

<b>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo</b>			
<b>P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA</b>			
<b>Asignatura:</b>	<b>ESTRUCTURAS LAMINARES</b>		
<b>Profesor Titular:</b>	<b>Daniel E. Lopez</b>		
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería Civil</b>		
<b>Año: 2023</b>	<b>Semestre: 9</b>	<b>Horas Semestre: 75</b>	<b>Horas Semana: 5</b>

### **OBJETIVOS**

Los objetivos de la actividad curricular de acuerdo con el plan de estudios vigente son:

#### **Objetivos Generales del Espacio Curricular**

“Conocer el concepto y las aplicaciones prácticas de las estructuras laminares. Conocer conceptualmente los métodos de modelación de estructuras laminares. Demostrar habilidad para: diseñar estructuras laminares para cubiertas, recipientes, conducciones y retenciones; modelar, interpretar físicamente los resultados y evaluar la validez del modelo. Manifestar curiosidad por investigar las aplicaciones de estas estructuras en la Ingeniería Civil.”

#### **Objetivos Específicos para cada Unidad Temática**

Los objetivos específicos que deben alcanzar los estudiantes del curso en cada unidad temática:

- Participación en clase recordando y comentando los conceptos que sirven de base para el desarrollo de cada tema.
- Reconocer las características estáticas y cinemáticas de un sistema estructural complejo de configuración tridimensional.
- Comprender y distinguir entre modelos o problema físico, modelo matemático y modelo de análisis.
- Comprender los conceptos de discretización y de aproximación del campo incógnita.
- Comprender el ámbito de aplicación y las limitaciones de las teorías e hipótesis utilizadas para el desarrollo del método de los elementos finitos (MEF), con relación a las estructuras reales y conocidas.
- Identificar las variables involucradas en el proceso de análisis estructural y comprender como se relacionan entre sí.
- Comprender e interpretar desde el punto de vista físico las matrices de rigidez de elementos aislados y de estructuras completas.
- Obtener agilidad y seguridad para interpretar rigideces, cargas y corrimientos en diversos sistemas de referencia de coordenadas.
- Participación en clase para conceptualizar el comportamiento estructuras simples y hacer cálculos aproximados en forma manual y/o mediante la utilización de software no especializado (por ejemplo, planillas de cálculo).
- Familiarización con la utilización de software específico para análisis estructural. Conociendo su interfaz de entrada-salida, los datos requeridos para modelar una estructura y la visualización e interpretación de los resultados que provee el software, relacionándolos con el comportamiento de estructuras reales.
- Participación en clase utilizando software específico para análisis estructural, mostrando, comentando y comparando los resultados obtenidos con los de su grupo de trabajo y con los

de toda la clase.

- Desarrollar fluidez en la interpretación y aplicación de reglamentos y normas tanto para la definición de acciones, materiales y diseño y detallamiento de diversos elementos estructurales.

## **CONTENIDOS**

### **UNIDAD 1**

#### **INTODUCCIÓN A LAS ESTRUCTURAS LAMINARES.**

Concepto, definiciones y elementos de las estructuras laminares. Tipos. Aplicaciones, ventajas y consideraciones especiales. Geometría de superficies. Hipótesis de comportamiento: membranas, placas y cáscaras, ecuaciones de equilibrio, ecuaciones de compatibilidad, ecuaciones constitutivas. Aplicaciones en general.

### **UNIDAD 2**

#### **MEMBRANAS. TEORÍA CLÁSICA. DEFORMACIONES**

Membranas como caso general. Enfoque clásico. Ecuaciones de equilibrio. Membranas de revolución. Membranas esféricas y cónicas. Cargas simétricas y asimétricas: viento y sismo. Deformaciones de las membranas de revolución. Relaciones entre corrimientos y deformaciones. El principio de contragradiencia aplicado a las membranas. Ecuación constitutiva. Cambio de coordenadas para medir corrimientos. Rotaciones en membranas de revolución. Aplicaciones a cubiertas: Cúpulas, Cilindros y Conos; Recipientes y Tuberías. Estructuras de retención.

### **UNIDAD 3**

#### **MEMBRANAS. TENSIÓN PLANA. DEFORMACIÓN PLANA**

Tensión Plana. Deformación Plana. Ecuaciones de la Teoría de la Elasticidad 2D. Ecuaciones de equilibrio y compatibilidad. Ecuaciones constitutivas. Formulación de elementos finitos planos: tensión y deformación plana. Cargas. Consideraciones especiales. Limitaciones. Condiciones de contorno. Aplicación a presas y túneles. Depósitos para gases. Depósitos para líquidos. Cubiertas: cúpulas, bóvedas: consideraciones especiales: cambio de la geometría de la directriz, vigas de borde, tímpanos.

### **UNIDAD 4**

#### **PLACAS DELGADAS Y PLACAS GRUESAS**

Placas delgadas. Teoría de Kirchhoff. Placas gruesas. Teoría de Reissner. Ecuaciones de equilibrio y compatibilidad. Ecuaciones constitutivas. Elementos finitos de placas delgadas y gruesas. Variables cinemáticas y estáticas. Cargas simétricas y asimétricas. Aplicación a Cubiertas. Tanques cilíndricos. Presas de simple y doble curvatura. Torre de enfriamiento. Estructuras plégadas.

### **UNIDAD 5**

#### **CASCARAS DE REVOLUCIÓN**

Superficies de revolución. Consideraciones geométricas. Ecuaciones de equilibrio y compatibilidad. Ecuaciones constitutivas. Elementos finitos de simetría axial. Cargas. Condiciones de contorno. Conos, Depósitos de líquidos. Tanques. Depósito de fangos. Torre de enfriamiento. Tanque cilíndrico con cúpula esférica, amortiguamiento de las solicitaciones.

## **UNIDAD 6**

### **CASCARAS. DISCRETIZACIÓN DE SUPERFICIES DE SIMPLE Y DOBLE CURVATURA**

Elementos finitos de casaras. Mallas de elementos finitos. Convergencia de la solución. Aproximaciones y errores. Test de la parcela. Variación de la densidad de la malla. Cargas simétricas y asimétricas: viento y sismo. Casos especiales. Utilización conjunta de distintos tipos de elementos finitos. Consideraciones especiales. Condiciones de contorno.

## **UNIDAD 7**

### **ESTRUCTURAS LAMINARES EN PROYECTOS DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

Aplicaciones de estructuras laminares en proyectos de ingeniería. Modelación y discretización de superficies. Utilización de distintos tipos de elementos finitos: consideraciones sobre la geometría, cargas y condiciones de vínculo del proyecto. Uso de software comercial, educativo y de investigación. Validación. Evaluación de resultados. Reglamentos y normas su interpretación y aplicación a estructuras laminares, en etapa de análisis, diseño y detallamiento.

### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

La metodología de enseñanza aprendizaje se basa en materializar una integración efectiva de los conocimientos teóricos y prácticos, mediante el desarrollo de proyectos de ingeniería estructural reales y concretos, con especial énfasis en estructuras superficiales.

Se fomenta la utilización de la creatividad y el juicio crítico para proponer, analizar, evaluar y seleccionar soluciones entre varias opciones posibles. Desarrollar la capacidad para el trabajo en equipo, actitud de colaboración y habilidad para exponer ideas y soluciones.

Además, se pretende que el alumno utilice los conocimientos adquiridos en asignaturas afines, aplicándolos de manera criteriosa y específica en la solución de problemas de ingeniería estructural reales y similares a los que encontrará en el desarrollo de la labor profesional una vez egresado de la Facultad y que al mismo tiempo adquiera conciencia de la necesidad de perfeccionarse continuamente.

Las actividades se componen de: Teoría y Resolución de Ejercicios Simples, Formación Práctica con: Resolución de problemas de ingeniería, y la elaboración de un Proyecto Final Integrador (PFI) que es un proyecto de ingeniería.

A continuación, se presenta la distribución horaria para cada actividad:

<b>Actividad</b>	<b>Carga horaria por semestre</b>
Teoría y resolución de ejercicios simples	30
Formación práctica	
Formación Experimental – Laboratorio	0
Formación Experimental - Trabajo de campo	0
Resolución de problemas de ingeniería	15
Proyecto y diseño	30
<b>Total</b>	<b>75</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

### ***Bibliografía básica***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Irons, B. and Ahmad S.	Techniques of Finite Elements	Ellis Horwood Ltd	1.980	1
Oñate, E.	Cálculo de Estructuras por el Método de los Elementos Finitos (análisis estático lineal) 2ª Edición	CIMNE	1.995	1
Odone Belluzzi	Ciencia de la Construcción III	Aguilar	1.967	4
Baker E. et al.	Structural Analysis of Shells	Mc Graw Hill	1.972	1
Elbio Villafaña et al.	Estructuras Laminares Teoría y Aplicaciones. Apuntes de Clase	-	2.002	1
Lopez, D.	Elementos Finitos de Lámina Plana. Apuntes de Clase	-	2012	1

### ***Bibliografía complementaria***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Olvera López Alfonso	Análisis de Estructuras	Comp. Ed. Continental S.A.	1.972	1
Zienkiewicz et al.	The Finite Element Method: Its Basis and Fundamental 6th Edition	Elsevier	2.005	2
Kardestuncer and Norrie	Finite Element HandBook	Mc Graw Hill	1.988	2
Brebbia C.A. and Connor J.J.	Fundamentals of Finite Element Techniques (for structural engineers)	London Butterworths	1.973	2

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Brebbia C.A. and Dominguez J.	Boundary Elements An Introductory Course 2ªEd.	Mc Graw Hill	1.992	2
Bathe, K.-J.	Finite Element Procedures	Pentrice Hall Inc	1.989	1

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

La asignatura posee el régimen promocional para la acreditación del curso. Como resultado del proceso cada alumno puede alcanzar la acreditación mediante la promoción en forma directa o

alcanzar la condición de alumno regular para acceder a la acreditación mediante un examen final.

Para el régimen de promoción directa se adopta la evaluación continua de tipo formativa, con proyecto final integrador y coloquio con evaluación tipo sumativa, mientras que para el régimen de regularidad se adopta la evaluación continua de tipo formativa que finaliza con una evaluación tipo sumativa mediante un coloquio.

### ***Contenidos a Evaluar***

Para la acreditación mediante promoción directa como para la acreditación por examen final se evalúan los siguientes tipos de contenidos:

#### ***Contenidos Declarativos o Factuales (cognitivos)***

La aplicación de conceptos a través de la solución de problemas.

#### ***Contenidos Procedimentales***

El conocimiento sobre métodos o procedimientos.

El uso del conocimiento y el grado de comprensión sobre los elementos involucrados en los métodos o procedimientos para análisis y diseño de estructuras, así como la evaluación de los resultados obtenidos.

Se valora la aplicación de métodos o procedimientos en sí mismos y sus resultados.

#### ***Contenidos Actitudinales***

Confianza ante diversas situaciones en la aplicación de conceptos y métodos para plantear y resolver problemas.

Respeto por el pensamiento ajeno y seguridad en la defensa del propio con flexibilidad para modificarlo.

Valoración del trabajo individual y en equipo basado en la responsabilidad y en la cooperación para lograr un objetivo común.

Sentido crítico con los resultados obtenidos en la resolución de problemas.

### ***Tipos de Evaluación***

Se utiliza la evaluación de tipo formativa, durante el proceso a lo largo del cursado. Mientras que se utiliza la evaluación de tipo calificativa para los coloquios, sean para la acreditación mediante promoción directa o para alcanzar la condición de alumno regular.

### ***Criterios de Evaluación***

Los criterios de evaluación que se resumen a continuación sirven como orientación y guía para los estudiantes y el plantel docente de la Cátedra, debiendo considerarse en la evaluación continua, el desarrollo del coloquio y la confección de la monografía del PFI, los siguientes elementos:

- La exactitud, de los cálculos o determinaciones realizadas.
- La claridad y coherencia de lo expresado en forma escrita u oral.
- La consistencia y organicidad.
- La organización lógica de los contenidos desarrollados.
- La suficiencia en los argumentos aportados.
- La relevancia de los antecedentes e información aportada.
- La pertinencia de las hipótesis formuladas y de los tipos de análisis utilizados.
- La utilización precisa del vocabulario específico de la disciplina.
- La exhaustividad en la selección de argumentos para fundamentar las soluciones de ingeniería adoptadas.

### ***Instrumentos de evaluación***

Se utilizan como instrumentos de evaluación la ejercitación que forma parte de las actividades prácticas, el proyecto final integrador y los coloquios sea para la Promoción Directa o para la obtención de la Regularidad según corresponda.

### ***Acreditación mediante Promoción Directa***

Las condiciones para obtener la promoción directa son las siguientes:

- Estar inscripto para cursar la asignatura de acuerdo con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería de acuerdo con el plan de estudios vigente.
- Contar con un mínimo de asistencia del 75% de las clases. Pudiendo justificarse las inasistencias según a los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería de acuerdo con las normas vigentes.
- Elaboración y presentación pública del proyecto final integrador en comisiones.
- Aprobación de un coloquio sobre el proyecto final integrador en forma individual. Calificación mínima requerida para aprobar 60%, en una escala de 0% a 100%, teniendo en cuenta la escala del Art.4° de la Resolución N° 108-2010-CS.
- En caso de resultar no aprobado en la instancia de evaluación se dispondrá de una posibilidad de recuperación. En caso de resultar desaprobado pasará al régimen de alumno regular.

### ***Estudiantes Regulares***

Las condiciones para obtener la regularidad son las siguientes:

- Estar inscripto para cursar la asignatura de acuerdo con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería de acuerdo con el plan de estudios vigente.
- Contar con un mínimo de asistencia del 75% de las clases. Pudiendo justificarse las inasistencias según a los requisitos establecidos por la Facultad de ingeniería de acuerdo con las normas vigentes.
- Aprobación de un coloquio individual sobre temas del programa. Calificación mínima requerida para aprobar 60%, en una escala de 0% a 100%, teniendo en cuenta la escala del Art.4° de la Resolución N° 108-2010-CS.
- En caso de resultar no aprobado en la instancia de evaluación se dispondrá de una posibilidad de recuperación.
- En caso de resultar desaprobado el recuperatorio se dispondrá de una posibilidad para recuperar mediante una evaluación global sobre todos los temas del programa.

### ***Estudiantes Libres***

Estudiantes que no satisfagan las condiciones para obtener la promoción directa o la regularidad quedarán en condición de alumno libre, situación B, de acuerdo con el ARTÍCULO A14, de la Ordenanza N° 002/2021-CD.

### ***Acreditación mediante Examen Final***

Los estudiantes podrán presentarse a rendir el examen final de acuerdo con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería según el plan de estudios y a las normas vigentes, en las fechas indicadas en el calendario académico correspondiente al año respectivo, tanto para estudiantes regulares como para estudiantes libres.

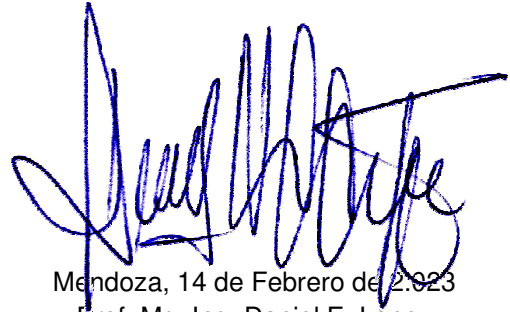
El examen final de los estudiantes que rinden en condición de libres consta de dos partes: una parte inicial en que los estudiantes deben rendir y acreditar las competencias requeridas en los aspectos prácticos de los temas del programa de estudios de la asignatura. En el caso de no aprobar esta primera parte concluye el examen con el resultado no aprobado.

Una vez superada la primera parte se pasa a la segunda, donde los estudiantes desarrollan el examen de idéntica forma que lo hacen los estudiantes en condición de alumno regular.



***Programa de examen***

- Bolilla 1:** Temas 1 - 3 - 5  
**Bolilla 2:** Temas 2 - 4 - 6  
**Bolilla 3:** Temas 3 - 5 - 7  
**Bolilla 4:** Temas 4 - 6 - 1  
**Bolilla 5:** Temas 5 - 7 - 2  
**Bolilla 6:** Temas 6 - 1 - 3  
**Bolilla 7:** Temas 7 - 2 - 4



Mendoza, 14 de Febrero de 2023  
Prof. Mg. Ing. Daniel E. Lopez