Metodología de Superficie de Respuesta Aplicada a la Optimización de una Máquina de Presión

Heberto Martínez Rodríguez[1], Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón[2],
Dr. Luis Carlos Méndez González[3] y Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín[4]

***Resumen*—**La metodología de superficie de respuesta se basa en optimizar una variable de interés que es afectada por un conjunto de factores, de manera que se puedan realizar modificaciones tomando en cuenta el impacto que tienen los factores y el comportamiento de dichas variables. Utilizando diferentes métodos de evaluación y comparación se obtienen resultados para interpretación y con ello se busca obtener las condiciones óptimas esperadas dependiendo de cuál sea el objetivo. Con este método se puede lograr optimizar procesos, parámetros de máquinas/equipos y materiales lo cual es una parte fundamental para cualquier proceso, dado que se puede visualizar claramente cómo se puede lograr una optimización efectiva si tener tanto desperdicio. En el presente artículo se considera esta metodología para optimizar los parámetros de una máquina de presión, se consideran algunos diseños experimentales para la formulación de modelos de regresión, los cuales sustentan el proceso de optimización mediante la aplicación del análisis Ridge. Al final se muestran los niveles óptimos de los dos parámetros de la máquina y el valor deseado para la variable de respuesta.

***Palabras clave*—**Optimizar, metodología, parámetros, variable.

Introducción

En esta investigación se utilizará la metodología de superficie de respuesta (MSR), los orígenes de la MSR provienen desde el trabajo de Box y Wilson (1951), pero en los últimos 20 años gracias a las computadoras y la tecnología esta metodología ha tenido un gran progreso tanto como en lo teórico y lo aplicable (Martínez Sapien, 2021). Es un modelo matemático que nos permite ver como una variable es afectada por otros factores y cuál es su comportamiento para llegar a una optimización.

El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos. El objetivo final es establecer los valores de los factores que optimizan el valor de la variable respuesta. Esto se logra al determinar las condiciones óptimas de operación del sistema (Yepes Piqueras, 2016).

Para la máquina de tensión en la que se utilizaran diferentes técnicas y herramientas estadísticas, además por medio de software se llevara un mejor análisis y una mejor interpretación de los puntos a evaluar para obtener datos y analizar la relación que existe entre los diferentes factores con y cómo influyen en nuestro punto de interés gracias al análisis canónico, La técnica canónica se ha utilizado en varios estudios de variables múltiples y sobre optimización de procesos ya que representa ser una herramienta útil para el análisis multi-variable y esto se debe a que impone la menor cantidad de restricciones a diferencia de otras técnicas las cuales tienen restricciones más estrictas (Reyes Aguilar, 2021). Y al análisis Ridge con el que se llevó a cabo una exploración de resultados de manera que se pueda encontrar la mejor opción, además de que se puede realizar infinidad de exploraciones que permitan llegar a la región de aproximación más efectiva., gracias a esto se obtendrá una mejor interpretación de los datos recabados.

Con la aplicación de este método se logra eliminar diferentes desperdicios que se puedan presentar, ya que se logra obtener la optimización en los procesos para la realización de productos, el incremento de rendimientos, la reducción de la variabilidad, la reducción de tiempo en los procesos y la reducción de costos de operación, seguir esta metodología aporta puntos importantes los cuales logran grandes beneficios.

[1] Heberto Martínez Rodríguez, alumno del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al150188@alumnos.uacj.mx
[2] El Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. luis.picon@uacj.mx
[3] El Dr. Luis Carlos Méndez González es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. luis.mendez@uacj.mx
[4] El Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. ivan.perez@uacj.mx

Descripción del Método

En la Figura 1 se presenta un diagrama de flujo de las actividades que se van a llevar a cabo para la metodología.

Ilustración 1. Diagrama de flujo

Experimento central compuesto: la parte inicial del estudio se llevará a cabo por medio de un simulador donde los parámetros a evaluar son la temperatura y la velocidad, para así obtener la tensión.

Análisis estadístico: utilizando el software de Minitab se obtuvieron resultados para ser interpretados.

Análisis canónico: se utilizará el software R para llevar el análisis y obtener el comportamiento del punto estacionario

Análisis Ridge: el análisis Ridge será llevado a cabo por el software R donde se presenta un código que permita buscar el resultado óptimo

Corrida de confirmación: se meterán los resultados en el simulador virtual de la máquina de presión para verificar que se cumpla con el objetivo de la maximización

Resultados

Experimento Central Compuesto

El objetivo del experimento será maximizar la respuesta, para iniciar el proceso del experimento se llevó a cabo un diseño central compuesto con un simulador de tensión virtual, donde, se tienen dos factores, los cuales son temperatura y velocidad, en este se realizaron 26 corridas por medio del software de Minitab.

En la Ilustración 2 se muestra la máquina de tensión

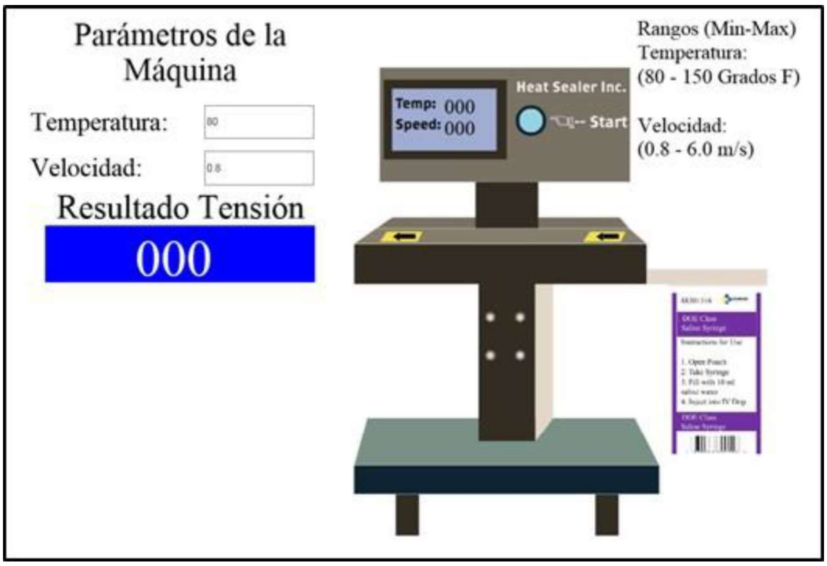

Ilustración 2. Máquina de tensión

Análisis Estadístico

En la tabla 1 se muestra los resultados obtenidos, se analizaron los datos de las 26 corridas y se logró identificar los coeficientes de los factores con los cuales es posible formular el modelo cuadrático.

ISSN online 1946-5351
Vol. 13, No. 9, 2021

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	16.0040	0.0247	649.01	0.000	
Temperatura	1.7510	0.0195	89.82	0.000	1.00
Velocidad	-4.4298	0.0195	-227.23	0.000	1.00
Temperatura*Temperatura	0.0049	0.0209	0.23	0.818	1.02
Velocidad*Velocidad	-3.4114	0.0209	-163.18	0.000	1.02
Temperatura*Velocidad	0.0138	0.0276	0.50	0.623	1.00

Tabla 1. Coeficientes de los factores

A partir de estos coeficientes se obtuvo el modelo lineal que se representa en la Ecuación 1.

$$Tensión = 16.0040 + 1.7510\,Temperatura - 4.4298\,Velocidad + 0.0049\,Temperatura * Temperatura - 3.4114\,Velocidad * Velocidad + 0.0138\,Temperatura * Velocidad$$

Ecuación 1

En la tabla 2 del análisis de varianza, tomando en cuenta un nivel de significancia de 0.05 y los valores p de cada uno de los términos se observa que los dos términos lineales son significantes, al igual que el término cuadrático Velocidad*Velocidad. Por otra parte, el termino cuadrático Temperatura*Temperatura y la interacción Temperatura*Velocidad no resultaron significantes dado que tienen un p-value > 0.05.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	527.796	105.559	17359.80	0.000
Linear	2	363.018	181.509	29850.15	0.000
Temperatura	1	49.054	49.054	8067.28	0.000
Velocidad	1	313.963	313.963	51633.02	0.000
Square	2	164.777	82.388	13549.23	0.000
Temperatura*Temperatura	1	0.000	0.000	0.05	0.818
Velocidad*Velocidad	1	161.913	161.913	26627.45	0.000
2-Way Interaction	1	0.002	0.002	0.25	0.623
Temperatura*Velocidad	1	0.002	0.002	0.25	0.623
Error	20	0.122	0.006		
Lack-of-Fit	3	0.006	0.002	0.28	0.837
Pure Error	17	0.116	0.007		
Total	25	527.918			

Tabla 2. Análisis de varianza

Análisis Canónico

Se utilizó el programa de R en donde se desarrolló un código con el cual se pueda realizar dicho análisis y observar el comportamiento de la respuesta de predicción en el punto estacionario con un valor de -136.95, lo niveles de los factores en el punto estacionario con valor de -177.254345, -1.007784 y los valores de los eigenvalores que determinan el punto estacionario con valores de: 0.004913, -3.411413 los signos diferentes de este resultado se determina que se obtiene un punto silla.

```
#Definición de matriz B y vector b
b=matrix(c(1.7510,-4.4298),nrow=2,ncol=1)
B=matrix(c(0.0049,0.0069,0.0069,-3.4114),nrow=2,ncol=2)

#Punto estacionario
xs=-0.5*(solve(B)%*%b)
xs

#Respuesta en el punto estacionario
b0=16.0040

ys=b0+(0.5*(t(xs)%*%b))
ys

#Obtención de eigenvalores y eigenvectores
ei=eigen(B)
ei
```

Ilustración 3. Código canónico

Optimización con Análisis Ridge

Ya que no se obtuvo una respuesta ideal con el análisis canónico, se requirió de un análisis Ridge (mostrado en la ilustración 4), tomando en cuenta el vector b que contiene todos los coeficientes de regresión de los términos lineales (temperatura, velocidad) y la matriz B conformado por los coeficientes de regresión de los términos cuadráticos además de los coeficientes de regresión de los términos de interacción de dos factores, se exploró con diferentes valores Mu (como se puede observar en la tabla 4) obteniendo el resultado de las variables 1.306966, -0.540217 respectivamente, para encontrar el radio de optimización con valor de 1.414212 y la respuesta óptima con valor de 19.68861.

```
#Análisis Ridge
mu=0.67192

sol=solve(B-(mu*diag(2)),-0.5*b)
sol

#El radio de optimización
r=sqrt(t(sol)%*%sol)
r

#Calculando la respuesta óptima
yo=16.0040+(1.7510*sol[1,1])-(4.4298*sol[2,1])+(0.0049*sol[1,1]^2)-
(3.4114*sol[2,1]^2)+(0.0138*sol[1,1]*sol[2,1]
```

Ilustración 4. Código con análisis Ridge

0.676	1.2990257	-0.53969	1.406675	19.67429
0.675	1.3009629	-0.53982	1.408514	19.67778
0.67	1.3107364	-0.54047	1.417792	19.69542
0.674	1.3029059	-0.53995	1.410358	19.68129
0.673	1.3048548	-0.54008	1.412208	19.6848
0.672	1.3068094	-0.54021	1.413135	19.68833
0.6725	1.3058314	-0.54014	1.413135	19.68657
0.67192	1.3069661	-0.54022	1.414212	19.68861
0.671	1.30877	-0.54034	1.415925	19.69187
0.66	1.330731	-0.54176	1.436784	19.73147

Tabla 3. Exploración de respuesta optima

Corrida de Confirmación

Se realizaron diferentes corridas con el código obtenido, donde se buscó un valor óptimo, como resultado se obtuvo un valor del radio de 1.414212

En la Ilustración 4 se muestra el simulador con los valores óptimos y se puede notar que está cumpliendo con el objetivo del experimento.

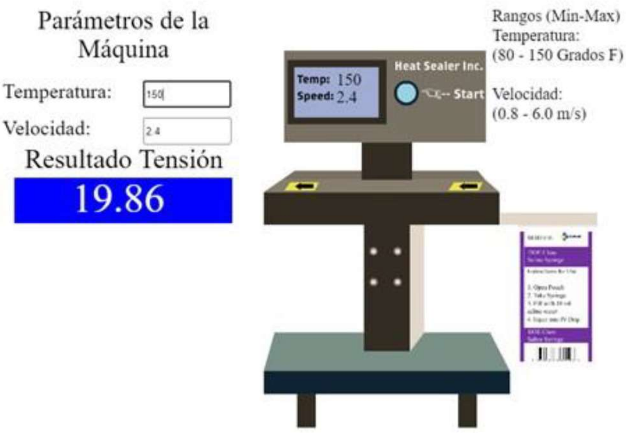

Ilustración 5. Corrida de confirmación

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación, se optimizó la salida del líquido de una jeringa en donde los factores obtuvieron los siguientes resultados; Temperatura= 150 y Velocidad=2.4 obteniendo un valor óptimo de Y=19.86.

Conclusiones

Los resultados muestran los valores correctos para aprovechar el funcionamiento de la jeringa tomando en cuenta los factores que influyen en la misma, obteniendo el resultado ideal con el que se llega a tener el aprovechamiento máximo.

Recomendaciones

Se sugiere continuar con la metodología aplicada en esta investigación, ya que, marca un punto importante para potencializar los procesos médicos volviéndolos más efectivos, teniendo como resultado beneficios que logren un impacto importante.

Referencias

Box, G. E., & Wilson, K. B. (1951). *On the Experimental Attainment of Optimum Conditions.* United Kingdom: Revista de la Royal Statistical Society.

Martínez Sapien, J. R. (2021). Optimización de la Distancia de Lanzamiento de una Catapulta Virtual. *Academia Journals*, 448-453.

Reyes Aguilar, V. P. (2021). Optimización Mediante Análisis Ridge para la Obtención de Ácido. *Academia Journals*, 30-35.

Yepes Piqueras, V. (2016, Abril 19). *Universidad Politecnica de Valencia*. Retrieved from ¿Qué es la metodología de la superficie de respuesta?: https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/04/19/que-es-la-metodologia-de-las-superficies-de-respuesta/