



GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2026-27

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica
Título:	Procesado Digital de Series Temporales Sísmicas: Adquisición, Filtrado y Localización de Eventos
Title:	Digital Signal Processing of Seismic Time Series: Data Acquisition, Filtering, and Event Localization
Tutor/es:	Diego Córdoba Barba y Diana Núñez Escribano
E-mail tutor/es:	dcordoba@fis.ucm.es dianan01@ucm.es
Número de plazas	1
Tipo de TFG	Experimental <input checked="" type="checkbox"/> Bibliográfico <input type="checkbox"/> Simulación <input type="checkbox"/>
Asignación de TFG:	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo principal es diseñar e implementar un flujo de procesado digital para series temporales procedentes de sensores sísmicos, aplicando técnicas de análisis en frecuencia y tiempo para la detección de eventos.

Objetivos específicos:

- Estudiar la cadena de adquisición de señales sísmicas, desde el muestreo hasta su representación como señal discreta.
- Diseñar e implementar filtros digitales (FIR e IIR) para la eliminación de ruido y la mejora de la relación señal-ruido (SNR).
- Analizar las señales en el dominio de la frecuencia (DFT) y tiempo-frecuencia (STFT) para identificar la firma espectral de los seísmos.
- Desarrollar un algoritmo básico de localización de eventos basado en el retardo temporal entre estaciones.

METODOLOGÍA:

Para la realización de este trabajo se seguirá una metodología basada en el procesado digital de señales (DSP):

- Fase de Análisis: Estudio de la naturaleza de las señales sísmicas como procesos aleatorios y su comportamiento espectral.

- Fase de Diseño: Modelado de filtros digitales utilizando métodos clásicos (Butterworth, ventanas) y análisis de su respuesta al impulso y fase lineal.
- Fase de Implementación: Uso de herramientas de software (Python o MATLAB) para el tratamiento de series temporales reales o simuladas.
- Fase de Validación: Evaluación de las técnicas avanzadas (Espectrogramas y Transformada Wavelet) en la detección de fases de la onda y cálculo de la localización mediante triangulación por retardo.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

El/la estudiante llevará a cabo las siguientes tareas para su formación y desarrollo del trabajo:

- Revisión bibliográfica: Estudio de los fundamentos de sismología desde el punto de vista del procesado de señales.
- Prácticas de computación: Programación de algoritmos de filtrado y herramientas de visualización de espectro (FFT, STFT).
- Análisis de datos: Manejo de formatos de datos reales y técnicas de reconstrucción de señales ante pérdida de paquetes en la transmisión.
- Tutorías: Reuniones periódicas para el seguimiento del diseño de los sistemas de procesado y análisis de resultados.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Oppenheim, A. V., & Schafer, R. W. (2010). Discrete-Time Signal Processing. Pearson (Referencia fundamental para filtros y DFT).
2. Havskov, J., & Alguacil, G. (2016). Instrumentation in Earthquake Seismology. Springer (Enfoque en registro, muestreo y transmisión de datos).
3. Richard England; Stein, S. & Wysession, M. 2003. An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure.: xi + 498 pp. Oxford: Blackwell Science.
4. Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2007). Digital Signal Processing. Prentice Hall (Para aplicaciones de filtros FIR/IIR y señales aleatorias).
5. Moritz Beyreuther, Robert Barsch, Lion Krischer, Tobias Megies, Yannik Behr, Joachim Wassermann; ObsPy: A Python Toolbox for Seismology. Seismological Research Letters 2010;; 81 (3): 530–533. doi: <https://doi.org/10.1785/gssrl.81.3.530> (Documentación para el procesado de series temporales con software especializado).



GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2026-27

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica
Título:	Las transformadas de Fourier, Laplace y Radón en el estudio del interior de la Tierra
Title:	Fourier, Laplace, and Radon Transforms in the study of the Earth interior
Tutor/es:	Diego Córdoba Barba y Diana Núñez Escribano
E-mail tutor/es:	dcordoba@fis.ucm.es / dianan01@ucm.es
Número de plazas	1
Tipo de TFG	Experimental <input type="checkbox"/> Bibliográfico <input type="checkbox"/> Simulación <input checked="" type="checkbox"/>
Asignación de TFG:	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo es analizar e implementar las transformadas integrales como operadores instrumentales para el procesamiento de datos geofísicos, permitiendo la transición entre dominios para facilitar la extracción de parámetros del interior terrestre.

Objetivos específicos:

- Implementar la Transformada de Fourier como herramienta de análisis espectral para la caracterización de la respuesta en frecuencia de las capas del interior de la Tierra.
- Aplicar la Transformada de Laplace en el análisis de estabilidad y atenuación de señales en sistemas con pérdidas energéticas (medios viscoelásticos).
- Utilizar la Transformada de Radón como operador de proyección para la reconstrucción tomográfica de perfiles de velocidad.
- Desarrollar algoritmos de procesamiento que integren estas transformadas para mejorar la resolución de las imágenes sísmicas.

METODOLOGÍA:

El enfoque será puramente instrumental, tratando las transformadas como procesos de entrada/salida:

- Dominio de la Frecuencia (f-k): Uso de la Transformada de Fourier bidimensional para el filtrado de señales espaciales y la separación de eventos (señal vs. ruido coherente).
- Análisis de Sistemas: Empleo de la Transformada de Laplace para determinar la

función de transferencia del medio de propagación y compensar efectos de absorción.

- Procesado de Proyecciones: Implementación de la Transformada de Radón (directa e inversa) para la técnica de stacking y la eliminación de reflexiones múltiples en registros de datos.

- Simulación Numérica: Validación de los operadores mediante el procesado de sismogramas sintéticos, comparando la precisión de la reconstrucción en cada dominio.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

El/la estudiante llevará a cabo las siguientes tareas para su formación y desarrollo del trabajo:

- Diseño de algoritmos: Programación de los operadores de transformación utilizando librerías de procesado numérico.

- Tratamiento de señales reales: Aplicación de las transformadas sobre series temporales y espaciales para observar el efecto de "enfocado" de la imagen del subsuelo.

- Análisis de error: Evaluación de la pérdida de información debida a la discretización de las transformadas (muestreo en el dominio transformado).

- Documentación técnica: Elaboración de un manual de implementación de estos operadores aplicados a la interpretación física del interior de la Tierra.

BIBLIOGRAFÍA:

1.Sarkar, T. K., et al. (2003). Smart Antennas. Wiley-IEEE Press (Aunque es de antenas, explica de forma excelente el uso instrumental de transformadas para localización y procesado de señales).

2.Yilmaz, O. (2001). Seismic Data Analysis. Society of Exploration Geophysicists (Manual estándar para el uso de las transformadas de Fourier y Radón en el procesado de datos).

3.Zhou, B., & Greenhalgh, S. A. (2003). A short note on the Radon transform. (Artículo técnico sobre la implementación algorítmica de la transformada).

4.Papoulis, A. (1962). The Fourier Integral and its Applications. McGraw-Hill (Enfoque de ingeniería sobre la integral de Fourier como sistema).

5.Santamarina, J. C., & Fratta, D. (2005). Discrete Signals and Inverse Problems in Civil Engineering. Wiley (Enfoque muy práctico sobre cómo usar Laplace y Fourier para "ver" estructuras bajo la superficie de La Tierra).



GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2026-27

Ficha de Trabajo Fin de Grado

Departamento:	Física de la Tierra y Astrofísica
Título:	Desarrollo de sistemas de medida meteorológica basados en microcontroladores
Title:	Development of meteorological measurement systems based on microcontrollers
Tutor/es:	Luis Durán Montejano
E-mail tutor/es:	luduran@ucm.es
Número de plazas	2
Tipo de TFG	Experimental <input checked="" type="checkbox"/> Bibliográfico <input type="checkbox"/> Simulación <input type="checkbox"/>
Asignación de TFG:	Asignación Directa <input checked="" type="checkbox"/> Asignación por expediente <input type="checkbox"/>

OBJETIVOS:

El objetivo general de estos trabajos es desarrollar sistemas de observación meteorológica de bajo coste, pequeño tamaño y bajo consumo energético que permitan el despliegue en campo de redes de alta densidad espacial y bajo impacto ambiental, en el contexto del Internet de las Cosas (IoT) aplicado a la observación meteorológica.

Los objetivos específicos serían:

- Analizar los fundamentos de la metrología ambiental y los sistemas convencionales de observación meteorológica, identificando sus limitaciones en términos de coste, resolución espacial y consumo energético.
- Diseñar y desarrollar prototipos de estaciones meteorológicas basadas en microcontroladores y sensores de bajo coste, optimizando su tamaño y consumo energético.
- Implementar sistemas de adquisición y transmisión de datos mediante tecnologías de comunicación de bajo consumo propias del Internet de las Cosas (IoT).
- Desarrollar herramientas de procesamiento, almacenamiento y gestión de datos meteorológicos utilizando lenguajes de programación como Python.
- Diseñar e implementar sistemas de visualización de datos que permitan el acceso y análisis de la información en tiempo real o diferido.
- Establecer procedimientos de calibración y control de calidad de los datos obtenidos mediante comparación con sensores convencionales.
- Evaluar el rendimiento de los sistemas desarrollados en condiciones reales, incluyendo su despliegue en entornos de montaña.

- Analizar el impacto ambiental y la viabilidad del despliegue de redes de alta densidad espacial basadas en los sistemas desarrollados.

METODOLOGÍA:

En una primera fase, se llevará a cabo una formación en aspectos fundamentales de metrología ambiental, incluyendo principios de medida, análisis de incertidumbre y procedimientos de calibración. Asimismo, se estudiarán los sistemas convencionales de observación meteorológica, con el objetivo de establecer una base de referencia que permita evaluar las prestaciones de los sistemas desarrollados.

En una segunda fase, se distinguen dos tipos de trabajo:

1. El que abordará el diseño y desarrollo de un prototipo de bajo coste. Este sistema estará basado en microcontroladores e integrará sensores ambientales, prestando especial atención a un diseño y modo de funcionamiento que minimice el consumo energético. El funcionamiento, operativa, componentes y encapsulado estará enfocado a un funcionamiento prolongado de forma desatendida. Se desarrollarán programas para Android de volcado de datos, visualización y validación en campo.

2. El que desarrolle un sistema de observación sin memoria basado en el reporte instantáneo de datos mediante tecnologías de comunicación inalámbrica, adecuadas para zonas remotas, que permitan la transmisión de datos a larga distancia. Posteriormente, se desarrollarán los sistemas de recolección y transmisión de datos a servidores en la nube. Esto incluirá la programación de los dispositivos para la captura periódica de medidas, así como el desarrollo de puertas de enlace para su transmisión a servidores remotos. En ambos casos se emplearán herramientas como Python, gestión de SO linux y se instalarán prototipos en condiciones reales

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Formación inicial en fundamentos de metrología ambiental, incluyendo principios de medida, calibración de sensores y análisis de incertidumbre.

Asimismo, se abordará el uso de sistemas convencionales de observación meteorológica como referencia.

Adquisición de competencias en el diseño y desarrollo de sistemas electrónicos basados en microcontroladores, integrando sensores de bajo coste para la medida de variables meteorológicas. Esta etapa incluirá el aprendizaje de protocolos de comunicación y tecnologías de bajo consumo propias del Internet de las Cosas (IoT).

Desarrollo de habilidades en programación, especialmente en Python, orientadas a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos.

También se trabajará en la gestión de sistemas operativos y en el desarrollo de aplicaciones para la visualización de datos, incluyendo entornos web o aplicaciones móviles.

Diseño de sistemas de transmisión de datos y su integración en servidores remotos, así como el desarrollo de herramientas para la visualización y el control de calidad de la información recogida.

Instalación y validación de los sistemas desarrollados en entornos reales, especialmente en zonas de montaña, lo que permitirá al estudiante adquirir experiencia en trabajo de campo y análisis de datos en condiciones reales.

BIBLIOGRAFÍA:

Ioannou, K., Karampatzakis, D., Amanatidis, P., Aggelopoulos, V., & Karmiris, I. (2021). Low-cost automatic weather stations in the internet of things. *Information*, 12(4), 146.

Chan, K., et al. (2021). Low-cost electronic sensors for environmental research: Pitfalls and opportunities. *Progress in Physical Geography*

Madushan, J. K. H., Peiris, H. S. C., & Jayaratne, K. P. S. C. (2026). Development of a low-cost, IoT-based high-frequency weather monitoring system for detecting atmospheric anomalies during the 2024 super new moon in Sri Lanka. *Discover Electronics*, 3(1), 51.