

## **Máster en Ingeniería Biomédica**

### **69309 - Captura y caracterización del movimiento**

**Guía docente para el curso 2014 - 2015**

**Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 3.0**

---

## **Información básica**

---

### **Profesores**

- **José Javier Marín Zurdo** jjmarin@unizar.es
- **Ana Cristina Royo Sánchez** crisroyo@unizar.es

### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Los profesores encargados de impartir la docencia pertenecen a las áreas de Proyectos de Ingeniería y Expresión Gráfica de la Ingeniería. Las dos áreas pertenecen al departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación.

Teniendo en cuenta las titulaciones que dan acceso al master, no es necesario ningún conocimiento previo adicional al adquirido en las titulaciones de grado para poder cursar esta materia. Si bien, dependiendo de las titulaciones que dan acceso al master, será recomendable o no el curso de fundamentos de mecánica. Para aquellos alumnos que no tengan conocimientos básicos de mecánica será recomendable haber cursado previamente la materia: Fundamentos de mecánica

Esta asignatura, además, está relacionada con las siguientes: "Biomecánica de las articulaciones" y "Evaluación de la capacidad funcional". Por lo que se recomienda cursarlas para acumular conocimientos sinérgicos y complementarios.

### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

La asignatura se imparte en el cuatrimestre de primavera.

Entre las principales actividades previstas se encuentran la exposición de los contenidos teóricos y fundamentos de la captura de movimiento aplicada al ámbito biomédico, la realización de prácticas de laboratorio y elaboración de trabajos prácticos tutorizados relacionados con los contenidos de la asignatura.

Las fechas de inicio y fin de las clases teóricas, así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio y las pruebas de evaluación global serán las fijadas por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura y publicadas en la página web del máster (<http://www.masterib.es>). Las fechas de entrega y seguimiento de los trabajos prácticos tutorizados se darán a conocer con suficiente antelación en clase y en la página web de la asignatura en el anillo digital docente, <https://moodle.unizar.es/> (o bien en el servidor Alfresco del Máster).

---

## **Inicio**

---

# Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

**1:**

Conocer las diversas técnicas y sistemas de captura de movimiento en el ámbito biomédico.

**2:**

Ser capaz de plantear y resolver casos de captura y caracterización del movimiento humano mediante procesos de reconstrucción del mismo sobre un modelo biomecánico preestablecido.

**3:**

Ser capaz de aplicar las técnicas de mecánica del sólido rígido y dinámica directa e inversa para la realización de análisis biomecánicos y obtención de las correspondientes variables cinemáticas y fuerzas, útiles para distintas aplicaciones.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura optativa forma parte de la materia *Biomecánica, Biomateriales e Ingeniería de Tejidos*, dentro de la especialidad en *Biomecánica y Biomateriales Avanzados*.

Los sistemas actuales para captura del movimiento, constituidos por avanzados equipos de hardware y software, permiten trasladar el movimiento humano a un modelo biomecánico tridimensional (3D) computerizado que, posteriormente, puede ser manipulado de distintas formas, ofreciendo múltiples posibilidades. En consecuencia, estos sistemas están teniendo un uso creciente en diferentes campos, entre los que cabría mencionar la industria del entretenimiento, cinematografía o video juegos, diseño, fabricación, así como la medicina, deporte e incluso ámbitos legales como evaluación del daño corporal.

La materia consta de 3 créditos ECTS o 75 horas de trabajo del alumno. Estas horas se reparten en 25 horas presenciales y 45 horas de trabajo individual del estudiante. De las horas presenciales, 22 horas serán de clase magistral (teoría, casos prácticos, demostraciones de hardware y software y conferencias) y 4 horas de prácticas en el laboratorio de captura del movimiento.

La asignatura se inicia con una introducción a la captura de movimiento y repaso de los fundamentos mecánicos y de la dinámica. A continuación se explican los distintos sistemas de captura de movimiento y su operativa de trabajo, realizando capturas en el laboratorio con sistemas ópticos y de sensores iniciales. Por último, se estudia como se traslada el movimiento capturado a un modelo biomecánico 3D para poder realizar sobre él, los análisis biomecánicos que se precisan.

Esta asignatura da acceso a la realización de Trabajos Fin de Máster en las líneas de captura y caracterización del movimiento en el ámbito de la bioingeniería.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### **La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

En primer lugar se ofrecerá una introducción a la captura del movimiento, incluyendo sus fundamentos, las tecnologías de hardware y software utilizadas, así como los modelos biomecánicos necesarios para la caracterización del movimiento.

Seguidamente, se revisarán los conceptos fundamentales de mecánica del sólido rígido. Todo ello permitirá al alumno comprender los fundamentos que rigen los sistemas de captura de movimiento que se describirán con detalle en los siguientes temas.

A continuación, se presentarán las diversas tecnologías que permiten la obtención de las variables cinemáticas que describen el movimiento humano, revisando en detalle las técnicas de reconstrucción empleadas en cada caso. Se analizarán las limitaciones y adecuada utilización de dichas tecnologías para la correcta cuantificación del movimiento.

Así mismo, se revisarán las técnicas de dinámica inversa para al obtención de fuerzas a partir de las variables cinemáticas captadas.

Se ofrecerá una descripción del software para simulación y animación 3D del movimiento y su inclusión en entornos virtuales.

Por último, se analizarán los numerosos campos de aplicación tanto a nivel de investigación como a nivel industrial y comercial. La asignatura debe llevar al estudiante a conocer un abanico de técnicas de análisis del movimiento humano, y ser capaz de utilizarlas para obtener información clínica, teniendo en cuenta las particularidades de cada caso, así como las posibilidades y limitaciones de dichas técnicas.

En consecuencia, el objetivo global de la asignatura es que el estudiante comprenda y sepa utilizar un conjunto de herramientas de captura del movimiento humano para extraer la información necesaria en cada caso.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La asignatura “Captura y caracterización del movimiento” es una asignatura optativa enmarcada en la especialidad en Biomecánica y Biomateriales Avanzados. Junto con las asignaturas de “Biomecánica de las articulaciones” y “Evaluación de capacidad funcional”, permite que el estudiante sea capaz de diseñar, desarrollar y utilizar sistemas para diagnóstico, seguimiento de un tratamiento, así como terapias y rehabilitación del sistema músculo-esquelético.

Los resultados del aprendizaje obtenidos en esa asignatura se podrán utilizar en otras asignaturas, proyectos fin de máster e investigaciones aplicadas a la biomecánica.

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

**1:**

Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación (CB. 6)

**2:**

Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio (CB.7)

**3:**

Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimiento y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios (CB.8)

**4:**

Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades (CB.9)

**5:**

Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo (CB.10)

**6:**

Poseer las aptitudes, destrezas y método necesarios para la realización de un trabajo de investigación y/o desarrollo de tipo multidisciplinar en cualquier área de la Ingeniería Biomédica (CG.1)

**7:**

Ser capaz de usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas del ámbito biomédico y biológico (CG.2)

**8:**

Ser capaz de comprender y evaluar críticamente publicaciones científicas en el ámbito de la Ingeniería Biomédica (CG.3)

- 9:** Ser capaz de aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (CG.4)
- 10:**  
Ser capaz de gestionar y utilizar bibliografía, documentación, legislación, bases de datos, software y hardware específicos de la ingeniería biomédica (CG.5)
- 11:**  
Ser capaz de analizar, diseñar y evaluar soluciones a problemas del ámbito biomédico mediante conocimientos y tecnologías avanzados de biomecánica, biomateriales e ingeniería de tejidos (CO.3)

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

La importancia de los resultados de aprendizaje diseñados para esta asignatura radica en la destreza que el alumno adquiere para seleccionar los sistemas más adecuados de captura, interpretar los resultados de una reconstrucción 3D de un movimiento, definir métodos para obtener de ellos los indicadores necesarios para el diagnóstico, cuantificar la precisión de los resultados obtenidos, proponer mejoras en los protocolos que permitan mejorar la calidad de los resultados y, en definitiva, aplicar las técnicas de captura y caracterización del movimiento humano estudiadas.

Todas las destrezas que el alumno adquiere con esta asignatura son relevantes para un Ingeniero Biomédico, ya que existe un uso creciente de estas técnicas en diferentes campos, entre los que cabría mencionar la generación de secuencias 3D por ordenador en la industria del entretenimiento, cinematografía o video juegos, el análisis del movimiento en ergonomía, fabricación,... en ámbitos industriales, así como aplicaciones biomédicas en la rehabilitación, el deporte e incluso ámbitos legales como el seguimiento de bajas laborales, valoración del daño corporal y valoración de la capacidad funcional, entre otros.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** • **E1: Examen final (35%).**

Examen de asignatura escrito. La prueba consistirá en una prueba de mínimos, tipo test (opción múltiple, cuatro respuestas) o preguntas cortas. Puntuación de 0 a 10. El alumno ha de obtener una puntuación mínima de 4.5 puntos para poder superar la asignatura. Duración estimada 1 h.

- 2:** • **E2: Trabajos prácticos tutorizados (40%).**

Se realizará un trabajo de análisis y estudio de captura del movimiento sobre los datos capturados en relación a un caso que se le proponga relativo al ámbito biomédico. El estudiante mostrará el grado de adquisición de las competencias correspondientes a la asignatura: deberá hacer una relación bibliográfica relativa a ese caso, llevar a cabo la captura del movimiento según un protocolo específico acorde al propósito del estudio e interpretar los resultados obtenidos. Puntuación de 0 a 10 puntos.

- 3:** • **E3: Presentación oral (25%).**

El alumno deberá presentar y defender el trabajo práctico de forma oral. Puntuación de 0 a 10 puntos.

En caso de que un alumno suspenda o no se presente a la primera evaluación, los criterios para la segunda evaluación son los mismos. Si se ha presentado a la primera evaluación y ha suspendido alguna de las pruebas se le guarda la nota de las que ha aprobado durante el curso académico correspondiente.

Adicionalmente, se dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso, en las fechas y horarios determinados por la Escuela.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

**A01 Clase magistral participativa** (22 horas). Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial. Se contará con medios audiovisuales para exponer casos prácticos y demostraciones del software y hardware específico a utilizar en este campo.

**A03 Prácticas de laboratorio.** (4 horas). Se realizarán prácticas en grupos reducidos de alumnos con un hardware y software específico para captura de movimiento. Se utilizarán sistemas de captura de movimiento basados en unidades ópticas o inerciales disponibles en el laboratorio de captura del movimiento y en dependencias del Dpto. de Ingeniería de diseño y fabricación de EINA. Dichos medios podrán ser utilizados posteriormente por los alumnos en el desarrollo de sus trabajos prácticos.

**A05 Realización de trabajos prácticos de aplicación o investigación.** Trabajo en equipo en el que el estudiante ha de mostrar su capacidad de asimilación de los conceptos introducidos en las otras actividades, mediante la resolución y el análisis crítico de un caso concreto relativo al ámbito biomédico. El trabajo resultante ha de entregarse al profesor y presentarlo y defenderlo de forma oral ante toda la clase.

El producto final será evaluado y calificado según lo descrito en la sección correspondiente a las actividades de evaluación.

**A06: Tutoría.** Horario de atención personalizada al alumno con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases tanto teóricas como prácticas.

**A08: Evaluación.** Conjunto de pruebas escritas teórico-prácticas y presentación de trabajos utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

**Introducción a la captura de movimiento.** Estado del arte. Conceptos básicos. Tecnologías de hardware y software disponibles. Modelos humanos para caracterización del movimiento. Aplicaciones.

**2:**

**Fundamentos mecánicos.** Análisis cinemático. Análisis dinámico. Restricciones.

**3:**

**Sistemas de captura.** Diferentes sistemas de captura de movimiento. Ventajas e inconvenientes.

**4:**

**Sistemas basados en marcadores.** Descripción del hardware y software requerido. Operativa de trabajo. Información de salida.

**5:**

**Sistemas basados en sensores inerciales.** Descripción del hardware y software requerido. Operativa de trabajo. Información de salida.

**6:**

**Modelo biomecánico y reconstrucción del movimiento.** Calibración. Reconstrucción tridimensional y obtención de trayectorias. Definición del modelo biomecánico. Obtención de desplazamientos, velocidades y aceleraciones lineales y angulares.

**7:**

**Dinámica. Ecuaciones básicas.** Criterio de minimización. Dinámica inversa. Interpretación de resultados.

**8:**

**Software de simulación y animación 3D del movimiento humano.** Figuras humanas. Manipulación interactiva del movimiento aplicando cinemática directa e inversa. Configuración de escena objetos 3D. Interacción hombre - objetos. Modificación de antropometría. Análisis biomecánico.

**9:**

**Modelos músculo-esqueléticos.** Definición del modelo. Entradas y salidas. Análisis de resultados.

**10:**

**Aplicaciones.** Animación virtual. Biomecánica clínica. Biomecánica deportiva. Ergonomía.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario de la asignatura, tanto de las sesiones presenciales en el aula como de las sesiones de laboratorio, estará determinado por el calendario académico que el centro establezca para el curso correspondiente. El calendario de presentación de trabajos se anunciará convenientemente al inicio de la asignatura.

## Bibliografía

### Bibliografía y Recursos

- Optitrack <http://www.naturalpoint.com/optitrack/>
- Xsens <http://www.xsens.com/>
- Trivisio Colibri <http://www.trivisio.com>
- Polhemus - Intersense - Ascension
- Chafin B, Anderson GBJ, Martin BJ. Occupational Biomechanics; 3d Ed., Wiley. Interscience, New York, 1999.
- Huston, Ronald L. Principles of Biomechanics (2009). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Nordin M, Frankel V. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. McGraw-Hill. Interamericana, D.L. Madrid, 2004.
- INSHT. Datos antropométricos de la población laboral española. 2011.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2010). Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo humano y referencias. UNE-EN ISO 7250-1. Madrid: AENOR, 30 p.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2007). Requisitos generales para el establecimiento de bases de datos antropométricos. UNE-EN ISO 15535. Madrid: AENOR, 28 p.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2009). Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 1: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para el paso de todo el cuerpo en las máquinas. UNE-EN 547-1. Madrid: AE
- Marín Zurdo J. J., et al. Proceedings of the Sixth International Conference on Occupational Risk Prevention. Mondelo, P., et al ed., 2008. "Move-Human Sensors: Sistema Portátil de Captura de Movimiento Humano basado en Sensores Inerciales para el Análisis de Lesiones Musculoesqueléticas y utilizable en entornos reales". ISBN 84-934256-5-6.
- Marín Zurdo, J. J.; Boné Pina, M.J. and Benito Gil, C. "Evaluación de Riesgos de Manipulación Repetitiva a Alta Frecuencia Basada en Análisis de Esfuerzos Dinámicos en las Articulaciones sobre Modelos Humanos Digitales". Ciencia & Trabajo, 2013, vol. 15, no. 47. pp. 86-93.
- Collins MM, Scholar M. Validation of a Protocol for Motion Analysis. <http://forms.gradsch.psu.edu/diversity/mcnair/2003/collins.pdf>
- Comparison Meeting of Motion Analysis Systems. Clinical Gait Analysis Forum of Japan. [www.ne.jp/asahi/gait/analysis/comparison99/comp99.html](http://www.ne.jp/asahi/gait/analysis/comparison99/comp99.html) [www.ne.jp/asahi/gait/analysis/comparison2002/protocol/protocol\\_eng.html](http://www.ne.jp/asahi/gait/analysis/comparison2002/protocol/protocol_eng.html)
- Horn, B.K.P., 2000, **Tsai's Camera Calibration Method Revisited** [http://people.csail.mit.edu/bkph/articles/Tsai\\_Revisited.pdf](http://people.csail.mit.edu/bkph/articles/Tsai_Revisited.pdf)

Se dispondrá de los siguientes recursos de hardware y software:

- Sistema MoveHuman-Sensors (UZ) para análisis tridimensional del movimiento humano basado en captura de movimiento con sensores inerciales u ópticos y modelos digitales.
- Equipo con sensores inerciales para capturas en campo.

- Equipo de cámaras para captura de movimiento en laboratorio con unidades ópticas (sólidos rígidos) adheridos a los segmentos corporales a estudio.
- MH-Sensors. Módulos específicos para aplicación de distintos métodos de análisis del movimiento.
- MH-FORCES para valoración de esfuerzos en las articulaciones.
- Sistema de captura de movimiento en tiempo real y gafas HMD, para aplicación de entornos inmersivos de realidad virtual.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**