



Facultad de Matemáticas

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

Departamento de Matemática Aplicada II

TFM (9 créditos)

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)

Líneas de trabajos ofertadas (15 en total) para el curso 2023-2024.

(1) Dinámica holomorfa.

Tutor: Manuel D. Contreras Márquez

Breve descripción: La dinámica compleja aborda el estudio de las iteradas de las autoaplicaciones holomorfas de un cierto dominio con frecuencia, el plano complejo, el disco unidad o la esfera de Riemann. Esta rama de las matemáticas goza hoy de una gran vitalidad. Dentro de esta área pretendemos profundizar en las propiedades de las funciones de semiconjugación en el disco unidad (funciones conocidas como funciones de Koenig) y analizar fenómenos caóticos en la frontera del disco unidad.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos, pero también podría ser de 9)

(2) Algoritmos de planificación óptima para sistemas *multi-drone*.

Tutores: José Miguel Díaz Báñez, Vanesa Sánchez Canales y José Manuel Higes López.

Breve descripción: La necesidad del desarrollo de buenos algoritmos en el campo de robótica aérea propone nuevos problemas en algoritmia, optimización, geometría computacional y matemática discreta. Nuestro grupo ya tiene experiencia y proyectos nacionales y europeos donde se abordan estos problemas. En este marco de trabajo se plantearán diversas tareas de ingeniería matemática con aplicaciones reales en diversos campos como agricultura, logística, exploración de terrenos, etc.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)



Facultad de Matemáticas

(3) Técnicas de *machine learning* para tareas con drones cooperativos

Tutor: José Miguel Díaz Báñez e Inmaculada Ventura Molina

Breve descripción: Uno de los retos más importantes cuando queremos usar uno o un equipo de *drones* es poder ejecutar los algoritmos en tiempo real de vuelo. Los métodos tradicionales suelen requerir un alto tiempo computacional y no son aptos para usarlos online. Por ello, recientemente se están proponiendo algoritmos basados en redes neuronales y otras técnicas de aprendizaje que son eficientes y pueden ejecutarse de forma autónoma en el *dron* en tiempo real.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)

(4) Algoritmos eficientes para problemas de secuenciación de máquinas paralelas con necesidad de recursos adicionales

Tutor: Federico Perea Rojas-Marcos

Breve descripción: La gestión de la cadena de suministro (SCM por sus siglas en inglés) trata de los diversos problemas que en ella aparecen, desde la obtención y almacenamiento de las materias primas, hasta la distribución y venta al cliente del producto manufacturado, pasando (entre otras) por la producción, que es la fase abordada en este proyecto.

Ya que todas esas fases están relacionadas entre sí, se podría pensar que el tratamiento integral de la SCM es el acercamiento apropiado. Desafortunadamente, la gran complejidad computacional de cada una de las fases de la SCM hace inabordable un acercamiento integral con la tecnología actual. Por ello se suele hacer un tratamiento separado de las diferentes fases: distribución, predicción, producción, etc.

Entre los múltiples problemas que se pueden incluir dentro del término 'producción', se encuentra la secuenciación de máquinas que trabajan en paralelo. La secuenciación, o *scheduling* en inglés, se ha convertido en las últimas décadas en un área de investigación que atrae a muchos investigadores a nivel mundial, tanto por el interés de sus problemas desde un punto de vista de optimización combinatoria, como por sus múltiples aplicaciones al sector industrial. En la actualidad, aparecen problemas de asignación y/o secuenciación en muchos ámbitos prácticos, como en plantas de producción, transporte, almacenes, etc.

La línea propuesta consiste la búsqueda de algoritmos eficientes para problemas de secuenciación con máquinas paralelas no relacionadas (*unrelated parallel machines scheduling* en inglés).

Requisitos: Conocimientos de optimización combinatoria y programación informática (en cualquier lenguaje).

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)



Facultad de Matemáticas

(5) Algoritmos de optimización para la planificación de horarios de conductores en una empresa ferroviaria.

Tutor: Federico Perea Rojas-Marcos

Breve descripción: Las empresas ferroviarias operan diariamente una gran cantidad de servicios, llamados bloques. Cada bloque consiste en una estación y una hora de salida, una estación y una hora de llegada, así como las máquinas que lo operan. La empresa quiere planificar los horarios de los conductores de tal forma que todos los bloques estén atendidos, al menor coste posible. Dada su complejidad, resolver este problema es un reto importante. En esta línea se buscarán algoritmos eficientes que den una solución en un tiempo de cómputo razonable mediante modelos de programación matemática, algoritmos de descomposición, y algoritmos heurísticos.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos, pero también podría ser de 9)

(6) Bifurcaciones locales y globales en sistemas dinámicos

Tutores: Emilio Freire Macías y Marina Esteban Pérez

Breve descripción: En el estudio de la dinámica de sistemas no lineales, un objetivo es caracterizar la conducta de equilibrios y soluciones periódicas. La aparición de degeneraciones y la subsiguiente de bifurcaciones es un mecanismo útil para la consecución de dicho objetivo. El análisis mezcla instrumentos teóricos y simulaciones numéricas y se aplica a sistemas fuertemente no lineales en el campo de la física (mecánica celeste, cuántica, ...) y de la ingeniería (sistemas dinámicos y de control).

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)

(7) Efectos de las aglomeraciones en sistemas de tránsito rápido. Modelado de las funciones de utilidad y sus consecuencias en la planificación de las redes de transporte.

Tutores: Federico Perea Rojas-Marcos

Breve descripción: El diseño de redes de transporte y su gestión se realiza a partir de la estimación de la demanda, que se obtiene de datos fijos conocidos de antemano. En ocasiones, se asume que la demanda es elástica pero los efectos de las aglomeraciones y sobreocupación no se han estudiado lo suficiente. Para su correcta aplicación, se necesita considerar funciones matemáticas que modelen los distintos efectos adversos generados por una demanda excesiva. Estas funciones deberán utilizarse en las funciones de utilidad, las cuales modelan las decisiones de los posibles pasajeros. Se pondrá énfasis en el uso de las funciones de utilidad modificadas en la etapa de diseño de la red.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)



Facultad de Matemáticas

(8) Métodos de orden reducido para problemas de mecánica de fluidos.

Tutor: Bosco García Archilla

Breve descripción: Los métodos de orden reducido son una técnica que se aplica en muchos campos con el fin de reducir el coste computacional de las llamadas simulaciones numéricas directas manteniendo un grado de precisión suficiente. Estas técnicas se han aplicado en los últimos años en la aproximación numérica de fluidos incompresibles. Dentro de estas técnicas se enmarcan los métodos POD (de sus siglas en inglés correspondientes a *proper orthogonal decomposition*). Los métodos POD proporcionan una base de dimensión pequeña en comparación con la dimensión de las bases de elementos finitos típicas en una simulación numérica. Las bases en los métodos POD se obtienen a partir de datos obtenidos de las simulaciones.

En esta línea se investigan procedimientos extender el uso de las bases POD a problemas con distintos valores de los parámetros (número de Reynolds, factores de forma, etc) de aquéllos en las simulaciones de las que se obtuvo la base POD.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)

(9) Existencia y unicidad de conexiones globales en sistemas lineales a trozos de dimensión tres.

Tutores: Victoriano Carmona Centeno y Fernando Fernández Sánchez

Breve descripción: Una de las rutas que conducen al caos en un sistema dinámico es la aparición, para algún valor de los parámetros, de ciclos homoclinos y heteroclinos bajo ciertas condiciones sobre los autovalores de aquellos equilibrios en que se apoyan.

En general, la dificultad de probar la existencia de tales órbitas globales suele obligar al uso de herramientas computacionales. En sistemas lineales a trozos, sin embargo, hay técnicas que permiten, en determinadas circunstancias, realizar pruebas rigurosas de existencia y, lo que a veces es más importante, unicidad tanto local como global, en el espacio de fases y en el de parámetros. Además, las características de los problemas que aparecen con dichas técnicas no requieren el uso de elaboradas teorías matemáticas, sino que permiten extraer resultados interesantes con conocimientos básicos de álgebra lineal y cálculo de una o varias variables, eso sí, aplicados con precisión. En esta línea se pretende usar estos enfoques teóricos para detectar conexiones globales y analizar los comportamientos periódicos y caóticos que éstos pueden generar, en varios sistemas lineales a trozos.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)



Facultad de Matemáticas

(10) Análisis de sistemas dinámicos mediante una caracterización integral de la aplicación de Poincaré

Tutores: Victoriano Carmona Centeno y Fernando Fernández Sánchez

Breve descripción: El estudio de la aplicación de Poincaré sobre secciones transversales al flujo es una de las herramientas básicas para analizar el comportamiento periódico y, más concretamente, de ciclos límite (órbitas periódicas aisladas) en sistemas dinámicos.

En el caso de sistemas regulares a trozos, hay una sección (la determinada por un hiperplano de separación de las distintas zonas de regularidad) que se usa automáticamente como sección de Poincaré, si bien la falta de transversalidad del flujo a toda esa sección introduce nuevos fenómenos de bifurcación respecto a los observables en sistemas regulares.

Más aún, en sistemas lineales a trozos, un requisito obvio para que una órbita del flujo pueda ser un ciclo límite es que atraviese alguna sección de separación de las zonas lineales. Por tanto, el interés en estas manifestaciones propias de los sistemas a trozos hace necesario manejar convenientemente la aplicación de Poincaré de las secciones de separación.

Los sistemas lineales a trozos tienen una peculiaridad que se ha usado casi siempre para su estudio y es la posibilidad de integrar explícitamente el flujo en cada una de dichas regiones de linealidad. Esta aparente ventaja tiene, desafortunadamente, dos debilidades que dificultan el análisis: por un lado, la integración explícita depende de los espectros de las matrices de cada una de las zonas de linealidad, lo que genera multitud de casos diferentes, que llevan a expresiones distintas y, por tanto, a la utilización de técnicas especializadas para cada caso; por otro lado, la integración lleva a términos no lineales complicados debidos a la aparición del tiempo de vuelo. Por resaltar algo más sobre estas debilidades digamos que, al tener que analizarse muchos casos distintos, es habitual perderse los aspectos comunes a todos ellos.

Recientemente, hemos desarrollado una forma alternativa de estudiar estos sistemas en el caso plano evitando la integración explícita. Todo se basa en usar una caracterización integral de la aplicación de Poincaré (basada en la construcción adecuada de integrales de línea sobre las órbitas del flujo). Es ahora, por tanto, el momento de obtener pruebas simples para resultados ya conocidos y mejorarlas en el aspecto de obtener resultados comunes e interpretaciones geométricas, que se han podido perder con el análisis caso a caso. Ese es uno de los objetivos que proponemos.

Para terminar, queremos comentar que en esta misma línea podríamos también plantear el estimulante trabajo de generalizar la caracterización integral para sistemas lineales a trozos planos a sistemas diferenciables a trozos de cualquier dimensión, lo que llevaría, de manera natural, al estudio de los llamados multiplicadores de Jacobi.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)



Facultad de Matemáticas

(11) Polinomios ortogonales y el problema del *time-and-band-limiting*

Tutores: Mirta M. Castro Smirnova e Ignacio N. Zurrián

Breve descripción: Los polinomios ortogonales constituyen un tema clásico, muy relacionado con la teoría de aproximación y el análisis numérico, con una creciente actividad de investigación hoy en día. En este campo se utilizan fundamentalmente técnicas del análisis funcional, el análisis complejo, la teoría de operadores, las ecuaciones diferenciales, el álgebra lineal y la teoría de probabilidad.

Dentro de esta área, y como objetivo del trabajo, se pretende profundizar en el llamado problema del *time-and-band-limiting* y su relación con la teoría de polinomios ortogonales, donde han surgido varios trabajos de investigación recientes. Este es un tema enmarcado dentro de la física-matemática, estrechamente vinculado con la teoría de la señal, que tiene sus orígenes en los trabajos de Henry Landau, David Slepian y Henry Pollack (Bell Labs) en los años sesenta, dando solución a un problema inicialmente planteado por Claude Shannon.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)

(12) Juegos con incompatibilidades en la comunicación

Tutor: Andrés Jiménez Losada

Breve descripción: Un juego cooperativo pretende repartir un determinado valor obtenido por la colaboración de varios agentes entre ellos de forma justa. Los juegos con incompatibilidades estudian situaciones donde existen restricciones por falta de entendimiento entre parejas de jugadores. Dos modelos se han estudiado en la literatura, el último siguiendo la perspectiva de información a priori. Estas incompatibilidades vienen dadas usualmente mediante grafos. Se pretende analizar modelos similares usando información más compleja bien por hipergrafos o grafos difusos.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)

(13) Modelos de distribución justa

Tutora: Encarnación Algaba Durán

Breve descripción: En este trabajo se estudiarán modelos de repartos basados en el valor de Shapley, uno de los valores más fascinantes y prominentes de la literatura en Teoría de Juegos Cooperativos, posteriormente, serán implementados y aplicados al análisis de casos reales.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)



Facultad de Matemáticas

(14) Cadenas determinísticas de Loewner

Tutor: Santiago Díaz Madrigal

Breve descripción: Grosso modo, una cadena de Loewner determinística es una familia de dominios del plano que evoluciona “suavemente” y donde cada dominio está vinculado a una cierta función holomorfa e inyectiva de modo que la correspondiente familia de funciones goza también de ciertas propiedades de regularidad. Desde sus orígenes en los años 20 del siglo pasado hasta su actual formulación (denominada teoría general de cadenas de Loewner), la teoría ha demostrado ser una potente herramienta analítica con aplicaciones notables tanto en Matemáticas como en Física. Gran parte de la mencionada formulación moderna de la teoría está diseminada en diversos trabajos e incluso con matices (versión creciente o versión decreciente) y notaciones diferentes. El trabajo por realizar sería presentar de un modo detallado, global y uniforme, los elementos y resultados básicos de dicha teoría general.

TFM más Introducción al TFM (18 créditos)

(15) Diseño de redes de ferrocarril: cobertura por pares vs. cobertura por nodos.

Tutor: Federico Perea Rojas-Marcos

Breve descripción: Uno de los objetivos más comúnmente utilizados en el diseño de redes de ferrocarril es la maximización de su cobertura. En este trabajo se explorarán formulaciones y algoritmos para conseguir ese objetivo desde dos puntos de vista diferentes: la maximización de la población que reside cerca de una estación (cobertura por nodos) y la maximización de los viajeros que utilizarían la red de transporte (cobertura por pares).

Requisitos: Conocimientos de optimización combinatoria y programación informática (en cualquier lenguaje aunque preferiblemente Python).

TFM MUM-MAES (9 créditos)