



Guía docente

295125 - 295II335 - Modelización Biomecánica

Última modificación: 02/10/2025

Unidad responsable: Escuela de Ingeniería de Barcelona Este
Unidad que imparte: 712 - EM - Departamento de Ingeniería Mecánica.
702 - CEM - Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales.
737 - RMEE - Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INTERDISCIPLINARIA E INNOVADORA (Plan 2019). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO ERASMUS MUNDUS EN CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES AVANZADOS (Plan 2021). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS MECÁNICAS (Plan 2024). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS BIOMÉDICAS AVANZADAS (Plan 2025). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2025 **Créditos ECTS:** 6.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: GIL SERRANCOLÍ MASFERRER

Otros: Primer quadrimestre:
DANIEL RODRÍGUEZ RIUS - Grup: T11, Grup: T12
DAVID SÁNCHEZ MOLINA - Grup: T11, Grup: T12
GIL SERRANCOLÍ MASFERRER - Grup: T11, Grup: T12

CAPACIDADES PREVIAS

- Conocer los métodos de mecánica analítica básica para calcular fuerzas y momentos en un sistema mecánico.
- Resolver ecuaciones diferenciales.
- Conocer el método de cálculo de presiones/deformaciones utilizando elementos finitos.
- Saber analizar señales básicas.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

CEMUEII-19. Desarrollar aplicaciones traslacionales con el objetivo de alcanzar una mejor comprensión de fenómenos fisiológicos de relevancia clínica y para el diseño de nuevas aplicaciones en áreas que tengan un impacto en el cuidado de la salud de las personas. (Competencia específica de la especialidad Aplicaciones en Salud y Biomedicina / Healthcare and Biomedical Applications)

Genéricas:

CGMUEII-01. Participar en proyectos de innovación tecnológica en problemas de naturaleza multidisciplinar, aplicando conocimientos matemáticos, analíticos, científicos, instrumentales, tecnológicos y de gestión.

CGMUEII-05. Comunicar hipótesis, procedimientos y resultados a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades, tanto de forma oral como mediante informes, esquemas y diagramas, en el contexto del desarrollo de soluciones técnicas para problemas de naturaleza interdisciplinar.

Transversales:

05 TEQ. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar ya sea como un miembro más, o realizando tareas de dirección con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

06 URI. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de la especialidad y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

03 TLG. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Habilidades:

S1. Elaborar análisis cinemáticos y dinámicos de sistemas biomecánicos mediante el método de los elementos finitos.

S10. Utilizar las herramientas de análisis habituales en el mundo de la innovación tecnológica para evaluar oportunidades de negocio y elaborar propuestas de innovación en el campo de las Tecnologías Biomédicas.

S9. Planificar las fases, tareas y actividades implicadas en el diseño y desarrollo de dispositivos y sensores biomédicos o procesado de datos biomédicos.

S2. Utilizar adecuadamente las diferentes técnicas de fabricación, análisis y caracterización de biomateriales para su correcta selección y procesado en función de sus propiedades y de la aplicación deseada.

Competencias:

C3. Identificar y analizar problemas que requieran tomar decisiones autónomas, informadas y argumentadas, para actuar con responsabilidad social, siguiendo valores y principios éticos.

C1. Asumir responsabilidades en equipos de trabajo en la gestión de la producción, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección o liderazgo.

C5. Utilizar la información científico-técnica para responder a cualquier demanda de modificación, innovación o mejora de dispositivos, productos y procesos ligados a la ingeniería biomédica para nuevas aplicaciones científicas o tecnológicas.

C7. Desarrollar la capacidad de evaluar las desigualdades por razón de sexo y género, para diseñar soluciones.

C4. Usar de forma solvente los recursos de información, gestionando la adquisición, estructuración, análisis y visualización de datos e información en el ámbito de su especialidad y valorando de forma crítica los resultados de esta gestión.

METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura combinará las sesiones teóricas con una práctica de laboratorio por tema. En las sesiones teóricas el estudiante adquirirá los conocimientos de cada tema, y en las sesiones prácticas los podrá desarrollar experimentalmente utilizando datos biomecánicos reales.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Comprender la realización de un análisis cinemático inverso a partir de datos de sensores inerciales.
- Conocer los métodos básicos de cálculo de fuerzas y momentos articulares en un sistema biomecánico en movimiento (análisis macroescala).
- Conocer los modelos constitutivos más utilizados actualmente para modelizar tejidos humanos.
- Identificar las condiciones de contorno de un análisis microescala (obtenidas a partir del análisis macroescala), principalmente cálculo de presiones y deformaciones utilizando el método de elementos finitos. Saber identificar los parámetros principales de un modelo constitutivo de tejido.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	18,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	96,0	64.00
Horas grupo grande	36,0	24.00

Dedicación total: 150 h

CONTENIDOS

Tema 1. Introducción

Descripción:

- Introducción a la asignatura (macro-escala a micro-escala)
- Visión de la modelización a macro y micro-escala del cuerpo humano.

Objetivos específicos:

- Identificar las partes activas y pasivas del cuerpo humano que intervienen en el movimiento para crear el sistema biomecánico.
- Identificar los sistemas de captura del movimiento actuales que se pueden utilizar para medir el movimiento humano.

Dedicación: 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

Tema 2. Cinemática del cuerpo humano

Descripción:

- 2.1. Recordatorio de análisis cinemático
- 2.2. Análisis cinemático del cuerpo humano con sensores portátiles
- 2.3. Caso particular: cálculo de ángulos articulares mediante IMUs (unidades de medida inerciales)

Objetivos específicos:

- Calcular los ángulos articulares mediante sistemas de captura del movimiento: cámaras ópticas y sistemas de medida inerciales. Comprender sus diferencias, ventajas y limitaciones.
- Aprender como realizar un análisis cinemático inverso en un movimiento humano.
- Aprender a procesar los datos de un sistema de medida inercial y extraer los datos más relevantes.

Dedicación: 23h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 17h

Tema 3. Dinámica del cuerpo humano

Descripción:

- 3.1. Recordatorio de análisis dinámico.
- 3.2. Caso particular: cálculo de los momentos articulares de un sujeto en movimiento.
- 3.3. Modelización de fuerzas musculares.
- 3.4. Introducción a OpenSim (Inverse Kinematics, Inverse Dynamics, Static Optimization para estimar fuerzas musculares).
- 3.5. Caso particular con OpenSim (análisis de la diferencia de las fuerzas de contacto articulares, dependiendo de la estrategia del reparto muscular).
- 3.6. Captura del movimiento.

Objetivos específicos:

- Aprender como modelizar el cuerpo humano desde un punto de vista macro-escala.
- Describir y llevar a cabo los análisis cinemático y dinámico inversos utilizando el software libre de biomecánica OpenSim.
- Estimar las fuerzas musculares dado un cierto movimiento.

Actividades vinculadas:

Práctica 2. Captura del movimiento y análisis cinemático y dinámico inversos.

Dedicación: 28h

Grupo grande/Teoría: 7h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 17h

Tema 4. Caracterización de tejidos y modelos constitutivos

Descripción:

- 4.1. Recordatori mecànica dels medis continus
- 4.2. Cinemàtica de la deformación y tensores de deformación
- 4.3. Fuerzas en mecánica de los medios continuos y tensores de tensión
- 4.4. Ecuaciones del movimiento de sólidos deformables
- 4.5. Teoría constitutiva: ejemplos de materiales
- 4.6. Materiales sin memoria: lineal y sin elasticidad
- 4.7. Materiales con memoria: viscoelasticidad y plasticidad
- 4.8. Materiales con memoria: daño y parámetros de degeneración
- 4.9. Modelos de tejidos biológicos (I): tejidos duros
- 4.10. Modelos de tejidos biológicos (II): tejidos blandos

Objetivos específicos:

- Entender cómo aplicar las teorías de mecánica del medio continuo para desarrollar un modelo constitutivo para tejidos biológicos.
- Conocer los principales fenómenos que se dan en el comportamiento mecánico de tejidos: anisotropía, viscoelasticidad, degeneración de fibras, etc.
- Saber diseñar un conjunto de experimentos específicos para ajustar y calibrar los parámetros de un modelo constitutivo específico.

Actividades vinculadas:

Práctica 4. Análisis de un ensayo de flexión con tejido animal.

Dedicación: 55h

Grupo grande/Teoría: 15h

Grupo pequeño/Laboratorio: 6h

Aprendizaje autónomo: 34h

Tema 5. FEM aplicado a la biomecánica

Descripción:

- 5.1. Aplicación del análisis de elementos finitos (FEM) en biomecánica
- 5.2. Geometría i condiciones de contorno
- 5.3. Requisitos del solver de FEM por aplicaciones biomecánicas
- 5.4. Caso particular - uso del FEBio

Objetivos específicos:

Describir y realizar una simulación por FEM de un tejido duro.

Actividades vinculadas:

Práctica 5 (uso de FEBio en Biomecánica)

Dedicación: 40h

Grupo grande/Teoría: 12h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 26h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Informes de laboratorio (20%)
Trabajos en grupo (20%)
Entregas individuales (25%)
Examen parcial (15%)
Examen final de la asignatura (20%)

Esta asignatura no tiene prueba de reevaluación

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

No se permite el uso de dispositivos electrónicos con capacidad de comunicación.
La asistencia a todas las sesiones es obligatoria.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Yamaguchi, Gary Tad. Dynamic modeling of musculoskeletal motion : a vectorized approach for biomechanical analysis in three dimensions [en línea]. New York: Springer US, cop. 2006 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=5750363>. ISBN 9780387287508.
- Winter, David A. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, cop. 2009. ISBN 9780470398180.
- McGinnis, Peter M. Biomechanics of sport and exercise. 2013. United Kingdom: Human Kinetics, 2013. ISBN 0736079661.
- Ronald L. Huston. Principles of Biomechanics. 2009. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis, 2009. ISBN 9780849334948.
- Holzapfel, Gerhard A. Nonlinear solid mechanics : a continuum approach for engineering. Chichester: John Wiley & Sons, cop. 2000. ISBN 0471823198.
- Marsden, Jerrold E; Huges, Thomas J.R. Mathematical foundations of elasticity. New York: Dover, 1994. ISBN 0-486-67865-2.
- Antman, S. S. Nonlinear Problems of Elasticity [en línea]. 2nd ed. New York, NY: Springer, 2005 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-27649-1>. ISBN 9780387276496.
- Uchida, Thomas K. Biomechanics of movement : the science of sports, robotics, and rehabilitation. Cambridge, MA: The MIT Press, 2021. ISBN 9780262044202.

RECURSOS

Material informático:

- OpenSim. Software de biomecánica OpenSim. Enlace: https://simtk.org/frs/?group_id=91- FEBio. Software de elementos finitos aplicado en biomecánica. FEBio. Enlace: <https://febio.org/>