

**CÓDIGO DE  
ASIGNATURA**

**3024**

**ASIGNATURA: Mecánica Analítica Computacional**

**JEFE DE CÁTEDRA: BETTACHINI, VÍCTOR A.**

**AÑO: 2023**

**CARGA HORARIA SEMANAL: 4**

---

## **OBJETIVOS**

Instruir a los alumnos para que autónomamente puedan:

- Modelar sistemas mecánicos como un conjunto de cuerpos rígidos en el marco del enfoque analítico de la mecánica (área de la física que responde a tal nombre, más específicamente denominada mecánica analítica o clásica). En particular, identificar y aplicar a la modelización simplificaciones que hagan plausible la misma.
- Generar códigos que aprovechen bibliotecas de cálculo simbólico para generar a partir del modelo analítico sistemas de ecuaciones diferenciales de la dinámica y esfuerzos de un sistema.
- Aplicar bibliotecas para la integración numérica del sistema de ecuaciones y obtener en forma explícita dinámica y esfuerzos, pasibles de analizar con el auxilio de bibliotecas de graficación.
- Identificar en sistemas de cuerpos rígidos modos y frecuencias normales de oscilación, y el como ajustar parámetros para evitar resonancias ante forzados externos.

---

## **PROGRAMA ANALÍTICO**

- 1 Mecánica newtoniana  
Derivación temporal de vectores y versores en sistemas de coordenadas cilíndrico y esférico.
- 2 Mecánica analítica  
Ligaduras y grados de libertad. Energías cinética y potencial en función de coordenadas generalizadas. Lagrangiano. Ecuación de Euler-Lagrange. Fuerzas de vínculo y no conservativas en enfoque de Euler-Lagrange.

- 3 Cuerpo rígido  
Tensor de inercia de un sólido. Ángulos de Euler. Ecuaciones de Euler-Lagrange para rotaciones.
- 4 Pequeñas oscilaciones  
Modos y frecuencias normales de pequeñas oscilaciones.  
Amortiguación, forzado y el fenómeno de resonancia.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

*(Debe existir en Biblioteca o estar disponible para la compra)*

Autor	Título	Editorial	Año	Edición
Landau, L.D., Lifshitz, E.M.	Física teórica. I: Mecánica	Reverté	2005	2.a
Martínez, E.O.	Ondas es física	EUdeBA	2009	1.a

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Autor	Título	Editorial	Año	Edición
Roederer, J.G.	Mecánica elemental	EUdeBA	2001	1.a
Taylor, J.R.	Mecánica Clásica	Reverté	2013	1.a
Thornton, S.T., Marion, J.B.	Dinámica clásica de las partículas y sistemas	Reverté	2010	1.a

- Variational Principles in Classical Mechanics  
Douglas Cline  
University of Rochester River Campus Libraries (Rochester, New York, EUA)  
3<sup>rd</sup> ed. (2021), ISBN: 978-0-9988372-3-9  
<http://classicalmechanics.lib.rochester.edu>
- Principles of Mechanics  
Alrasheed, S.  
Springer Cham (Cham, cantón de Zug, Confederación Suiza)  
1st edition (2019), ISBN: 978-3-030-15195-9  
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-15195-9>
- Física universitaria, volumen 1  
Moebs, W. et al.  
Rice University (Houston, Texas, EUA)  
ISBN: 978-1-711494-63-0  
<https://openstax.org/details/books/física-universitaria-volumen-1>

## METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

En cada jornada se presentará una temática nueva siguiendo un esquema tradicional de una lección sobre teoría, la presentación de un ejemplo de aplicación y tras estas presentaciones por parte del docente

se provee a los alumnos una guía de ejercicios que comenzarán a trabajar dentro del horario de clase. Podrán hacerlo en forma individual o grupal, y en todo momento podrán pedir asistencia del docente. Si bien la secuencia de la jornada es convencional, el curso obvia las herramientas tradicionales del aula, papel y pizarrón, optando en su reemplazo por desarrollar todas sus actividades en computadoras. El uso de herramientas informáticas en todas las etapas del curso habilita el estudio de sistemas mecánicos más realistas y complejos que los que podrían modelar en papel/pizarrón.

Cada lección, ejemplo de aplicación o ejercicio que resuelven los alumnos se escribe en un cuaderno Jupyter utilizando el lenguaje de programación Python. Tras un modelado en el marco de la mecánica analítica de algún sistema mecánico, la generación del sistema de ecuaciones diferenciales para su dinámica y/o esfuerzos la realiza la ejecución de un código basado en funciones de la biblioteca de cálculo simbólico SymPy. Los sistemas lineales de ecuaciones diferenciales se resuelven por integración numérica con funciones de las bibliotecas Scipy y Numpy. Los resultados explícitos se analizan gráficamente haciendo uso de funciones de la biblioteca matplotlib.

El soporte informático provee dos ventajas adicionales sobre las herramientas tradicionales: la claridad y la reutilización del material presentado. No solo cada gráfico y esquema es más claro que lo que puede dibujarse a mano alzada sino que cada fórmula en el material está estandarizada en notación LaTeX aprobada por la American Mathematical Society. La reutilización reporta un ahorro de tiempo y esfuerzo al alumno que no debe emplearse en la tradicional transcripción de pizarrón a papel o en la repetición de procedimientos similares en cada sucesivo ejercicio. Todo el material se comparte en un repositorio Git, incluyendo el código del ejemplo de aplicación práctica presentado en clase. Basta con realizar ligeras modificaciones sobre el mismo para resolver los restantes problemas de la guía de ejercicios.

---

## **EXPERIENCIAS DE LABORATORIO/ TALLER / TRABAJOS DE CAMPO**

No se realizarán experiencias de laboratorio. Las simulaciones numéricas de la dinámica de sistemas mecánicos ilustran las temáticas.

---

## **METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN:**

Una primer evaluación busca determinar si el alumno es solvente en la modelización de sistemas mecánicos discretos en el marco de la mecánica analítica de Euler-Lagrange. En la segunda evaluación se hace lo propio con sistemas de cuerpos considerados rígidos.

Si la calificación en ambas es 7 o más se considera promocionada la asignatura. Si en ambas es de 4 o más deberá obtenerse una calificación de 4 o más en un examen final para aprobar la asignatura. Si alguna fue inferior a 4 tal evaluación debe recuperarse, pudiéndose intentarse esto para solo una de las evaluaciones.

## CRONOGRAMA ORIENTATIVO DE ACTIVIDADES

Clase	Contenido
1	Repaso de mecánica vectorial. Coordenadas cilíndricas y esféricas.
2	Coordenadas generalizadas. Vínculos. Lagrangiano.
3	Ecuaciones de Euler-Lagrange.
4	Fuerzas de vínculo a partir de multiplicadores de Lagrange.
5	Fuerzas generalizadas a partir de no conservativas.
6	Repaso   Consultas   Buffer
7	1.er parcial
8	Dinámica de sistema en rotación (no inercial).
9	Tensor de inercia.
10	Ecuaciones de Euler para el cuerpo rígido.
11	Mecanismos como conjunto de rígidos.
12	Oscilaciones armónicas forzadas y amortiguadas.
13	Modos normales de oscilación en sistemas discretos.
14	Repaso   Consultas   Buffer
15	2.o parcial
16	Recuperatorio

## CONDICIONES DE CURSADA Y APROBACIÓN

*Según lo establecido en la RHCS 054/2011 (Régimen académico integrado)*

## DESCRIPTORES DE CONOCIMIENTO

### Descriptores CONEAU

Se clasifican a continuación la cobertura, sea alta, media, baja o ninguna, de los descriptores de conocimiento por parte de esta asignatura de entre los normativos para la carrera de Ingeniería Mecánicas que norma el documento XXX, publicado en XXX por parte de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).

Descriptor	Cobertura
------------	-----------

1. Diseño y desarrollo de proyectos de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, térmicos y de fluidos mecánicos, sistemas de almacenaje de sólidos, líquidos y gases; dispositivos mecánicos en sistemas de generación de energía y sistemas de automatización y control.	Media
2. Operación y control de proyectos de ingeniería mecánica.	Ninguna
3. Determinación y certificación del funcionamiento, funcionalidad y condiciones de uso de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, térmicos y de fluidos mecánicos, sistemas de almacenaje de sólidos, líquidos y gases; dispositivos mecánicos en sistemas de generación de energía; y sistemas de automatización y control, de acuerdo con especificaciones, así como sus aplicaciones.	Media
4. Proyecto y dirección de lo referido a la higiene y seguridad en los proyectos de ingeniería mecánica.	Ninguna
5. Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería mecánica.	Alta
6. Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería mecánica.	Alta
7. Gestión, planificación, ejecución y control de proyectos de ingeniería mecánica.	Media
8. Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería mecánica.	Alta
9. Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	Media
10. Desempeño en equipos de trabajo.	Baja
11. Comunicación efectiva.	Baja
12. Actuación profesional ética y responsable.	Ninguna
13. Evaluación y actuación en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local.	Ninguna
14. Aprendizaje continuo.	Alta
15. Desarrollo de una actitud profesional emprendedora.	Media

### **Descriptores CONFEDI**

Los descriptores de conocimiento para un Ingeniero Mecánico fueron tipificados en octubre de 2018 por parte del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) en el anexo I-16 de su publicación “Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina”, conocido como “Libro rojo de CONFEDI”. Se resaltan en el cuadro que figura en tal anexo las temáticas a las que corresponde esta asignatura.

## ANEXO I – 16.- INGENIERO MECÁNICO

ACTIVIDAD RESERVADA	COMPETENCIA ESPECÍFICA	DESCRIPTORES DE CONOCIMIENTO
1. Diseñar, proyectar y calcular máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, térmicos y de fluidos mecánicos, sistemas de almacenaje de sólidos, líquidos y gases; dispositivos mecánicos en sistemas de generación de energía; y sistemas de automatización y control.	1.1. Diseñar y desarrollar proyectos de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, térmicos y de fluidos mecánicos, sistemas de almacenaje de sólidos, líquidos y gases; dispositivos mecánicos en sistemas de generación de energía; y sistemas de automatización y control. 1.2. Calcular e implementar tecnológicamente una alternativa de solución.	<b>Tecnologías Aplicadas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes de máquinas</li> <li>• Proyecto mecánico</li> <li>• Gestión e ingeniería del mantenimiento</li> <li>• Instalaciones industriales</li> <li>• Máquinas térmicas e hidráulicas</li> <li>• Sistemas de automatización y control</li> <li>• Tecnología del calor</li> <li>• Tecnología mecánica</li> </ul> <b>Tecnologías Básicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciencia y Tecnología de los Materiales</li> <li>• Dinámica de sistemas mecánicos.</li> <li>• Electrotecnia y máquinas eléctricas.</li> <li>• Estática y Resistencia de Materiales</li> <li>• Fundamentos de electrónica.</li> <li>• Mecánica de los Fluidos</li> <li>• Mecánica teórica y mecanismos</li> <li>• Metrología.</li> <li>• Termodinámica</li> </ul> <b>Ciencias y Tecnologías Complementarias</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Economía</li> <li>• Ética y Legislación y Ejercicio Profesional</li> <li>• Formulación y evaluación de proyectos</li> <li>• Gestión Ambiental</li> <li>• Gestión de la Calidad</li> <li>• Higiene y Seguridad</li> <li>• Organización Industrial</li> </ul> <b>Ciencias Básicas de la Ingeniería</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Física: Calor, Electricidad, Electromagnetismo, Magnetismo, Mecánica y Óptica.</li> <li>• Informática: Fundamentos de Programación</li> <li>• Matemática: Álgebra lineal, Cálculo diferencial e integral, Cálculo y Análisis Numérico, Ecuaciones diferenciales, Geometría analítica y Probabilidad y Estadística</li> <li>• Química: Fundamentos de Química</li> <li>• Sistemas de Representación</li> </ul>
2. Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de lo anteriormente mencionado.	2.1. Planificar, dirigir y ejecutar proyectos de ingeniería mecánica. 2.2. Realizar la gestión del mantenimiento 2.3. Operar y controlar proyectos de ingeniería mecánica.	
3. Certificar el funcionamiento y/o condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente	3.1. Determinar y certificar el correcto funcionamiento y condiciones de uso de lo descrito en la AR1 de acuerdo con especificaciones. 3.2. Interpretar la funcionalidad y aplicación de lo descrito en la AR1.	
4. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en lo concerniente a su actividad profesional.	4.1. Proyectar y dirigir en lo referido a la higiene y seguridad en los proyectos de ingeniería mecánica según lo descrito en AR1	

Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina  
"Libro Rojo de CONFEDI" - Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina  
Rosario - 1 de junio de 2018

Resumiendo estas temáticas son las siguientes:

- Tecnologías aplicadas
  - Componentes de máquinas
  - Tecnología mecánica
- Tecnologías básicas
  - Dinámica de sistemas mecánicos
  - Mecánica teórica y mecanismos
- Ciencias básicas de la ingeniería
  - Informática: Fundamentos de Programación
  - Matemática: Álgebra lineal
  - Matemática: Cálculo diferencial e integral
  - Matemática: Cálculo y Análisis Numérico
  - Matemática: Ecuaciones diferenciales
  - Matemática: Geometría analítica

### Tecnologías aplicadas y básicas

La asignatura tiene por misión fundamental permitir al alumno calcular la "Dinámica de sistemas mecánicos" como parte fundamente de la temática de "Mecánica teórica y mecanismos". Se modela tal dinámica para algunos "Componentes de máquinas", mencionando superficialmente cuestiones relativas a su manufactura, temática de "Tecnología mecánica".

### **Ciencias básicas de la ingeniería**

En lo referente al descriptor “Física: mecánica” la asignatura da un cierre a la formación básica en el tema iniciada en la asignatura Física I llevándola hasta el nivel definitivo del conocimiento científico sobre la temática de dinámica del cuerpo rígido.

La metodología con que se imparte en el DIIT la asignatura gira en torno a programar en lenguaje Python la resolución de la dinámica de sistemas mecánicos (“Informática: Fundamentos de programación” ). Desde describir su geometría en función del tiempo (“Matemática: Geometría analítica”) en diversos sistemas de coordenadas (“Matemática: Álgebra lineal”), pasando por la obtención de las ecuaciones diferenciales que describen tal dinámica (“Matemática: Ecuaciones diferenciales”) y su resolución analítica (“Matemática: Cálculo diferencial e integral”). Pero por sobretodo el uso intensivo de la computadora pone en práctica la resolución por métodos numéricos que permite visualizar y predecir el comportamiento de los sistemas mecánicos (“Matemática: Cálculo y Análisis Numérico”), aspecto usualmente desatendido en la formación de nuestros ingenieros mecánicos.

*Una descripción somera de como cada uno de estos descriptores de conocimiento se relacionan con la metodología educativa que se sigue en el dictado de esta asignatura puede verse en la presentación para la ExpoProyecto 2021 denominada “Experiencia de un curso de mecánica racional basado en código” que puede verse en el canal de YouTube del DIIT: <https://youtu.be/UKgCO3KwuOE>*

“Declaro que el presente programa de estudios de la asignatura Mecánica General, es el vigente para el ciclo lectivo 2023, guarda consistencia con los contenidos mínimos del Plan de Estudios”

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Aclaración

\_\_\_\_\_  
Fecha