

<b>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo</b>			
<b>P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA</b>			
<b>Asignatura:</b>	<b>ANALISIS ESTRUCTURAL I</b>		
<b>Profesor Titular:</b>	<b>Dr. Ing. Carlos García Garino</b>		
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería Civil</b>		
<b>Año: 2023</b>	<b>Semestre: 5º</b>	<b>Horas Semestre: 120</b>	<b>Horas Semana: 8</b>

### **OBJETIVOS**

- ◆ Conocer los conceptos físicos de grado de libertad, matriz de rigidez y matriz de flexibilidad. Conocer el concepto de modelo teórico de análisis. Desarrollar capacidad para: resolver sistemas estructurales planos por métodos computacionales de análisis; modelar e interpretar los resultados y verificar la validez de los modelos de análisis. Manifestar curiosidad por el uso de instrumentos de cálculo disponibles y su adaptación a la solución de problemas estructurales.

### **CONTENIDOS**

#### **UNIDAD 1: CONCEPTOS BASICOS Y TENDENCIAS ACTUALES.**

##### **1.A. Campos de la Mecánica**

Revisión de Conceptos. Variables estáticas y cinemáticas. Fuerzas, Tensiones, Desplazamientos y Deformaciones. Esfuerzos Característicos como caso particular de las variables estáticas. Unificación de conceptos: Diagrama de Tonti. Nociones de equilibrio, compatibilidad, ecuación constitutiva y relaciones energéticas.

##### **1.B. Estructura**

Definición. Clasificación según sus elementos. Nudos. Análisis Estructural. Diseño Estructural e Ingeniería Estructural: contenidos y alcances. Aplicación conceptual a los diversos tipos de proyectos de ingeniería.

##### **1.C. Cargas**

Definición. Tipos. Análisis de cargas.

##### **1.D. Análisis estructural**

Objeto y contenido. Concepto físico de grado de libertad. Vínculos y condiciones de contorno. Direcciones. Causas y efectos de las cargas sobre las estructuras. Estructuras estáticamente determinadas e indeterminadas. Criterios para su determinación.

##### **1.E. Modelos**

Objeto y tipos. Su importancia actual. Modelo teórico de análisis. Relación funcional entre el esquema de análisis y las estructuras reales según su tipo, su vinculación y su material constitutivo.

### **1.F. Comportamiento Estructural**

Elástico-inelástico; lineal-no lineal; frágil-dúctil. Hipótesis de análisis de las estructuras lineales. Linealidad y no linealidad geométrica. Rango de pequeños desplazamientos y pequeñas deformaciones. Comportamiento estructural lineal. Principio de independencia de acciones y superposición de efectos.

#### **1.G. Ejercitación**

1º) Resolución de estructuras estáticamente determinadas. 2º) Caracterización de estructuras mediante dibujos a mano alzada, fotografías y/u obtenidas de internet, con énfasis en estructuras de barras, consignando para estas últimas su tipo y su modelo teórico de análisis (Trabajo individual)

## **UNIDAD 2: CALCULO DE DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES.**

### **2.A. Cinemática**

Deformaciones y desplazamientos. Tipos. Su relación con las solicitaciones internas. Relación con el diagrama de Tonti.

### **2.B. Trabajo**

Trabajo de las acciones exteriores e interiores. Tipos de trabajo.

### **2.C. Teoremas Energéticos**

Teoremas de Castigliano. Teorema de Trabajos Virtuales. Ley de Mawell. Aplicaciones al cálculo de magnitudes cinemáticas. Relación con el diagrama de Tonti.

### **2.D. Método de la Fuerza Unitaria**

Cálculo de desplazamientos a través del Método de la Fuerza Unitaria Ficticia. Forma práctica de aplicación a estructuras estáticamente determinadas e indeterminadas. Casos de cargas y de variación de temperatura. Trazado de línea elástica de deformación. Teoremas complementarios.

### **2.E. Ejercitación**

Cálculo de desplazamientos en estructuras sencillas representativas por los distintos métodos. Trazado de elásticas en estructuras isostáticas de interés.

## **UNIDAD 3: METODO DE LAS FUERZAS.**

### **3.A. Fundamentos del Método**

Grado de indeterminación estática. Elección del sistema isostático equivalente. Incógnitas Hiperestáticas. Formulación de las ecuaciones de compatibilidad. Propiedades de la Matriz de flexibilidad. Verificaciones. Cálculo de desplazamientos generalizados.

### **3.B. Resolución de Vigas Continuas**

Aplicaciones Prácticas. Trazado de Diagramas. Ilustración de Conceptos. Comparación con otras técnicas disponibles.

### **3.C. Resolución de estructuras hiperestáticas simples**

Análisis y solución de estructuras simples: Pórticos, marcos cerrados, reticulados, arcos y estructuras espaciales sencillas. Trazado de diagramas característicos y Cálculo de magnitudes cinemáticas.

### **3.D. Discusión conceptual**

Análisis del diagrama de momentos flectores para diversos estados de sollicitación y tipos de cargas. Su relación con la elástica de deformación. Caso de estructuras simétricas con cargas simétricas y antisimétricas.

### **3.E. Ejercitación**

Aplicación del método a estructuras hiperestáticas sencillas representativas.

## **UNIDAD 4: METODO DE LOS DESPLAZAMIENTOS.**

### **4.A. Fundamentos del Método**

Grado de indeterminación cinemática. Sistema Fundamental. Incógnitas cinemáticas. Concepto de Rigidez. Comportamiento de una barra ante desplazamientos impuestos. Formulación de las ecuaciones de equilibrio. Propiedades de la Matriz de rigidez. Comparación con el Método de las Fuerzas.

### **4.B. Resolución de Vigas Continuas**

Aplicaciones Prácticas. Trazado de Diagramas. Ilustración de Conceptos. Comparación con técnicas disponibles. Trazado de elásticas de deformación.

### **4.C. Resolución de estructuras hiperestáticas simples**

Análisis y solución de estructuras simples: Pórticos, marcos cerrados, reticulados, arcos y estructuras espaciales sencillas. Trazado de diagramas característicos y Cálculo de magnitudes cinemáticas. Trazado de elásticas de deformación. Caso de estructuras simétricas con cargas simétricas y antisimétricas.

### **4.D. Ejercitación**

Aplicación del método a estructuras hiperestáticas sencillas representativas.

## **UNIDAD 5: CALCULO MATRICIAL DE ESTRUCTURAS. USO DE PROGRAMAS**

### **5.A. Conceptos**

Estructura Real. Modelo de Análisis. Noción de Sistema. Sistemas continuos y discretos. Magnitudes globales y magnitudes locales. Concepto de grado de libertad: revisión. Noción de nodos y elementos. Análisis de sistemas sencillos. Métodos de equilibrio directo y métodos matriciales. Comparación.

### **5.B. Método de la Rigidez Directa**

Sistemas estructurales y elementos de barras. Transformación de coordenadas. Diagramas de flujo. Ensamblaje. Condiciones de contorno. Soluciones. Sistemas de ecuaciones lineales. Programas de computadora.

### **5.C. Introducción al Método de Elementos Finitos**

Conceptos. Noción de aproximación. Discretización. Comparación con los métodos matriciales. Matrices calculadas analíticamente y en forma aproximada. Aplicación al caso de estructuras de barras.

### **5.D. Empleo de Programas Disponibles.**

Empleo práctico de programas. Ingreso de datos. Definición de materiales y asignación de secciones y de cargas. Vínculos. Obtención e interpretación de los resultados. Aplicación completa a la resolución de cualquier tipo de estructura de barras.

### **5.E. Ejercitación**

1°) Resolución de estructuras hiperestáticas sencillas mediante métodos matriciales y de elementos finitos. Comparación. 2°) Resolución de estructuras sencillas mediante programas de cálculo disponibles: comparación con el método de las fuerzas y método de los desplazamientos. (Estos ejercicios se realizarán en conjunto con las unidades 3 y 4) 3°) Modelación y análisis de una estructura completa sencilla de 1 piso. (Para la Unidad 6).

## **UNIDAD 6: ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES HORIZONTALES.**

### **6.A. Rigidez y desplazamientos horizontales.**

Definición. Tipos. Análisis de cargas. Condensación estática de la matriz de rigidez.

### **6.B. Estructuras sometidas a acciones horizontales**

Cargas de Sismo y de Viento. Modelo y Análisis de estructuras sometidas a acciones horizontales. Introducción al uso de códigos y reglamentos de cálculo. Código de Construcciones Sismo Resistentes e INPRES CIRSOC 103.

### **6.C. Distribución de Fuerzas Sísmicas**

Análisis estructural aplicado a la distribución de fuerzas sísmicas. Procedimientos de análisis e hipótesis básicas. Método estático aplicado al caso de elementos ortogonales en un nivel. Extensión a varios niveles. Empleo del MRD.

### **6.D. Ejercitación**

Aplicaciones prácticas relativas a los temas b), c) y d)

## **UNIDAD 7: RESOLUCION DE ESTRUCTURAS EN FASE PLASTICA**

### **7.A. Análisis No lineal de Estructuras**

Comparación. Objetivos. Campo de aplicación. Hipótesis sobre comportamiento mecánico no lineal del material. Solicitaciones internas límites. Elementos estructurales sometidos a esfuerzos normales y a flexión. Estructuras isostáticas. Rótula plástica.

### **7.B. Solución de Estructuras hiperestáticas en fase plástica.**

Mecanismos de colapso. Procedimientos de análisis. Vigas de un solo tramo, vigas continuas y pórticos sencillos: determinación de la carga de colapso.

### **7.C. Métodos Incrementales o “paso a paso”**

Metodologías particulares de cálculo. Método del “paso a paso” y teoremas estático y cinemático. Formas de aplicación práctica. Análisis de pórticos hiperestáticos. Métodos actuales. Análisis de las deformaciones.

### **7.D. Ejercitación**

Aplicaciones de cálculo para vigas, vigas continuas y pórticos. Introducción a la utilización de programas de análisis no lineal.

## **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

La asignatura se imparte mediante clases teórico prácticas, generalmente dictadas por el profesor a cargo, con colaboración del resto de los integrantes de la cátedra, y de clases de problemas o resolución de ejercicios en las cuales se ponen en práctica los conceptos discutidos en la asignatura. Las clases Teórico Prácticas y las Clases de Problema se dictan de manera presencial. En este curso, debido a los efectos de la pandemia las clases de consulta se ofrecerán en forma remota, mediadas por computadora, excepto el caso del Profesor Titular que las ofrecerá de manera presencial.

Las clases teórico-prácticas, se utilizarán para introducir los temas, enfatizar los conceptos e ilustrarlos mediante ejercicios de aplicación relacionados con los trabajos prácticos. Con el fin de facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje, los conocimientos e ideas discutidas en clase se relacionarán con los objetivos y contenidos de la materia. Para ello al comienzo de cada clase se hará una breve síntesis de la estructura de la misma y, a manera de introducción se relacionarán los conceptos a impartir con los temas anteriores. Como ya se ha señalado los ejercicios de aplicación estarán relacionados con los ejercicios de la carpeta de Trabajos Prácticos. Se ilustrarán ideas con ejemplos muy simples que no oscurezcan el tema nuevo y, paulatinamente, se extenderán ideas a casos más complejos, propios de la práctica ingenieril. Una novedad de este curso, el primero pospandemia, será el uso de filmillas en clase Teórico-Práctica, complementado con explicaciones en la pizarra. Al final del curso se evaluará esta metodología de exposición.

La clase de problemas o ejercicios, en la que colaborará todo el equipo docente de la Cátedra, incluido el profesor a cargo, se plantea como un espacio de discusión de ideas y consolidación de ejercicios que de continuidad a la clase teórico práctica. Para ello un docente, generalmente un JTP discutirá el Práctico, señalando dificultades potenciales y desarrollando algún problema de interés. En la segunda parte los alumnos resolverán otros ejercicios en clase con la asistencia de los docentes de la cátedra.

<b>Actividad</b>	<b>Carga horaria por semestre</b>
Teoría y resolución de ejercicios simples	60
Formación práctica	
Resolución de problemas de ingeniería	35

Formación de problemas mediante computadora	15
Proyecto y diseño	10
<b>Total</b>	<b>120</b>

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### ***Bibliografía básica***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca	Observac.
García Garino, Carlos y colaboradores	Apuntes de Teoría de Estructuras. (Material preparado por docente de la Cátedra)	<a href="https://aulabierta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/mod/folder/view.php?id=62175">https://aulabierta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/mod/folder/view.php?id=62175</a>	2020		Digital
López, Daniel E.	Método de la Rigidez Directa. (Notas de Clase. Material preparado por docente de la Cátedra)	<a href="https://aulabierta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/mod/folder/view.php?id=62175">https://aulabierta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/mod/folder/view.php?id=62175</a>	2019		Digital
Cudmani, Roberto	Teoría y Práctica de las Estructuras de Barras	EDUNT	2007	1	
Segeber, Carlos D.	Análisis Estructural I. (Material preparado por docente de la Cátedra)	<a href="https://aulabierta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/mod/folder/view.php?id=62175">https://aulabierta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/mod/folder/view.php?id=62175</a>	2001		Digital
Gere, Timoshenko	Mecánica de Materiales	Reverté	1998	5	ITU
Arguelles Álvarez R.	Cálculo de Estructuras, Tomo I	Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Montes.	1981	7	
Arguelles Álvarez R.	Cálculo de Estructuras, Tomo II.	Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Montes.	1981	7	
Arguelles Álvarez R.	Cálculo de Estructuras, Tomo III.	Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Montes.	1986	1	
Belluzzi, Odone	Ciencia de la Construcción I	Aguilar	1969	16	
Belluzzi, Odone	Ciencia de la Construcción II	Aguilar	1969	11	

INPRES CIRSOC 103, Parte 1	Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes. Parte I	INTI	2013	<a href="https://www.inti.gov.ar/assets/uploads/files/cirsoc/en%20tramite/INPRES-CIRSOC-103TOMO1-COMP.pdf">https://www.inti.gov.ar/assets/uploads/files/cirsoc/en%20tramite/INPRES-CIRSOC-103TOMO1-COMP.pdf</a>
-------------------------------	---	------	------	---

### **Bibliografía complementaria**

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca	Observac.
Kiseliov, V.A.	Mecánica de la Construcción I	Mir	1976	2	
Kiseliov, V.A.	Mecánica de la Construcción II	Mir	1976	2	
Süssekind, José Carlos	Curso de Análise Estructural	Globo	1976	0	
Feodossiev, V. I.	Diez Conferencias sobre la Resistencia de Materiales	Mir	1973	0	
Cervera M y Blanco E.	Mecánica de Estructuras, Tomo 2, Métodos de Análisis	UPC SL	2002	0	
Tonti, E.	A mathematical model for physical theories	Accademia Nazionale dei LINCEI	1972		(17) (PDF) <a href="#">A mathematical model for physical theories (researchgate.net)</a>

### **EVALUACIONES (S/ Ord. 108-10\_CS)**

La asignatura se aprueba mediante examen final. Durante el cursado se tomará una evaluación por cada unidad, con el fin de alcanzar la firma de los trabajos prácticos. Estas evaluaciones se realizarán generalmente en pizarrón, constarán de la resolución de un ejercicio de dificultad similar a los de clases y luego se realizarán preguntas al alumno. De esta forma se familiariza durante el cursado de la asignatura al estudiante con la mecánica del examen final. En el caso de las unidades 5 y 6, por razones de cronograma y por la característica de los temas la evaluación será escrita.

#### **Programa de examen**

Bolilla 1:	Unidades: 1 – 3 – 7
Bolilla 2:	Unidades: 2 – 4 – 6
Bolilla 3:	Unidades: 3 – 5 – 2
Bolilla 4:	Unidades: 4 – 7 – 3
Bolilla 5:	Unidades: 5 – 6 – 3
Bolilla 6:	Unidades: 6 – 2 – 1
Bolilla 7:	Unidades: 4 – 3 – 5



**1 de Marzo de 2023, Dr. Ing. Carlos García Garino**