



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

CARRERA: INGENIERIA ELECTROMECHANICA			
DEPARTAMENTO DE: MECANICA			
ASIGNATURA: - ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD - (Código F 38)			
APROBADO POR RESOLUCION N° 105/02 - C.D.			
AREA: OPTATIVAS			
CARACTER DE LA ASIGNATURA		OBLIGATORIA SEGUN OPCION	
REGIMEN	HORAS DE CLASE		PROFESORES
Cuatrimestral	Por Semana	Total	Titular: Ing. Carlos Gerardo MICUZZI
	6	90	Aux.: Mario AGUIRRE
ASIGNATURAS CORRELATIVAS PRECEDENTES			
Aprobadas		Regularizadas	
<i>Resistencia de Materiales</i> <i>Ciencia de los Materiales</i>			

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

1. OBJETIVOS

- Conocer las distintas consideraciones teóricas y prácticas para obtener criterios sobre la aplicación de los conceptos de elasticidad y plasticidad en el diseño de piezas mecánicas y su fabricación.
- Aplicar la teoría de la elasticidad al cálculo de piezas con simetría axial
- Ampliar temas tratados en Resistencia de Materiales y Ciencia de los Materiales relacionados con:
 - Concentraciones de esfuerzos
 - Aplicación de métodos matriciales
 - Plasticidad con pequeña deformación plástica
 - Estabilidad elástica
- Conocer los principales métodos para resolver el problema elástico con auxilio del cálculo numérico

2. CONTENIDOS

2.1. CONTENIDOS MÍNIMOS

- Evolución de la teoría de la elasticidad y su importancia actual.
- Estado general de esfuerzos unitarios y deformaciones en los sólidos elásticos.
- Elasticidad en coordenadas cilíndricas y su aplicación a cilindros, discos, cáscaras y placas.
- Concentración de esfuerzos.
- Aplicación de métodos matriciales en el cálculo de estructuras.
- Análisis experimental de esfuerzos.
- Plasticidad con pequeña deformación plástica.
- Introducción a la teoría de la estabilidad elástica.
- Introducción a la aplicación de cálculo numérico en problemas elásticos.

2.2. CONTENIDO ANALÍTICO

Unidad I: INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS:

- I.1. Concepto de Elasticidad y Plasticidad.
- I.2. El Problema Elástico:
 - Planteo General del Problema Elástico.
 - Ecuaciones de la Elasticidad.
 - Formulación del Problema Elástico en términos de Desplazamientos.
 - Formulación del Problema Elástico en términos de Esfuerzos.
- I.3. Evolución de la Teoría de la Elasticidad — El principio de Saint Venant — Importancia actual de la teoría de la Elasticidad.
- I.4. Soluciones continuas versus soluciones variacionales del problema elástico

Unidad II: ESTADO GENERAL DE ESFUERZOS EN LOS SÓLIDOS ELÁSTICOS:

(Fundamentación y justificación matemáticas del tema de "Esfuerzos y Deformaciones en los sólidos elásticos" tratado en la asignatura de Resistencia de Materiales)



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

- II.1. Generalidades — Hipótesis — Nomenclatura — Convenios de signos.
- II.2. Estado Tridimensional (Espacial) de Esfuerzos :
 - Componentes del Vector Esfuerzo en coordenadas rectangulares
 - Teorema de reciprocidad de las componentes tangenciales del esfuerzo.
 - Esfuerzos asociados a un plano genérico — Tensor de Esfuerzos.
 - Cuádricas de los esfuerzos.
 - Esfuerzos Principales:
 - Valor de los esfuerzos Principales — Ecuación característica.
 - Dirección de los esfuerzos principales (autovectores)
 - Determinación de las raíces de la ecuación cúbica característica (autovalores).
 - Esfuerzos Tangenciales máximos, valor y dirección.
 - Representación gráfica de las componentes del esfuerzo (Círculo de Mohr).
 - Planos y Esfuerzos octaédricos.
 - Transformación del Tensor de esfuerzos.
 - Ecuaciones generales de equilibrio interno y en el contorno.
- II.3. Estado Bidimensional (Plano) de esfuerzos :
 - Generalidades — Hipótesis — Nomenclatura — Convenio de Signos.
 - Esfuerzos asociados a un plano genérico.
 - Esfuerzos y Direcciones Principales.
 - Esfuerzos Tangenciales máximos y dirección en que se verifican.
 - Representación gráfica de las componentes del esfuerzo plano (Círculo de Mohr).
- II.4. Trabajos Prácticos:
 - Para distintos casos de estados combinados de solicitaciones, determinación del tensor de esfuerzo, espacial o plano, y en función del mismo cálculo de:
 - Esfuerzos asociados a un plano genérico.
 - Esfuerzos normales y tangenciales máximos y direcciones en que se verifican.
 - Valor y dirección de los esfuerzos octaédricos.
 - Trazado del círculo de Mohr.

Unidad III: ESTADO GENERAL DE DEFORMACIONES EN LOS SÓLIDOS ELÁSTICOS:

(Fundamentación y justificación matemáticas del tema de "Esfuerzos y Deformaciones en los sólidos elásticos" tratado en la asignatura de Resistencia de Materiales)

- III.1. Generalidades; Hipótesis; Nomenclatura; Convenios de signos.
- III.2. Estado Tridimensional (Espacial) de Deformaciones:
 - Componentes del Vector Desplazamiento en coordenadas rectangulares
 - Deformaciones Normales y Tangenciales.
 - Ecuaciones de relación entre Deformaciones y Desplazamientos.
 - Deformaciones asociadas a un plano genérico en función de un estado conocido de deformaciones
 - Matrices de Deformación y Giro.
 - Componentes normal y tangencial de la deformación pura.
 - Cuádrica de deformaciones.
 - Deformaciones Principales:
 - Valor de las deformaciones Principales. Ecuación característica.
 - Dirección de las deformaciones principales (autovectores)
 - Determinación de las raíces de la ecuación cúbica característica de las deformaciones principales (autovalores).
 - Deformaciones Tangenciales máximas, valor y dirección.
 - Representación gráfica plana de las componentes de deformaciones (Círculo de Mohr).
- III.3. Estado Bidimensional (Plano) de deformaciones:
 - Generalidades; Hipótesis; Nomenclatura; Convenio de Signos.
 - Deformaciones asociadas a un plano genérico.
 - Valor y dirección de las Deformaciones Principales.
 - Valor y dirección de las deformaciones Tangenciales máximas.
 - Representación gráfica de las componentes de deformaciones en el estado plano (Mohr).
 - Rosetas de Deformación.
- III.4. Trabajos Prácticos:



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

- Para distintos casos de estados combinados de solicitaciones, determinación del tensor de deformaciones, espacial o plano, y en función del mismo cálculo de:
 - Deformaciones asociadas a un plano genérico.
 - Deformaciones normales y tangenciales máximas y direcciones en que se verifican.
 - Valor y dirección de las deformaciones octaédricas.
 - Trazado del círculo de Mohr.

Unidad IV: RELACIÓN ENTRE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES:

(Fundamentación y justificación matemáticas del tema de "Esfuerzos y Deformaciones en los sólidos elásticos" tratado en la asignatura de Resistencia de Materiales)

- IV.1. Generalidades.
- IV.2. Deformaciones en función de los Esfuerzos unitarios (Ecuaciones de Hooke):
 - Deformaciones Normales en función de los Esfuerzos Normales.
 - Deformaciones Tangenciales en función de los Esfuerzos Tangenciales.
- IV.3. Esfuerzos en función de las Deformaciones (Ecuaciones de Lamé) :
 - Esfuerzos Normales en función de las Deformaciones Normales
 - Esfuerzos Tangenciales en función de las Deformaciones Tangenciales.
- IV.4. Relación entre las Constantes Elásticas de los materiales:
 - Deformación Volumétrica; Módulo de Elasticidad Volumétrico.
 - Relación entre G y E. — Relación entre K y E.
- IV.5. Matriz de Flexibilidad.
- IV.6. Matriz de Rigidez.
- IV.7. Particularización para los Estados Planos:
 - IV.7.1. Esfuerzos Planos:
 - Deformaciones en función de los Esfuerzos (Hooke).
 - Esfuerzos en función de las Deformaciones (Lamé).
 - IV.7.2. Deformación Plana:
 - Deformaciones en función de los Esfuerzos (Hooke).
 - Esfuerzos en función de las Deformaciones (Lamé).
- IV.8. Trabajos Prácticos:
 - Determinación del tensor de deformaciones en función del tensor de Esfuerzos
 - Determinación del tensor de Esfuerzos en función del tensor de Deformaciones
 - Partiendo de deformaciones medidas experimentalmente mediante rosetas de deformación, determinación en un sistema rectangular de referencia, del estado de Esfuerzos en un plano de orientación genérica; Valor y dirección de los Esfuerzos normales y tangenciales máximos.
 - Cálculo de Deformaciones y Esfuerzos con las matrices de Flexibilidad y de Rigidez en planillas electrónicas de cálculo.

Unidad V: ELASTICIDAD EN COORDENADAS CILÍNDRICAS:

- V.1. Generalidades — Simetría axial geométrica y de carga.
- V.2. Planteo del Problema Elástico en coordenadas cilíndricas.
- V.3. Matriz de esfuerzos — Ecuaciones de equilibrio.
- V.4. Componentes del vector desplazamiento; Deformaciones.
 - Matriz de deformaciones.
 - Ecuaciones de compatibilidad.
- V.5. Relación entre esfuerzos y deformaciones.
- V.6. Aplicación a Cilindros de espesor grueso:
 - V.6.1. Solicitaciones en cilindros hidráulicos y tuberías de espesor grueso. Hipótesis.
 - V.6.2. Particularización de las ecuaciones generales de la elasticidad en coordenadas cilíndricas a coordenadas polares. Ecuación rectora en Coordenadas Polares para el estado de Deformación Plana.
 - V.6.3. Determinación de Esfuerzos; Deformaciones y Desplazamientos
 - Cilindros solicitados a Presión Interior y/o Presión Exterior.
 - Cilindros solicitados por Gradientes Térmicos.
 - Ejes de grandes dimensiones. Efecto de la fuerza centrífuga.



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

- V.6.4. Efecto de las condiciones de los extremos en los esfuerzos y deformaciones — Extremos cerrados o abiertos, con deformación axial libre o restringida.
- V.6.5. Cilindros Compuestos, Camisas montadas por contracción.
- V.6.6. Trabajos Prácticos:
 - Dimensionado o verificación, por condición de resistencia y/o deformación, de tuberías o recipientes solicitados por: Presión interior y/o exterior; Gradientes térmicos
 - Determinación de esfuerzos y deformaciones en ejes de grandes dimensiones por efecto de la rotación.
 - Esfuerzos y deformaciones en cilindros compuestos por camisa montada por contracción.
- V.7. Aplicación a Discos de Rotación:
 - V.7.1. Generalidades — Discos de Rotación de Espesor Delgado Constante.
 - V.7.2. Ecuación rectora en Coordenadas Polares para el estado de Esfuerzo Plano
 - V.7.3. Determinación de Esfuerzos y Deformaciones:
 - Discos de espesor constante solicitados a presión interior y/o exterior.
 - Discos de espesor constante solicitados por gradientes térmicos.
 - Efecto de la rotación en discos de espesor constante.
 - V.7.4. Discos montados por contracción sobre ejes.
 - V.7.5. Trabajos Prácticos:
 - Dimensionado ó verificación por condición de resistencia y/o deformación de discos huecos y macizos de espesor constante, solicitados por gradientes térmicos y/o fuerzas centrífuga.
 - Cálculo del estado de esfuerzos en disco montados por contracción sobre un eje. Determinación de la velocidad de "afloje".
- V.8. Aplicación a Cáscaras cilíndricas y esféricas:
 - V.8.1. Generalidades sobre cáscaras de revolución de espesor constante.
 - V.8.2. Cáscaras Cilíndricas:
 - Solicitaciones (presión; carga en los bordes; gradiente térmico); Hipótesis.
 - Ecuaciones de equilibrio.
 - Ecuaciones esfuerzos – deformaciones; Desplazamientos.
 - Ecuación rectora; Rigidez de la cáscara.
 - Solución por superposición:
 - Solución de membrana.
 - Solución para carga en los bordes.
 - V.8.3. Cáscaras esféricas:
 - Solicitaciones. Hipótesis.
 - Solución por superposición:
 - Solución de membrana.
 - Solución para carga en los bordes.
 - V.8.4. Unión de cáscaras cilíndricas y esféricas.
 - V.8.5. Efecto de las cargas laterales en las cáscaras cilíndricas y esféricas.
 - V.8.6. Trabajos Prácticos:
 - Determinación de esfuerzos y deformaciones en las cáscaras cilíndricas.
 - Determinación de esfuerzos y deformaciones en las cáscaras esféricas.
 - Determinación de esfuerzos y deformaciones en recipientes cilíndricos con extremos esféricos.

Unidad VI: **PLACAS:**

- VI.1. Generalidades y clasificación de las Bóvedas.
- VI.2. Esfuerzo membranal y teoría de flexión de las placas.
- VI.3. Clasificación de las Placas
- VI.4. Teoría de Flexión en placas de espesor mediano con flecha pequeña, apoyadas en los bordes. Hipótesis. Planteo teórico para deducción de las ecuaciones diferencial de las placas:
 - En coordenadas rectangulares
 - En coordenadas polares.
 - En coordenadas circulares.
- VI.5. Trabajos Prácticos:
 - Cálculo de solicitaciones, desplazamientos y esfuerzos en placas circulares y rectangulares apoyadas en los bordes con distintos tipos de cargas.



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

- Cálculo del desplazamiento necesario del vástago de "válvulas placas" para producir su apertura.
- Cálculo del espesor de la chapa de recipientes con y sin rigidizadores.

Unidad VII: **CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS:**

- VII.1. Generalidades — Concentradores de Esfuerzos — Esfuerzos Localizados — Importancia del principio de Saint Venant
- VII.2. Principales factores que inciden en los Esfuerzos localizados
- VII.3. Planteos teóricos de la Elasticidad para la determinación de factores teóricos de concentración de esfuerzos.
- VII.4. Analogías hidráulicas para estimar la concentración de esfuerzos en torsión.
- VII.5. Determinación experimental de factores efectivos de concentración de esfuerzos.
- VII.6. Concentración de esfuerzos y fatiga.
- VII.7. Índice de Sensibilidad — Conceptos para estimarlo.
- VII.8. Trabajos Prácticos:
 - Verificación de ejes y árboles con solicitaciones estáticas y dinámicas, con distintos tipos de concentradores.

Unidad VIII: **ESTADOS COMBINADOS PLANOS:**

- VIII.1. Planteo general del problema ; Solicitaciones estáticas y variables con concentración de esfuerzos.
- VIII.2. Combinación de las principales teorías de falla estática de los materiales con los principales criterios de falla a la fatiga:
 - Corte máximo / Goodman.
 - Corte máximo / Soderberg
 - Energía de distorsión / Goodman
 - Energía de distorsión / Soderberg
- VIII.3. Trabajos Prácticos:
 - Determinación del coeficiente de seguridad en ejes y árboles en estado combinados de solicitaciones (flexión, torsión y esfuerzo axial) con concentradores de esfuerzos, según las distintas teorías de falla estática en combinación con distintos criterios de falla a la fatiga.

Unidad IX: **APLICACIÓN DE MÉTODOS MATRICIALES AL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS:**

- IX.1. Planteo Matricial del método de los desplazamientos:
- IX.2. Importancia actual del método — Hipótesis — Discretización
- IX.3. Fuerzas nodales estáticamente equivalentes.
- IX.4. Grados de Libertad — Coeficientes de Influencia. — Matriz de flexibilidad
- IX.5. Matriz de Rigidez — Determinación de los Coeficientes de Rigidez de la "Barra Elemental Espacial".
- IX.6. Ensamblaje — Matriz de rigidez Global y reducida.
- IX.7. Transformación de la Matriz de Rigidez para barras inclinadas.
- IX.8. Trabajos Prácticos:
 - Determinación de cargas y desplazamientos nodales y trazado de diagramas de solicitaciones planteando matricialmente el método de los desplazamientos y con auxilio de planillas electrónicas de cálculo.
 - Aplicación de Matriz de Rigidez de la barra elemental espacial a ejes hiperestáticos flexo – torsionados: Resolución de árboles o ejes apoyados en más de dos cojinetes, con engranajes helicoidales ó cónicos ó poleas

Unidad X: **ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE ESFUERZOS:**

- X.1. Generalidades :
 - Los métodos experimentales y el cálculo numérico como auxiliares de soluciones analíticas.
 - Clasificación general de los métodos experimentales:
 - Métodos de campo total
 - Métodos de punto por punto.
- X.2. Métodos Extensométricos:
 - Principio y finalidad.
 - Extensómetros Mecánicos
 - Extensómetros Ópticos
 - Extensómetros Eléctricos:
 - Propiedades eléctricas.



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

- Extensómetros de Resistencia óhmica (Strain gage) :
 - Principio y construcción
 - Factor del extensómetro; Factor transversal.
 - Medición de la variación de la resistencia.
 - Parámetros que influyen en el comportamiento del extensómetro.
 - Rosetas para medir deformaciones.
- Extensómetros eléctricos inductivos.
- Extensómetros eléctricos capacitivos.
- X.3. El Método Fotoelástico:
 - Fundamentos y finalidad; Conceptos ópticos.
 - Polariscopio plano y circular.
 - Métodos de separación de los esfuerzos principales.
- X.4. Otros Métodos Experimentales:
 - Método de las franjas de Moiré.
 - Recubrimientos quebradizos.
 - Recubrimientos fotoelásticos.
 - Métodos Interferométricos.
- X.5. Trabajos prácticos:
 - Determinación de propiedades mecánicas de los materiales en función de datos obtenidos con extensómetros comerciales.
 - Determinación de constantes del extensómetro y sensibilidad transversal.
 - Determinación de esfuerzos principales y dirección en que se verifican en función de datos aportados por distintas rosetas de deformación.
 - Determinación de la distribución y constantes de franjas en modelo y pieza real para una determinada sollicitación.

Unidad XI: PLASTICIDAD CON PEQUEÑA DEFORMACIÓN PLÁSTICA:

- XI.1. Generalidades:
 - Diagramas Plásticos Simplificados.
 - Hipótesis y consideraciones generales.
 - Influencia de pequeñas deformaciones plásticas.
 - Reserva Plástica, Parcial y total.
 - Esfuerzos residuales.
- XI.2. Torsión Plástica. Plastificación parcial y total de secciones circulares. Reserva plástica. Esfuerzos residuales.
- XI.3. Flexión Plástica. Plastificación parcial y total de vigas de secciones rectangulares, circulares y perfiladas. Longitud del área plastificada. Rótula plástica. Deflexión en vigas parcialmente plásticas. Reserva plástica. Esfuerzos residuales
- XI.4. Sollicitación axial con concentración de Esfuerzos.
- XI.5. Reserva Plástica y Esfuerzos Residuales en sistemas hiperestáticos compuestos por barras.
- XI.6. Trabajos Prácticos:
 - Cálculo de secciones circulares torsionadas que admiten penetración plástica. Fundas templadas. Secciones Encamisadas. Reserva Plástica; Esfuerzos residuales. Deformación.
 - Determinación de reserva plástica, deformaciones y esfuerzos residuales en barras flexionadas.
 - Determinación de reserva plástica y esfuerzos residuales en sistemas hiperestáticos compuestos por barras.

Unidad XII: INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA ESTABILIDAD ELÁSTICA:

(La verificación de la estabilidad de barras de eje recto comprimidas se trató en la signatura de "Resistencia de Materiales")

- XII.1. Generalidades:
 - Concepto de estabilidad estructural en el dominio elástico y en el dominio elastoplástico.
 - Pandeo total (en conjunto) y pandeo local (abollamiento).
 - La teoría de Euler; Carga crítica de pandeo de Euler.
 - Criterios energéticos para determinar la carga crítica de pandeo.
 - Pandeo de barras comprimidas con empotramiento elástico.



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

- XII.2. Estabilidad de barras flexo – comprimidas y flexo – traccionadas.
 - Carga axial con una carga lateral.
 - Carga axial con varias cargas laterales.
 - Carga axial con carga lateral distribuida.
 - Análisis de los casos anteriores para distintas condiciones de apoyo.
- XII.3. Pandeo lateral de barras flexionadas de sección rectangular estrecha.
 - De eje recto.
 - De eje curvo.
- XII.4. Pandeo lateral torsional.
- XII.5. Pandeo de anillos y cilindros de espesor delgado.
- XII.6. Pandeo de placas y cáscaras.
- XII.7. Trabajos Prácticos:
 - Verificación de columnas de sección compuesta empresilladas (o con diagonales) para distintas condiciones de los extremos y apoyos laterales.
 - Cálculo de la carga de pandeo en las columnas de un pórtico.
 - Verificación del abollamiento en alma y alas de vigas amadas con platabandas para cubrir grandes luces.
 - Verificación por condición de resistencia y cálculo de la deflexión máxima en barras flexo – comprimidas y flexo – traccionadas.
 - Verificación del pandeo local en barras perfiladas torsionadas.
 - Verificación al pandeo de placas rectangulares cargadas en su plano o flexionadas.
 - Verificación al abollamiento de discos y cilindros de espesor delgado.

Unidad XIII: INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA ELÁSTICO POR CÁLCULO NUMÉRICO:

- XIII.1. Generalidades:
 - Solución continua de las ecuaciones diferenciales de la elasticidad.
 - Solución numérica de las ecuaciones diferenciales de la elasticidad.
- XIII.2. Solución aproximada de ecuaciones diferenciales:
 - El método de Ritz.
 - El método de las diferencias finitas.
- XIII.3. El método de los elementos finitos:
 - Discretización de sólidos continuos.
 - Matriz de rigidez de los elementos finitos.
 - Matriz de rigidez global.
 - Condiciones de contorno. Matriz de rigidez reducida.
 - Fuerzas nodales estáticamente equivalentes.
 - Análisis elástico de esfuerzos.
 - Introducción a la programación del método de los elementos finitos.

3. BIBLIOGRAFÍA

- La bibliografía actualizada, básica y de consulta, junto con apuntes y ayudas didácticas de la cátedra se suministra anualmente al comienzo del curso.
- Bibliografía básica:
 - Elasticidad para Técnicos — Dugdale y Ruiz — Reverté — 1973
 - Elasticidad — Berrocal — McGraw Hill — 3° edic. — 1998
 - Fundamentos de Diseño p/ Ingeniería Mecánica — Juvinall — Limusa — 1997
 - Curso de Elasticidad — Quiroga — Bellisco — 1990
 - Apuntes y Planillas de cálculo de la cátedra.
- Bibliografía de consulta:
 - Theory of Elasticity — Timoshenko – Goodier — McGraw Hill — 1951
 - Diseño en Ingeniería Mecánica — Shigley – Mischke — Mc Graw Hill — 1990
 - Análisis de Estructuras — McCormac Elling — Alfaomega — 1994
 - Fundamentos de la Elasticidad — Alvarez — Bellisco — 1992
 - Mecánica de los Materiales — Popov — Limusa — 1996
 - Resistencia de Materiales — Tomos I y II — Timoshenko — ESCASA/ CALPE S.A. — 1967
 - Curso Superior de Resistencia de Materiales — Seely / Smith — NIGAR S.R.L. 1967



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ingeniería

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

El desarrollo del programa se realiza mediante "Clases Teóricas"; "Clases Teóricas – Prácticas" y "Clases Prácticas":

— Clases Teóricas: En general se estructuran de la siguiente manera :

- Ejemplificación del tema a tratar con casos reales de la ingeniería mecánica.
- Mención, análisis, alcance y cumplimiento práctico de las hipótesis con que se abordará el tema.
- Planteo y justificación física y matemática del tema.

— Clases Teóricas – Prácticas:

Similares a las clases teóricas, pero sin la justificación matemática del problema. En su reemplazo se recurre a la graficación de las ecuaciones que representan el problema físico en planillas electrónicas de cálculo de forma tal que permitan visualizar rápidamente el efecto del cambio de las variables que gobiernan el problema físico.

Se procura incentivar al alumno en el empleo de técnicas numérica para resolver matemáticamente el problema, resaltando las ventajas de ocuparse más del planteo del problema que de su resolución matemática, la que es relegada, en casos, a resoluciones iterativas con auxilio de herramientas informáticas.

— Clases Prácticas: Se desarrolla un mínimo de tres (3) ejercicios numérico por tema, que serán resueltos íntegramente en clase, en pizarrón, y con auxilio de computadora cuando la complejidad de los cálculos así lo requiera.

En todos los casos los trabajos prácticos se desarrollan a continuación del tratamiento teórico del tema, es decir en la clase inmediata siguiente. Para garantizar este cometido se asigna un mínimo de dos clases a cada tema del programa: una clase teórica ó teórica – práctica, seguida de una clase práctica.

Para el desarrollo de las clase prácticas se provee al estudiante:

- Un "formulómetro" con las ecuaciones de cálculo a utilizar, remarcando las hipótesis en que se basan.
- Un soporte magnético conteniendo planillas de cálculo preparadas específicamente para cada tema, para facilitar su uso progresivo con el desarrollo del programa, permitiendo también el uso vinculado en los trabajos prácticos finales.

5. EVALUACIÓN

— Alumnos regulares: Para acceder al examen final como alumno regular se debe cumplir con el 80% de asistencia a todas las clases (teóricas y prácticas) y la presentación al final del curso de todos los trabajos prácticos realizados.

En estas condiciones el examen final consiste en la realización de uno o más trabajos prácticos, cuyo planteo debe ser aprobado en el día del examen y la presentación completa con cálculos detallados y gráficos a las 48 horas del día de examen, en cuya oportunidad, y de no mediar objeciones a la resolución del práctico, se debe aprobar un coloquio oral sobre la totalidad del programa.

— Alumnos libres: Para acceder al examen final, similar al de los alumnos regulares, se debe convenir con los responsables de la cátedra, con suficiente anterioridad a la fecha de examen, la realización de cinco (5) trabajos teóricos – prácticos que deben ser expuestos en forma oral durante cinco días consecutivos.

— Régimen de promoción: 80% de asistencia a todas las clases (teóricas y prácticas) y presentación al final del curso de todos los trabajos prácticos realizados. Aprobar tres (3) exámenes parciales: El primero sobre análisis de esfuerzos unitarios, deformaciones y desplazamientos en puntos de un sólido elástico. El segundo sobre ponderación de esfuerzos localizados en barras hiperestáticas bajo estados combinados de sollicitaciones. El tercero sobre análisis de esfuerzos unitarios, deformaciones y desplazamientos, en coordenadas cilíndricas, de piezas con simetría axial, geométrica y de cargas. Finalmente un coloquio general teórico sobre el contenido del programa.