



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: ¿Puede un Reómetro de 500€ Competir con uno de 50.000€? Construcción y Validación de un Instrumento Open-Source para Caracterización Mecánica de Tejidos Blandos y Geles Biomédicos

Descripción general (resumen y metodología):

Descripción general (resumen y metodología):

Los tejidos blandos y los hidrogeles usados como modelos de tumor son materiales viscoelásticos: su rigidez depende de la frecuencia con la que se los deforme, y caracterizar esa dependencia es esencial para entender cómo responden a tratamientos mecánicos y para validar los modelos de elastografía del grupo. Los reómetros oscilatorios comerciales que miden estas propiedades cuestan entre 30.000 y 80.000€. Este TFG demuestra que se puede construir un instrumento equivalente por menos de 500€.

El proyecto toma como base el diseño open-source de Erni, Hart y Trumper (MIT, Scientific Reports, 2024), el único reómetro de bajo coste con validación cuantitativa publicada comparable a equipos comerciales, y lo adapta para los materiales del laboratorio. El alumno fabricará e integrará el instrumento (impresión 3D, motor paso a paso, celda de carga, Arduino), desarrollará el software de control en Python, y lo calibrará con fluidos de referencia. A continuación lo aplicará a gelatinas de distintas concentraciones, al colágeno tipo I durante su gelificación a 37°C, y comparará los parámetros viscoelásticos obtenidos con los que el grupo mide simultáneamente con el sistema Verasonics de ultrasonidos. Esa validación cruzada —cubriendo cuatro décadas de frecuencia con dos métodos físicamente independientes— es la aportación central del trabajo y es la pieza que el grupo necesita para publicar sus modelos reológicos con credibilidad.

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

Objetivos planteados:

- Construir, integrar y calibrar el reómetro open-source con error inferior al 5% respecto a fluidos de viscosidad conocida.
- Implementar en Python los modos de operación oscilatoria: barrido de frecuencia (SAOS), barrido de amplitud y rampa de temperatura para seguimiento de gelificación en tiempo real.
- Medir $G'(\omega)$ y $G''(\omega)$ de gelatinas y ajustar el modelo springpot fraccional $G^*(\omega) = G_0(i\omega)^\alpha$ extrayendo G_0 y α con propagación de incertidumbre.
- Seguir la cinética de gelificación del colágeno tipo I (1, 2, 4 mg/mL) a 37°C: determinar el tiempo de gel point y los parámetros viscoelásticos en estado gelificado.
- Comparar G_0 y α obtenidos con el reómetro (0.01–100 Hz) con los del Verasonics (100–400 Hz) sobre las mismas muestras y verificar la consistencia del modelo springpot en ese rango combinado.
- Documentar diseño, código y protocolos en repositorio abierto como recurso permanente del laboratorio.

Bibliografía básica:

Bibliografía básica:

Erni, M., Hart, A.J., Trumper, D. et al. A low-cost, open-source cylindrical Couette rheometer. Scientific Reports, 14:30187, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-76494-8

Almashakbeh, A. et al. Springpot model fitting to shear wave elastography data in tumor spheroids. Scientific Reports, 14:16208, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-66621-w

Faris, I.H. et al. Fractional derivative Kelvin-Voigt model for skin viscoelastic characterization. Physics in Engineering Science and Medicine, 47:1157-1168, 2024. DOI: 10.1007/s13246-024-01387-z

Gómez, A. et al. Experimental validation of the KVFD model for soft tissue viscoelasticity. Scientific Reports, 12:8120, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-11490-4

Parker, K.J. et al. Towards a consensus on rheological models for elastography in soft tissues. Physics in Medicine & Biology, 64(21):215012, 2019. DOI: 10.1088/1361-6560/ab453d

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Invitamos a estudiantes de último año del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial a participar en este proyecto, que combina diseño mecánico, electrónica de control y programación en Python dentro de un laboratorio de investigación biomédica activo. Son valorables conocimientos de electrónica analógica, Arduino o Python, aunque no son imprescindibles. Se recomienda contactar con la tutora antes de formalizar la solicitud.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: INAS FARIS FADHIL

Ámbito de conocimiento/Departamento: MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

Correo electrónico: inas@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos: JOSE MANUEL CORTES CORTES

Ámbito de conocimiento/Departamento: MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

Correo electrónico: jmcortes@ugr.es

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

¿Puede un Reómetro de 500€ Competir con uno de 50.000€? Construcción y Validación de un Instrumento Open-Source para Caracterización Mecánica de Tejidos Blandos y Geles Biomédicos

Tutores: Inas Faris Fadhil y José Manuel Cortes

Descripción general (resumen y metodología):

Los tejidos blandos y los hidrogeles usados como modelos de tumor son materiales viscoelásticos: su rigidez depende de la frecuencia con la que se los deforme, y caracterizar esa dependencia es esencial para entender cómo responden a tratamientos mecánicos y para validar los modelos de elastografía del grupo. Los reómetros oscilatorios comerciales que miden estas propiedades cuestan entre 30.000 y 80.000€. Este TFG demuestra que se puede construir un instrumento equivalente por menos de 500€.

El proyecto toma como base el diseño open-source de Erni, Hart y Trumper (MIT, Scientific Reports, 2024), el único reómetro de bajo coste con validación cuantitativa publicada comparable a equipos comerciales, y lo adapta para los materiales del laboratorio. El alumno fabricará e integrará el instrumento (impresión 3D, motor paso a paso, celda de carga, Arduino), desarrollará el software de control en Python, y lo calibrará con fluidos de referencia. A continuación lo aplicará a gelatinas de distintas concentraciones, al colágeno tipo I durante su gelificación a 37°C, y comparará los parámetros viscoelásticos obtenidos con los que el grupo mide simultáneamente con el sistema Verasonics de ultrasonidos. Esa validación cruzada —cubriendo cuatro décadas de frecuencia con dos métodos físicamente independientes— es la aportación central del trabajo y es la pieza que el grupo necesita para publicar sus modelos reológicos con credibilidad.

Objetivos planteados:

- Construir, integrar y calibrar el reómetro open-source con error inferior al 5% respecto a fluidos de viscosidad conocida.
- Implementar en Python los modos de operación oscilatoria: barrido de frecuencia (SAOS), barrido de amplitud y rampa de temperatura para seguimiento de gelificación en tiempo real.
- Medir $G'(\omega)$ y $G''(\omega)$ de gelatinas y ajustar el modelo springpot fraccional $G^*(\omega) = G_0(i\omega)^\alpha$ extrayendo G_0 y α con propagación de incertidumbre.
- Seguir la cinética de gelificación del colágeno tipo I (1, 2, 4 mg/mL) a 37°C: determinar el tiempo de gel point y los parámetros viscoelásticos en estado gelificado.

Bibliografía básica:

- Erni, M., Hart, A.J., Trumper, D. et al. A low-cost, open-source cylindrical Couette rheometer. Scientific Reports, 14:30187, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-76494-8
- Almashakbeh, A. et al. Springpot model fitting to shear wave elastography data in tumor spheroids. Scientific Reports, 14:16208, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-66621-w
- Faris, I.H. et al. Fractional derivative Kelvin-Voigt model for skin viscoelastic characterization. Physics in Engineering Science and Medicine, 47:1157–1168, 2024. DOI: 10.1007/s13246-024-01387-z
- Gómez, A. et al. Experimental validation of the KVFD model for soft tissue viscoelasticity. Scientific Reports, 12:8120, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-11490-4
- Parker, K.J. et al. Towards a consensus on rheological models for elastography in soft tissues. Physics in Medicine & Biology, 64(21):215012, 2019. DOI: 10.1088/1361-6560/ab453d

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Invitamos a estudiantes de último año del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial a participar en este proyecto, que combina diseño mecánico, electrónica de control y programación en Python dentro de un laboratorio de investigación biomédica activo. Son valorables conocimientos de electrónica analógica, Arduino o Python, aunque no son imprescindibles. Se recomienda contactar con la tutora antes de formalizar la solicitud.