

PROGRAMA ANALÍTICO

FACULTAD: INGENIERÍA

DEPARTAMENTO: MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

PLAN DE ESTUDIO: 2005

MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL

ORIENTACIÓN:

ASIGNATURA: ESTABILIDAD APLICADA

CÓDIGO: 0333

DOCENTE RESPONSABLE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Rodolfo Miguel Duelli	Ingeniero Mecánico Electricista	Profesor Asociado	Exclusiva

EQUIPO DOCENTE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Marcos L. Verstraete	Dr. Ciencias de la Ingeniería	Ayudante de Primera	Exclusiva

AÑO ACADÉMICO: 2020

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2º CUATRIMESTRE DE 4º AÑO

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:

Aprobada	Regular
318	330
325	
328	

ASIGNACIÓN DE HORAS:

Horas Totales		(6 h.)
Semanales		(10 h.)
Teóricas		(25 h.)
Prácticas	Resolución de problemas	(20 h.)
	Laboratorio	(10 h.)
	Proyecto	(20 h.)
	Trabajo de campo	(-- h.)
Teórico-Prácticas		(25 h.)

FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:

FUNDAMENTACIÓN:

Al aprobar esta asignatura los estudiantes completaran su aprendizaje de las teorías fundamentales relativas a la mecánica avanzada de los sólidos deformables, y tendrán la capacidad de aplicar la mecánica del sólido continuo, la estabilidad del equilibrio, y la teoría avanzada de vigas, a la resolución de los problemas que se presentan habitualmente en la ingeniería mecánica.

OBJETIVOS PROPUESTOS:

1. Desarrollar las ecuaciones fundamentales que gobiernan el comportamiento de la mecánica del sólido continuo y los criterios de falla.
2. Estudiar los problemas de estabilidad del equilibrio en estructuras de barras y láminas delgadas.
3. Analizar las características de comportamiento de las vigas curvas y de pared delgada.
4. Al finalizar el curso el estudiante debe ser capaz de resolver problemas de mecánica avanzada de sólidos deformables en la especialidad de la ingeniería mecánica.

Se considera importante que el estudiante complemente los conocimientos teóricos con el uso de herramientas computacionales de cálculo, por ello se ha puesto a disposición de los estudiantes varios programas (software) libre bajo licencia GNU, que son utilizados para resolver problemas y para contrastar los resultados de los trabajos prácticos resueltos en forma manual.

COMPETENCIAS:

El Estudiante tendrá la capacidad para analizar:

- a) Los distintos tipos de componentes mecánicos estructurales, su comportamiento, y la forma matemática de modelización adecuada.
- b) Las cargas que pueden ser aplicadas a los distintos tipos de componentes mecánicos.
- c) Los modos de falla y los coeficientes de seguridad.
- d) Los métodos de cálculo de la mecánica avanzada de los sólidos deformables, y una introducción al método de elementos finitos.

Para ello el Estudiante tendrá la capacidad de resolver:

- a) Problemas típicos de análisis y/o verificación de piezas y estructuras mecánicas determinado el método de cálculo mas adecuado.
- b) Determinar si el problema puede ser resuelto utilizando soluciones analíticas o por el método de elementos finitos.

EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:

PARTE I MECÁNICA DEL SÓLIDO CONTINUO

CAP. 1 Elasticidad lineal. Criterios de fallas.

- 1.1 Métodos generales de la elasticidad lineal. Ecuaciones de Lamé (o Navier) y de Beltrami-Michell.
- 1.2 Criterios de falla para tensiones combinadas. Teorías de Rankine, Tresca, Von Mises, y Mohr.
- 1.3 Comparación de las distintas teorías. Coeficiente de seguridad. Casos lineales y casos no lineales.

CAP. 2 Cilindros con elevada presión interior.

- 2.1 Ecuaciones de: equilibrio, cinemáticas, y constitutivas en coordenadas cilíndricas.
- 2.2 Cilindro de pared gruesa sometido a alta presión interior y exterior.
- 2.3 Zunchado. Auto zunchado por tensiones residuales.
- 2.4 Criterios de diseño para cilindro de pared gruesa y para zunchado óptimo.

CAP. 3 Teoría clásica de placas en flexión.

- 3.1 Hipótesis cinemáticas. Esfuerzos resultantes membranales y flexionales.
- 3.2 Ecuaciones constitutivas: estado membranal y estado flexional.
- 3.3 Formulación diferencial de la teoría clásica de placas en flexión. Condiciones de borde.
- 3.4 Soluciones tabuladas: para pequeños desplazamientos, grandes desplazamientos, y placa circular.

CAP. 4 Mecánica de fracturas. Concentración de tensiones. Falla por fatiga.

- 4.1 Mecánica de Fracturas. Coeficiente de seguridad en mecánica de fractura. Problemas de diseño.
- 4.2 Falla por fatiga. Concentración de tensiones. Diagrama S-N. Vida limitada a la fatiga.
- 4.3 Tensiones fluctuantes. Criterio de falla por fatiga. Coeficiente de seguridad a fatiga.
- 4.4 Tensiones fluctuantes. Criterio a vida limitada a fatiga. Tensión equivalente por fatiga.
- 4.5 Daño acumulado. Diagrama S-N para la regla de Miner, y para la regla de Manson.

PARTE II ESTABILIDAD DEL EQUILIBRIO

CAP. 5 Teoría de segundo orden para elementos prismáticos.

- 5.1 Introducción. Modos de falla. Ecuaciones de equilibrio en el sistema deformado de una viga.
- 5.2 Matriz de rigidez de una barra de pórtico plano con carga axial acoplada en compresión y en tracción.
- 5.3 Sistemas de barras. Estabilidad del equilibrio en sistemas de barras. Software PORTI2.
- 5.4 Esfuerzos y tensiones en la teoría de segundo orden. Software PORTI2.

CAP. 6 Cargas críticas de placas.

- 6.1 Ecuaciones básicas para el pandeo de placas. Trayectorias de equilibrio no lineales. Linealización.
- 6.2 Cargas críticas para placas rectangulares. Pandeo de placas reales. Placa ortótropa. Placa sándwich.

CAP. 7 Pandeo de cilindros.

- 7.1 Ecuaciones básicas para determinar las cargas críticas para cilindros delgados.
- 7.2 Pandeo de cilindros reales. Límites inferiores para carga axial y presión lateral.

7.3 Criterios de diseño. Recipiente sometido a presión exterior. Cargas combinadas axial y lateral.

CAP. 8 Pandeo local y global de elementos compuestos.

8.1 Vigas y columnas de pared delgada. Tensión crítica de las placas que forman una sección.

8.2 Secciones delgadas. Sección compacta.

PARTE III TEORÍA AVANZADA DE VIGAS

CAP. 9 Vigas curvas.

9.1 Tensiones normales circunferenciales. Tensiones normales radiales.

9.2 Corrección de las tensiones circunferenciales. Factor de Bleich.

9.3 Software Viga Curva. Cálculo de desplazamientos.

CAP. 10 Vigas de pared delgada.

10.1 Torsión de secciones unicelulares y multicelulares cerradas de pared delgada.

10.2 Propiedades sectoriales. Alabeo. Tensiones secundarias normales y de corte.

10.3 Flujo de corte por corte. Centro de corte. Software SECCIÓN y TRITE.

10.4 Torsión con alabeo restringido. Software SECCIÓN y VLASOV.

10.5 Solución de la ecuación general de la torsión. Soluciones analíticas y numéricas. Bimomento.

PARTE IV MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

CAP. 11 Método de los elementos finitos (M.E.F.)

11.1 Introducción al M.E.F. Triángulo de tensión constante. Otros elementos.

11.2 Solución de problemas de tensión plana empleando el M.E.F.

11.3 Trabajo práctico personal del M.E.F. Defensa del trabajo personal del M.E.F.

ORMAS METODOLÓGICAS:

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:

El período de clases: está fijado por el calendario de actividades académicas de grado aprobado por el C.D. Generalmente se asigna para el semestre una duración de 15 semanas. La cátedra publica en el aula virtual del S.I.AL los horarios de consulta de los profesores integrantes de la asignaturas. Los horarios de clase los organiza la Secretaría Académica de la Facultad de acuerdo a las bandas horarias y disponibilidad de aulas. Las fechas de las evaluaciones y del recuperatorio se coordinan entre las asignaturas a desarrollarse en el 2° cuatrimestre del 4° año, en la reunión realizada antes del comienzo de clase que cita a tal efecto el Sr. Secretario Académico.

Los contenidos de esta asignatura se desarrollan en dos clases semanales de 3 horas cada una, con la modalidad de teórico-práctico.

PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:

No se contemplan en el presente ciclo lectivo

CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES Y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

CRONOGRAMA DE CLASES Y PARCIALES (ESTABILIDAD APLICADA AÑO 2020)

Nº	Fecha	Temas Teórico/Practico
1	11/08	Ecuaciones fundamentales de la elasticidad.
2	12/08	Métodos generales de la elasticidad lineal. Criterios de falla.
3	18/08	Criterios de falla. Cilindro de pared gruesa.
4	19/08	Cilindro de pared gruesa.
5	25/08	Teoría de placas.
6	26/08	Teoría de placas.
7	1/09	Método de elementos finitos.
8	2/09	Método de elementos finitos.
9	8/09	Método de elementos finitos.
10	9/09	Teoría de segundo orden en elementos prismáticos.
11	15/09	Teoría de segundo orden en elementos prismáticos.
12	16/09	Pandeo de placas.
13	22/09	Pandeo de cilindros.
14	23/09	Pandeo local y global de elementos compuestos.
15	29/09	PRIMER PARCIAL PRACTICO
16	30/09	Mecánica de fractura.
17	6/10	Fatiga.
18	7/10	Fatiga.
19	13/10	Daño acumulado.
20	14/10	Vigas curvas.
21	20/10	Torsión de vigas de sección uni y multi celular de pared delgada.
22	21/10	Propiedades sectoriales del área de vigas de pared delgada.
23	27/10	Vigas de pared delgada.
24	28/10	Vigas de pared delgada.
25	3/11	SEGUNDO PARCIAL PRACTICO
26	4/11	Vigas de pared delgada.
27	10/11	RECUPERATORIO PRIMER Y SEGUNDO PARCIAL PRACTICO
28	11/11	FERIADO DÍA DE LA CIUDAD
29	17/11	PARCIAL TEÓRICO
30	18/11	RECUPERATORIO PARCIAL TEÓRICO

NOMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

Trabajo Practico N° 1: Problemas Combinados de los temas de los capítulos 1, 2, y 3. Utilización del software Scilab, y la hoja de cálculo Calc de LibreOffice para problemas que emplean soluciones tabuladas.

Trabajo Practico N° 2: Problema de mecánica de fractura. Utilización hoja de cálculo Calc de LibreOffice.

Trabajo Practico N° 3: Problema de falla por fatiga y concentración de tensiones.

Proyecto N° 1: Problema combinado de los capítulos 1, 2, y 3 con mecánica de fractura, falla por fatiga y concentración de tensiones.

Trabajo Practico N° 4: Estabilidad y carga críticas con efecto de segundo orden en vigas. Software PORTI2.

Trabajo Practico N° 5: Estabilidad del equilibrio de placas y cascaras.

Proyecto N° 2: Pandeo local de elementos compuestos. Criterio de diseño de cilindros de pared delgada.

Trabajo Practico N° 6: Viga curva. Software viga curva

Trabajo Practico N° 6: Viga de pared delgada. Software SECCIÓN y TRITE.

Trabajo Practico N° 7: Casos especiales de vigas. Software SECCIÓN y VLASOV.

Proyecto N° 3: Aplicación a la ingeniería mecánica de: viga de pared delgada y casos especiales de vigas.

Proyecto N° 4: Problema del método de elementos finitos. Defensa de los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA. Cubre todos los capítulos del programa.

“Compendio de Cálculo Estructural para ingeniería mecánica y aeronáutica”. Autores: Julio Massa, Juan Giro, y Alejandro Giudici. Edición: agosto del año 2019. El compendio cubre todos los capítulos de la asignatura, se mantiene actualizado y además incluye cuatro capítulos extras con aplicaciones a la ingeniería mecánica que a juicio y experiencia de los profesores de la asignatura serán de utilidad en el ejercicio de la profesión por parte de los estudiantes.

Software disponible para la realización de lo trabajos prácticos y proyectos

Programa “PORTI2”. Analiza pórticos planos en régimen elástico lineal bajo cargas estáticas incluyendo el efecto de segundo orden de las deformaciones

Programa “VIGA CURVA”. Calcula el valor del área, el radio de curvatura y el área modificada de la sección de una viga curva, y las tensiones en uno o más sectores en la viga curva utilizando las teorías de viga curva y viga recta.

Programa “**TRITE**”. Analiza pórticos espaciales en régimen elástico lineal bajo carga estáticas.

Programa “**SECCIÓN**”. Calcula las propiedades geométricas de secciones de pared delgada, y si se dan como datos los esfuerzos calcula el coeficiente de seguridad de la sección de pared delgada.

Programa “**VLASOV**”. Resuelve la ecuación de Vlasov para la torsión de vigas de pared delgada con alabeo restringido.

Programa “**Scilab**”. Scilab Enterprises, bajo la licencia CeCILL, INRIA.

Programa “**LibreOffice**” es un paquete de software de oficina libre y de código abierto desarrollado por The Document Foundation, bajo licencia GNU - GLP.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA Y DE CONSULTA

Título	Autor/s	Editorial	Año Edición	Nº	Eje Temático
Advanced mechanics of materials. 6th. ed.	Boresi, Arthur Peter; Schmidt, Richard Joseph; Sidebottom, Omar Marion	Wiley & Sons	2002	1	Cap. 2 Cap. 3 Cap. 4 Cap. 9 Cap 10
Diseño en ingeniería mecánica de Shigley - 9a ed.	Budynas, Richard G. Nisbett, J. Keith	McGraw Hill	2012	1	Cap. 2 Cap. 4 Cap. 9
Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos	Eugeño Oñate	CIMNE UPC	1995	1	Cap. 11
Failure of materials in mechanical design : analysis, prediction, prevention	Collins, Jack A.	Wiley & Sons	1981	1	Cap. 1 Cap. 4
Advanced mechanics of materials 2nd. ed.	Cook, Robert Davis; Young, Warren C.	Prentice Hall	1999	1	Cap. 9 Cap. 10
Mechanics of Engineering Materials 2 nd ed.	PP Benham, RJ Crawford & CG Armstrong	Pearson Prentice.Hall	1996	1	Cap. 2 Cap.3 Cap. 4 Cap. 11
Roark's formulas for stress and strain	Young, Warren Clarence	McGraw-Hill	1989	2	Todos los Cap.
Introducción a la Teoría de la Elasticidad	Godoy, Prato, Flores	UNC - ANCA	2009	1	Cap. 1
Buckling of Bars, Plates, and Shells	Brush D. O. Almoroth Bo. O.	McGraw-Hill	1975	0	Cap. 5, 6, 7, 8
Buckling of Bars, Plates, and Shells	Robert M. Jones	Bull Ridge Publishing	2006	0	Cap. 5, 6, 7, 8
Manual de usuario de los programas: PORTI2, VIGA CURVA, TRITE, SECCIÓN, y VLASOV. Autor Julio Massa. Formato digital.					Cap. 5 Cap. 9 Cap. 10

HORARIO DE CLASES:

DÍA	HORARIO
Martes	17 hs a 20 hs
Miércoles	13 hs a 16 hs

HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:

DÍA	HORARIO	LUGAR
Lunes	14 hs a 16 hs	Cub. 5 Fac. Ing.
Miércoles	10 hs a 11 hs	Oficina 16 DTQ Fac. Ing.

REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:

REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:

La evaluación de los conocimientos adquiridos se realiza mediante 2 (dos) parciales prácticos y 1 (un) parcial teórico.

Primer Parcial Práctico: se realiza una vez finalizado el dictado teórico y práctico de la primera mitad de la asignatura.

Segundo Parcial Práctico: se realiza una vez finalizado el dictado teórico y práctico de la de la segunda mitad de la asignatura.

El objetivo a evaluar en cada examen parcial práctico es la comprensión y la correcta aplicación de los conceptos desarrollados en clase, a la solución de problemas que se presentan habitualmente en ingeniería mecánica.

Parcial Teórico: es una evaluación de la parte teórica de la asignatura. A tal fin se entrega a los estudiantes un listado con los temas que son incluidos en dicho examen. Los temas se listan en cuatro grupos. Mecánica del Sólido Continuo, Estabilidad del Equilibrio, Casos Especiales de Viga, y Método de Elementos Finitos. El profesor asigna tres temas del grupo del listado de temas, para ser desarrollados en forma escrita en un tiempo de 30 minutos para cada uno de los temas. Cada tema se retira al concluir los 30 minutos asignados. El estudiante deberá defender mediante la respuesta a las preguntas realizadas por el tribunal examinador sobre el desarrollo que realizó por escrito en cada tema del parcial teórico.

Trabajos prácticos y proyectos: se asignarán durante el transcurso del cuatrimestre cinco trabajos prácticos que el estudiante debe resolver, luego confeccionará un reporte de la solución y lo entregará en la fecha establecida. También durante el desarrollo de la materia se asignarán cuatro proyectos que incluye problemas con un nivel de complejidad más profundo, disponiendo los estudiantes más tiempo para resolverlo.

Los reportes deben ajustarse a los siguientes requerimientos:

- Hacer uso correcto de la ortografía y la gramática
- Escritura legible (En caso de ser elaborado con escritura a mano)
- Uso correcto del lenguaje técnico
- Poseer información básica (nombre de la asignatura, número del trabajo práctico y el nombre del estudiante)

Una vez controlado, el reporte es devuelto al estudiante con las observaciones correspondientes. Si el trabajo práctico y/o el proyecto no satisface las condiciones mínimas de presentación o se incurren en errores conceptuales groseros, el práctico y/o el proyecto es reprobado. Los trabajos deben ser resueltos en forma individual. Los trabajos resueltos en grupo son reprobados.

RÉGIMEN DE PROMOCIÓN Y REGULARIZACIÓN

1. Condiciones para PROMOCIÓN:

- a. **Asistencia:** asistir al 80% de la totalidad de las clases.
- b. **Prácticos:** entregar en tiempo y forma y aprobar el 80% de los prácticos.
- c. **Evaluaciones:**
 1. **Parciales:** obtener una calificación promedio de 7 (siete) como resultado de haber rendido los 3 (tres) parciales, sin registrar instancias evaluativas de aprobaciones con notas inferiores a 5 (cinco) en los 3 (tres) parciales.
 2. **Recuperatorio:** puede recuperar cada instancia evaluativa, definida como requisito para la obtención de la promoción, cualquiera sea la clasificación obtenida. En este caso, la nota del recuperatorio **reemplaza** la nota anterior obtenida. Todas las instancias recuperatorias se realizarán en la misma fecha establecida para tal fin.
 3. **Calificación:** la nota final es el promedio de las notas de los tres parciales.

2. Régimen de estudiante REGULAR:

- a. **Asistencia:** asistir al 80% de la totalidad de las clases.

- b. **Prácticos:** entregar en tiempo y forma y aprobar como mínimo el 70% de los prácticos.
- c. **Evaluaciones:**
 - 1. **Parciales:** aprobar con 5 (cinco) cada uno de los dos parciales prácticos.
 - 2. **Recuperatorio:** se recuperan los 2 (dos) parciales prácticos en la misma fecha establecida para tal fin. En ese caso, la nota del recuperatorio **reemplaza** la nota anterior obtenida. Todas las instancias recuperatorias se realizarán en la misma fecha establecida para tal fin.
- d. **Aprobación de la materia:** El examen consta de una parte práctica y de una teórica:
 - 1. La **parte práctica** consiste en resolver ejercicios similares a los evaluados en los exámenes parciales prácticos.
 - 2. La **parte teórica** tiene las características del **Parcial Teórico**.

Examen en condición de estudiante libre:

El estudiante libre puede rendir en los turnos de exámenes finales fijado por el Calendario de Actividades Académicas de Grado aprobado por el C.D. El examen final correspondiente a la condición de estudiante libre que consiste en:

- a. El estudiante deberá notificar fehacientemente al tribunal examinador como mínimo con 7 (siete) días hábiles de anticipación su intención de rendir la asignatura en la condición de estudiante libre. El tribunal examinador le comunicará las fechas en las cuales se desarrollará cada uno de los exámenes descriptos a continuación a partir de la fecha establecida para el correspondiente turno de examen.
- b. Un examen práctico de resolución de problemas sobre los temas del programa vigente de la asignatura.
- c. Un examen teórico práctico que consiste en desarrollar en forma escrita: demostraciones, y respuesta de preguntas en forma concreta y precisa, sobre los temas del programa vigente de la asignatura.
- d. Un examen teórico oral donde al estudiante se le asignaran tres temas del programa de la asignatura. El estudiante desarrollará, explicará, demostrará, y fundamentará; utilizando la pizarra y la explicación oral, en forma consecutiva los tres temas asignados.

**CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS
EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXAMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE
CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:**

EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
Primer Parcial	Practico	Escrito	12 días hábiles	19 días hábiles
Segundo Parcial	Practico	Escrito	2 días hábiles	4 días hábiles
Recuperatorio 1° y 2° Parcial Practico	Practico	Escrito		
Parcial Teórico	Teórico	Escrito y Oral	1 día hábil	1 día hábil
Recuperatorio Parcial Teórico	Teórico	Escrito y Oral	5 días hábiles	6 días hábiles

EXÁMENES FINALES	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Practico y Teórico	Escrito y Oral

Firma Docente Responsable

Firma Secretario Académico