

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIAS**  
**DEPARTAMENTO ACADEMICO DE ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES**



***MATERIA: ESTABILIDAD IV***

**EQUIPO DOCENTE:**

Prof. Asociado.: Dr. Ing. Ricardo H. Lorefice

Prof. Asociada.: Mg. Ing. Marcia Rizo Patrón

Auxiliar de Primera: Ing. Marcela Ledesma

**PROGRAMACION ACADEMICA 2018**

## **PLANIFICACION DE LA ASIGNATURA**

**AÑO 2018**

### **1. IDENTIFICACIÓN**

**1.1.**Nombre de la Asignatura: **ESTABILIDAD IV**

**1.2.**Carreras: **INGENIERÍA CIVIL e INGENIERÍA VIAL**

**1.3.**Ubicación de la asignatura en el plan de estudios:

**1.3.1** Módulo: *Sexto* Año: *Tercero*

**1.3.2** Correlativas Anteriores:

*Regular: Estabilidad III*

*Aprobada: Estabilidad I*

**1.3.3** Correlativas Posteriores: *Estructuras Metálicas y de Madera*

**1.4.** Objetivos establecidos en el Plan de Estudios

#### Objetivos

- Introducir las magnitudes de campo fundamentales de la Mecánica Estructural: Deformaciones y Tensiones.
- Diferenciar los problemas de campo (Mecánica del Continuo) de los problemas de valores de borde.
- Desarrollar las leyes fundamentales de la Mecánica, como base del desarrollo de la Mecánica del Continuo y su relación con la Mecánica Aplicada
- Desarrollar los modelos matemáticos para describir deformaciones de cuerpos o medios continuos. Aplicación a casos concretos de la Mecánica Aplicada.

**1.5.** Contenidos mínimos establecidos en el Plan de Estudios

#### Contenidos Mínimos

Tensores. Tensiones. Desplazamientos. Deformaciones. Equilibrio y continuidad. Conservación de la cantidad de movimiento. Ecuaciones constitutivas elásticas. Elasticidad de Cauchy y de Green. Energía potencial total. Trabajos virtuales. Comportamiento material anelástico. Modelos elastoplásticos. Modelos Viscoelásticos y viscoplásticos. Aplicaciones.

**1.6.**Carga horaria semanal y total: *7 horas semanales;*  
*105 horas en total (módulo)*

**1.7.** Año Académico: *2018*

## 2. PRESENTACION

### 2.1. Ubicación de la Asignatura como tramo del conocimiento de una disciplina

- **La asignatura se ubica en el área de las TECNOLOGÍAS BÁSICAS, subárea ESTRUCTURAS.**

El curso está basado en los fundamentos elementales de la mecánica del medio continuo, con orientación a ingeniería civil, como parte básica de las orientaciones Hidráulica, Mecánica de Suelos y Estructuras. Se estudian los conceptos básicos de la mecánica de medios continuos para sólidos y estructuras, partiendo de conceptos físico-matemáticos. Al finalizar la materia, el alumno será capaz de resolver problemas de deformaciones y tensiones, leyes del movimiento, conservación de la masa y la energía, de balance, análisis tensorial de esfuerzos, y de formulación de leyes constitutivas, así mismo, será capaz de formular y resolver modelos físicos que describan el comportamiento de sólidos elásticos y elasto-plásticos, logrando aplicación de los conceptos a la solución de problemas ingenieriles.

### 2.2. Conocimientos y habilidades previas que permiten encarar el aprendizaje de la asignatura

- Conocimientos de algebra y análisis matemático (matrices, vectores, operaciones básicas, derivadas totales y parciales, integrales, ecuaciones diferenciales e integrales)
- Conocimientos básicos relativos a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales ingenieriles
- Conocimientos básicos de física elemental (fuerza, tensión, masa, movimiento, energía cinética y potencial)
- Conocimientos de estabilidad estructural, ecuaciones de equilibrio de cuerpos rígidos, elaboración de diagramas de esfuerzos y solicitaciones. Teoremas de Varignon, Teorema de Steiner. Leyes básicas de distribución de tensiones en sólidos elásticos. Hipótesis de Bernoulli. Teoremas Energéticos. Representación Grafica de Tensiones.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. Objetivos Generales

Que el alumno resuelva con los principios de la Mecánica de Medios Continuos, problemas de ingeniería específicamente de sólidos y fluidos, integrando las leyes de la física y las herramientas matemáticas ya adquiridas. Que resuelva problemas de movimiento, de transformación de esfuerzos y deformaciones, de aplicación de los principios de conservación de masa, energía y leyes de balance. Adquirir los conocimientos básicos para formular las ecuaciones de campo, empleando las mismas a fin de plantear y dar solución a modelos constitutivos de sólidos y fluidos con posterior aplicación a la solución de problemas ingenieriles.

### 3.2. Objetivos Específicos

- Introducir las magnitudes de campo fundamentales
- Diferenciar los problemas de campo (Mecánica del Continuo) de los problemas de valores de borde.

- Estudio de deformaciones y tensiones, tensores y vectores típicos. Evaluación de campos de tensiones, deformaciones, desplazamientos.
- Leyes fundamentales de la Mecánica del Continuo. Continuidad. Principios de la Termodinámica. Principio de Trabajos Virtuales.
- Modelos matemáticos (leyes constitutivas) para describir estados de tensión y de deformación en medios continuos con énfasis en aquellos modelos que describan el comportamiento de materiales ingenieriles tanto en el rango lineal como no-lineal.

#### **4. SELECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CONTENIDOS**

##### **4.1. Programa Sintético**

UNIDAD I: Fundamentos Matemáticos.

UNIDAD II: Cinemática de los Medios Continuos.

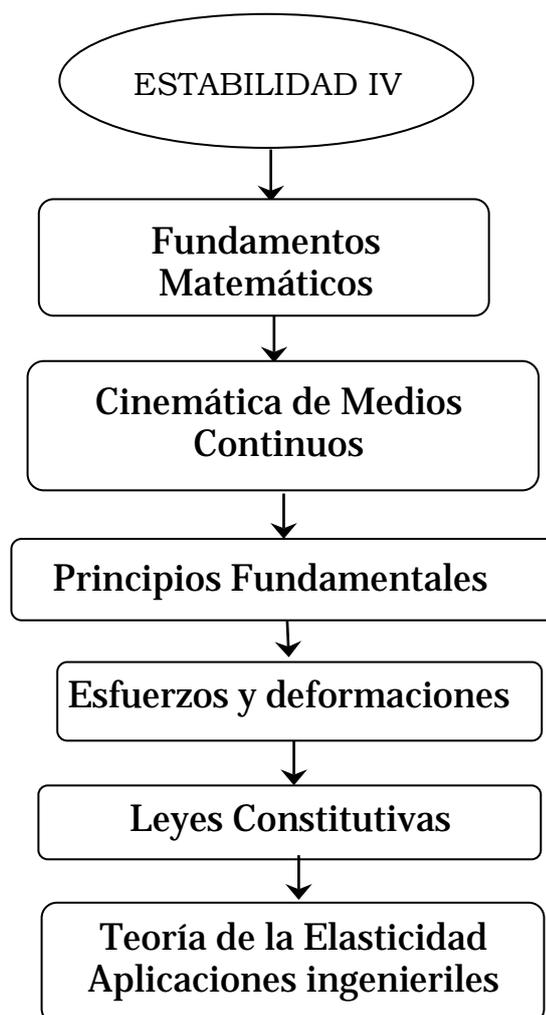
UNIDAD III: Principios de Conservación – Leyes fundamentales

UNIDAD IV: Esfuerzos en Medios Continuos

UNIDAD V: Ecuaciones Constitutivas

UNIDAD VI: Teoría de la Elasticidad - Métodos Numéricos y Aplicaciones

##### **4.2. Articulación Temática de la Asignatura**



### 4.3. Programa Analítico

#### **UNIDAD I: FUNDAMENTOS MATEMATICOS**

Introducción. Escalares, vectores y Matrices. Transformación de Coordenadas. Notación indicial. Tensores. Delta de Kronecker. Tensor de permutación. Operaciones con tensores. Producto interno. Producto externo. Autovalores y autovectores. Transformación general de coordenadas, Gradiente, divergencia y rotacional de campos escalares y vectoriales. Ejemplos.

#### **UNIDAD II: CINEMATICA DE MEDIOS CONTINUOS**

Introducción. Descripción del Movimiento. Descripciones matemáticas de la deformación. Gradientes de deformación y de desplazamiento. Tensor de deformación para deformaciones infinitesimales y desplazamientos pequeños. Rotación, extensión y alargamiento. Invariantes. Direcciones principales. Ecuaciones de compatibilidad. Ejemplos.

#### **UNIDAD III: PRINCIPIOS DE CONSERVACION – ENERGIA Y LEYES FUNDAMENTALES**

Introducción. Movimientos isocóricos. Principios de conservación de la masa. Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Principio de conservación del momento de la cantidad de movimiento. Principio de conservación de la energía. Primera y Segunda Ley de la Termodinámica. Disipación. Trabajo y energía. Ecuación de trabajos virtuales (desplazamientos virtuales). Energía interna de deformación. Energía potencial total. Energía complementaria. Energía potencial complementaria. Ejemplos.

#### **UNIDAD IV: ESFUERZOS EN MEDIOS CONTINUOS**

Introducción. Fuerzas de superficie y de volumen. Principio del balance de la cantidad de movimiento. Teorema de Cauchy. Vector tracción. Tensor de tensiones. Relación entre vector tracción y tensor de tensiones. Simetría del tensor de tensiones. Valores y direcciones principales. Tensor esférico. Tensor desviador. Invariantes del tensor de tensiones. Estados tensionales. Representación gráfica de tensiones. Ejemplos de aplicación.

#### **UNIDAD V: ECUACIONES CONSTITUTIVAS**

Introducción. Relaciones constitutivas de un material. Requisitos de las leyes constitutivas. Definición de modelo constitutivo. Etapas de desarrollo. Materiales elásticos. Linealidad. Isotropía. Modelo Generalizado de Hooke. Determinación de constantes materiales. Concepto de falla material. Tensión de fluencia. Tensión de rotura. Concepto de Función de discontinuidad. Criterios generales de rotura de los materiales. Materiales elastoplásticos o invíscidos. Funciones de discontinuidad. Teoría de Huber – Mises – Hencky. Criterio de Tresca. Criterios de Fluencia para Materiales cohesivo-friccionales. Criterio de Rankine. Criterio de Mohr-Coulomb. Criterio de Drucker-Prager. Representación mediante invariantes de tensión. Plano desviador y plano meridiano. Ejemplos de aplicación.

#### **UNIDAD VI: TEORIA DE LA ELASTICIDAD - METODOS NUMERICOS Y APLICACIONES**

Introducción. Consideraciones generales. Solución de problemas típicos de la Teoría de la Elasticidad. Planteo matemático formal. Planteo de soluciones aproximadas. Método de Ritz. Problemas lineales. Problemas no lineales. Introducción a la modelación computacional. Introducción al Método de los Elementos Finitos. Método de Diferencias Finitas. Introducción a la Mecánica Computacional de sólidos y estructuras. Ejemplos.

## 4.4. Cronograma de Clases Teóricas y de Trabajos Prácticos

Semana	Clase	Tipo	Unidad	TEMA
1	1	Teórica	I	Introducción. Escalares, vectores y Matrices. Transformación de Coordenadas. Notación indicial. Tensores. Delta de Kronecker. Tensor de permutación. Operaciones con tensores. Producto interno. Producto externo. Ejemplos
	2	Teórica	I	Autovalores y autovectores. Transformación general de coordenadas, Gradiente, divergencia y rotacional de campos escalares y vectoriales.
2	3	Práctica	I	DESARROLLO TP1.
	4	Teórica	II	Introducción. Descripción del Movimiento. Descripciones matemáticas de la deformación. Gradientes de deformación y de desplazamiento. Tensor de deformación para deformaciones infinitesimales y desplazamientos pequeños. Rotación, extensión y alargamiento. Invariantes. Direcciones principales. Ecuaciones de compatibilidad. Ejemplos.
3	5	Práctica	II	DESARROLLO TP2.
	6	Teórica	III	Introducción. Movimientos isocóricos. Principios de conservación. Primera y Segunda Ley de la Termodinámica. Entropía y disipación. Trabajo y energía. Ecuación de trabajos virtuales. Energía interna de deformación. Energía potencial total. Energía complementaria.
4	7	Práctica	III	DESARROLLO TP3.
	8	Teórica	IV	Introducción. Fuerzas de superficie y de volumen. Principio del balance de la cantidad de movimiento. Teorema de Cauchy. Vector tracción. Tensor de tensiones. Relación entre vector tracción y tensor de tensiones. Simetría del tensor de tensiones. Valores y direcciones principales. Tensor esférico. Tensor desviador. Invariantes del tensor de tensiones. Estados tensionales. Representación gráfica de tensiones. Ejemplos de aplicación.
5	9	Práctica	IV	DESARROLLO TP4.
	10	Teórica	V	Introducción. Relaciones constitutivas de un material. Requisitos de las leyes constitutivas. Definición de modelo constitutivo. Etapas de desarrollo. Materiales elásticos. Linealidad. Isotropía. Modelo Generalizado de Hooke. Determinación de constantes materiales. Concepto de falla material. Tensión de fluencia. Tensión de rotura. Concepto de Función de discontinuidad.
6	11	Práctica	IV	DESARROLLO TP4.
	12	Teórica	V	Criterios generales de rotura de los materiales. Materiales elastoplásticos o inviscidos. Funciones de discontinuidad. Teoría de Huber – Mises – Hencky. Criterio de Tresca. Criterios de Fluencia para Materiales cohesivo-friccionales. Criterio de Rankine. Criterio de Mohr-Coulomb. Criterio de Drucker-Prager. Representación mediante invariantes de

				tensión. Plano desviador y plano meridiano. Ejemplos de aplicación.
7	13	Practica		<b>EVALUACION PARCIAL N 1: Unidades 1 a 4</b>
	14	Teórica	VI	Introducción. Consideraciones generales. Solución de problemas típicos de la Teoría de la Elasticidad. Planteo matemático formal. Aplicaciones
8	15	Practica	VI	DESARROLLO TP5.
	16	Teórica	VI	Planteo de soluciones aproximadas. Método de Ritz. Problemas lineales. Problemas no lineales. Aplicaciones
9	17	Teórica	VI	Introducción a los Métodos Numéricos. Introducción al Método de las Diferencias Finitas. Método de los Elementos Finitos. Formulación básica. Elementos lineales de barra, placa y sólido. Aplicaciones
	18	Practica	VI	Introducción a los Métodos Numéricos. Introducción al Método de las Diferencias Finitas.
10	19	Practica	VI	DESARROLLO TP6.
	20	Practica	VI	DESARROLLO TP6.
11	21			<b>EVALUACION PARCIAL N 2: Unidades 5 y 6.</b>
	22			RECUPERATORIO PARCIAL N° 1
12	23	Teórica	VI	Método de los Elementos Finitos. Formulación básica. Elementos lineales de barra, placa y sólido. Aplicaciones
	24	Teórica	VI	RECUPERATORIO PARCIAL N° 2
13	25	Teórica	VII	Desarrollo de Aplicaciones por Métodos Numéricos. Introducción a la Mecánica Computacional.
	26	Teórica	VII	Desarrollo de Aplicaciones por Métodos Numéricos. Introducción a la Mecánica Computacional.
14	27	Teórica	VII	RECUPERATORIO INTEGRAL PARCIALES 1 Y 2
	28	Teórica		Síntesis de la asignatura. Revisión de conceptos y lineamientos para examen final. Control de Carpetas y estado del alumnado.

### **LISTADO DE TRABAJOS PRACTICOS**

- Trabajo Práctico N° 1: FUNDAMENTOS MATEMATICOS
- Trabajo Práctico N° 2: CINEMATICA DE MEDIOS CONTINUOS. APLICACIONES
- Trabajo Práctico N° 3: PRINCIPIOS DE CONSERVACION - ENERGIA Y LEYES FUNDAMENTALES. APLICACIONES
- Trabajo Práctico N° 4: ESFUERZOS EN MEDIOS CONTINUOS. APLICACIONES
- Trabajo Práctico N° 5: MODELOS ELASTICOS. ESTADOS TENSIONALES. APLICACIONES. ECUACIONES CONSTITUTIVAS PARA MATERIALES INGENIERILES – PLASTICIDAD. VISCOELASTICIDAD. VISCOPLASTICIDAD. APLICACIONES
- Trabajo Práctico N° 6: RESOLUCION DE PROBLEMAS DE LA TEORIA DE LA ELASTICIDAD. METODO DE RITZ. PROBLEMAS LINEALES Y NO LINEALES. INTRODUCCION AL MEF. FORMULACION Y ALCANCES. APLICACIONES.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

De acuerdo al plan de estudios presentado se recomiendan las siguientes referencias bibliográficas (no excluyentes):

- NOTAS DE APOYO DOCENTE – DR. ING. R. LOREFICE (1998)
- NOTAS DEL CURSO “ECUACIONES CONSTITUTIVAS PARA MATERIALES INGENIERILES”. Dr. Ing. Ignacio Carol Vilarasau (UPC - 2002).
- MECANICA DE MEDIOS CONTINUOS – GEORGE E. MASE. (SERIE SCHAUM). ED. MCGRAW-HILL, (1977).
- OLIVER OLIVELLA, J Y AGELET DE SARACIBAR BOSH, C.A., “MECANICA DE MEDIOS CONTINUOS PARA INGENIEROS”. ED. ALFA OMEGA, MEXICO, 2002.
- WILLAM, K.J, “CONSTITUTIVE MODELS FOR ENGINEERING MATERIALS”. Encyclopedia of Physical Science and Technology, Boulder, Colorado (2002).
- TIMOSHENKO-GOODIER, Teoría de la Elasticidad.
- ELASTICIDAD, Ortiz Garcia Berrocal.
- CIENCIA DE LA CONSTRUCCION. TOMOS I, II y III, Odone Belluzzi. Univ. Bologna. Italia.
- GERE, J.M. Resistencia de Materiales, ITES-Paraninfo (Thomson), 2002.
- INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS. T. R. Chandrupatla y A. D. Belegundu. Tercera edición.

## 6. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

### 6.1. *Aspectos pedagógicos y didácticos:*

La metodología de enseñanza a implementar busca una integración efectiva de los conocimientos teóricos y prácticos. Dado el carácter de la asignatura, reviste suma importancia el aprendizaje de los fundamentos teóricos que se plantean para la solución de problemas de campo, formulación de leyes materiales, solución de problemas de valores de borde, etc. En este sentido, es indispensable la integración efectiva de las herramientas matemáticas conjuntamente con las bases conceptuales provistas por las leyes y principios fundamentales, lo cual se lograra considerando las siguientes estrategias:

- ✓ Explicaciones orales del marco teórico con esquemas conceptuales.
- ✓ Esclarecimiento de estructuras conceptuales complejas.
- ✓ Presentación de situaciones de conflicto cognitivo.
- ✓ Estimulación, ante errores, de búsqueda de nuevas situaciones que permitan a los alumnos acceder al entendimiento de las estructuras complejas.
- ✓ Planteamiento de situaciones específicas para analizar e interactuar con sus pares.
- ✓ Análisis de situaciones problemáticas para explicar a partir de marcos teóricos.
- ✓ Comparación de posiciones teóricas ponderando las razones ofrecidas a favor de cada una de ellas.
- ✓ Organización de la información a través de mapas conceptuales, cuadros, esquemas, etc.

**6.2. Actividades de los alumnos:**

Los alumnos resolverán problemas prácticos, elaborarán monografías y discutirán los aspectos fundamentales de cada unidad temática.

**6.3. Cuadro sintético:**

Clase	Carga Horaria [hs]	Asistencia exigida (%)	Nº Alumnos estimado	A cargo de:	Técnica más usada:	Énfasis en	Actividad de los alumnos
Teórica	3	-	35	Prof.	Pizarron; Cañon proyector	Conceptos	Ejemplos
Práctica	4	80%	35	J.T.P.	Ejercicios Numéricos	Aplicación	Trabajos Prácticos

**6.4. Recursos Didácticos:**

- Pizarrón
- Transparencias / Presentaciones con cañón proyector

**7. EVALUACION****7.1. Evaluación Diagnóstica**

En las primeras clases se realiza una evaluación diagnóstica mediante diálogo o interrogación al grupo, para conocer a cerca de los saberes previos del alumno.

**7.2. Evaluación Formativa**

Se realizará gradualmente en el transcurso de las clases a fin de realizar los necesarios ajustes en el proceso enseñanza-aprendizaje. Para ello se plantearán situaciones problemáticas, individuales y/o grupales, y se evaluarán las soluciones adoptadas por los alumnos. Se tendrá en cuenta:

- ✓ Fundamentación de juicios valorativos.
- ✓ Expresión oral
- ✓ Uso de vocabulario específico
- ✓ Interacción grupal.
- ✓ Actitudes de interés y de responsabilidad

**7.3. Evaluación parcial****7.3.1 Programa de Evaluaciones Parciales:**

1<sup>er</sup> Parcial: Unidades 1, 2, 3 y 4

2<sup>do</sup> Parcial: Unidades 5 y 6

**7.3.2 Criterios de Evaluación**

- ✓ Organización del trabajo escrito.
- ✓ Fundamentos conceptuales
- ✓ Análisis de problemas simples
- ✓ Criterio de aplicación

**7.3.3 Escala de Valoración:** Se califica de 0 (cero) a 10 (diez) puntos. Aprobación de parciales con 5 (cinco) o mas puntos.

#### **7.4. Evaluación Integradora**

La evaluación integral de la materia se realiza conjuntamente a través del desarrollo de los trabajos prácticos y las evaluaciones parciales, aplicándose en ambos casos todos los conocimientos adquiridos durante el módulo.

#### **7.5. Autoevaluación**

Se realizará mediante encuestas en las planillas realizadas a tal efecto.

#### **7.6. Evaluación Sumativa**

##### **7.6.1 Condiciones para lograr la Promoción sin Examen Final de la Asignatura**

No está contemplada esta posibilidad.

##### **7.6.2 Condiciones para lograr la Regularidad de la Asignatura**

- a) **Trabajos prácticos:** se presentarán por escrito en forma individual y en las fechas establecidas por la cátedra. Se requerirá realizar el 100 % de los mismos, pudiéndose recuperar un 20 % de ellos.
- b) **Evaluaciones parciales:** se deberán aprobar las evaluaciones parciales programadas. En caso de desaprobado, los alumnos tendrán derecho a rendir una recuperación por cada evaluación parcial, con posibilidad de acceder a un recuperatorio integral de hasta 2 evaluaciones parciales.
- c) **Asistencia de 80% a las prácticas de la materia**

#### **7.7. Examen final**

Para que el alumno sea autorizado a rendir el examen final en condición de Regular, deberá:

- Haber aprobado todas las evaluaciones parciales escritas.
- Aprobados el 100% de los Trabajos Prácticos mediante evaluación oral/escrita.
- Cumplir con la condición del 80 % de asistencia a las clases prácticas.

El alumno debe presentarse al Examen Final con su carpeta de Trabajos Prácticos Aprobada y Libreta Universitaria en la cual conste la inscripción para el examen.

#### **7.8. Examen Libre**

El examen libre se tomará de acuerdo con las disposiciones reglamentarias vigentes en la Facultad de Ciencias Exactas y tecnologías, incluyendo el mismo una parte práctica y una parte teórica.

.....  
**Dr. Ing. Ricardo H. Lorefice**  
**Profesor Asociado**