UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica

Profesor Patrocinante
Alfredo Devenin G.
Emilio Dufeu D.

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA
FATIGA PARA BRIDAS DE UNIONES DE CAÑERÍA**

ROLANDO ANTONIO MUÑOZ HERNANDEZ

Informe de Memoria de Título
para optar al Título de

Ingeniero Civil Mecánico

Agosto 2001

i. SUMARIO.

La falla por fatiga de un elemento mecánico de una máquina o sistema de tuberías, puede tener consecuencias catastróficas, ya sea en vidas humanas, costos monetarios o en un grave daño al medio ambiente. El estudio de la resistencia a la fatiga se basa principalmente en información estadística, por esta razón es importante mejorar la predicción de la resistencia a la fatiga; sin embargo, nunca se tendrá una certeza plena de ésta.

El presente estudio tiene como objetivo principal comparar dos métodos de cálculo para analizar la resistencia a la fatiga de una brida para unión de cañerías, para esto se analiza la resistencia a la fatiga por medio del código ASME, y se compara con un modelo numérico analizado por un programa que usa el Método de Elementos Finitos (SAMCEF V 8.1). Los criterios de cálculo e la resistencia a la fatiga, usados para realizar la comparación de los métodos de cálculo son: *"Teoría de deformación hasta la falla por fatiga"* y *"Criterio de corte máximo"*

Para utilizar la *"Teoría de deformación hasta la falla por fatiga"* se deben comprender aspectos básicos como: fatiga, límite de fatiga, resistencia a la fatiga, parámetros que influyen en la resistencia a la fatiga, comportamiento de los materiales, características geométricas entre otros, de estos parámetros se debe considerar en particular las características geométricas del elemento en estudio, como son los concentradores de esfuerzos, los que son sumamente importantes en la determinación del lugar de una falla por fatiga.

Para una mayor comprensión de la metodología utilizada en el presente informe, relativo al estudio de la resistencia a la fatiga de una brida para unión de cañerías se basa en un ejemplo de un sistema de tuberías, que se somete a una condición de operación, las reacciones sobre la brida, producida por la deformación térmica de la tubería, se calculan por tres métodos de flexibilidad: Método de la Viga en Voladizo Guiada, Método de Problemas Pre-Resueltos y Método de Mitchell-Bridge. De los valores obtenidos para las reacciones, se selecciona aquel que presenta las condiciones más desfavorables.

Para el cálculo teórico de los esfuerzos se utilizan métodos de sistemas de tuberías, en los cuales se dividen los esfuerzos a los que está sometida la brida en: Esfuerzos Circunferenciales, Esfuerzos Longitudinales y Esfuerzos de Corte Transversal, además de estos tres esfuerzos se deben tomar en cuenta los esfuerzos producidos en los espárragos, por acción de las fuerzas axiales a las que está sometida la brida. Con estos esfuerzos se calcula un esfuerzo equivalente que se compara con los dos criterios de cálculo de la resistencia a la fatiga.

Para la modelación en elementos finitos, se debe comprender que sólo se puede obtener una solución aproximada del modelo, ya que al modelarlo se incurre en una serie de aproximaciones o simplificaciones que introducen errores en él, por ende se debe encontrar un modelo adecuado para realizar la modelación. Una forma de aumentar la exactitud de la aproximación es refinando la malla con la cual se trabaja, incrementando

el número de elementos de ésta. Otra forma de aumentar la exactitud de la modelación es aumentando el grado de las funciones de prueba dentro del elemento.

Algunas precauciones que se deben tomar en la utilización de modelación en elementos finitos son: el programa sólo debe ser ocupado cuando el material esté en el rango elástico, seleccionar correctamente la hipótesis necesaria en la aplicación, las restricciones a los desplazamientos impuestos en el modelo y tener sumo cuidado con los puntos de aplicación de las cargas al modelo, ya que cualquier error puede producir variaciones fundamentales en los resultados. La selección adecuada de la malla a utilizar permite conocer con exactitud el lugar de aplicación de las cargas y restricciones en el modelo, y el tipo de elemento que se está utilizando.

La utilización del programa SAMCEF V 8.1, facilita enormemente el cálculo de los esfuerzos en una pieza, permite trabajar rápidamente con piezas de forma compleja, para las cuales no existen diagramas de factores de concentración de esfuerzos teóricos, pero su uso en el análisis de piezas de forma geometría simple y sometida a cargas simples, no es imprescindible, pues bastaría con el uso de la teoría clásica. Sin embargo, si se desea diseñar los elementos en su punto óptimo es recomendable la utilización de programas basados en el método de elementos finitos como SAMCEF.

ii. ÍNDICE.

I. SUMARIO	1
II. ÍNDICE	3
III. NOMENCLATURA.	5
1 INTRODUCCIÓN.	7
2 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL CÁLCULO A LA FATIGA.	8
2.1 DEFINICIONES.	8
2.2 LÍMITE DE FATIGA Y VARIABLES DE RESISTENCIA A LA FATIGA.	9
2.3 DIAGRAMA DE WÖHLER.	11
2.4 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA.	11
2.5 ESFUERZOS FLUCTUANTES.	15
2.6 COMBINACIÓN DE MODOS DE CARGAS.	18
3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.	20
4 CÁLCULO DE LAS SOLICITACIONES EN LAS BRIDAS.	22
4.1 SOLICITACIONES PRODUCTO DE LAS DEFORMACIONES TÉRMICAS	22
4.2 SOLICITACIONES DEBIDAS A LOS PESOS PROPIOS.	25
4.3 SOLICITACIONES PRODUCTO DEL CAMBIO DE DIRECCIÓN DEL FLUIDO EN LAS TUBERÍAS.	27
4.4 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL SISTEMA.	29
4.5 CARGAS DEBIDO A LOS ESPÁRRAGOS.	30
4.5.1 CARGAS EN LOS ESPÁRRAGOS POR ROCE.	31
4.5.2 CÁLCULO DE CARGA QUE ASEGURA HERMETICIDAD DE LA UNIÓN.	32
4.5.2.1 CONDICIÓN DE OPERACIÓN.	32
4.5.2.2 CÁLCULO CARGA TOTAL DE ASIENTO DE EMPAQUETADURA.	33
4.5.3 RESULTANTE DE LA FUERZA DE APRIETE EN LOS ESPÁRRAGOS.	33
4.6 CARGAS A LAS QUE ESTÁ SOMETIDA LA BRIDA.	34

5 CÁLCULOS TEÓRICOS	36
5.1 ESFUERZO CIRCUNFERENCIAL.	37
5.2 ESFUERZO DE CORTE TRANSVERSAL.	37
5.3 ESFUERZO DE FLEXIÓN.	39
5.4 ESFUERZO DE COMPRESIÓN.	40
5.5 ESFUERZO PRINCIPAL.	40
5.6 RESULTADOS TEORICOS.	41
5.6.1 SECCIÓN C – C, UNIÓN DEL CONO CON LA BASE DE LOS ESPÁRRAGOS.	41
5.6.2 SECCIÓN U – U, UNIÓN CON LA TUBERÍA.	43
6 MODELACIÓN POR MEDIO DE ELEMENTOS FINITOS.	45
6.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MODELACIÓN.	45
6.1.1 TIPOS DE ELEMENTOS UTILIZADOS.	47
6.1.2 SELECCIÓN DE MALLA UTILIZADA.	47
6.2 APLICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO EN LA BRIDA MODELADA.	48
6.2.1 MOMENTO FLECTOR.	48
6.2.2 PRESIÓN DE TRABAJO.	50
6.2.3 FUERZA AXIAL Y DE APRIETE.	51
6.2.4 FIJACIONES DE LA BRIDA.	52
6.3 RESULTADOS OBTENIDOS CON LA MODELACIÓN.	53
7 COMPARACIÓN DE RESULTADOS.	56
8 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.	60
9 BIBLIOGRAFÍA.	62
ANEXOS.	63
ANEXO 1: COEFICIENTES DE TAMAÑO C_T Y DE SUPERFICIE C_S .	64
ANEXO 2: PROGRAMACIÓN CON SAMCEF STUDENT.	65
ANEXO 3: CALCULO DE LAS SOLICITACIONES TÉRMICAS POR EL MÉTODO DE MITCHELL-BRIDGE.	71