

ESTUDIO TERMICO EN UN REACTOR QUIMICO DE 20 LITROS PARA EL PROCESO DE RECICLAJE DE LLANTAS POR SOLVOLIOSIS

García Rodríguez, Alejandro (1), Sánchez Eugenia, Lorena (2)

1 [Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas] | [alejandrogarcia@usantotomas.edu.co]

2 [Ingeniería civil, Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [hau10@hotmail.com]

Resumen

Por medio de la simulación, se pretende escoger entre dos tipos de reactores de diferente espesor de lámina, cual es más eficaz en la transferencia de calor para su posterior obtención u construcción. Mediante la utilización de un Software se analizará con diferentes tipos de condiciones, un reactor de 20 litros. Esto con el fin de seleccionar el reactor más adecuado para aplicación de reciclaje de llanta de solvoliosis. Se tendrán en cuenta diferentes condiciones como, aislamiento, material, tiempos de calentamiento y temperaturas.

Abstract

Using the simulation tool, it is intended to choose between two types of reactors of different thickness of sheet, which is more efficient in the heat transfer, for its subsequent obtaining or contraction. By means of the use of Software will be analyzed with different types of conditions, a reactor of 20 liters. This in order to select the most suitable reactor for application of recycle rim of solvólisis. Different conditions will be taken into account, such as insulation, material, heating times, and temperatures.

Palabras Clave

Reactor; Escalamiento; Simulación; Estado Transitorio; Conducción

INTRODUCCIÓN

En México las llantas usadas representan el 1% de los residuos sólidos. La Cámara Nacional de la Industria Hulera estima que el promedio anual de llantas usadas en el país es de 25 millones de piezas [1]. Por lo tanto, existe una necesidad actual de encontrar una alternativa de solución a este problema.

El problema del reciclaje de los neumáticos radica principalmente en la estructura química que lo conforma, siendo principalmente caucho sintético. Para iniciar la construcción del neumático es necesario llevar a cabo un proceso denominado vulcanización del caucho crudo, en el cual se le incorpora azufre en su cadena con el fin de volverlo más duro y resistente al frío. El resultado final es que las moléculas elásticas de caucho quedan unidas entre sí a una mayor o menor extensión. Esto forma un caucho más estable, duro, mucho más durable, más resistente al ataque químico y a las altas temperaturas y sin perder la elasticidad natural [2].

Para eliminar estos residuos se usa la quema directa que genera cantidades de gases que emanan partículas tóxicas al ambiente. El depósito en vertederos provoca grandes problemas de estabilidad ambiental, debido a la resistencia que los neumáticos poseen frente a una degradación parcial con el tiempo.

Para ello se propone reciclar las virutas de llanta a través de la solvólisis en un reactor de 2 litros, la solvólisis es un proceso de reciclado químico mediante un solvente y un catalizador, el cual se hacen reaccionar con un polímero para obtener productos de des-polimerización es decir permite romper los enlaces de las resinas termoestables, para modificar su estructura química entrecruzada y volverla con un carácter más elastomérico, para después poder integrar este polímero y recuperar parte del valor económico de los composites.

Sin embargo, para poder mitigar esta problemática es necesario un análisis entre el modelo experimental y un prototipo industrial, para que tengan similitud geométrica, temporal y de comportamiento. Esto se conoce como escalamiento y es simplemente el cambio de volumen que se mencionó anteriormente, para llegar al sistema prototipo de mayor capacidad.[3]

Al observar el modelo existente, para estudiar la transferencia de calor y el flujo de fluidos en reactores, se nota un enorme vacío que impide la comprensión y el diseño eficiente de esta clase de sistemas. Las ecuaciones de balance que permiten analizar el comportamiento del flujo de calor del reactor forman un sistema de ecuaciones en diferencias parciales no lineales, con pocas probabilidades de ser solucionado mediante métodos directos.[4]

La Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) es una herramienta numérica que permite solucionar de manera aproximada las ecuaciones gobernantes de un medio continuo en específico, permitiendo comprender mediante la solución aproximada de las ecuaciones de cantidad de movimiento y energía, el efecto de la geometría en los modelos de flujo y de transferencia de calor.[4]

Para este proyecto la optimización del reactor a prototipo industrial, tiene como etapa fundamental conocer el funcionamiento de este y determinar los factores que afectan su desempeño.

Justificación

Por medio de la simulación virtual, se obtienen grandes ventajas a la hora de diseño y obtención de equipos. Un reactor es una máquina calorífica, en la cual se debe homogenizar la temperatura en toda la superficie que contiene la solución. Gracias a la simulación se puede saber, el tiempo, la temperatura final, el comportamiento de la transferencia de calor en el tiempo y la homogenización. Este método tiene la facilidad de hacer todo este proceso en poco tiempo, y con la ventaja de cambiar variables para hacer comparaciones en diferentes casos de estudio.

Este trabajo, permite por medio de un Software de simulación, introducir diferentes tipos de condiciones, esto con el fin de ver el comportamiento de la transferencia del calor en dos reactores de diferentes espesores. Adicionalmente el programa, proporciona datos y mapas de temperatura, lo cual servirá para poder hacer comparaciones, correlaciones y sugerencias, para el diseño u obtención de reactores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizará en el programa ANSYS WORKBENCH, la cual se llevará a cabo en dos diferentes reactores, cada uno tendrá dos diferentes grosores de placa, de 2mm y otro de 3mm, esto con el fin de analizar cuál es más eficaz y conveniente para la aplicación de reciclaje de llantas por Solvolisis. Por último, se simulará el reactor más eficaz sin aislante, esto para comparar la transferencia de calor con y sin protección térmica.

A continuación, se mostrará la metodología que se empleará en el estudio de la transferencia de calor en los reactores.



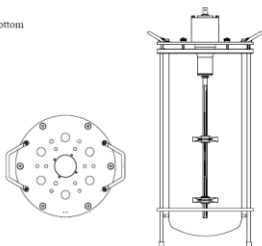
Imagen1: Metodología en el análisis del reactor de 20 Litros

Elaboración del modelo CAD

Para escalar el reactor, se tomó el modelo de 20 Litros del catálogo de reactores Deaplikon Biotechnology.

4.1.7 20-LITER REACTOR

Reactor type	20 liter, dished bottom
Inner diameter	220 mm
Inner height (maximum)	620 mm
Liquid height (working volume)	425 mm
Required autoclave space (H x D)	1000 x 400 mm
Overall height reactor	715 mm
Total volume	22 liter
Working volume	16 liter
Minimum working volume	5.0 liter
H/D total	2.8
H/D working volume	1.9
Ports in head plate:	
1 * 69 mm	
6 * 27 mm	
2 * 12 mm	
10 * 10 mm	



Z611002010 20-liter Dished-bottom Reactor

Imagen2: Medidas del reactor de 20 litros de Deaplikon Biotechnology

Este se escalo a razón de 1.6, que es la relación de altura y diámetro, del reactor de 2 litros utilizado en el laboratorio de la universidad de Guanajuato.

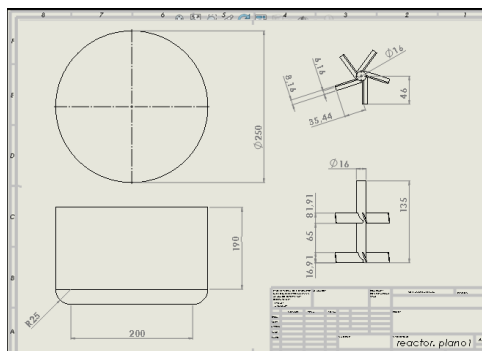


Imagen3: Reactor con medidas escalado

- Estudio en el Programa Ansys

Para el estudio se hicieron varias simplificaciones. La primera fue en el modelo CAD, la cual fue tomar $\frac{1}{4}$ de la altura total, que va a ser la parte que contiene el solvente. Esto se hizo con el fin de evitar interfaces entre dos fluidos (aire, solvente). Posterior al modelo se realizará el mallado, donde se verificará la precisión del estudio.

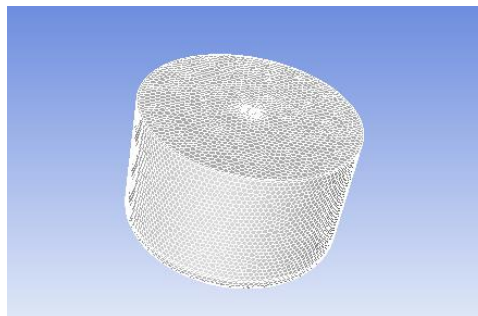


Imagen4: Reactor mallado para su posterior análisis.

Como segunda simplificación. Se tomó las condiciones del Etilenglicol para el estudio, ya que las propiedades son muy similares a las del Dietilenglicol y están por defecto en el programa.

Después de esto se definieron las condiciones de frontera de cada cara del reactor y agitador, para su análisis.

Tabla 1: Valores de las condiciones de frontera

Tabla De Condiciones De Frontera		
C.1	Convección	5 W/m ² K
		300K
C.2	Aislante	0 W/m ²
C.3	Conducción	439 K
C.4	Conducción	440 K
C.5	Interacción Con los Alrededores	

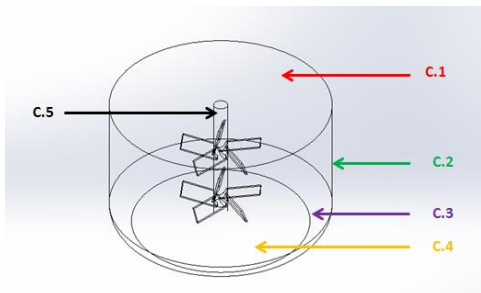


Imagen5: Ubicación de Condiciones de frontera en el modelo cad

Por último, se ingresó el tiempo necesario para llegar a una homogeneidad total. El tiempo requerido fue de 120 minutos donde se tomó datos cada 5 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El programa ANSYS en el módulo Fluent, después de colocar las variables de tiempo y condiciones de frontera, arrojó diferentes tipos de temperatura con respecto al tiempo y al grosor de la placa del reactor.

El primer análisis es del reactor de 2 mm de espesor, donde en 120 minutos logro alcanzar la temperatura deseada para la solución.

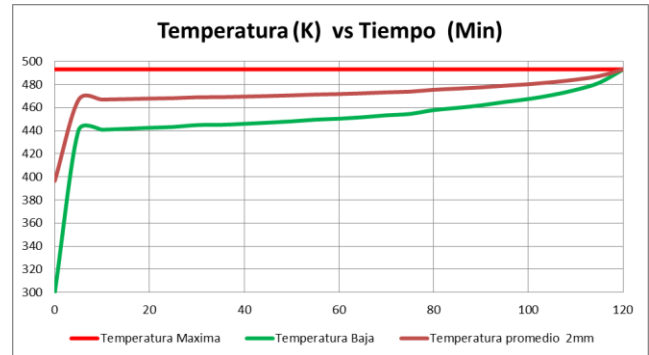


Imagen6: Grafica de intervalos de temperatura respecto al tiempo en el reactor de 2mm

El segundo análisis es del reactor de 3 mm de espesor, donde en 120 minutos logro alcanzar la temperatura deseada, mas sin embargo su diferencia disminuyo la tasa de temperatura a 2 grados kelvin con respecto al de 2 mm.

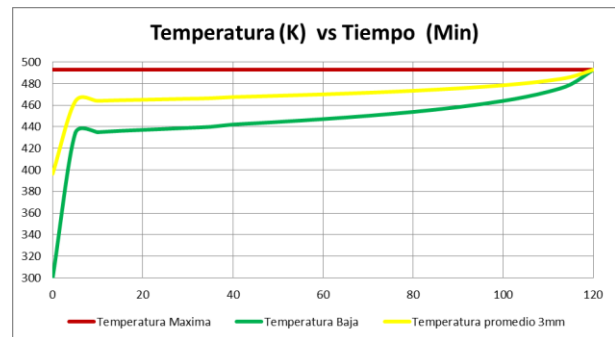


Imagen7: Grafica de intervalos de temperatura respecto al tiempo en el reactor de 3mm.

El tercer análisis es del reactor de 3 mm de espesor sin aislante y se comparó con los otros dos, donde en 120 minutos no logro alcanzar la temperatura deseada, y su tasa de aumento de calor estaba cerca de 10 a 20 grados kelvin por debajo de los otros dos reactores.

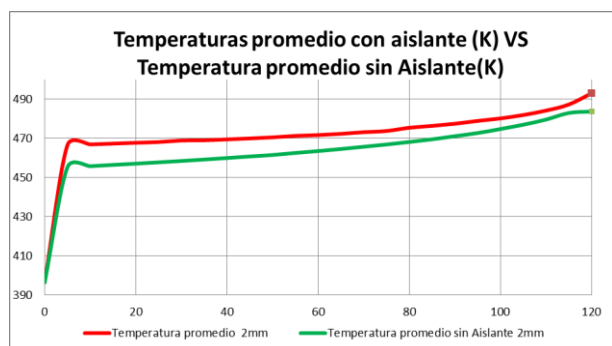


Imagen8: Grafica de los dos reactores y del reactor sin aislante.

Por ultimo se analizaron los diferentes mapas de calor en los componentes del reactor, en diferentes tiempos (5, 60 y 120 min) . Se examino un solo reactor debido a que la diferencia en la tasa de calentamiento entre los dos es 2 grados Kelvin, lo cual es bajo. Se denota como las diferentes piezas del reactor van aumentando la temperatura hasta el punto de homogenidad. Esto infiere que el volumen de la solución se calentó todo.

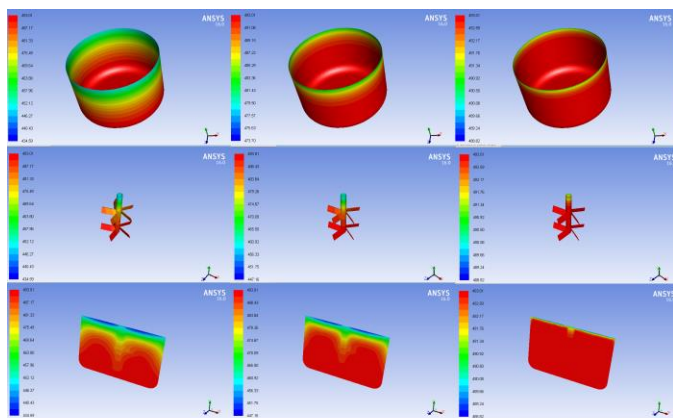


Imagen9: Comportamiento de la transferencia del Calor a medida que pasa el tiempo; Primera fila Reactor; Segunda fila Agitador; Tercer Fila Solvente.

CONCLUSIONES

-Se pudo simular por medio de un Software CAD de simulación (ANSYS) la transferencia de calor en un reactor de 20 Litros, con espesor de pared de 2mm y 3mm.

-Es importante en la construcción y el diseño del reactor que su aislante no permita el flujo de calor hacia el ambiente, ya que su tasa de aumento de temperatura bajara.

-La diferencia entre los dos Reactores de 2mm y 3 mm, es de 2 grados Kelvin, por lo tanto, los dos reactores son prácticamente igual de eficaces, se sugiere tomar el de 3mm para mayor duración.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la doctora Lorena por la oportunidad de venir al verano de investigación, a mi familia por el apoyo brindado, por último a mis amigos por los aportes dados.

REFERENCIAS

- [1]PRECIADO, Yolanda. *Reciclaje físico-químico de llanta mediante la formación de asfaltos modificados*. UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO, 2017.
- [2] El caucho. [online]. [Accessed 19 julio 2017]. Available from: <https://www.slideshare.net/jadercardo1/el-caucho>
- [3] DORAN, Pauline M. *Bioprocess Engineering Principles*. 1995. ISBN 0122208552.
- [4] NIETO, Cesar, MEJIA, Ricardo y AGUDELO, John. *DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL APLICADA AL ESTUDIO DE REGENERADORES TÉRMICOS*. . 2004. P. 81-93.