

Diseño de Elementos Mecánicos

ME-5600

Capítulo 2

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Alejandro Ortiz Bernardin

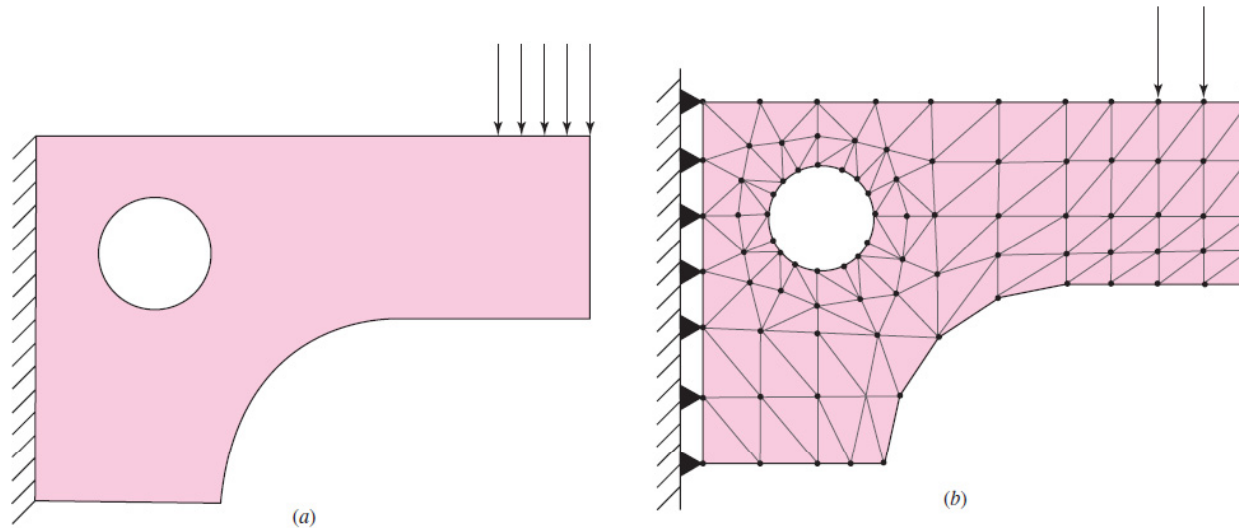
www.cec.uchile.cl/~aortizb

Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad de Chile

Contenidos del Capítulo

- El Método del Elemento Finito
- Categorías y Tipos de Elementos Finitos
- Generación de Mallas
- Ejemplos de Análisis por Elementos Finitos
- Bibliografía Sobre Elementos Finitos

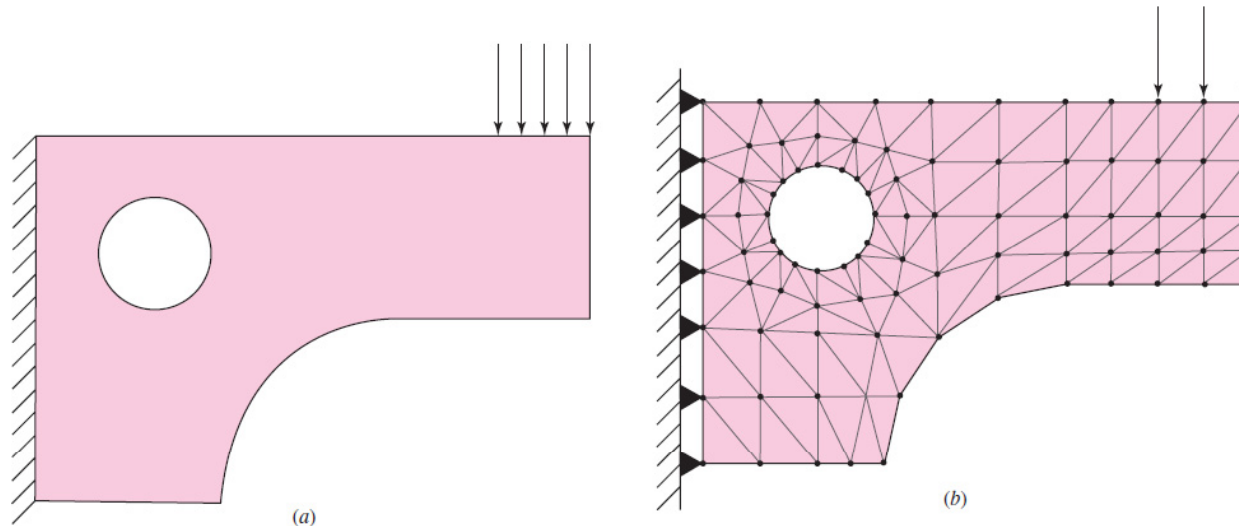
El Método del Elemento Finito



- El problema real es idealizado en un *dominio de análisis* (a)
- El modelo idealizado es dividido en partes llamadas *elementos finitos* que en conjunto forman una malla
- Las ecuaciones de equilibrio se *aproximan* (usualmente) por bases polinomiales al interior de cada elemento
- En un problema de mecánica de sólidos la variable a aproximar (*discretizar*) en cada elemento es típicamente el *desplazamiento*

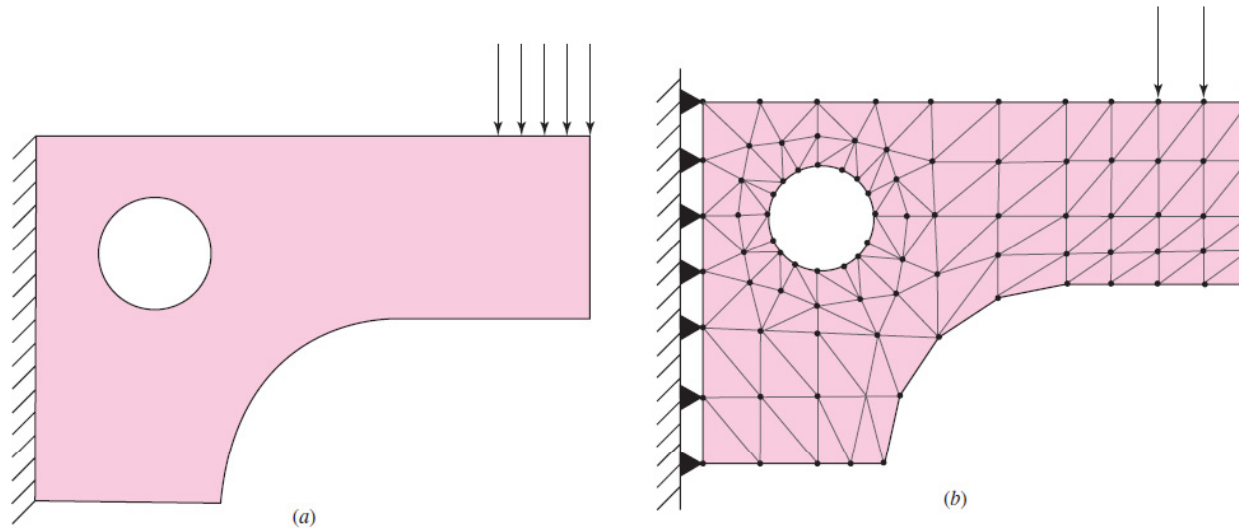


El Método del Elemento Finito (Cont.)



- El modelo de elementos finitos posee *condiciones de borde* que usualmente son desplazamientos y fuerzas
- Las condiciones de borde del tipo desplazamiento se denominan condiciones de borde *esenciales* o de *Dirichlet*
- Las condiciones de borde del tipo fuerzas se denominan condiciones de borde *naturales* o de *Neumann*

El Método del Elemento Finito (Cont.)

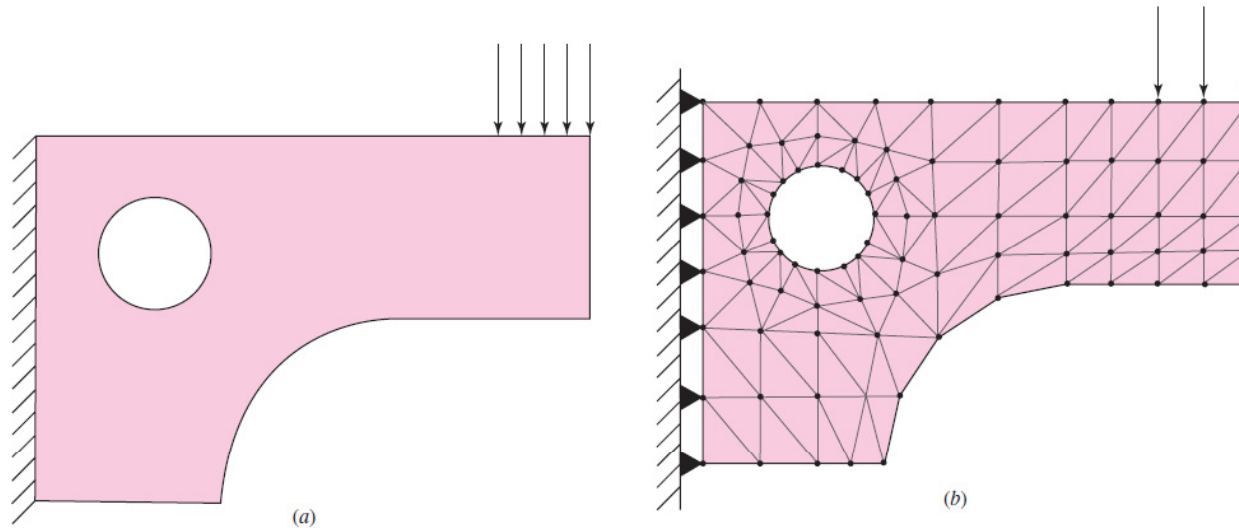


- Cada elemento finito posee una *matriz de rigidez elemental* (k_e) y un *vector de fuerzas elemental* (f_e)
- La contribución de cada matriz y vector elementales se manifiesta por sus *ensambles* en la *matriz de rigidez global* (K) y el *vector de fuerzas global* (F) que definen el siguiente sistema global de ecuaciones:

$$K u = F$$



El Método del Elemento Finito (Cont.)



- El sistema global debe ser *no-singular* para poder resolverse
- El sistema global puede volverse singular, por ejemplo, si no se aplican las condiciones de borde esenciales o si éstas se aplican incorrectamente



fcfm

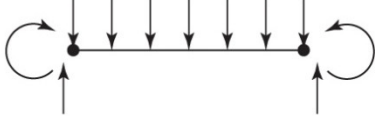
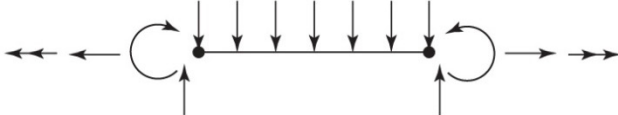
Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Categorías de Elementos Finitos

- Categorías de Elementos
 - Elementos basados en líneas
 - Elementos basados en superficies
 - Elementos basados en sólidos
 - Elementos especiales

Elementos Basados en Líneas

Element Type	None	Shape	Number of Nodes	Applications
Line	Truss		2	Pin-ended bar in tension or compression
	Beam		2	Bending
	Frame		2	Axial, torsional, and bending. With or without load stiffening.

(continued)



fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Elementos Basados en Superficies

Element Type	None	Shape	Number of Nodes	Applications
Surface	4-node quadrilateral		4	Plane stress or strain, axisymmetry, shear panel, thin flat plate in bending
	8-node quadrilateral		8	Plane stress or strain, thin plate or shell in bending
	3-node triangular		3	Plane stress or strain, axisymmetry, shear panel, thin flat plate in bending. Prefer quad where possible. Used for transitions of quads.
	6-node triangular		6	Plane stress or strain, axisymmetry, thin plate or shell in bending. Prefer quad where possible. Used for transitions of quads.

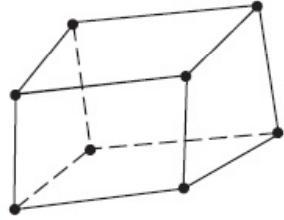
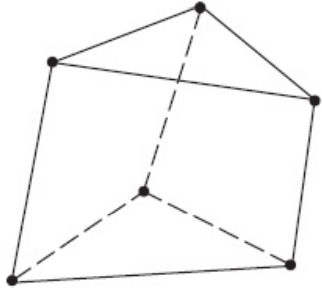
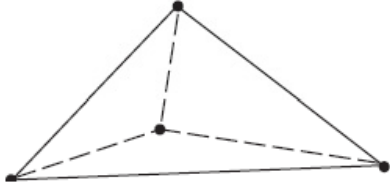


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Elementos Basados en Sólidos

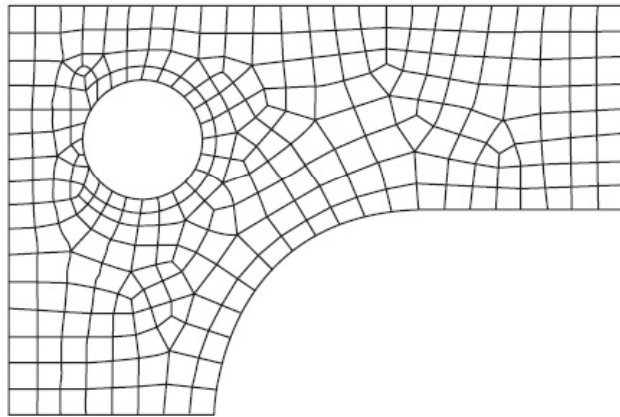
Solid [†]	8-node hexagonal (brick)		8	Solid, thick plate
	6-node pentagonal (wedge)		6	Solid, thick plate. Used for transitions.
	4-node tetrahedron (tet)		4	Solid, thick plate. Used for transitions.



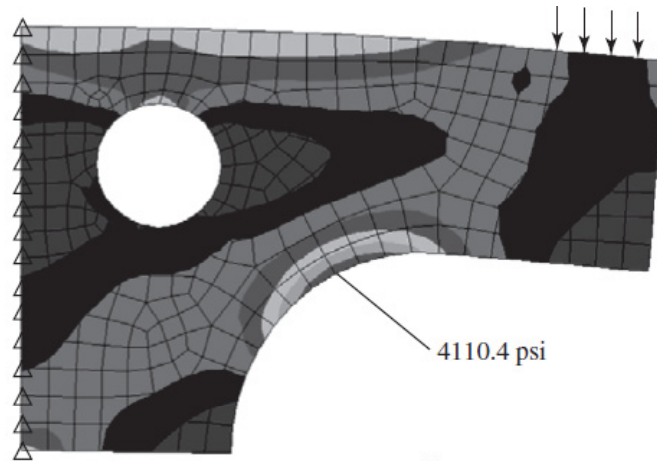
Generación de Mallas

- *Malla* es una red de elementos y nodos
- La *densidad de malla* crece a medida que más elementos son colocados dentro de alguna región
- *Refinamiento de malla* es cuando la malla es modificada desde un análisis a otro con el objetivo de mejorar los resultados
- Los resultados generalmente mejoran cuando la densidad de malla es incrementada en áreas de grandes gradientes de esfuerzo
- Algunas técnicas para generación de malla
 - Manual
 - Semi-Automática
 - Automática

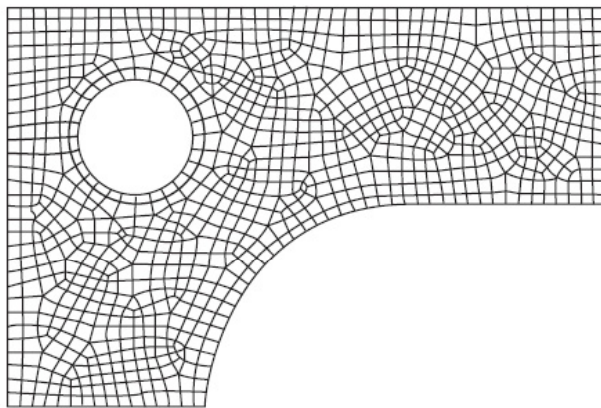
Mallado Automático



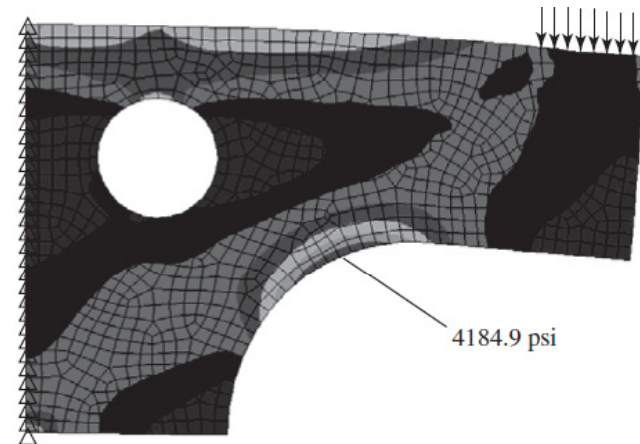
(b)



(c)



(d)



(e)

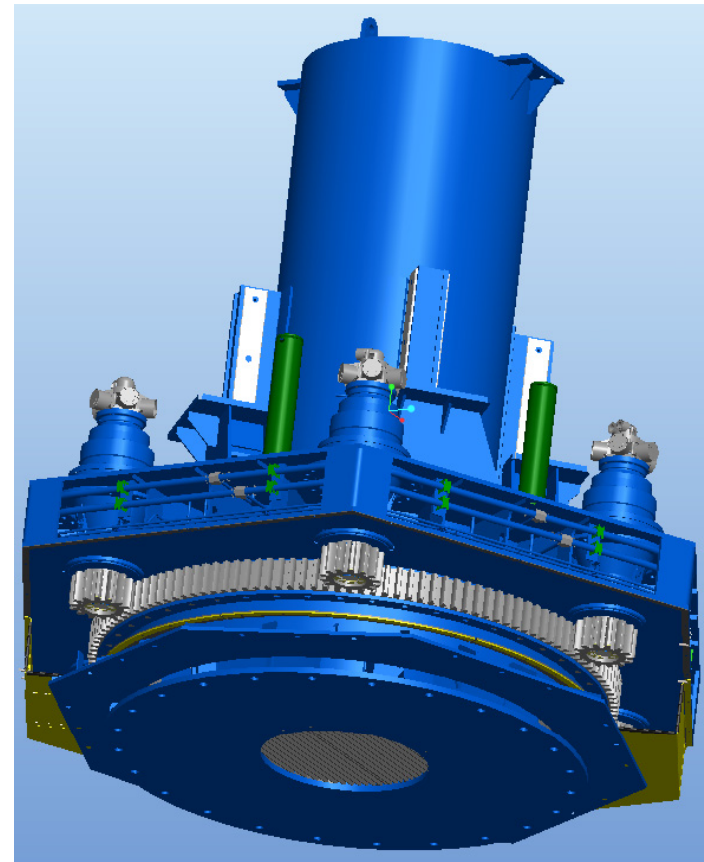
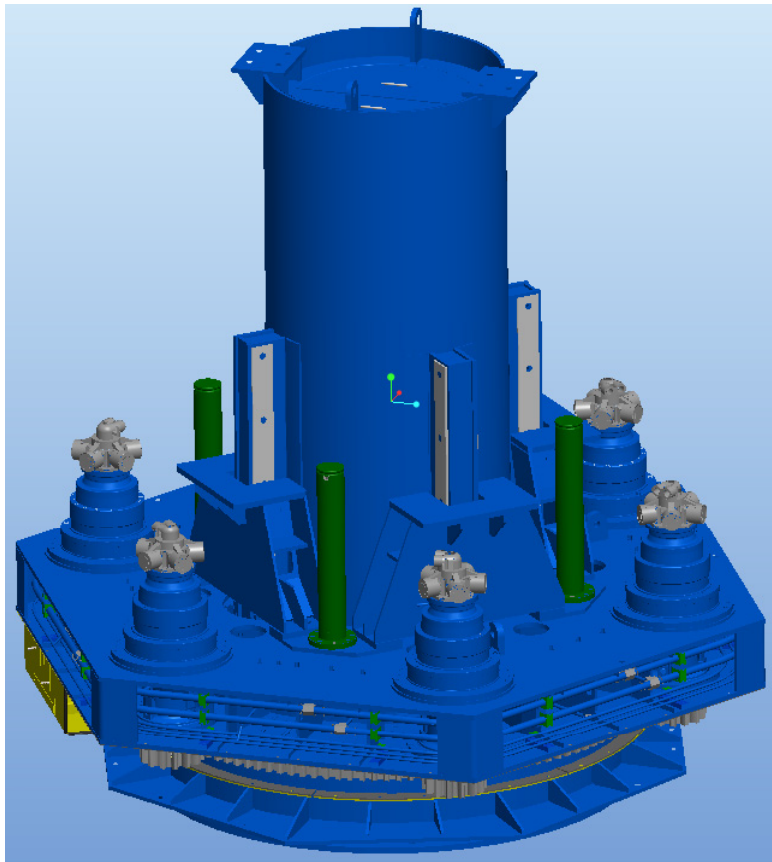


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Sistema de Accionamiento de Espesador

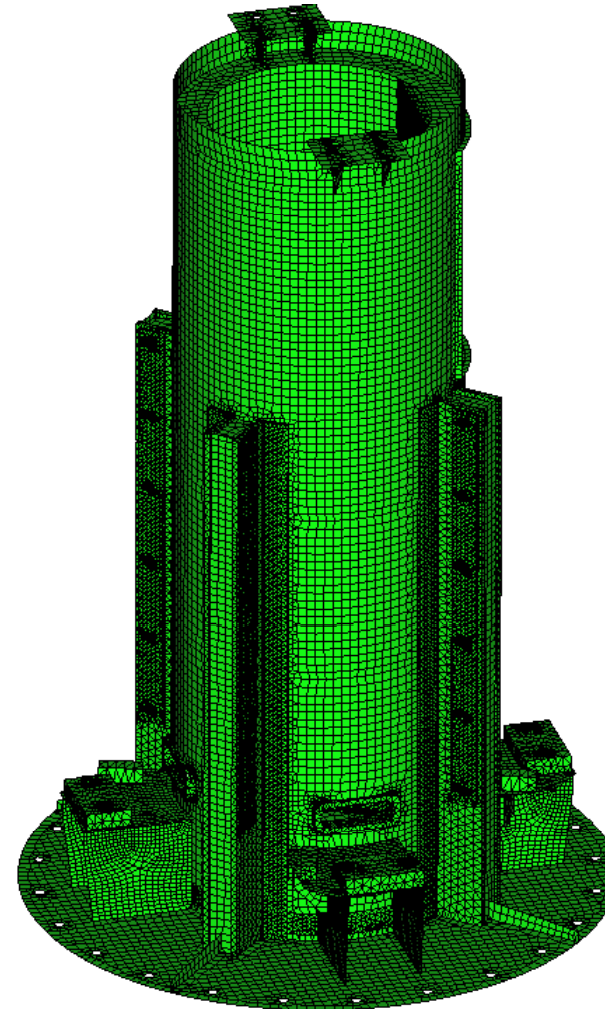
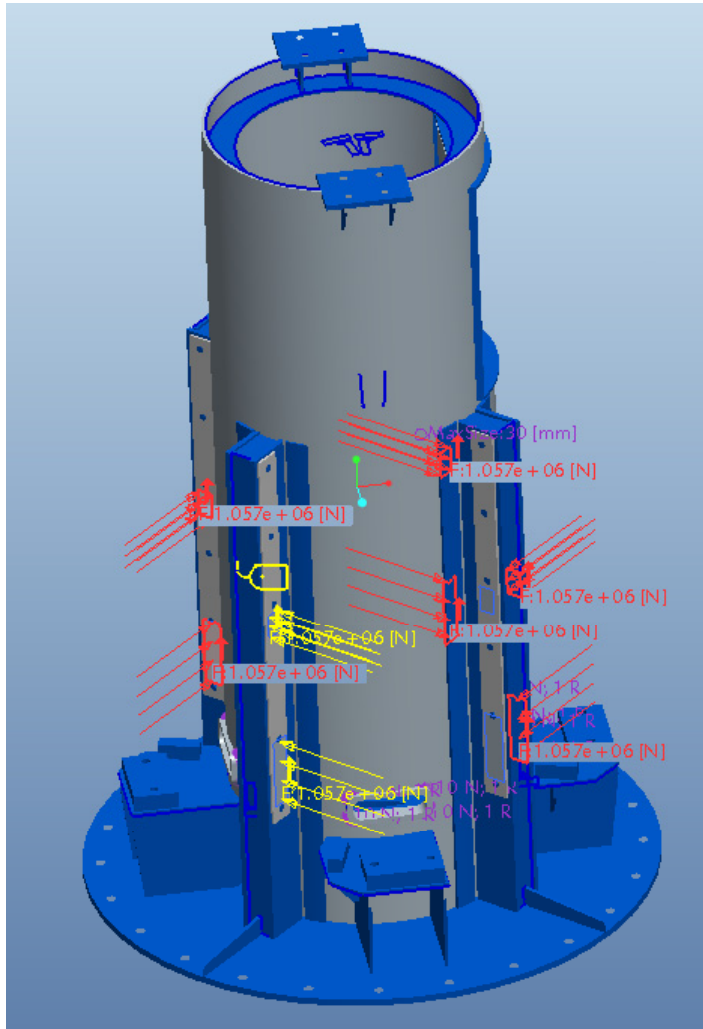


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Sistema de Accionamiento de Espesador (Cont.)



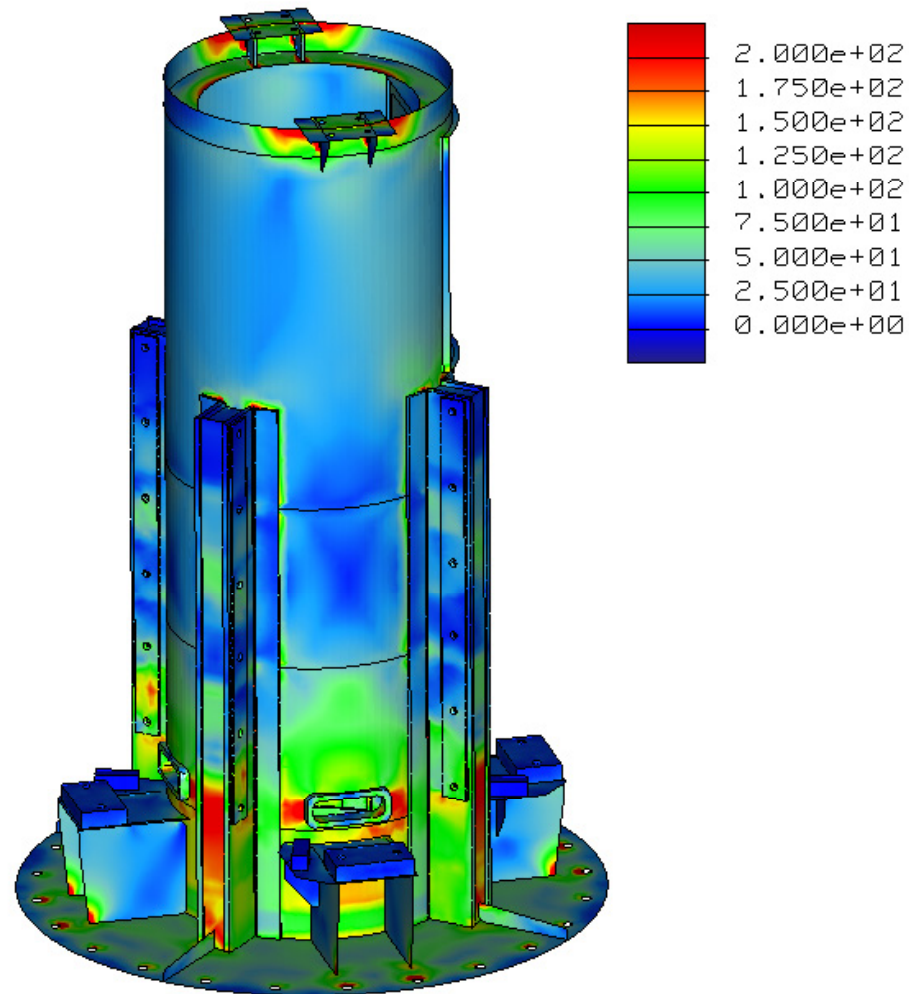
fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Sistema de Accionamiento de Espesador (Cont.)

Stress von Mises
Maximum of shell
(MPa)

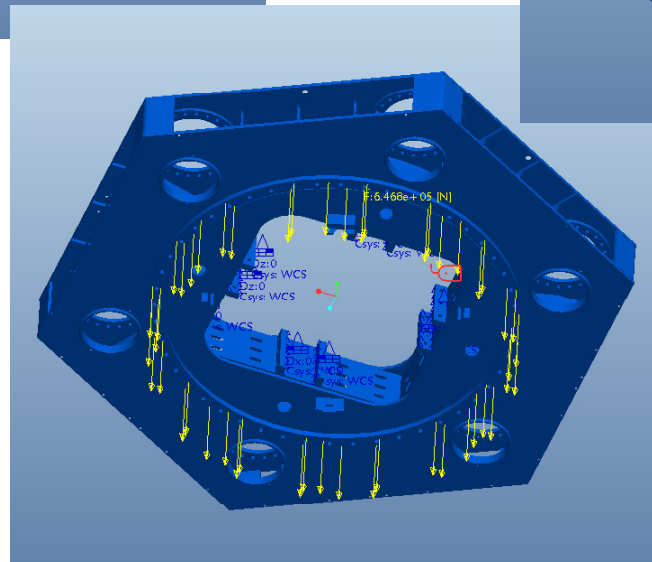
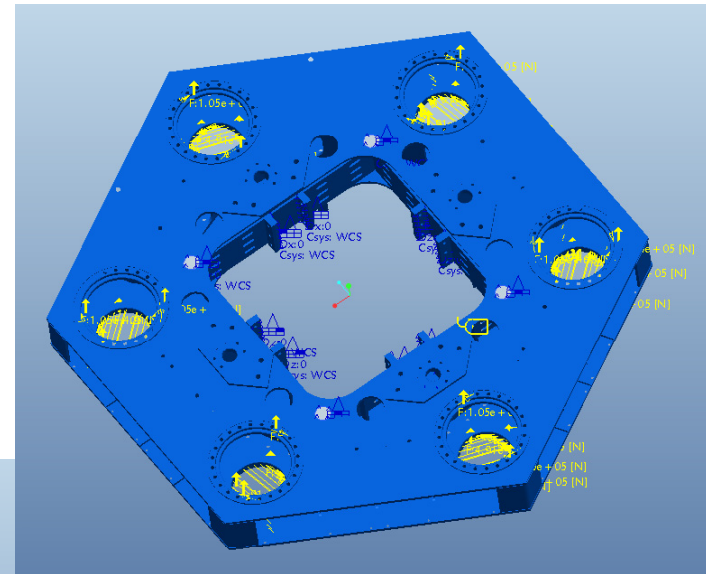
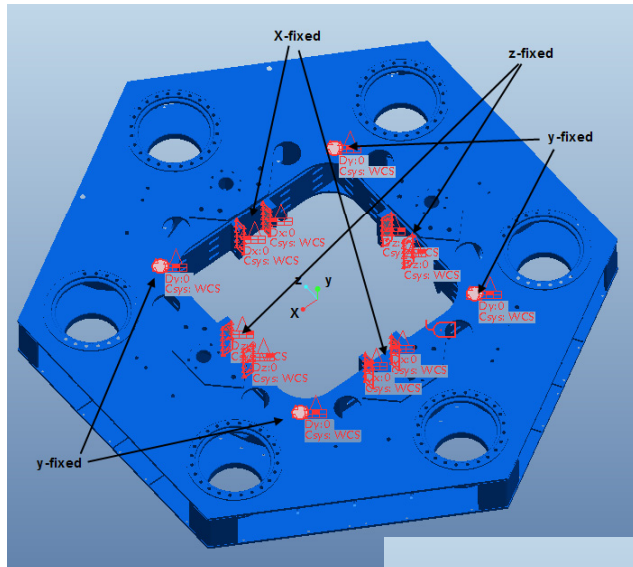


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Frame Accionamiento Espesador

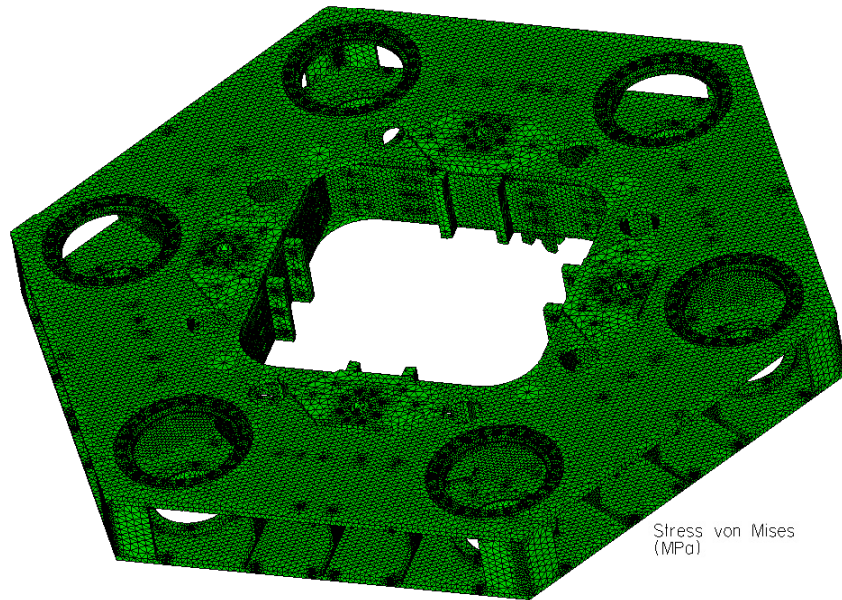


fcfm

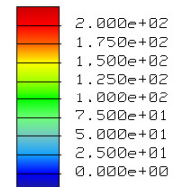
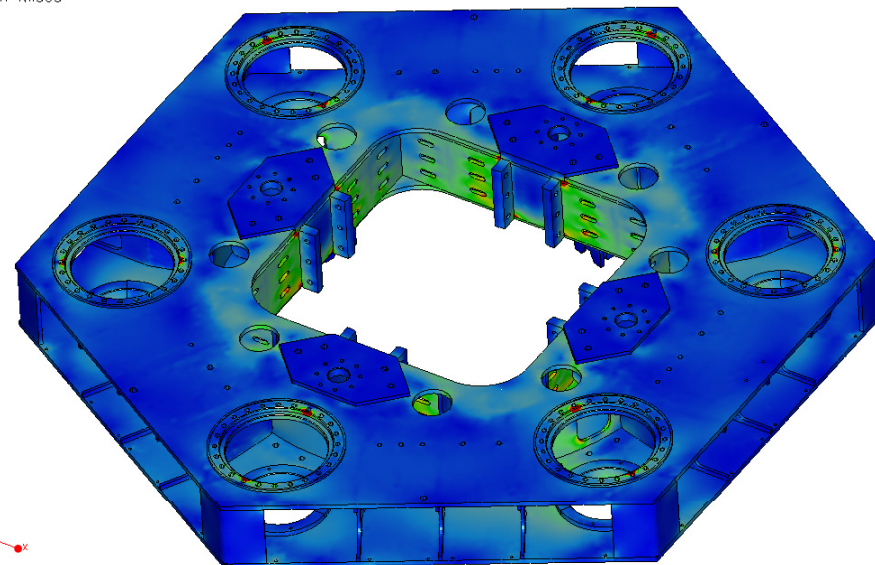
Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Frame Accionamiento Espesador (Cont.)



Stress von Mises
(MPa)

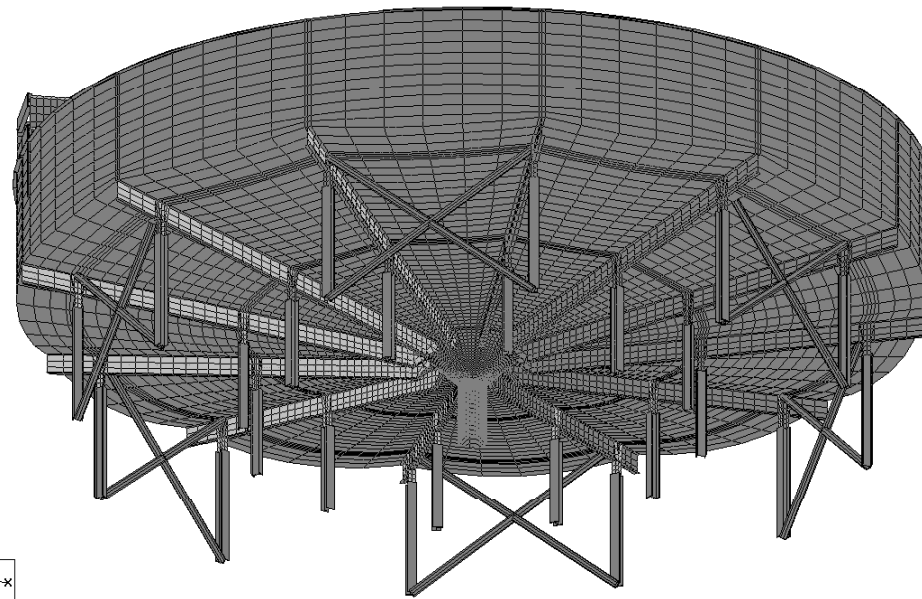
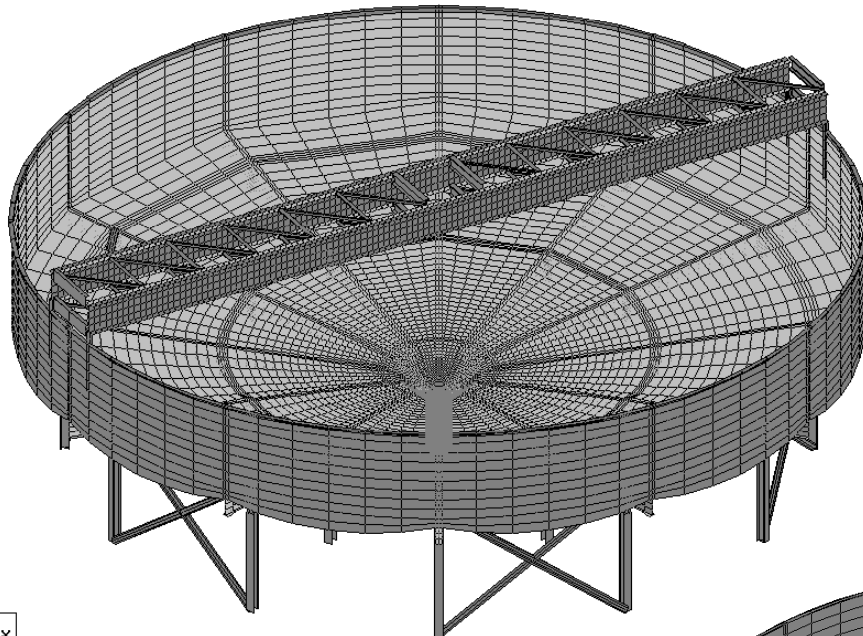


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Estanque Espesador

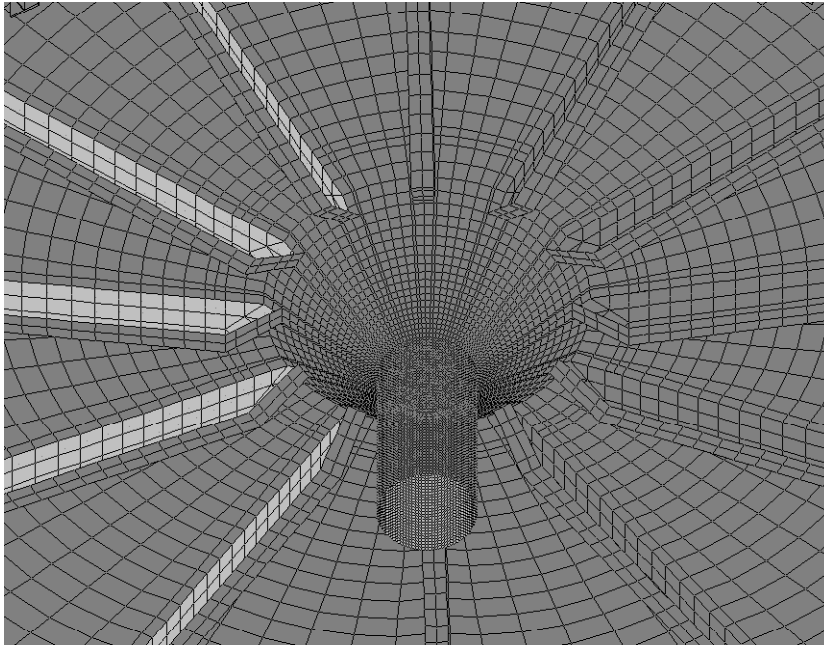


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

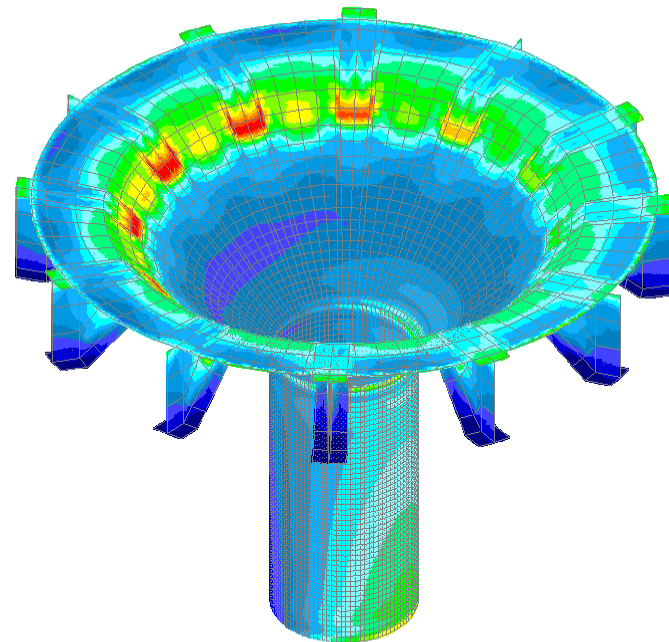
Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Estanque Espesador (Cont.)



Max Von Mises
N/mm²

<= 0
12.5
25
37.5
50
62.5
75
87.5
100
113
125
138
150
163
175
188
>= 200

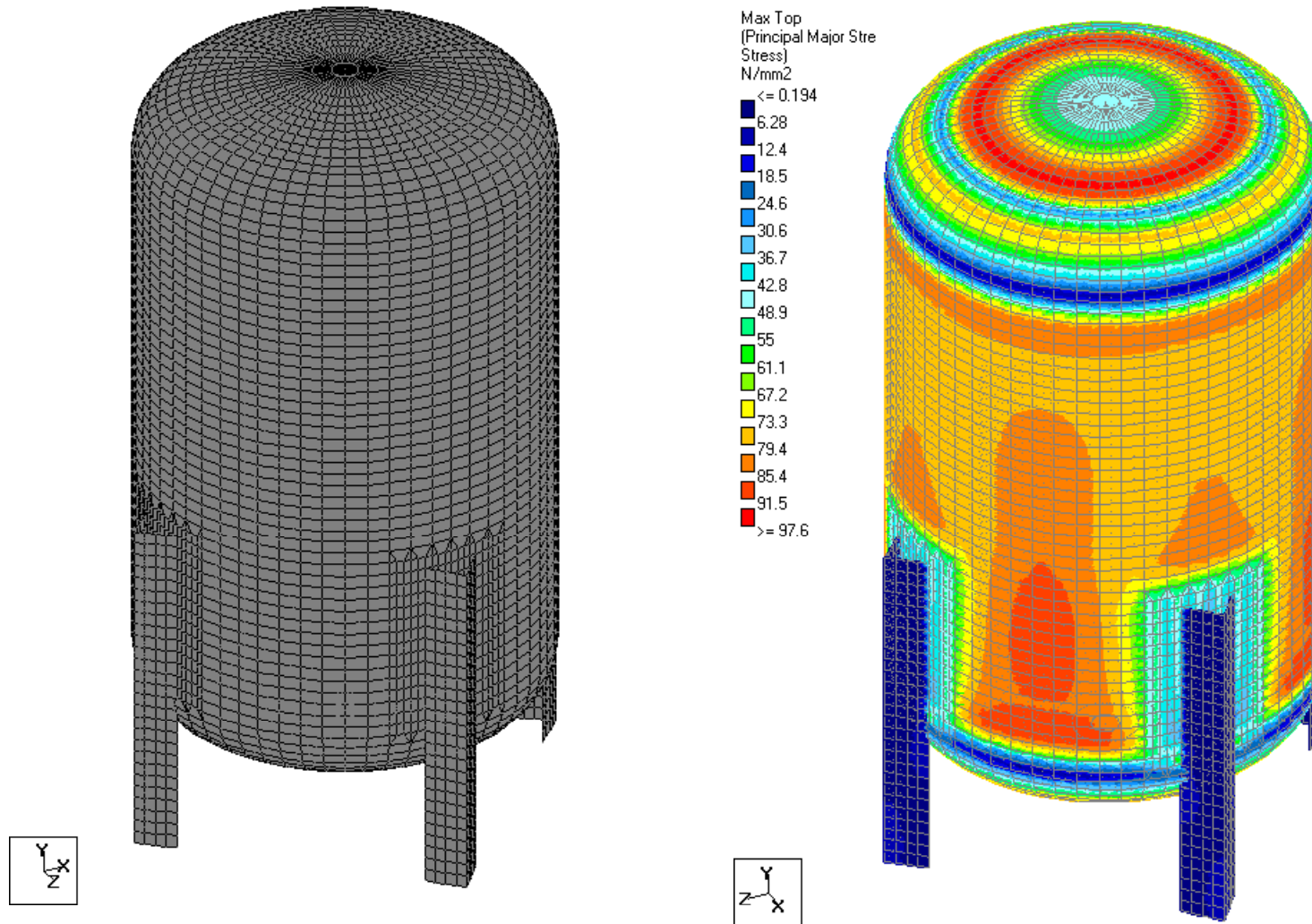


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Estanque a Presión ASME

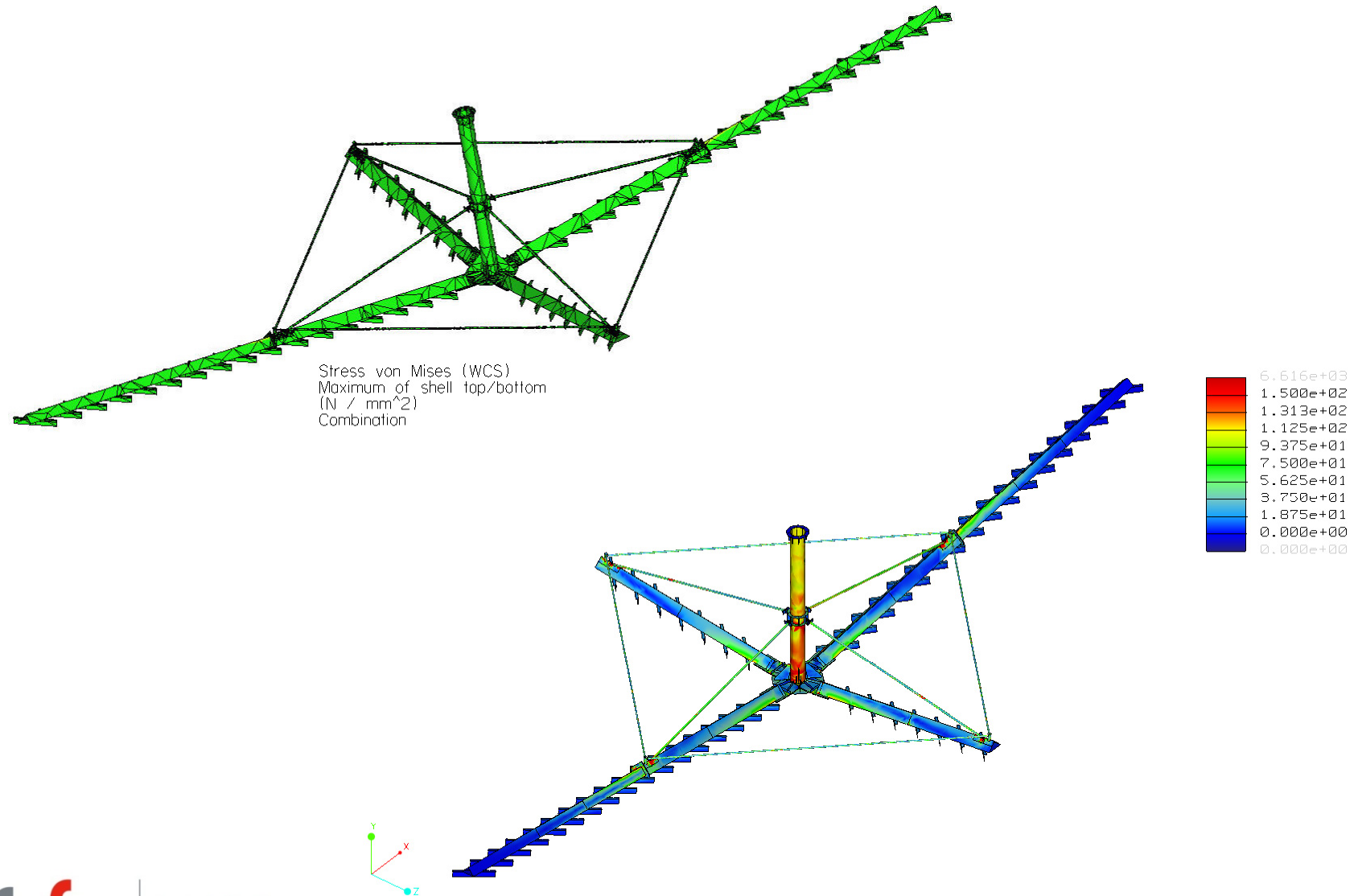


fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Rastras de Espesador



fcfm

Ingeniería Mecánica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción al Análisis por Elementos Finitos

Bibliografía Sobre Elementos Finitos

J.N. Reddy, "*An Introduction to the Finite Element Method*", Second Edition, McGraw-Hill, 1993.

M.R. Gosz, "Finite Element Method. Applications in Solids, Structures, and Heat Transfer", CRC Press, 2010.

O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor and J.Z. Zhu, "The Finite Element Method. Its Basis and Fundamentals", Sixth Edition, Elsevier, 2005.

K.J. Bathe, "Finite Element Procedures", Klaus-Jurgen Bathe, 2006.

T.J.R. Hughes, "The Finite Element Method. Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis", Dover Publications, 2000.

J. Fish and T. Belytschko, "A First Course in Finite Elements", John Wiley & Sons, 2007.