Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

APRUEBA CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN

Buenos Aires, 26 de Agosto de 2010

VISTO la presentación de la Facultad Regional San Francisco, a través de la cual solicita la aprobación y autorización de implementación del Curso de Posgrado de Actualización "Métodos numéricos y simulación en Ingeniería Mecánica", y

CONSIDERANDO:

Que el Curso propuesto responde a la necesidad de de brindar a docentes, investigadores y graduados de la Universidad conocimientos actualizados acerca de los diferentes métodos numéricos, especialmente, del método de los elementos finitos como herramienta para la resolución de problemas de ingeniería.

Que la Facultad Regional San Francisco cuenta con un plantel de profesores de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados al propuesto.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación.

Que la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículo del Curso de Posgrado de Actualización "Métodos numéricos y simulación en Ingeniería Mecánica", que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado de los mencionados Cursos en la Facultad Regional San Francisco con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA Nº 1284

Ing. HECTOR CARLOS BROTTO
RECTOR

A. U. S. RICARDO F. O. SALLER
Secretario del Consejo Superior

Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

ORDENANZA Nº 1284

ANEXO I

CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN

MÉTODOS NUMÉRICOS Y SUMULACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA

1. FUNDAMENTACIÓN

El análisis por elementos finitos es una técnica de simulación en computadora usada en análisis en ingeniería. Utiliza una técnica numérica llamada Método de los Elementos Finitos (MEF).

El desarrollo del método de elementos finitos en mecánica estructural es usualmente basado en principios energéticos como el principio de los trabajos virtuales o el principio de la energía potencial total mínima.

Cuando se lo aplica, el sistema físico o real es representado mediante un modelo geométrico que puede ser simplificado o no en función de la cantidad de elementos en que se divide o discretiza el modelo. Dichos elementos son geometrías simplificadas y enlazadas entre sí a través de regiones discretas. Sobre cada uno de estos elementos se aplica el modelo matemático a resolver. Este consiste en un conjunto de ecuaciones en equilibrio, junto con consideraciones físicas tales como las relaciones de compatibilidad y constitutivas, construyendo un sistema de ecuaciones algebraicas simultáneas. Dicho sistema luego se resuelve mediante técnicas de álgebra lineal o esquemas no lineales, de acuerdo con el modelo físico, obteniendo el valor de las incógnitas. Como todo método numérico, los resultados obtenidos son aproximados, por lo que se usan diferentes técnicas para mejorar la precisión de los resultados, entre las que se pueden mencionar

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

el refinamiento de la malla, utilización de polinomios de mayor grado, lo que implica un mayor costo computacional.

Cabe mencionar que este método, si bien tuvo sus comienzos en ingeniería estructural, hoy encuentra aplicaciones en problemas de transferencia de calor, dinámica de fluidos, bioingeniería, hidrodinámica, electromagnetismo, etc.

Esta técnica es reconocida tanto por usuarios como por desarrolladores como una de las herramientas de análisis numérico más potente aplicable a problemas complejos de ingeniería. Cuando se utiliza en problemas estructurales o de mecánica de sólidos, es la técnica principal para analizar el comportamiento de estructuras sujetas a una variedad y complejidad de cargas.

Los participantes de este curso se beneficiarán y fortalecerán en las siguientes áreas:

Comprensión y entendimiento de los pasos involucrados en el desarrollo de los métodos numéricos y en especial en el modelo de elementos finitos para las ecuaciones de mecánica de sólidos y estructural, como así también en problemas de transferencia de calor.

Generación de datos para el modelo FEM, tales como selección de elementos, diseño de la malla, cálculo de fuerzas nodales, imposición de condiciones de borde, posprocesamiento de la información, utilización de simetrías y simplificaciones, interpretación y evaluación de resultados.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Lograr un conocimiento avanzado de los diferentes métodos numéricos y en especial del método de los elementos finitos como herramienta para la resolución de problemas de

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

ingeniería mecánica, con particular énfasis en los problemas de elasticidad y transmisión del calor.

Objetivos Específicos

- Adquirir conocimientos teóricos sobre la formulación de métodos numéricos computacionales,
- Adquirir las habilidades para implementar métodos numéricos computacionales para la solución de problemas,
- Disponer de los elementos para desarrollarse como un usuario inteligente de métodos numéricos computacionales.

3. CONTENIDOS MINIMOS

I. Análisis funcional: Espacios normados. Operadores. Operadores lineales. Producto interior. Espacios de Lebesgue. Cálculo Variacional. Algunos espacios de elementos finitos. Requerimientos de regularidad.

II. Métodos Numéricos de Resolución: Problemas del continuo de valor de frontera. Modelos físicos y matemáticos. Condiciones de contorno e iniciales. Métodos numéricos para resolver de forma aproximada los modelos matemáticos. Selección del modelo a aplicar. Método de diferencias finitas. Diferencias finitas en 1D. Problemas no lineales. Precisión y número de puntos en el esquema de diferencias finitas. Método de diferencias finitas en más de una dimensión.

III. Métodos de residuos ponderados. Uso de funciones de ensayo continuas: Técnicas de discretización. Método de los residuos ponderados. Aproximación a las soluciones de ecuaciones diferenciales. Uso de funciones de ensayo. Métodos de residuos ponderados. Condiciones de borde y aproximación simultánea a las soluciones

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

de la ecuación diferencial. Condiciones de borde naturales. Condición de integrabilidad. Sistema de ecuaciones diferenciales . Problemas no lineales.

IV. Introducción al MEF para problemas elípticos: Funciones definidas a trozos y el Método de Elementos Finitos. Problemas de elasticidad uni y bidimensionales. Principio de los Trabajos Virtuales. Formulación Fuerte y Débil. Condiciones de Contorno. Método de resolución del sistema de ecuaciones algebraico. Elementos unidimensionales de clase C^0. Elementos Lagrangianos. Requerimientos de continuidad. Formulación débil y el método de Galerkin. Problemas unidimensionales. Generalizacion de los conceptos de Elementos Finitos para dos y tres dimensiones. Análisis bidimensional de tensiones elásticas usando elementos triangulares. Estados de tensión plana y deformación plana. Conceptos básicos de la teoría de elasticidad bidimensional. Método de elementos finitos para problemas de conducción de calor bidimensionales. Ensamble de ecuaciones elementales.

V. Funciones de forma de elementos bi y tridimensionales de clase C^0 - Aproximación por elementos finitos de mayor orden: Polinomios completos en dos dimensiones. Grado del polinomio en las funciones de forma. Triángulo de Pascal. Tasa de convergencia. El Test de Patch. Coordenadas naturales en dos dimensiones. Funciones de forma bidimensionales para triángulos. Funciones de forma tridimensionales. Elementos hexaédricos rectos serendípitos. Funciones de forma estándar de mayor orden para elementos unidimensionales con continuidad C^0. Formas jerárquicas de elementos unidimensionales de alto orden con continuidad C^0. Funciones de forma bidimensionales de elementos finitos rectangulares de alto orden.

VI. Mapeo e integración numérica: Formulación isoparamétrica. Calculo de matrices y vectores de un elemento isoparamétrico unidimensional. Concepto de mapeo. Integración

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

numérica. Elementos triangulares y cuadriláteros isoparamétricos. Elementos finitos curvos. Integración numérica en dos dimensiones. Selección del orden de integración. Integración numérica de matrices y vectores del elemento. Hexaedros isoparamétricos. Tetraedros isoparamétricos. Generación de mallas. Conceptos de discretización. Tipos de mallado y técnicas de generación de mallas estructuradas y no estructuradas. Concepto de adaptabilidad.

VII. Extensión de los conceptos de alto orden - problemas bidimensionales: Flexión de vigas. Vigas Euler-Bernoulli. Vigas Timoshenko. Flexión de placas planas. Análisis de Cáscaras y Membranas. Flexión de placas gruesas. Teoría de Mindlin-Reisner. Elementos de Kirchhoff discretos. Modelos mixtos (Cáscaras y Sólidos). Problemas de transferencia de calor. Problemas axisimétricos.

VIII. Programación del método por medios computacionales: Organización básica de un programa de elementos finitos. Solución para la ecuación de Poisson. Programación del cálculo de $K^{(e)}$ y $f^{(e)}$. Selección del tipo de elemento. Requisitos para la convergencia de la solución. Otros requisitos deseables para la aproximación de elementos finitos. Condición de estabilidad e invarianza. Condiciones sobre compatibilidad y equilibrio de la solución. Condiciones para la convergencia de los elementos isoparamétricos. Tipos de error en la solución de elementos finitos.

IX. Métodos variacionales: Principios variacionales. Solución aproximada de ecuaciones diferenciales por el método de Rayleigh-Ritz. Uso de multiplicadores de Lagrange. Principios variacionales generales. Funciones de penalización. Método de mínimos cuadrados.

X. Discretización Parcial, problemas dependientes del tiempo y de autovalores: Discretización parcial aplicada a problemas de Valor de frontera. Problemas

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

dependientes del tiempo por medio de la discretización parcial. Proceso de solución analítica. Solución por elementos finitos en el dominio del tiempo. Vibración libre en sistemas elásticos. Frecuencias naturales. Respuesta modal. Análisis transientes.

XI. Uso y aplicación del método con software comerciales: Características esenciales de los programas. Evaluación comparativa de las alternativas. Pre-procesado y pos-procesado. Compatibilidad entre programas. Programación con Matlab-Octave. Cálculo estructural estático con "Simulation" de "SolidWorks".

XII. Simulation – SolidWorks: Módulo Estructural Estático. Aplicaciones numéricas a la resolución de problemas de Frecuencia. Fatiga y Pandeo.

4. DURACIÓN

El Curso tendrá una carga horaria de 80 (OCHENTA) horas

5. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial.

El cursado prevé la combinación de clases teóricas - expositivas y actividades prácticas y programación computacional.

6. EVALUACIÓN Y PROMOCIÓN

Para la aprobación del curso se requerirá, además de la asistencia, la resolución de problemas y la aprobación de un examen final escrito individual.

REGISTRADO
AZUCENA PERALTA
DIRECTORA APOYO CONSEJO SUPERIOR

Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA Nº 1284

ANEXO II

CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN

MÉTODOS NUMÉRICOS Y SIMULACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA

EN LA FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO

Docente

- FRANCK, Gerardo Juan

Magister en Tecnología Química, Universidad Nacional del Litoral

Ingeniero Mecánico, UTN – Facultad Regional Santa Fe

Docente Universidad Nacional del Litoral y UTN – Facultad Regional Santa Fe

---