



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

EXPTE-UNC:0041993/2019

CÓRDOBA,

20 NOV 2019

VISTO:

El presente expediente por el cual se solicita autorización para el dictado del Curso de Posgrado "MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS"; y

CONSIDERANDO:

Que el perfeccionamiento continuo implica actualizar permanentemente los conocimientos, fundamentando nuevos criterios y requerimientos;

Que el Curso cuenta con el aval de la Escuela de Cuarto Nivel y de la Secretaría Académica Investigación y Posgrado Área Ingeniería;

La autorización conferida por el H. Consejo Directivo, Texto Ordenado Resolución N° 1099-T-2009;

EL DECANO DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
RESUELVE:

Art. 1º).- Autorizar el dictado del Curso de Posgrado "MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS", de 60 (sesenta) horas a realizarse los días 4 de Marzo al 17 de Junio de 2020, con evaluación final y autorizar el cobro de los siguientes aranceles:

- SIN COSTO para Alumnos del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería.
- PESOS CUATRO MIL C/00/100 (\$ 4.000,00) para Alumnos Vocacionales y Externos.

Art. 2º).- Designar como disertantes a:

- Dr. Sergio PREIDIKMAN.
- Dr. Bruno Antonio ROCCIA.

Art. 3º).- Designar como Tribunal Examinador a:

- Dr. Sergio PREIDIKMAN.
- Dr. Bruno Antonio ROCCIA.
- Dr. Alejandro Tulio BREWER.

Av. Vélez Sársfield 1600
5016 CORDOBA - República Argentina



Teléfono: (0351) 4334139/4334140
Fax: (0351) 4334139

Handwritten initials and a mark.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

EXPTE-UNC:0041993/2019

Art. 4º.- Otorgar a este Curso validez para la Carrera del DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, asignándole un valor de 3 (tres) créditos.

Art. 5º.- Aprobar el Programa de Actividades y Temario a desarrollar, que como ANEXO I (que consta de 5 fojas) forma parte de la presente Resolución.

Art. 6º.- Designar como Responsable Académico y Administrador de los Fondos a:

- Dr. Sergio PREIDIKMAN
- Dr. Bruno Antonio ROCCIA.

Art. 7º.- Deberá cumplimentarse lo establecido por la Ordenanza 4-HCS-95 y su modificatoria y la Resolución 307-HCD-96.

Art. 8º.- La Unidad Ejecutora de los fondos será el Área Económico Financiera de esta Facultad.

Art. 9º.- El Responsable Académico y Administrador de los fondos elevará dentro de los treinta días de finalizado el Curso, el Informe Académico y el Informe Financiero correspondiente.

Art. 10º.- Dese al Registro de Resoluciones, comuníquese al Área Económico Financiera dese cuenta al H. Consejo Directivo y gírense las presentes actuaciones a la Secretaría Académica de Investigación y Posgrado Área Ingeniería a fin de notificar a los interesados.


 Prof. Ing. DANIEL LAGO
 SECRETARIO GENERAL
 Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
 Universidad Nacional de Córdoba




 Mgter. Ing. PABLO G. RECABARREN
 DECANO
 Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
 Universidad Nacional de Córdoba

RESOLUCION Nº **2403**

EMISOR	REVISADO
	
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES	ÁREA OPERATIVA

Av. Vélez Sarsfield 1600
5016 CORDOBA - República Argentina



PLANILLA RESUMEN PARA SOLICITUD DE AUTORIZACION DE ACTIVIDADES EXTRA-CURRICULARES (CURSOS, SEMINARIOS, ETC.)

DENOMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD: **CURSO DE POSGRADO MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS**

COMISIÓN O UNIDAD ACADÉMICA ORGANIZADORA: **DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

RESPONSABLE ACADÉMICO PROPUESTO:
- Dr. **SERGIO PREIDIKMAN**
- Dr. **BRUNO ANTONIO ROCCIA**
ADMINISTRADOR DE LOS FONDOS:
- **DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

NOMBRE Y APELLIDO DE LOS DISERTANTES:
- Dr. **SERGIO PREIDIKMAN**
- Dr. **BRUNO ANTONIO ROCCIA**

DESTINATARIOS DE LA ACTIVIDAD: **ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

FECHA O PERIODO PROBABLE DE REALIZACIÓN: **DESDE EL MIERCOLES 4 DE MARZO DEL 2020 Y HASTA EL MIERCOLES 17 DE JUNIO DEL 2020**

DURACIÓN EN HORAS DE LA ACTIVIDAD: **60 HS**

EVALUACIÓN FINAL: **SI**

PROPUESTA DE TRIBUNAL EXAMINADOR
- Dr. **SERGIO PREIDIKMAN**
- Dr. **BRUNO ANTONIO ROCCIA**
- Dr. **ALEJANDRO TULIO BREWER**

MONTO DE ARANCELES:
- **SIN COSTOS PARA LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DEL DOCTORANDO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA DE LA FCEFYN**
- **PARA ALUMNOS VOCACIONALES Y EXTERNOS \$4.000**

UNIDAD EJECUTORA:
AREA ECONOMICA FINANCIERA -FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES - UNC

7





TIPO: CURSO DE POSGRADO.

NOMBRE: MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS.

VIGENCIA: Primer Cuatrimestre (Año 2020).

OBJETIVOS: El objetivo principal de este curso de posgrado es establecer las bases matemáticas y físicas, de una manera unificada, comunes a la mecánica de sólidos deformables, la mecánica de los fluidos y la transmisión del calor.

El curso inicia con las bases matemáticas necesarias para desarrollar la teoría de medios continuos, prosigue con los conceptos de cinemática y dinámica de un medio continuo y termina con el desarrollo de algunas ecuaciones constitutivas para modelar problemas de transferencia de calor, mecánica de sólidos y de los fluidos.

Se realiza una profunda revisión de las nociones fundamentales en la mecánica de los medios continuos, incluidos los conceptos de: punto material, hipótesis del continuo, cuerpo continuo deformable, movimiento, trayectoria, deformación, fuerzas y tensiones, leyes de balance y ecuaciones constitutivas, con aplicaciones a la transferencia de calor, la mecánica de sólidos deformables y la mecánica de fluidos.

DOCENTES RESPONSABLES: Dr. Ing. Sergio Preidikman y Dr. Ing. Bruno Antonio Rocca.

Oficina 109; Departamento de Estructuras; Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad Nacional de Córdoba; TE: (0351) 433-4145 Interno 35; e-mails: spreidikman@unc.edu.ar y spreidik@um.edu

PROFESIONALES A LOS QUE ESTÁ ORIENTADO: Ingenieros Mecánicos, Aeronáuticos, Civiles, Electromecánicos, Electricistas, y Químicos. Licenciados en Matemática, Física y Química. Todo aquel profesional interesado en el Método de los Elementos Finitos y que satisfaga los requisitos descriptos en el ítem "PRE-REQUISITOS".

PRE-REQUISITOS: Tener conocimientos, a nivel de carrera de grado, en: Álgebra Lineal, Análisis Matricial, Cálculo de Varias Variables, Métodos Numéricos, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales. Es recomendable tener experiencia previa en programación utilizando MATLAB*.

Se entiende que lo que se presenta como "recomendable" no es excluyente. Sin embargo, el postulante que no posea esta experiencia previa deberá realizar un esfuerzo adicional, habida cuenta de la íntima relación con la temática de la asignatura. La aceptación de aquellos postulantes que no satisfagan alguna de las condiciones citadas anteriormente, quedará a criterio de los docentes responsables del dictado de la asignatura, previa evaluación de los antecedentes del postulante.

DURACIÓN Y ORGANIZACIÓN: 60 horas. Un total de 15 semanas de clases.

El total del tiempo se dedicará a clases teórico-prácticas, las que se desarrollarán en aula. El presente curso no requiere de trabajos de campo, gabinete o laboratorio, visitas o viajes de estudio.

Lugar de Clases: anfiteatro a confirmar.

Horario: miércoles de 14:00 a 18:00hs.

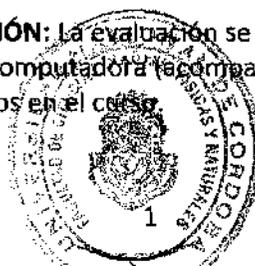
Fecha de inicio: 4 de marzo de 2020.

Fecha de finalización: 17 de junio de 2020.

METODOLOGÍA DE DICTADO: Se dictará una clase teórica/práctica semanal de 4 (cuatro) horas de duración. La misma se desarrollará en aula, con exposición oral, uso de pizarrón, de proyector multimedia, y de computadoras.

Se fijarán horarios de consulta, fuera del horario de clases, de acuerdo con las posibilidades de los docentes responsables de la asignatura y de los estudiantes inscriptos.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y APROBACIÓN: La evaluación se realizará mediante: i) la presentación de trabajos prácticos y ii) la confección de programas de computadora (acompañados de sus respectivos informes) que servirán para implementar los conocimientos adquiridos en el curso.



7



Todos los trabajos prácticos, proyectos de computadora e informes deberán ser realizados de manera individual por cada estudiante. Los trabajos prácticos y los informes deberán ser entregados en la fecha estipulada por los docentes. No se aceptarán trabajos prácticos e informes tardíos.

La calificación final se determinará por ponderación de las actividades i) y ii), de la siguiente manera:

- Trabajos prácticos: 70% de la nota final.
- Programas de computadora = 30% de la nota final.

NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA: Disponibilidad de un aula con pizarra blanca y un retroproyector.

PROGRAMA ANALÍTICO RESUMIDO:

1. Preliminares Geométricos
2. Álgebra Vectorial y Tensorial
3. Análisis Vectorial y Tensorial
4. Cinemática de Cuerpos Deformables I: Descripción Del Movimiento
5. Cinemática de Cuerpos Deformables II: Medidas de Deformación y sus Tasas de Cambio
6. Ecuaciones de Balance
7. Relaciones Constitutivas: Ejemplos de Modelos Matemáticos

PROGRAMA ANALÍTICO DESARROLLADO:

Parte I – PRELIMINARES GEOMÉTRICOS

Conceptos Topológicos: Puntos. Conjuntos y Algebra de Conjuntos. Conjuntos Numerables y No-Numerables. La Hipótesis de Continuo. Conjuntos Abiertos. Frontera. Clausura. Conjuntos Cerrados. Conectividad. Transformaciones Afines. Homomorfismos e Isomorfismos.

Números Reales y Espacios Euclídeos: Espacio Euclídeo de Puntos. Propiedades. Subconjuntos del Espacio Euclídeo. Espacio Euclídeo Vectorial. Espacios Métricos. Espacios Normados. Espacios con Producto interno.

Parte II – ÁLGEBRA VECTORIAL Y TENSORIAL

Escalares y Vectores: Bases de Vectores. Vectores Geométricos y Vectores Algebraicos. Algebra de Vectores.

Tensores: Tensores de Segundo Orden. Algebra de Tensores. Notación Matricial. Tensores Simétricos. Tensores Antisimétricos. Tensores Ortogonales. Tensores de Orden Superior. Autovalores y Autovectores de Tensores. El teorema Espectral. El teorema de Cayley-Hamilton. Notación Indicial y Directa o Compacta.

Cambios de Base: Leyes de Transformación para las Componentes de un Vector y de un Tensor. (Bases Generales: El Espacio Dual. Bases Covariantes. El Tensor Métrico. Componentes Covariantes, Contravariantes, y Mixtas).

Parte III – ANÁLISIS VECTORIAL Y TENSORIAL

Funciones: Escalares, Vectoriales, y Tensoriales. Funciones 1-1 y "sobre". Funciones que preservan la Orientación.

Campos: Escalares, Vectoriales, y Tensoriales.

Diferenciación: El concepto de Derivada Direccional. El Operador de Gâteaux. Diferencial Total. Regla de la Cadena. Gradiente. Divergencia. Rotor. Potenciales. El Operador Laplaciano y el Hessiano.

Teoremas Integrales: El teorema de la Divergencia (Green-Gauss-Ostrogradskii). El Teorema de Stokes. El Teorema de la Función Inversa. El Teorema de la Función Implícita. El Teorema de Cambio de Variables.

Parte IV – CINEMÁTICA DE CUERPOS DEFORMABLES I: DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO

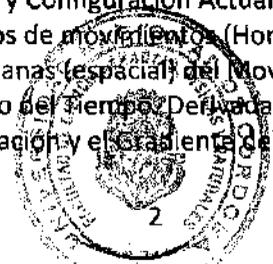
Cuerpos Continuos Deformables: Estructura Molecular y la Hipótesis del Continuo. Puntos Materiales.

Configuraciones (Configuración de Referencia y Configuración Actual). Movimiento. Desplazamiento. Trayectorias. Coordenadas Materiales y Espaciales. Ejemplos de movimientos (Homogéneos, Rotaciones).

Descripciones Lagrangianas (material) y Eulerianas (espacial) del Movimiento.

Derivadas del Movimiento: Derivadas respecto del tiempo. Derivadas respecto de la Posición. Derivadas Materiales y Derivadas Espaciales. El Gradiente de Deformación y el Gradiente del Campo de Desplazamientos.

7





Campos: Campos de Desplazamiento, de Velocidad, de Aceleración, y de Deformación.
Tres tipos de Arco: "Pathlines", "Streamlines", y "Streaklines".

Diferenciación de Integrales que dependen de un Parámetro: Integrales sobre Dominios Móviles. Integrales de Línea, de Superficie y de Volumen. El Teorema del Transporte de Reynolds.

Parte V – CINEMÁTICA DE CUERPOS DEFORMABLES II: MEDIDAS DE DEFORMACIÓN Y SUS TASAS DE CAMBIO

Medidas de Deformación: Tensores de Deformación (Derecho e Izquierdo de Cauchy-Green, Green-St. Venant, Almansi-Hamel). Direcciones Principales e Invariantes de Deformación. El Tensor de Deformaciones Pequeñas (o Infinitesimales, o Ingenieriles).

Tasas de Movimiento: Descripciones Lagrangianas y Eulerianas.

Tasas de Deformación: El Gradiente del Campo de Velocidades. "Stretching and Spin/Rotation Tensors", "Spin", y Vorticidad. Vorticidad y Circulación.

Transformaciones entre Observadores: La Transformación de Piola. Cambios de Marcos de Referencia.

El teorema de la Descomposición Polar. Linealización de la Cinemática.

Parte VI – ECUACIONES DE BALANCE

Balance de Masa: Forma Local de la Ecuación de Conservación de la Masa. Centro de Masa.

Balance de la Cantidad de Movimiento Lineal: Fuerzas de Volumen. Fuerzas de Contacto. El Concepto de Tensión. Vectores de Tracción. Existencia de Tensores de Tensión (La Hipótesis de Cauchy). Análisis de Tensiones. Ejemplos de Estados de Tensión. Otros Tensores de Tensión. Marcos de Referencia Inerciales. Balance de la Cantidad de Movimiento Lineal en Coordenadas "Referenciales".

Balance de la Cantidad de Movimiento Angular: El Teorema de Cauchy. El Tensor de Tensione de Cauchy. Simetría del Tensor de Tensiones.

Ecuaciones de Movimiento Referidas a la Configuración de Referencia: Los Tensores de Tensiones de Piola-Kirchhoff. Potencia.

Energía y Conservación de la Energía: Energía Cinética, Interna, Termodinámica. El Principio de la Conservación de la Energía. Formas Locales del Principio de Conservación de la Energía.

(Desigualdades Termodinámicas: Motivación. La Segunda Ley de la Termodinámica. El Principio de Desigualdad de Entropía. Desigualdad de Clausius-Duhem. El Principio "Maestro" de Balance. Condiciones de Discontinuidad ("Jump Conditions"): Superficies singulares. Localización.)

Parte VII – RELACIONES CONSTITUTIVAS: EJEMPLO DE MODELOS MATEMATICOS

Reglas y Principios para las Ecuaciones Constitutivas: El Principio de Determinismo. El Principio de Objetividad. El Principio de Consistencia Física. El Principio de la Simetría Material. El Principio de la Acción Local.

Transferencia de Calor: Propiedades de la ecuación del calor.

Teoría Potencial: Motivación. Condiciones de borde. Unicidad de la solución de la ecuación diferencial de Poisson. Principios de extremos. Propiedades del valor medio.

Mecánica de los Fluidos: Fluidos ideales. Un fluido ideal en un marco de referencia no inercial. Acústica. Ecuaciones de Navier-Stokes para Flujos Incompresibles. El Principio de Objetividad para Fluidos. Unicidad y Estabilidad.

Mecánica de Sólidos: Elasticidad Finita. Estado de Corte Puro en un Cuerpo Isotrópico y Homogéneo. Cuerpos Hiperelásticos. El Tensor de Elasticidad. Elasticidad Lineal. Derivación de la Teoría Lineal. Flexión y Torsión. El Principio de Objetividad para Sólidos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Morton E. Gurtin, *An Introduction to Continuum Mechanics*, Volume 158 (Mathematics in Science and Engineering) 1st Edition, Academic Press, New York, NY, USA, ISBN-13: 978-0-123-09750-7, 1981.
2. Myron B. Allen, *Continuum Mechanics: The Birthplace of Mathematical Models*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, ISBN-13: 978-1-118-90937-9, 2015.
3. Romesh C. Batra, *Elements of Continuum Mechanics* (TAA Educational Series), American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA, USA, ISBN: 1-56347-699-1, 2006.
4. Y. C. Fung, *A First Course in Continuum Mechanics*, 3rd Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, ISBN-13: 978-0-130-61524-4, 1994.





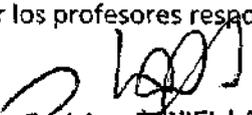
5. Gerhard A. Holzapfel, *Nonlinear Solid Mechanics: A Continuum Approach for Engineering*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, ISBN-13: 978-0-471-82319-3, 2000.
6. Peter Chadwick, *Continuum Mechanics: Concise Theory and Problems*, Dover Publications, Inc., Mineola, NY, USA, ISBN-13: 978-0-486-40180-5, 1999.
7. J. Tinsley Oden, *An Introduction to Mathematical Modeling: A Course in Mechanics*, 1st Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, ISBN-13: 978-1-118-01903-0, 2011.

REFERENCIAS PARA LECTURA ADICIONAL:

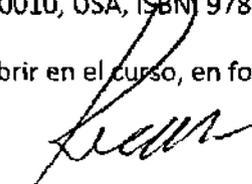
1. Ray M. Bowen, and C. -C. Wang, *Introduction to Vectors and Tensors, Volume 1: Linear and Multilinear Algebra*, 2nd Edition, (Dover Books on Mathematics), Dover Publications, Inc., Mineola, NY, USA, ISBN: 978-0-306-37508-8, 2009.
2. Ray M. Bowen, and C. -C. Wang, *Introduction to Vectors and Tensors, Volume 2: Vector and Tensor Analysis*, (Dover Books on Mathematics), Dover Publications, Inc., Mineola, NY, USA, ISBN: 978-0-306-37509-5, 2009.
3. Mikhail Itskov, *Tensor Algebra and Tensor Analysis for Engineers: With Applications to Continuum Mechanics*, 5th Edition, (Series: Mathematical Engineering), Springer Nature, Switzerland AG, ISBN: 978-3-319-98805-4, 2019.
4. Ray M. Bowen, *Introduction to Continuum Mechanics for Engineers: Revised Edition*, (Dover Civil and Mechanical Engineering), Dover Publications, Inc., Mineola, NY, USA, ISBN-13: 978-0-486-47460-1, 2010.
5. Oscar Gonzalez and Andrew M. Stuart, *A First Course in Continuum Mechanics*, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, ISBN-13: 978-0-521-71424-2, 2008.
6. Michael S. Ruderman, *Fluid Dynamics and Linear Elasticity: A First Course in Continuum Mechanics*, Springer Nature Switzerland, AG, ISBN-13: 978-3-030-19296-9, 2019.
7. Javier Bonet and Richard D. Wood, *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*, 2nd Edition, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, ISBN-13: 978-0-511-39468-3, 2008.
8. Javier Bonet, Antonio J. Gil, and Richard D. Wood, *Worked Examples in Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, ISBN-13: 978-1-107-60361-5, 2012.
9. Stephen E. Bechtel and Robert L. Lowe, *Fundamentals of Continuum Mechanics. With Applications to Mechanical, Thermomechanical, and Smart Materials*, Academic Press, 525 B Street, Suite 1800, San Diego, CA 92101-4495, USA, ISBN-13: 978-0-12-394600-3, 2015.
10. Jerrold E. Marsden, Thomas J. R. Hughes, *Mathematical Foundations of Elasticity*, (Dover Civil and Mechanical Engineering), Dover Publications, Inc., Mineola, NY, USA, ISBN-13: 978-0-486-67865-8, 1994.
11. Marcelo Epstein, *The Geometrical Language of Continuum Mechanics*, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, ISBN-13: 978-0-521-19855-4, 2010.
12. Rutherford Aris, *Vectors, Tensors, and the Basic Equations of Fluid Mechanics*, (Dover Books on Mathematics), Dover Publications, Inc., Mineola, NY, USA, ISBN-13: 978-0-486-66110-0, 1990.
13. Peter S. Bernard, *Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, ISBN-13: 978-1-107-07157-5, 2015.
14. Alexandre J. Chorin and Jerrold E. Marsden, *A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics*, 3rd Edition, Springer-Verlag New York, Inc., 175 Fifth Avenue, New York, NY 10010, USA, ISBN: 978-0-387-97918-2, 1993.

COMENTARIOS: Notas de Clase y bibliografía relativa al material a cubrir en el curso, en formato pdf, serán provistas a los estudiantes por los profesores responsables.

Sergio Preidikman
Bruno A. Roccia


Prof. Ing. DANIEL LAGO
SECRETARIO GENERAL
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba




Prof. Ing. EDUARDO BEADARREN
DECANO
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba

23 de agosto, 2019