

SEMIPRESENCIAL

Posgrado en Simulación Computacional Análisis Numérico Estructural usando el Método de Elementos Finitos

INTRODUCCIÓN

La experiencia adquirida en más de 18 años capacitando a profesionales de las más diversas áreas de la ingeniería permite que ESSS ofrezca cursos de posgrado en simulación computacional, especialmente dirigidos a profesionales que trabajan en el desarrollo de proyectos de productos y procesos innovadores.

OBJETIVO GENERAL

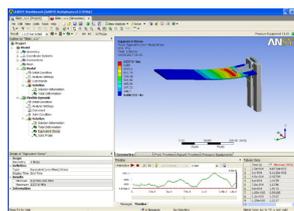
El curso tiene como meta la capacitación y actualización de profesionales de varias áreas de ingeniería, ofreciéndoles herramientas imprescindibles para llevar a cabo simulaciones computacionales en diferentes aplicaciones, con el uso de softwares comerciales. Además, les proporciona a los participantes los fundamentos necesarios para realizar análisis numéricos estructurales, utilizando el Método de Elementos Finitos y conocimientos teórico-prácticos de aplicación inmediata en su ejercicio profesional.

METODOLOGÍA

El curso se enfoca en la formación práctica del profesional y usa la teoría asociada como herramienta de entendimiento, tanto de los fenómenos como de las técnicas numéricas y computacionales. De esta forma, el alumno comprenderá la física de los problemas estudiados y será capaz de realizar actividades prácticas de simulación de sistemas complejos reales de la ingeniería. El curso, además, se compone de clases presenciales y actividades que se realizan con el apoyo de herramientas, con clases a distancia.

DISCIPLINAS

- Fundamentos de Mecánica de Sólidos
- Métodos Numéricos en Ingeniería
- Método de Elementos Finitos y Generación de Mallas
- Materiales de Ingeniería
- Análisis No Lineal: Geométrico, de Material y de Contacto
- Análisis Modal y Dinámico: Fundamentos y Modelado Computacional
- Análisis de Transferencia de Calor: Fundamentos y Modelado Computacional
- Mecánica de Fracturas y Análisis de Fatigas: Fundamentos y Modelado Computacional
- Análisis Dinámico Explícito
- Modelado de Físicas Acopladas (Multiphysics)
- Técnicas de Optimización de Proyectos
- Conferencias en Análisis de Aplicaciones Industriales



CUERPO DOCENTE

El cuerpo docente está formado por doctores y másters de ESSS, además de profesores invitados de otras Instituciones de Enseñanza Superior con sólida formación académica, investigación, extensión y consultoría. Diferentes profesionales de la industria ofrecen charlas, cuyo objetivo es el de alinear aún más el conocimiento a las necesidades urgentes del mercado profesional.

Coordinador General del Programa de Posgrado: Clovis Raimundo Maliska, Ph.D.

Coordinador del Curso: Giuseppe Mirlisenna, M.Sc. - ESSS

Imagen Cortesía: Astrobotic Technology Inc.



iESSS

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y EDUCACIÓN

El Instituto ESSS de Investigación, Desarrollo y Educación (iESSS) lo compone un equipo técnico con grandes conocimientos de la física de los problemas de ingeniería, de su modelado matemático y simulación computacional.

Las actividades del iESSS se dirigen a la búsqueda de soluciones que atiendan la realidad del negocio de los clientes, así como la capacitación profesional de sus funcionarios, teniendo como principal meta la de contribuir al proceso innovador y al aumento de la competitividad tecnológica industrial.

CURSOS DE CAPACITACIÓN

Los cursos del iESSS reúnen conocimientos prácticos y teóricos de aplicación inmediata y ofrecen una formación adecuada para que ingenieros y diseñadores aprovechen al máximo los recursos disponibles en softwares comerciales de simulación computacional. Más de 60 cursos de corta duración y el programa de Posgrado en simulación están a su disposición.

PARTICIPANTES

Ingenieros y tecnólogos de la Industria de Desarrollo de Productos o Procesos que desean adquirir mayor experiencia en métodos numéricos y que actúen, o pretendan hacerlo, en áreas de modelado numérico.

PRERREQUISITO

Graduación en Ingeniería, Matemática, Física, Química o Tecnología.

* El análisis del su CV también ayuda en la admisión a los cursos del iESSS.

** No son necesarios conocimientos previos en modelado numérico.

CERTIFICACIÓN

Certificado de Posgrado a nivel profesional. Se considerará aprobado el participante que cumpla las siguientes exigencias:

- Asistencia mínima de 75% (setenta y cinco por ciento) de la carga horaria de cada disciplina;
- Nota final igual o superior a 7 (siete) en cada disciplina;
- Aprobación del Trabajo de Finalización del Curso (Monografía).

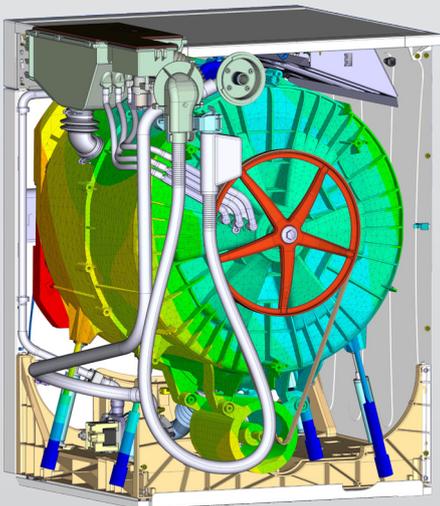


Imagen Cortesía: V-ZUG Ltda.

CONTENIDO DE LAS DISCIPLINAS

Fundamentos de Mecánica de Sólidos

1. Magnitudes físicas (escalares, vectoriales y tensoriales), transformaciones y operaciones;
2. Geometría de masas;
3. Conceptos de tensión y deformación;
4. Propiedades básicas de materiales estructurales;
5. Relaciones entre tensiones y deformaciones;
6. Clasificación de estructuras;
7. Esfuerzos normales - tracción y compresión;
8. Estructuras bajo la acción de fuerzas normales;
9. Flexión simple;
10. Ecuación de la elasticidad de una viga;
11. Flexión compuesta;
12. Pandeo elástico;
13. Cizallamiento;
14. Torsión: piezas circulares y tubos de paredes finas;
15. Energía de deformación. Métodos de energía;
16. Criterios de ruptura;
17. Conceptos básicos: análisis matricial estructural;
18. Conceptos básicos: dinámica de estructuras.

Métodos Numéricos en Ingeniería

1. Introducción a la programación y algoritmos;
2. Errores en cálculo numérico;
3. Raíces de ecuaciones:
 - a. Bisección;
 - b. Posición falsa;
 - c. Newton Raphson.
4. Resolución de Sistemas de Ecuaciones:
 - a. Eliminación de Gauss;
 - b. Gauss-Seidel.
5. Interpolación:
 - a. Interpolación polinómica;
 - b. Método de Lagrange.
6. Integración:
 - a. Regla de los Trapecios;
 - b. Cuadratura Gaussiana.
7. Resolución de ecuaciones diferenciales:
 - a. Método de Euler;
 - b. Método de Volúmenes Finitos.
8. Método de Elementos Finitos:
 - a. Introducción al método;
 - b. Ejemplos de sistemas con celosía.

Método de Elementos Finitos y Generación de Mallas

1. Introducción a los fundamentos de Análisis Estructural;
2. Presentación de las etapas de análisis;
3. Análisis matricial de estructuras utilizando elementos de resorte, celosía y viga;
4. Formulación general del Método de Elementos Finitos;

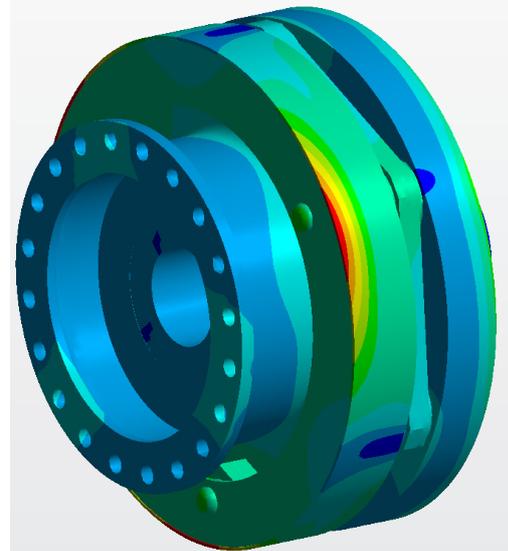
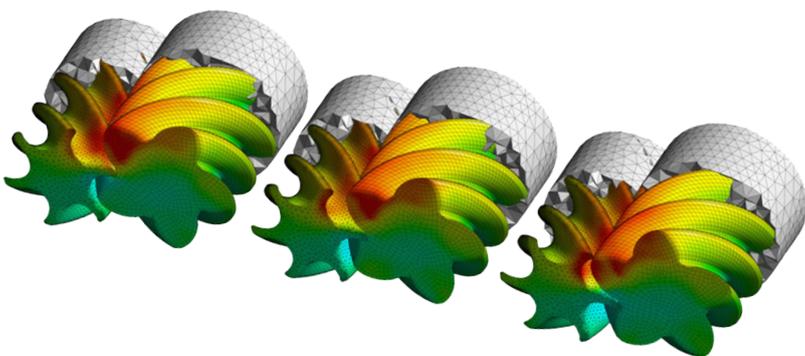
5. Formulación con elementos de Estado Plano de Tensiones y comparación de los resultados con elementos lineales y parabólicos;
6. Formulación de Elementos Sólidos;
7. Formulación Isoparamétrica, Integración por Gauss y el Operador Jacobiano;
8. Problemas con elementos continuos;
9. Medidas de calidad de los elementos y estudio de convergencia;
10. Métodos de generación de malla;
11. Modelado jerárquico y asociación de elementos.

Materiales de Ingeniería

1. Ensayos mecánicos:
 - a. Ensayo de tracción;
 - b. Diagrama tensión/deformación;
 - c. Ensayo de dureza;
 - d. Ensayo de impacto;
2. Tensión y deformación:
 - a. Tensión y deformación de ingeniería;
 - b. Tensión y deformación verdadera uniaxial;
 - c. Tensión y deformación generalizada.
3. Ecuaciones Constitutivas Elásticas:
 - a. Ley de Hooke uniaxial;
 - b. Generalización de la ley de Hooke;
 - c. Modelos lineales isotrópico, ortotrópico y anisotrópico;
 - d. Viscoelasticidad: ejemplos utilizando series de Prony;
 - e. Hiperelasticidad: ejemplos utilizando modelos de Odgen, Arruda-Boyce;
4. Ecuaciones Constitutivas de Plasticidad:
 - a. Descomposición aditiva en deformación elástica y plástica (1D);
 - b. Superficie de Fluencia Isotrópica: Tresca, Von-Mises;
 - c. Superficie de Fluencia Anisotrópica: modelo de Hill;
 - d. Modelos de endurecimiento Isotrópico: BISO, VOCE;
 - e. Modelos de endurecimiento Cinemático: BIKH, Chaboche.
5. Fluencia:
 - a. Descomposición aditiva de la deformación por fluencia;
 - b. Etapas de fluencia (Fluencia primaria, secundaria y terciaria);
 - c. Modelos de endurecimiento en el tiempo;
 - d. Modelos de endurecimiento utilizando la velocidad de deformación.

Análisis No Lineal: Geométrico, de Material y de Contacto

1. Introducción a la no linealidad:
 - a. Linealidad vs. no linealidad en funciones de una variable;
 - b. Linealidad vs. no linealidad en funciones de varias variables;



CURSO SEMIPRESENCIAL

- Clases online: Lunes y Miércoles a las 18 hasta 20 horas.
- Clases presenciales: cinco módulos presenciales, Viernes y Sábados de las 8 a 18 horas.

LUGAR DE LAS CLASES

PRESENCIALES

- Bogotá (Colombia) - ESSS
- Buenos Aires (Argentina) - ESSS
- Lima (Perú) - ESSS
- Santiago (Chile) - ESSS

CARGA HORARIA

- 360 horas, distribuidas en 3 semestres lectivos.
- 90 horas presenciales y 270 horas de aprendizaje a distancia.

- c. Ceros de funciones de una variable;
 - d. Método de Newton-Raphson para funciones de una variable;
 - e. Ecuación matricial de un modelo estático no lineal;
 - f. Solución de problemas estáticos no lineales con el Método de Newton-Raphson (funciones de varias variables);
 - g. Matriz de rigidez tangente y función de esfuerzo desbalanceado;
 - h. Como evaluar correctamente la convergencia;
 - i. Fuentes de no linealidades en problemas físicos estructurales;
 - j. Ejercicio con no linealidad geométrica.
2. No linealidad geométrica:
- a. Variaciones geométricas - implicaciones en la rigidez de una estructura;
 - b. Grandes desplazamientos;
 - c. Grandes deformaciones;
 - d. Medidas unidimensionales de deformación;
 - e. Rigidez geométrica;
 - f. Abordaje corrotacional;
 - g. Formulación bidimensional de celosías que soportan grandes desplazamientos;
 - h. Pandeo no lineal: arc length y método de la estabilización de la energía;
 - i. Problema de cables en catenaria - efectos no lineales geométricos;
 - j. Ejercicios que contienen pequeños y grandes desplazamientos.
3. No linealidad de materiales:
- a. Revisión general sobre curvas de materiales - tensión vs. deformación, no linealidad del material, plasticidad, endurecimiento;
 - b. Criterios de resistencia aplicados a la plasticidad. Superficie de falla de von Mises. Reglas de endurecimiento (cinemático e isotrópico);
 - c. Elasticidad no lineal;
 - d. Otros modelos no lineales de materiales específicos (juntas);
 - e. Ejercicios conteniendo no linealidad física. Problemas con materiales perfectamente plásticos y con endurecimiento. Construcción de curvas de materiales para insertar en el software.
4. No linealidad de contacto:
- a. Motivos para el problema de contacto (aplicaciones múltiples);
 - b. Vínculos en problemas mecánicos;
 - c. Detección del contacto (gap function);
 - d. Algoritmos para considerar el contacto en Modelos de Elementos Finitos (Método de Penalidad, de Lagrange y Lagrangeano aumentado);
 - e. Dificultades de convergencia. Chattering;
 - f. Contactos tipo banded o restricciones normales (elementos tipo MPC);
 - g. Ejercicios que contienen contacto.

- 5. Recomendaciones para modelos no lineales:
 - a. Identificación del uso de la no linealidad;
 - b. Recomendaciones importantes en soluciones no lineales (consideraciones de malla, aplicación de cargas);
 - c. Ejemplos de errores de convergencia.

Análisis Modal y Dinámico: Fundamentos y Modelado Computacional

1. Introducción:
 - a. Sistema de un grado de libertad;
 - b. Sistema de múltiples grados de libertad.
2. Amortiguaciones:
 - a. Vibración libre con amortiguamiento;
 - b. Vibración forzada con amortiguamiento;
 - c. Determinación del amortiguamiento:
 - Factor de Calidad;
 - Decrecimiento Logarítmico.
 - d. Amortiguamiento de Rayleigh;
 - e. Amortiguamiento Modal;
 - f. Matriz amortiguamiento.
 - Análisis Modal y Transitoria;
 - Análisis armónico;
 - Análisis por Superposición Modal.
3. Análisis modal:
 - a. Sistema no amortiguado;
 - b. Sistema amortiguado;
 - c. Algoritmo de autovalores:
 - Método de Bloques de Lanczos (LANB);
 - Método PCG Lanczos (LANPCG);
 - Método Supernode (SNODE);
 - Método Householder (REDUC);
 - Método Unsymmetric (UNSYM);
 - Método Damped (DAMP);
 - Método QR Damp (QRDAMP);
 - d. Factor de participación modal;
 - e. Masa efectiva;
 - f. Stress Stiffening.
4. Análisis armónico:
 - a. Método full;
 - b. Método de la superposición modal.
5. Análisis Transitoria - Implícita (ANSYS):

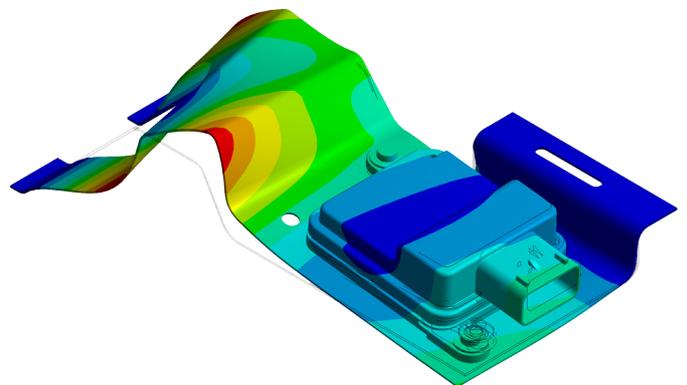


Imagen Cortesía: Delpha Electronics & Safety Systems

- a. Métodos de integración en el tiempo;
 - b. Método de la integración directa;
 - c. Método de la Superposición Modal.
- 6. Análisis Espectral:
 - a. Análisis Espectral Single Point:
 - SRSS;
 - CQC;
 - ROSE.
 - b. Análisis Espectral Multi-Point.
- 7. Análisis de vibración aleatoria:
 - a. Respuesta de densidad espectral de potencia;
 - b. Respuesta Media Cuadrática.
- 8. Análisis de dinámica rotativa:
 - a. Efecto Coriolis;
 - b. Spin Softening;
 - c. Efecto Giroscópico;
 - d. Sistema de Referencia;
 - e. Diagrama de Campbell;
 - f. Fuerzas síncronas y asíncronas;
 - c. Rodamientos.

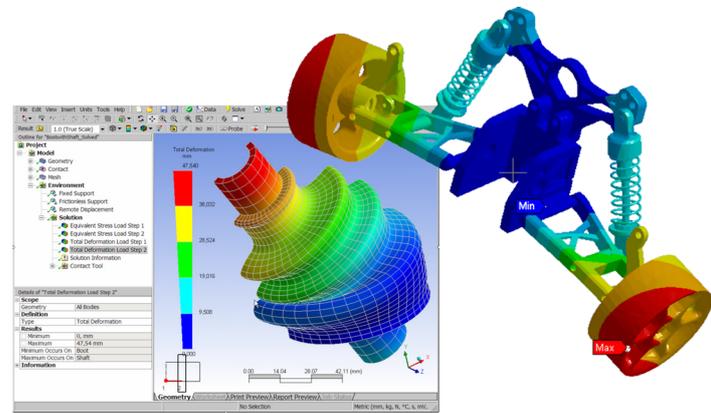
- S-N;
 - f. Concentración de Tensión;
 - g. Efecto de la Tensión Media;
 - h. Factores que Modifican el Limite de Fatiga;
 - i. Cargas de Amplitud Variable y Conteo de Ciclos (Método "Rainflow");
 - j. Reglas de Acúmulo de Daño.
3. Método del Strain Life o de Comienzo de Fisura (E-N):
 - a. Nomenclatura;
 - b. Proceso de Cálculo;
 - c. Cargas;
 - d. Curva Cíclica Tensión-Deformación;
 - e. Curva E-N;
 - f. Factores que Modifican la Vida Estimada;
 - g. Contabilización de la Tensión Media;
 - h. Efecto de Ranuras y Concentración de Tensiones;
 - i. Regla de Neuber: contabilización de las deformaciones plásticas.
 4. Mecánica de la Fractura:
 - a. Mecánica de la Fractura Lineal Elástica - (LEFM):
 - Tasa de Liberación de Energía (G);
 - Factor de Intensificación de Tensiones (K_i, K_{ii}, K_{iii}).
 - b. Mecánica de la Fractura Elasto-Elástica - MFEP:
 - Integral - J;
 - CTOD (Desplazamiento de abertura de la punta del agrietamiento);
 - c. Propagación de Grieta.
 5. Temas Adicionales:
 - a. Fatiga multiaxial;
 - b. Fatiga calculada a partir de análisis transitorio y análisis armónico (vibration fatigue);
 - c. Evaluación de Daño en Compuestos (Introducción).

Análisis de Transferencia de Calor: Fundamentos y Modelado Computacional

1. Introducción a la transferencia de calor;
2. Métodos de transferencia de calor;
3. Propiedades térmicas;
4. Condiciones de borde térmicas;
5. Modelado numérico;
6. No linealidad térmica;
7. Análisis térmico transitorio;
8. Radiación;
9. Conducción entre cuerpos;
10. Coeficiente de convección;
11. Acoplamiento térmico estructural.

Mecánica de la Fractura y Análisis de Fatigas: Fundamentos y Modelado Computacional

1. Introducción a la fatiga:
 - a. Objetivos del curso;
 - b. Revisión: Materiales de ingeniería: Metales;
 - c. Fallas estructurales;
 - d. Definición de falla por fatiga;
 - e. Historia de la Fatiga;
 - f. Formación de grieta - iniciación y propagación de los mecanismos típicos de agrietamiento por fatiga;
 - g. Descripción general de los métodos SN, EN y propagación de grieta.
2. Método Stress Life (S-N):
 - a. Nomenclatura;
 - b. Proceso de Cálculo;
 - c. Cargas;
 - d. Curva de Wöler (Curvas S-N);
 - e. Contabilización de la Dispersión (estadística) en la curva



4. Control del paso del tiempo (timestep);
5. Modelado Explícito utilizando LS-DYNA;
6. Diferencias en la creación de modelos para análisis explícito e implícito;
7. Aplicaciones utilizando análisis dinámico explícito (LS-Dyna): prueba de impacto, explosión, conformado mecánico, dinámica de rotores;
8. Equipos y caracterización de materiales para análisis dinámico transitorio.

Modelado de Físicas Acopladas (Multiphysics)

1. Técnicas de acoplamiento;
2. Interacción fluido-estructura (FSI):
 - a. Introducción a la interacción fluido-estructura (FSI);
 - b. Tipos de transferencia de carga;
 - c. Propiedades de materiales y datos de ingeniería;
 - d. Transferencia de datos transitorio;
 - e. Tensiones térmicas.
3. Interacción estructural electromagnética:
 - a. Fundamentos de la teoría de campo electromagnético;
 - b. Análisis magnético y electrostático.

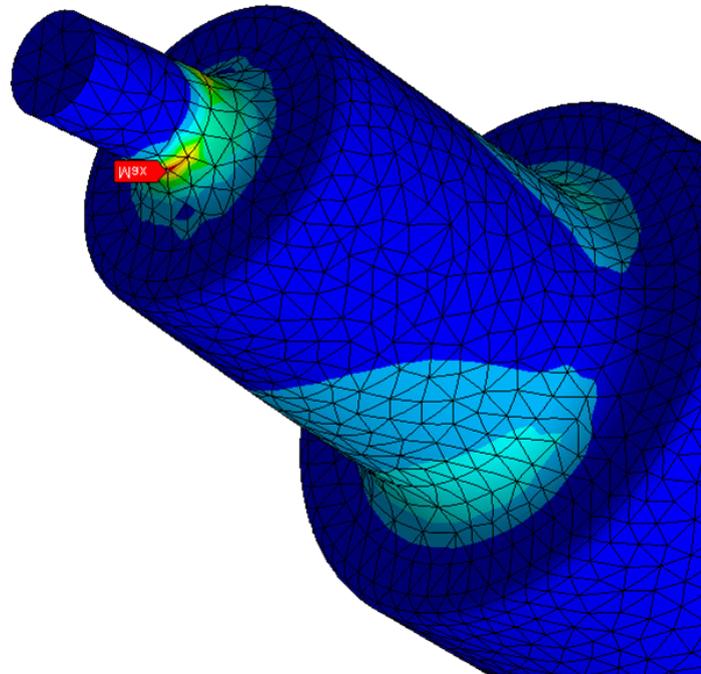
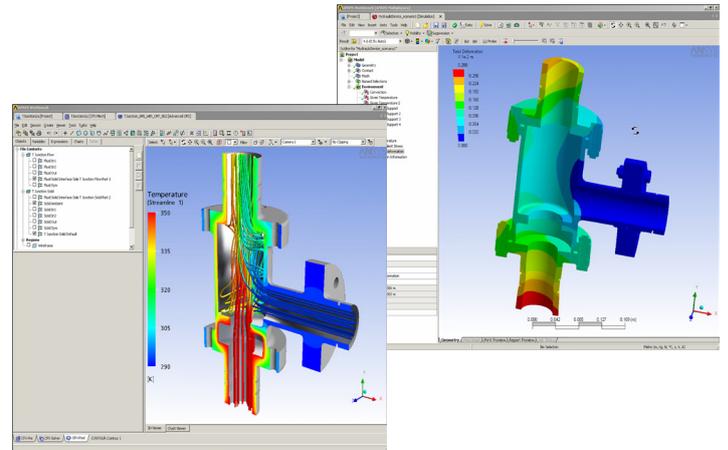
Técnicas de Optimización de Proyectos

1. Conceptos básicos de optimización:
 - a. Introducción al problema general de optimización;
 - b. Teorema de Weierstrass y condiciones de Karush-Kuhn-Tucker;
2. Introducción al problema inverso y metamodelado:
 - a. Introducción al problema inverso;
 - b. Resolución del problema inverso a través de técnicas de regresión;
 - c. Regresión lineal: Modelos polinomiales de primer y segundo orden;
 - d. Funciones de Base Radial;
 - e. Redes Neuronales Artificiales.
3. Técnicas de optimización para problemas sin restricciones:
 - a. Métodos de orden cero;
 - b. Métodos de primer orden;
 - c. Métodos de segundo orden.
4. Técnicas de optimización para problemas con restricciones:
 - a. Método simplex para resolución del problema de Programación Lineal;
 - b. Métodos de penalidad interior;
 - c. Lagrangeano;
 - d. Programación Lineal Secuencial;
 - e. Programación Cuadrática Secuencial.
5. Optimización multiobjetivo:
 - a. Diferencias entre optimización mono y multiobjetivo;
 - b. Concepto de dominancia;

- c. Algoritmos genéticos;
 - d. Frentes de Pareto convexas y no convexas;
 - e. Condición de optimalidad para problema no convexo.
6. Optimización Robusta:
 - a. Análisis de Monte-Carlo;
 - b. Análisis de sensibilidad;
 - c. Optimización para Six Sigma.

Conferencias en Análisis de Aplicaciones Industriales

1. Conferencias de aplicaciones industriales (Automotriz, Turbomáquinas y Válvulas, Equipamientos Industriales, Petróleo y Gas, Offshore, entre otras);
2. Trabajo de Finalización del Curso.



ESSS
ENGINEERING SIMULATION
SCIENTIFIC SOFTWARE

ESSS - Brasil
www.esss.com.br

ESSS - Argentina
www.esss.com.ar

ESSS - Chile
www.esss.cl

ESSS - Iberia
www.esss.com.es

ESSS - Colombia
www.esss.com.co

ESSS - North America
www.esss-usa.com

ESSS - Perú
www.esss.com.pe