

# **Análisis de Fallas en Materiales Compuestos por medio de Deconvolución y Aprendizaje de Máquina**

Proyecto de Tesis de Maestría

Posgrado en Ingeniería Electrónica

Asesores: Dr. Daniel Campos (UASLP) / Dr. Roberto Marani (CNR - STIIMA)

## **Motivación**

Los materiales compuestos están constituidos por dos o más componentes dispuestos para aumentar las propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia y la rigidez, manteniendo valores bajos de densidad. Por esta razón, su uso impacta en muchos ámbitos, incluida la ingeniería automotriz, aeroespacial, civil y naval [1]. Durante todo el ciclo de vida, varios defectos pueden alterar la integridad de los materiales compuestos:

- Las inclusiones interlaminares, los huecos, las delaminaciones y la porosidad localizada;
- Las regiones de desprendimiento, las grietas inducidas por la perforación o las delaminaciones;
- Las desoldaduras de juntas o grietas locales por la operación regular.

Por lo tanto, la demanda de técnicas experimentales para detectar y clasificar defectos en polímeros reforzados con fibra aumenta constantemente.

Las técnicas más utilizadas para el ensayo no destructivo de materiales compuestos incluyen ultrasonido, rayos X y técnicas basadas en imágenes [2,3]. Esta última categoría incluye técnicas de inspección basadas en termografía infrarroja activa (IR), que permite la detección cualitativa y cuantitativa de una gran variedad de defectos sin el uso de un medio de acoplamiento o procedimientos de seguridad específicos, y con una evaluación rápida tasa y alta confiabilidad [4,5].

## **Objetivo**

Estimar las fallas en materiales compuestos por medio de termografía de pulso largo y técnicas de deconvolución para extraer características del decaimiento de temperatura, en conjunto con aprendizaje de máquina para efectuar la clasificación.

## **Calendario de Actividades**

- i. *Junio-Agosto/2023*: Revisar el estado del arte, y estudiar la técnica de termografía de pulso largo para la detección de fallas en materiales compuestos [4,5,8].
- ii. *Septiembre-Diciembre/2023*: Revisar el estado del arte, y estudiar las técnicas de deconvolución para extracción de rasgos [6,7,8]. Revisar la base de datos con que cuenta el equipo de trabajo en CNR - STIIMA y generar una exploración inicial de la información.
- iii. *Enero-Mayo/2024*: Continuar con la revisión del estado del arte, y proponer una estrategia de clasificación utilizado aprendizaje de máquina con base a los rasgos generados por las técnicas de deconvolución. Realizar una evaluación del desempeño en las técnicas de clasificación y una comparación con metodologías del estado del arte.
- iv. *Junio-Julio/2024*: redacción del documento de tesis.

- v. *Agosto/2024*: presentación de los exámenes previo y final de grado.

Cabe mencionar que esta propuesta se enmarca en el proyecto “**Evaluación robusta y no-destructiva de materiales compuestos para la industria aeroespacial basada en imágenes de termografía y analítica de datos para procesos de producción sustentables**”, sometido a la convocatoria de colaboración México-Italia 2023-2025 de la Amexcid en la modalidad: **Intercambio de Personal de Investigación** y Área de prioridad: **Ingeniería Aeroespacial**. El investigador principal en la contraparte italiana es el Dr. Roberto Marani del Istituto di Sistemi e Tecnologie Industriali Intelligenti per il Manifatturiero Avanzato (STIIMA), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bari. Por lo que de aprobarse el proyecto, el alumno tendría la oportunidad de realizar una estancia en el STIIMA de 2 o 4 semanas durante el proyecto de tesis.

### **Materias por cursar**

En el semestre Agosto-Diciembre/2023 se deben cursar 2 de las siguientes 4 materias, según sea la disponibilidad de cursos.

1. Aprendizaje Profundo (Posgrado en Ciencias de la Vida)
2. Reconocimiento de Patrones
3. Optimización Avanzada
4. Estimación y Detección

### **Bibliografía**

- [1] S. Sharma, P. Sudhakara, S. Nijjar, S. Saini, and G. Singh, “Recent progress of composite materials in various novel engineering applications,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 14, pp. 28 195–28 202, 2018.
- [2] Y. Duan, H. Zhang, X. P. Maldague, C. Ibarra-Castanedo, P. Servais, M. Genest, S. Sfarra, and J. Meng, “Reliability assessment of pulsed thermography and ultrasonic testing for impact damage of cfrp panels,” *NDT & E International*, vol. 102, pp. 77–83, 2019.
- [3] R. Yang and Y. He, “Optically and non-optically excited thermography for composites: A review,” *Infrared Physics & Technology*, vol. 75, pp. 26–50, 2016.
- [4] R. Marani, D. Palumbo, U. Galietti, E. Stella, and T. D’Orazio, “Enhancing defects characterization in pulsed thermography by noise reduction,” *NDT & E International*, vol. 102, pp. 226–233, 2019.
- [5] R. Marani, D. Palumbo, U. Galietti, and T. D’Orazio, “Deep learning for defect characterization in composite laminates inspected by step-heating thermography,” *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 145, p. 106679, 2021
- [6] Z. Yang, Y. Zhang, W. Yan, Y. Xiang, and S. Xie, “A fast non-smooth nonnegative matrix factorization for learning sparse representation,” *IEEE Access*, vol. 4, pp. 5161–5168, 2016.
- [7] Daniel U. Campos-Delgado, O. Gutierrez-Navarro, E.R. Arce-Santana, M.C. Skala, A.J. Walsh, & J.A. Jo. “Blind deconvolution estimation of fluorescence measurements through quadratic programming”. *Journal of Biomedical Optics*, vol. 20, no. 7, pp. 075010, 2015.
- [8] Roberto Marani, Daniel U. Campos-Delgado, “Depth Classification of Defects in Composite Materials by Long-Pulsed Thermography and Blind Linear Unmixing”, *Composites Part B: Engineering*, Vol. 248, pp. 110359, January 2023.