



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO INGENIERIA MECANICA**

Profesor Patrocinante:  
Dr. Emilio Dufeu Dalarze

## **ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN CURVAS DE TUBERÍAS**

**Francisco Javier Inostroza Sepúlveda**

Informe de Memoria de Título  
para optar al Título de

Ingeniero Civil Mecánico



Octubre - 2012

## SUMARIO

Una curva de tubería o “codo” es un accesorio instalado generalmente entre dos cañerías rectas para permitir un cambio de dirección, estos accesorios presentan una deformación particular y compleja al estar sometidos a flexión, por lo cual es necesaria una investigación para conocer la distribución de esfuerzos y deformación experimentada por ellos.

El objetivo de la siguiente investigación es obtener y comparar valores de esfuerzos y deformaciones en curvas de tuberías mediante expresiones analíticas, códigos de cálculo y el método de elementos finitos mediante los programas SAMCEF y ANSYS.

Los métodos empleados para el estudio de esfuerzos en curvas de tuberías son: análisis teórico de Rodabaugh - George, análisis de Gross, factores de intensificación de esfuerzos (SIF), factores ASME y el método de elementos finitos (SAMCEF y ANSYS). Los desplazamientos radiales son analizados mediante elementos finitos (ANSYS) y la teoría de Rodabaugh - George.

Del análisis teórico y numérico de una curva de 90° - 6” Sch 40 ASTM 335 Gr P11 sometida a flexión por un momento de 500 Nm dentro y fuera del plano se deducen las siguientes conclusiones.

Los esfuerzos obtenidos por elementos finitos mediante SAMCEF y ANSYS son similares en magnitud y forma, pues la distribución en función de  $\theta$  es la misma al modelar el problema con ambos programas. El máximo esfuerzo encontrado por ambos métodos corresponde al esfuerzo circunferencial en el diámetro interior para flexión en el plano. Los resultados teóricos del estudio de Rodabaugh - George y Gross son similares con los resultados numéricos encontrados anteriormente. Los resultados obtenidos por norma ASME difieren notoriamente de aquellos obtenidos por la teoría de Rodabaugh - George y por elementos finitos, esto se debe a que la norma sólo considera factores globales de intensificación dentro y fuera del plano de curvatura. Respecto a los resultados de la deformación presente en la curva, representada por el desplazamiento radial, se puede concluir que la distribución teórica no coincide exactamente con la distribución numérica del desplazamiento radial, sin embargo ambos métodos permiten explicar la deformación presente en la curva, pues la orientación de la ovalización obtenida por el software ANSYS y por teoría de Rodabaugh - George son coincidentes.

En base a las conclusiones anteriormente descritas es posible afirmar que el método de los elementos finitos es una buena aproximación para el cálculo de esfuerzos y desplazamientos presente en curvas de tuberías. Los resultados teóricos de Rodabaugh - George junto con los de Gross son los que mejor se aproximan a los encontrados por ANSYS y SAMCEF. Finalmente los esfuerzos calculados por ASME son una propuesta conservadora que difiere de aquellos obtenidos por la teoría y por elementos finitos

# ÍNDICE

SUMARIO .....	i
ÍNDICE.....	ii
NOMENCLATURA.....	iv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. FLEXIBILIDAD EN CURVAS DE TUBERÍAS.....	3
2.1. Flexión en viga curva .....	5
2.2. Flexión en curvas de tuberías .....	10
2.2.1. Flexión de la tubería en el plano de curvatura.....	11
2.2.2. Flexión de la tubería fuera del plano de curvatura.....	15
2.3. Ovalización en las curvas de tuberías.....	17
2.4. Deformación y Desplazamiento en curvas de tuberías.....	25
3. MÉTODOS DE CÁLCULO .....	27
3.1. Método Teórico.....	27
3.1.1. Esfuerzos.....	27
3.1.2. Desplazamiento.....	28
3.2. Norma ASME.....	28
3.2.1. Factores de intensificación de esfuerzos según la norma ASME (SIF).....	29
3.2.2. Efecto de la presión sobre los factores de intensificación de esfuerzos y la flexibilidad.....	30
3.3. Método Numérico.....	31
4. APLICACIÓN.....	32
4.1. Caso a estudiar.....	32
4.2. Dirección del Momento aplicado a la curva.....	33
4.3. Análisis teórico y resultados.....	35
4.3.1. Esfuerzos.....	35
4.3.2. Desplazamiento radial.....	38
4.4. Análisis según norma ASME y resultados .....	40
4.5. Análisis numérico y resultados.....	40
4.5.1. Esfuerzos.....	42

4.5.2. Desplazamiento radial.....	47
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	48
5.1. Comparación de esfuerzos según la metodología aplicada. ....	48
5.2. Comparación del desplazamiento radial según la metodología aplicada. ....	54
6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS .....	56
6.1. CONCLUSIONES.....	56
6.2. PERSPECTIVAS.....	57
7. REFERENCIAS .....	58
8. BIBLIOGRAFIA.....	60
9. ANEXO A. ....	61