

# DISEÑO DE UN REACTOR DE SAPONIFICACION

Javier Wong León<sup>1</sup>, Alfredo Barriga<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ing. Mecánico 1999 <sup>2</sup> Ing. Mecánico 1973

<sup>2</sup> Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Doctorado en ciencias de Ingeniería Mecánica 1979, Profesor de la ESPOL desde 1973.

## RESUMEN

El diseño del reactor de saponificación se hizo sobre la base de códigos internacionales, en donde la saponificación es la división de las grasas. El diseño siempre se lo realizó pensando en los materiales y herramientas que existen en nuestro medio.

El proyecto se realizó en dos etapas la primera en la cual se diseñó mecánicamente el equipo y la segunda en donde se hizo un análisis térmico del mismo.

## INTRODUCCION

En la industria del jabón existe el proceso de saponificación que sirve para la elaboración del mismo, por lo tanto hace algunos años el jabón se lo cocía en pailas que necesitan muchas horas, hombres y energía para realizar la saponificación, hoy con el reactor solo necesitan 4 horas, esto nos implica que el reactor es una ventaja competitiva en la industria de la misma.

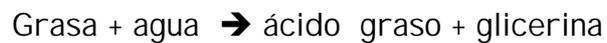
El problema puntual es diseñar un reactor de saponificación acorde a las necesidades de la producción en la industria del jabón y diseñarlo de tal forma que no tengamos que depender de los países industrializados.

## CONTENIDO

### 1.1. - Saponificación

La saponificación es la operación industrial que tiene por objeto dividir los glicérido o cuerpos grasos, en sus componentes ácidos grasos y glicerina.

Es una reacción de la siguiente forma:



Esta reacción se produce dentro de un equipo que es el reactor de saponificación

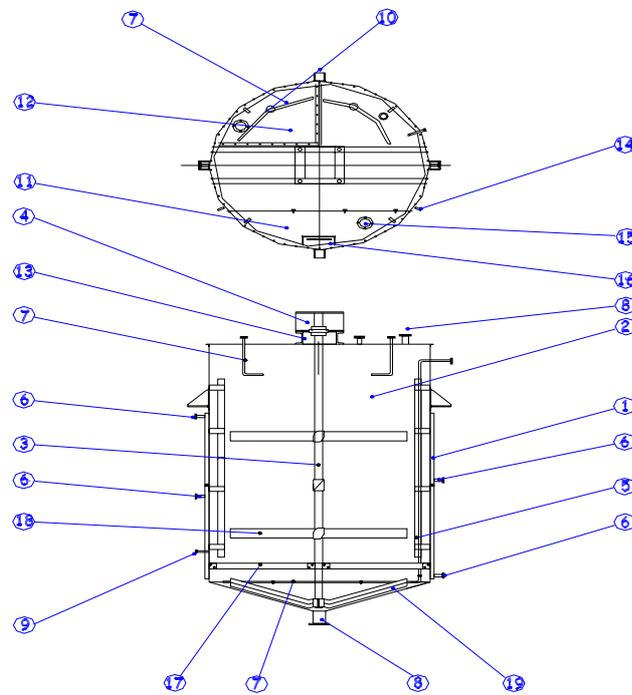
### 1.2. DISEÑO

El diseño mecánico se baso en el código ASME Sección VIII Div 1, pues el equipo esta sometido a presiones externas y presiones internas ver fig # 1. En la figura se puede observar que el equipo esta compuesto por una camisa de calentamiento esta a su vez esta haciendo presión externa hacia el tanque.

#### DESCRIPCION

1. Camisa de calentamiento
2. Tanque
3. Eje agitador
4. Motor
5. Baffles
6. Entrada y salida de agua caliente
7. Boquillas de vapor
8. Entrada y salida de producto

9. Neplo para termómetro
10. Ménsulas de soporte
11. Tapa abatible
12. Cuadrante desmontable
13. Base de motor
14. Orejas izadoras
15. Mirillas
16. Escalera interior.
17. Angulo de soporte
18. Paletas
19. Rascador de fondo.



.Fig. # 1 DESCRIPCION DEL REACTOR

En el diseño se tuvieron que calcular el espesor de plancha del tanque que esta sometido a presión externa, espesor de plancha de la camisa, la cual esta sometido a presión interna, anillos de atiesamiento el cual rigidiza la estructura del cilindro y a su vez separa las camisas, potencia del motor, espesor de aislamiento y coeficiente convectivo como veremos mas adelante.

Para él calculo de estas variables utilizamos las formulas siguientes tomadas del código ASME Secc. VIII Div 1 . La formula para él calculo de la potencia del motor se la tomo Kern (Ref. 1).

#### FORMULA PARA RECIPIENTE SOMETIDO A PRESION INTERNA.

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Donde:

- P= presión interna
- R= radio
- S= esfuerzo
- t= espesor de plancha
- E= eficiencia de la junta soldada

#### FORMULA PARA RECIPIENTES SOMETIDOS A PRESIONES EXTERNAS

$$Pa = \frac{4B}{3(D_o / t)}$$

Donde

- Pa= presión de operación

B= Factor obtenido mediante tabla UCS-28 del Cod ASME  
 D<sub>o</sub>= diámetro  
 t= espesor

### FORMULA PARA DISEÑO DE LOS ANILLOS DE ATIESAMIENTO

$$I_s = \frac{D_o^2 L_s \left( t + \frac{A_s}{L_s} \right) A}{14}$$

A = Factor determinado de la figura UGO-28 Del Cod ASME Secc. VIII Div 1 del material usado para el anillo atiesador.  
 A<sub>s</sub> = Area de sección transversal del anillo atiesador, pulg<sup>2</sup>  
 D<sub>o</sub> = Diámetro exterior del casco, pulg  
 E = Módulo de elasticidad del material  
 I<sub>s</sub> = Momento de inercia requerido del anillo atiesador respecto a su eje neutro, paralelo al eje del casco, pulg<sup>4</sup>  
 L<sub>s</sub> = Distancia entre la línea de centros de un anillo atiesador hasta el siguiente anillo atiesador.  
 P = presión externa de diseño, Lb/pulg

### POTENCIA DEL MOTOR

Para la potencia del motor se utilizo la formula experimental de recipientes agitados KERN Ref. #1

Donde:

$$hp = 12 \times 10^{-2} D_j^{1.1} L^{1.72} N^{2.86} y^{0.3} z^{0.6} \mu^{0.14} \rho^{0.86}$$

y= ancho del agitador(ft)  
 N = velocidad (rps)  
 μ= viscosidad (lb/ft seg)  
 D = Diámetro del recipiente(ft)

$\rho$  = densidad(lb/ft<sup>3</sup>)

Z= altura de la porción húmeda(ft)

Las formulas anteriores todas se deben usar en unidades coherentes

Remplazando los datos se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

### 1.3. TABLA DE RESULTADOS

Tabla # 1 Resultados del diseño Metalmecánico

<b>RESULTADOS DEL CALCULO METALMECANICO</b>	
Espesor del tanque	10mm
Material del tanque	ASTM-131 grado C
Espesor de la chaqueta	6mm+2mm= 8mm
Material de la chaqueta	ASTM-131 grado C
Dimensiones del anillo atiesador	50x100mm
Longitud entre anillos atiesadores (L <sub>s</sub> )	1325mm
Material del anillo atiesador	ASTM-36
Proceso de Soldadura	SMAW
Electrodos	E-6010/E-7018
Potencia del motor	15 HP

Para confirmar los resultados obtenidos se realizo la simulación en un programa de análisis estructural SAP 90 en donde en la fig. # 2 se pueden ver la fuerza máxima, y en la fig. # 3 la deformada.

Estos resultados sirvieron para tener una exactitud en la distribución de las fuerzas en el tanque.

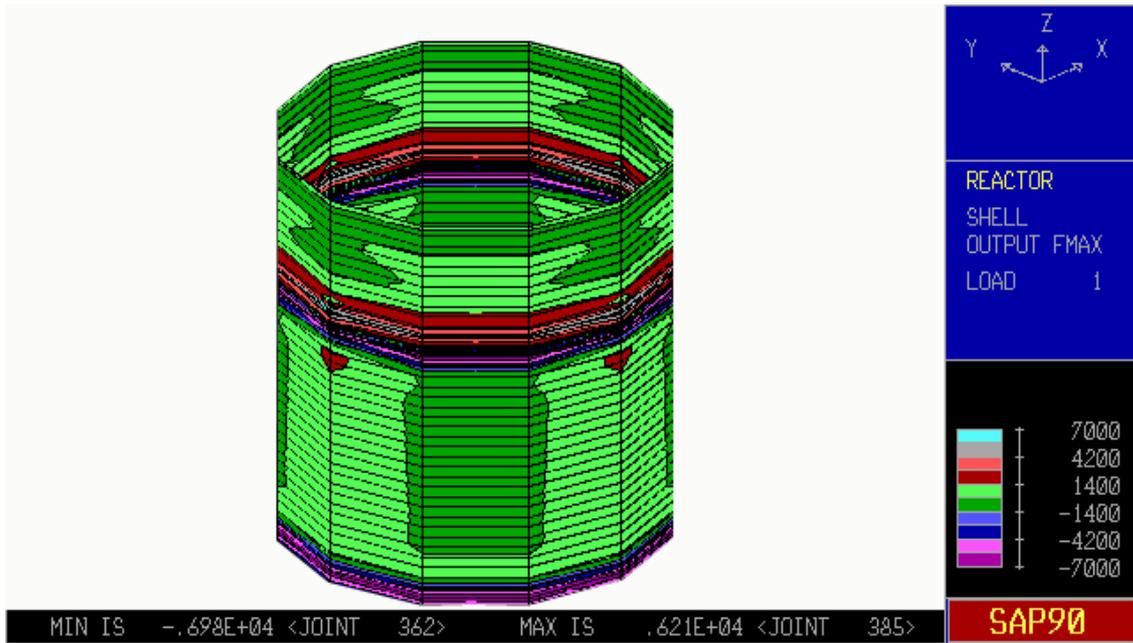


Fig. # 2 Distribución de la fuerza máxima en el tanque, la escala de colores indica como estas distribuida esta fuerza.

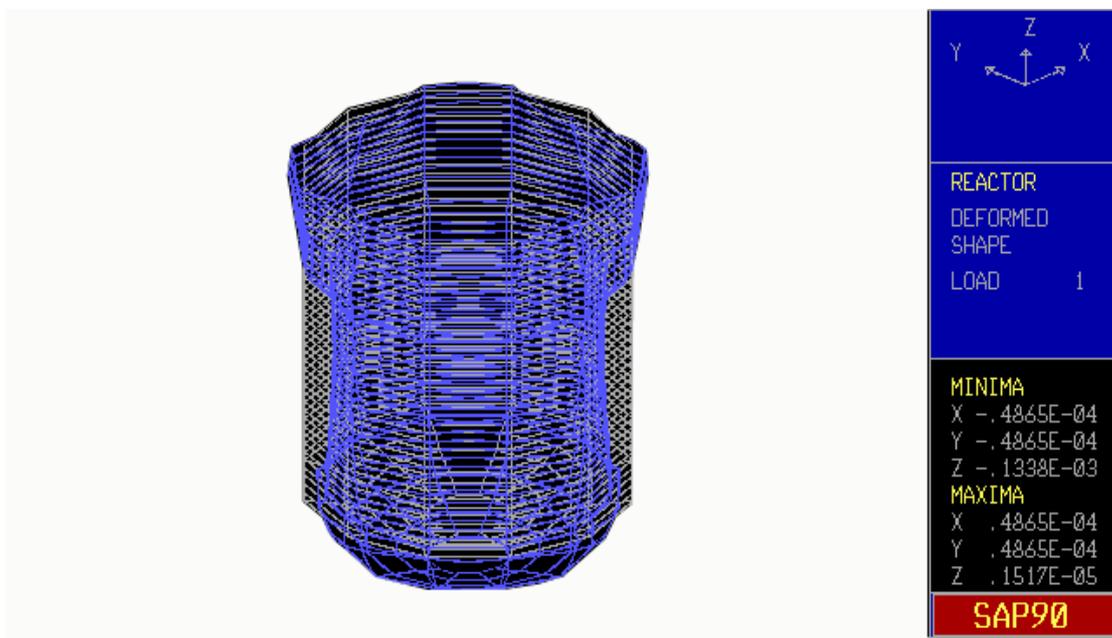


Fig. # 3 Deformada del tanque, se aprecia como seria la deformación en caso de que falle el recipiente.

En el espesor de la chaqueta como pueden ver en la tabla # 1 se le ha aumentado 2 mm esto se debe al margen de corrosión.

#### 1.4. ANALISIS TERMICO

En la parte térmica se calculo el coeficiente convectivo con la formula experimental Kern Ref. #1

$$\frac{h_j D_j}{k} = 0.36 \left( \frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left( \frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

Donde L es la longitud en pies de la paleta,  $D_j$  diámetro del recipiente,  $\rho$  la densidad promedio, y  $\mu$  la viscosidad del líquido,  $h_j$  coeficiente convectivo, k el coeficiente conductivo,  $(\mu/\mu_w)$  Coeficiente de viscosidades, en donde  $\mu_w$  es la viscosidad de la masa. Nótese que el número de Reynolds ( $L^2 N \rho / \mu$ ) esta modificado y esta expresado en función de la velocidad angular.

Remplazando valores y obteniendo curvas haciendo variar la velocidad Fig. # 4 y la temperatura Fig. # 5 se obtiene un coeficiente convectivo promedio  $h=314.82 \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$ .

Con este resultado se obtiene la transferencia de calor hacia el tanque, que es de 7072 Watt, este resultado se obtiene de la Ley de enfriamiento de Newton Ref. 4. El espesor del aislamiento se lo calculo Con la ley de Fourier de transferencia de calor Ref. 4 y el resultado es de 50mm de espesor de aislamiento (lana de vidrio) en la parte exterior de la camisa.

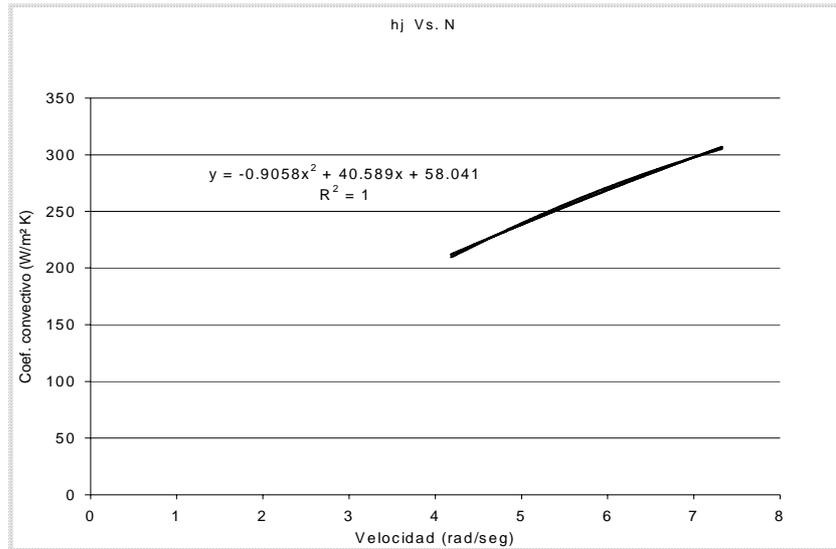


Fig. # 4 Coeficiente Convectivo Vs Velocidad

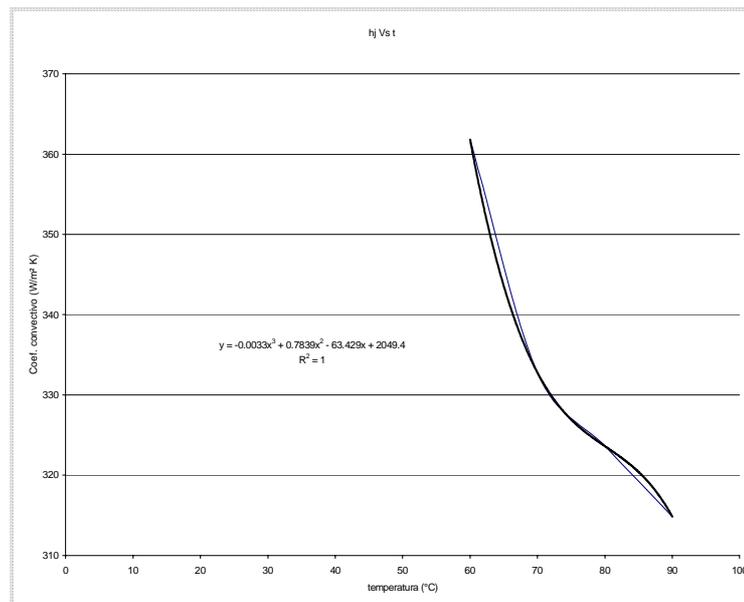


Fig. # 5 Coeficiente convectivo Vs Temperatura

## CONCLUSIONES

Como se pudo observar el diseño mecánico del reactor se ajusto a las necesidades de la industria, del jabón optimizando su proceso .

En cuanto al procedimiento del diseño Mecánico del reactor esta confirmado con la corrida del programa de Análisis Estructural SAP 90 .en relación a las fuerzas y deformaciones.

Se pudo observar en el análisis térmico como varia el coeficiente convectivo con relación a la velocidad, esta variación es una función cuadrática como podemos ver por  $R=1$ . Esta claro que a mayor velocidad tenemos un mayor coeficiente convectivo por lo que en el reactor con la velocidad del agitador de 70 r.p.m..(7.32rad/seg) esta optimizado.

En la variación del coeficiente convectivo con la temperatura, se observa que es una función cubica  $R=1$  y se aprecia como a medida que aumenta la temperatura y solo variando este parámetro el coeficiente convectivo disminuye, es decir a medida que aumenta la temperatura el coeficiente convectivo tiende a cero. Esto se debe a que el factor  $(c_p/k)$  de la ecuación que se esta evaluando disminuye al aumentar la temperatura. El espesor del aislamiento es de 50mm este resultado si esta acorde con el orden de magnitud de espesor.

## REFERENCIAS

- 1 KERN, Transferencia de calor, Prentice Hall,1972
- 2 MEGYESY EUGENE F. Manual de Recipientes a Presión, Limusa, México, 1992
- 3 Manual del Usuario SAP 90
- 4 MILLS ANTHONY F, Transferencia de calor, Irwin ,España, 1995

