grupos homológicos; estudiar colímites como representaciones latentes y entrenar clasificadores/regresores que respeten inclusiones y aporten garantías teóricas de generalización.

Código Seguro De Verificación	n6wk6Gah88/K/09uaYDZ5g==	Fecha	03/11/2025
Firmado Por	PEDRO REAL JURADO		
Url De Verificación	<a href="https://pfirma.us.es/verifirma/code/n6wk6Gah88%2FK%2F09uaYDZ5g%3D%3D">https://pfirma.us.es/verifirma/code/n6wk6Gah88%2FK%2F09uaYDZ5g%3D%3D</a>	Página	1/2





Facultad de Matemáticas

**5. Resilience Homology and its applications.** Formalizar y computar la homología de resiliencia para medir cómo se mantienen invariantes topológicos bajo fallos/ataques; proponer algoritmos y métricas (curvas de colapso, umbrales críticos) con aplicaciones en redes físicas, biológicas y sociales.

**6. Cybersecurity from a scale topological framework.** Modelar tráfico y eventos como filtraciones en grafos/hipergrafos; detectar anomalías y patrones de intrusión mediante descriptores persistentes y medidas de resiliencia, integrando resultados en pipelines SIEM con explicabilidad.

1.

Tutor: Pedro Real. Potenciales cotutores: Investigadores de TIC-245 y externos nacionales e internacionales de matemáticas, ciencias de la computación y/o de biomedicina.

Código Seguro De Verificación	n6wk6Gah88/K/09uaYDZ5g==	Fecha	03/11/2025
Firmado Por	PEDRO REAL JURADO		
Url De Verificación	<a href="https://pfirma.us.es/verifirma/code/n6wk6Gah88%2FK%2F09uaYDZ5g%3D%3D">https://pfirma.us.es/verifirma/code/n6wk6Gah88%2FK%2F09uaYDZ5g%3D%3D</a>	Página	2/2

