

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Metodología de la investigación mediante Minitab

A. Alegría, J. Cuéllar



Alicante 21-23 enero 2016

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Salamanca, Plaza de los Caídos 1-5, 37008, Salamanca;

email: sandraale@usal.es

Introducción

Tanto en la industria como en la universidad, una de las tareas encomendadas a los ingenieros químicos suele ser la de realización de investigación, ya que investigación es también el trabajo en la industria orientado a descubrir las causas de fallos en las cadenas de producción o a la optimización de

El objetivo de la asignatura Metodología de la Investigación del Máster en Ingeniería Química es enseñar al alumno a determinar, mediante análisis estadístico, relaciones causa-efecto de tipo cuantitativo entre las variables de un proceso. El establecimiento de estas relaciones causa-efecto requiere la utilización de datos que suelen obtenerse en la mayor parte de las ocasiones a través de experimentación orientada a su obtención, aunque también es posible utilizar datos recogidos en los registros de datos de épocas pasadas.

Afortunadamente, para el desarrollo de la asignatura, existen paquetes estadísticos que facilitan la tarea. Uno de ellos, de fácil utilización, es el software estadístico Minitab. A continuación, se describen los pasos necesarios para aplicar la metodología del diseño factorial de experimentos a través de este software mediante un ejemplo de su aplicación en la síntesis de biodiesel.

Ejemplo

Estudio de la influencia de las condiciones de operación de la transesterificación de triglicéridos con metanol, utilizando ácido 4-dodecilbencenosulfónico como catalizador, sobre la cinética de la reacción.

Identificación

Planificación de los experimentos

Conversión de los triglicéridos de la respuesta a las 3 horas de reacción: X_{3h}

Identificación de los factores

Minitab

devuelve la

siguiente

hoja de

trabajo

Temperatura (T)

Proporción molar catalizador/aceite (Cat)

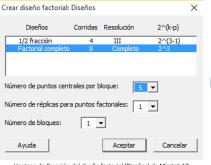
Proporción molar metanol/aceite (Met)

Determinación de los niveles de los factores

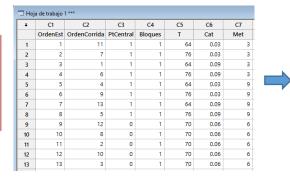
Ventana de Creación del diseño factorial (Factores) de Minitab 17

Elección del diseño experimental

Diseño factorial con 2 niveles y 3 factores $(2^3 = 8)$ experimentos), con 5 puntos centrales



Ventana de Creación del diseño factorial (Diseños) de Minitab 17



Realizada la experimentación 50.93 correspondiente, 71.21 88.71 se introducen los 89.99 19.79 resultados de la 58.37 respuesta para 71.04 cada experimento 81.30 en la siguiente 80.79 83.45 columna vacía de la hoja de trabajo

Análisis estadístico de los resultados

Principal información proporcionada por el análisis de los resultados del diseño factorial

El efecto de cada uno de los factores (fuentes de variación) sobre el valor de la respuesta

Término

**Análisis de los resultados realizado en unidades codificadas

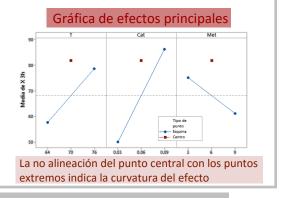
ICIMIIIO	HICCCO
T	21.132
Cat	36.219
Met	-14.053
T*Cat	-8.302
T*Met	10.353
Cat*Met	7.936
T*Cat*Met	1.201

Mediante un ANOVA a los resultados se obtienen los valores de los parámetros estadísticos F y p. Las fuentes de variación son estadísticamente significativas si el valor de p es menor que 0,05

Fuente	Valor F	Valor p
T	439.22	0.000
Cat	1290.29	0.000
Met	194.24	0.000
T*Cat	67.80	0.001
T*Met	105.42	0.001
Cat*Met	61.95	0.001
T*Cat*Met	1.42	0.299
Curvatura	284.46	0.000

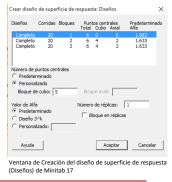
Todos los términos son significativos a excepción de la interacción triple

Curvatura significativa



Construcción de un Diseño central compuesto

Como la curvatura es significativa, para estudiarla más a fondo se planifica una nueva investigación a través de un diseño central compuesto (al diseño anterior se le añaden experimentos en puntos axiales) y a los resultados



se les ajusta un modelo de superficie de respuesta mediante regresión lineal múltiple

Aparece una hoja de trabajo similar a la anterior, con la diferencia de que ahora aparecen los puntos axiales

+	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	T	Cat	Met	X 3h
9	9	18	-1	1	59.9092	0.060000	6.0000	60.63
10	10	2	-1	1	80.0908	0.060000	6.0000	95.77
11	- 11	9	-1	1	70.0000	0.009546	6.0000	5.86
12	12	15	-1	1	70.0000	0.110454	6.0000	96.05
13	13	4	-1	1	70.0000	0.060000	0.9546	46.00
14	14	16	-1	1	70.0000	0.060000	11.0454	77.18

Principal información proporcionada por el análisis del diseño de superficie de respuesta

Significancia de los coeficientes de regresión

Término	Coef	Valor T	Valor p
Constant	e 81.866	130.48	0.000
Т	10.516	27.68	0.000
Cat	18.279	38.47	0.000
Met	-7.196	-15.15	0.000
T*T	-1.155	-2.93	0.022
Cat*Cat	-15.720	-30.25	0.000
Met*Met	2.907	5.59	0.001
T*Cat	-4.151	-8.36	0.000
T*Met	5.176	10.43	0.000
Cat *Met	3 968	7.99	0 000

Todos los términos son significativos

Los coeficientes de regresión determinan la influencia cuantitativa de los factores sobre la respuesta

Resumen del modelo

R-cuad. R-cuad. (ajustado) 99.86% 99.69%

Valores de R² y R² ajustado muy próximos: no hay términos no significativos en el modelo

Diagramas de contorno

ANOVA del modelo

Fuente			Valor F	Valor p
Modelo			565.80	0.000
Falta	de	ajuste	0.93	0.504

Falta de ajuste no significativa

El modelo es adecuado desde el punto de vista estadístico

0.03 0.02

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

X 3h = -231.6 + 5.90 T + 4055 Cat - 29.05 Met - 0.0321 T*T - 17466 Cat*Cat + 0.3230 Met*Met - 23.06 T*Cat + 0.2876 T*Met + 44.09 Cat*Met

Conclusiones

Se puede concluir que, al cursar esta asignatura, los alumnos adquieren los conocimientos relacionados con la metodología del diseño de experimentos y se familiarizan con el uso del software Minitab, de tal manera que en su futuro podrán abordar la resolución de muchos de los problemas que les surjan en su vida profesional de una manera organizada y eficiente.