

## Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente

**Asignatura:** Método de elementos finitos

<b>Modalidad:</b>	<b>Posgrado</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>Educación permanente</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Profesor de la asignatura:** DSc. Alfredo Canelas, Grado 5, Instituto de Estructuras y Transporte (IET)

**Otros docentes de la Facultad:** DSc. Ana Abreu, Grado 3, Instituto de Estructuras y Transporte (IET)

**Programa(s) de posgrado:** Maestría en Ingeniería Estructural, Doctorado en Ingeniería Estructural, Maestría en Ingeniería Mecánica

**Instituto o unidad:** Instituto de Estructuras y Transporte (IET)

**Departamento o área:** Departamento de Estructuras

**Horas Presenciales:** 60

**Nº de Créditos:** 9

**Público objetivo y Cupos:** Estudiantes de posgrados en Ingeniería Estructural, Ingenieros Civiles, Mecánicos, Eléctricos. Licenciados en Física o equivalentes. Sin cupos.

**Objetivos:** Introducir al alumno a las formulaciones variacionales de algunos problemas clásicos de valores de contorno en Ingeniería y la solución numérica de esas formulaciones utilizando el método de elementos finitos. El alumno deberá ser capaz de obtener la formulación variacional de los problemas clásicos presentados, comprender conceptualmente el funcionamiento del método de elementos finitos, y utilizar implementaciones computacionales del método para aproximaciones numéricas suficientemente precisas de la solución de un problema concreto. Finalizando el curso se presentará una introducción de la aplicación del método a un problema de valores iniciales. Dependiendo del interés de los estudiantes se podrá considerar el problema de conducción de calor en un medio sólido o un problema de dinámica en mecánica de sólidos.

**Conocimientos previos exigidos:** Ser egresado de Facultad de Ingeniería o institución equivalente.

**Conocimientos previos recomendados:** Se exigen conocimientos previos de estática, álgebra lineal y cálculo diferencial e integral en una y varias variables. Se recomiendan conocimientos de programación. Para Ingenieros Civiles se consideran necesarios conocimientos de Resistencia de Materiales y Elasticidad Lineal.

**Metodología de enseñanza:** El curso tendrá 2 clases semanales teórico-prácticas de dos horas de duración. El estudiante deberá dedicar además 5 horas semanales para estudio, resolución de ejercicios y realización de trabajos de laboratorio.

Descripción de la metodología:

Detalle de horas:

- Horas clase (teórico): 42
  - Horas clase (práctico): 10
  - Horas clase (laboratorio): 0
  - Horas consulta: 4
  - Horas evaluación: 4
    - Subtotal horas presenciales: 60
  - Horas estudio: 35
  - Horas resolución ejercicios/prácticos: 30
  - Horas proyecto final/monografía: 0
- Total de horas de dedicación del estudiante: 135
- 

**Forma de evaluación:** Dos pruebas parciales, entrega de trabajos prácticos.

---

**Temario:**

1. Introducción: Breve historia del método. Antecedentes. Aparición y desarrollo. Importancia actual del método en los procesos de diseño y verificación estructural de las ingenierías.
2. El problema de Poisson unidimensional
  - 2.1. Formulación fuerte del problema de Poisson
  - 2.2. Mínima energía potencial total, formulación como problema de optimización
  - 2.3. Formulación variacional del problema de Poisson
  - 2.4. Equivalencia entre las tres formulaciones del problema
  - 2.5. Existencia y estabilidad de la solución.
3. El método de Galerkin
  - 3.1. Solución aproximada de la formulación variacional
  - 3.2. Propiedades de la solución de Galerkin
    - 3.2.1. Mínima energía potencial total de la solución de Galerkin
    - 3.2.2. Mínimo error de la solución de Galerkin
    - 3.2.3. Interpretación geométrica de la solución de Galerkin.
4. El método de elementos finitos
  - 4.1. Discretización, espacios de elementos finitos
  - 4.2. Ecuación del elemento finito, ecuación global
  - 4.3. Elementos isoparamétricos de tipo C0
  - 4.4. Integración numérica
  - 4.5. Condiciones de convergencia, estimativas del error
  - 4.6. Solución numérica en ambiente MatLab.
5. El problema de Euler-Bernoulli
  - 5.1. Formulaciones del problema
  - 5.2. Solución utilizando el método de los elementos finitos
    - 5.2.1. Condiciones de convergencia
    - 5.2.2. Elementos de tipo C1
    - 5.2.3. Solución numérica en ambiente MatLab.

6. El problema de Poisson bidimensional
  - 6.1. Formulaci3n fuerte del problema
  - 6.2. Formulaci3n variacional y de optimizaci3n
  - 6.3. Soluci3n por el m3todo de los elementos finitos
    - 6.3.1. Elementos de Lagrange y Serendip
    - 6.3.2. Condiciones de convergencia, patch test
  - 6.4. Soluci3n utilizando el software FreeFem++
    - 6.4.1. Representaci3n de la geometr3a, definici3n del problema, elecci3n del espacio de elementos finitos, soluci3n y representaci3n gr3fica de la soluci3n
    - 6.4.2. Estimativas del error, soluci3n utilizando mallas adaptativas.
  
7. El problema de elasticidad lineal en estado plano
  - 7.1. Formulaci3n fuerte del problema
  - 7.2. Formulaci3n variacional y de optimizaci3n
  - 7.3. Soluci3n por el m3todo de los elementos finitos
  - 7.4. Soluci3n utilizando el software FreeFem++
  
- 8 opci3n a). El problema de conducci3n del calor
  - 8.1 Formulaci3n fuerte e integral
  - 8.2 M3todo de elementos finitos utilizando semidiscretizaci3n
  - 8.3 M3todos de integraci3n en el tiempo
  - 8.4. Soluci3n utilizando el software FreeFem++
  
- 8 opci3n b). El problema de din3mica en mec3nica de s3lidos
  - 8.1 Formulaci3n fuerte e integral
  - 8.2 An3lisis de frecuencias naturales y modos normales de vibraci3n
  - 8.3 Soluci3n del problema dependiente del tiempo
  - 8.4 M3todo de elementos finitos utilizando semidiscretizaci3n
  - 8.5 M3todos de integraci3n en el tiempo
  - 8.6. Soluci3n utilizando el software FreeFem++

---

### Bibliograf3a:

**Claes Johnson.** Numerical solution of partial differential equations by the finite element method. Reprint of the 1987 edition. Dover Publications, Inc., Mineola, NY, 2009.

**Thomas J. R. Hughes.** The finite element method. Linear static and dynamic finite element analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1987.

**Sussane C. Brenner, L. Ridgway Scott.** The mathematical theory of finite element methods. Third edition. Texts in Applied Mathematics, 15. Springer, New York, 2008.

**O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor,** The Finite Element Method, Fourth Edition. Volume 1: Basic Formulation and Linear Problems. Volume 2: Solid and Fluid Mechanics, Dynamics and Non-linearity, Mc Graw Hill, 1991.

**J.N. Reddy,** An introduction to the Finite Element Method, Mc Graw Hill, 1993.

---

### Datos del curso

---

**Fecha de inicio y finalización:** primer semestre, de acuerdo con el calendario académico.  
(marzo a junio 2024)

**Horario y Salón:** martes de 10:00 a 11:30 en salón 309, jueves de 10:00 a 11:30 en salón 310.

**Arancel: 0**

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad posgrado:** No corresponde.

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente:** No corresponde.

---