

Ejercicio 1

En un artículo publicado en el Journal of Quality Technology (vol. 17, pag. 198 a 206) se describe el uso de un diseño factorial fraccionario replicado para investigar el efecto de cinco factores sobre la altura libre de resortes de hojas utilizados en una aplicación automotriz. Los factores son temperatura del horno (A), tiempo de calentamiento (B), tiempo de transferencia (C), tiempo de inmersión (D) y temperatura de aceite de templar (E). Los datos se presentan a continuación:

A	B	C	D	E	Altura libre		
-1	-1	-1	-1	1	7.78	7.78	7.81
1	-1	-1	-1	-1	8.15	8.18	7.88
-1	1	-1	-1	-1	7.50	7.56	7.50
1	1	-1	-1	1	7.59	7.56	7.75
-1	-1	1	-1	-1	7.54	8.00	7.88
1	-1	1	-1	1	7.69	8.09	8.06
-1	1	1	-1	1	7.56	7.52	7.44
1	1	1	-1	-1	7.56	7.81	7.69
-1	-1	-1	1	-1	7.50	7.25	7.12
1	-1	-1	1	1	7.88	7.88	7.44
-1	1	-1	1	1	7.50	7.56	7.50
1	1	-1	1	-1	7.63	7.85	7.56
-1	-1	1	1	1	7.32	7.44	7.44
1	-1	1	1	-1	7.56	7.69	7.62
-1	1	1	1	-1	7.18	7.18	7.25
1	1	1	1	1	7.81	7.50	7.59

- Determine la estructura de alias de este diseño. ¿Cuál es la resolución de este diseño?
- Determine qué factores influyen en la altura libre media
- Analice los residuos de este experimento.
- ¿Es este el mejor diseño posible para 5 factores en 16 pruebas? ¿O puede hallar un diseño fraccionario con mayor resolución que este?

Montgomery, D. (1998). Diseño y análisis de experimentos. 589 p. Grupo Editorial Iberoamericana SA, Segunda Edición, México.
Capítulo 11. Ejercicio 11.7

Ejercicio 2.

Un grupo de investigadores condujo un experimento cuyo objetivo era encontrar las condiciones óptimas para el cultivo de eucalipto hemicelulósico hidrolizado con el fin de producir proteína microbiana. Solo el 51,6% de la masa seca total de madera de eucalipto es utilizada por la industria brasileña mientras que el resto (ramas, hojas, arbolitos, etc.) se deja en los campos. La fracción hemicelulosa de estos residuos puede eliminarse fácilmente mediante tratamiento con ácido, y el hidrolizado resultante es rico en azúcares fermentables. *Paecilomyces variotii* es un hongo comúnmente encontrado en el aire y los suelos de los países tropicales. La biomasa proteica producida por este hongo durante 72 horas de fermentación tiene un perfil de aminoácidos que es igual o superior a los productos convencionales utilizados para la alimentación animal. El propósito del experimento fue estudiar la influencia de inhibidores, nutrientes y tiempo de fermentación sobre el crecimiento de biomasa producido por *P. variotii*. Los factores y sus niveles fueron:

- A: Inhibitors (Furfural and Acetic Acid) - 1.25g/L y 7.8g/L
- B: Rice Bran - 10.0g/L y 30.0g/L
- C: Urea - 0.0g/L y 2.0g/L
- D: Magnesium Sulfate - 0.0g/L y 1.5g/L
- E: Ammonium Sulfate - 0.0g/L y 2.0g/L
- F: Potassium Nitrate - 0.0g/L y 2.0g/L
- G: Sodium Phosphate - 0.0g/L y 2.0g/L
- H: Fermentation time - 72 hrs y 96 hrs

Práctica 4

- a. Se llevó a cabo un diseño 2^{8-4} con generadores E=BCD, F=ACD, G=ABC y H=ABD. Construya el diseño.

A	B	C	D	E	F	G	H	Crecimiento
								5.75
								6.70
								9.12
								10.67
								4.92
								5.35
								2.81
								10.83
								6.08
								7.27
								9.68
								4.20
								3.90
								3.78
								11.57
								7.39

- b. ¿Cuál es la resolución del diseño? Escribir la estructura de alias del diseño.
c. Analice los datos.

Lawson, J. (2014). *Design and Analysis of Experiments with R*. CRC press.

Capítulo 6. Ejemplo de la página 209

Ejercicio 3.

Los investigadores del experimento presentado en el ejercicio anterior consideraron que los resultados encontrados habían dado evidencia que el factor A (inhibidor) tenía poco efecto, y lo confirmaron a partir de otros informes publicados. También consideraron que los resultados mostraron que los efectos principales D (sulfato de magnesio) y F (nitrito de potasio) fueron no significativos. Sin embargo, debido a la confusión de las interacciones de dos factores con el segundo efecto más grande (en valor absoluto), no pudieron sacar conclusiones definitivas con respecto a estos efectos. Decidieron entonces llevar a cabo otro experimento: un 2^{5-1} con relación de definición I = BCEGH utilizando los factores B, C, E, G, y H con los factores A, D y F constantes en el punto medio de los niveles utilizados en el primer experimento.

El diseño 2^{5-1} se muestra en la siguiente tabla junto con los datos resultantes. Las pruebas número 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15 y 16 ya habían sido realizadas en el primer experimento. Las ocho pruebas restantes se completaron en orden aleatorio para obtener los resultados mostrados. Analice estos nuevos datos y concluya.

	B	C	E	G	H	y
1	-1	-1	-1	-1	1	3.37
2	1	-1	-1	-1	-1	3.55
3	-1	1	-1	-1	-1	3.78
4	1	1	-1	-1	1	2.81
5	-1	-1	1	-1	-1	5.53
6	1	-1	1	-1	1	10.43
7	-1	1	1	-1	1	5.35
8	1	1	1	-1	-1	11.57
9	-1	-1	-1	1	-1	2.93
10	1	-1	-1	1	1	7.23
11	-1	1	-1	1	1	3.90
12	1	1	-1	1	-1	10.83
13	-1	-1	1	1	1	11.69
14	1	-1	1	1	-1	10.59
15	-1	1	1	1	-1	4.92
16	1	1	1	1	1	7.39

Ejercicio 4.

Un fabricante de sopas instantáneas desea producir paquetes con mezclas de sopas secas con una variación mínima en el peso de los paquetes. Se identificaron cinco factores que pueden influir en la variación del proceso de llenado y se realizó un experimento fraccionario 2^{5-1} con la relación de definición I=ABCDE para evaluar los efectos de los factores y sus interacciones. Los factores y niveles fueron:

- A: número de puertos en las mezcladoras por donde se agrega aceite vegetal (1 y 3);
- B: temperatura que rodea la mezcladora (-: enfriado y +: temperatura ambiente);
- C: tiempo de mezclado (60 y 80 segundos);
- D: peso del lote (1500 y 2000 lb);
- E: días de retraso entre mezclar y empacar (1 y 7).

El tamaño de la muestra fue entre 125 y 150 paquetes de sopa de una corrida de producción de ocho horas por cada combinación de tratamientos. Se calculó la desviación estándar del peso de los paquetes como una medida de la variación en el proceso de llenado y se usó como variable respuesta. Los niveles de los factores y la desviación estándar del proceso para cada una de las 16 combinaciones de tratamiento son las siguientes:

Prueba	A	B	C	D	E	S
1	-	-	-	+	+	0.78
2	+	-	+	+	+	1.10
3	+	+	-	-	-	1.70
4	+	-	+	-	-	1.28
5	-	+	-	-	+	0.97
6	-	-	+	-	+	1.47
7	-	+	-	+	-	1.85
8	+	+	+	+	-	2.10
9	-	+	+	+	+	0.76
10	+	+	-	+	+	0.62
11	-	-	+	+	-	1.09
12	-	-	-	-	-	1.13
13	+	-	-	-	+	1.25
14	+	+	+	-	+	0.98
15	+	-	-	+	-	1.36
16	-	+	+	-	-	1.18

- ¿Cuál es la resolución de este diseño?
- Muestre como se determinaron los + y - para los niveles del factor E en el diseño.
- Muestre la estructura de alias para el diseño.
- ¿Qué suposiciones deben hacerse para estimar los efectos principales y las interacciones de dos factores libres de otros efectos?
- Estime los efectos principales y las interacciones de dos factores que sean de interés y sus errores estándar.
- Interprete los resultados.

Lawson, J. (2014). *Design and Analysis of Experiments with R*. CRC press.

Capítulo 6. Ejemplo de la página 199

Ejercicios Propuestos

Ejercicio 1.

Con el objetivo de mejorar el rendimiento de un proceso de fabricación industrial se realizó un experimento con 7 factores (A, B, C, D, E, F y G), todos a dos niveles (- y +). El diseño utilizado y el rendimiento obtenido en cada prueba (tms/hora) se presentan a continuación:

A	B	C	D	E	F	G	Rendimiento
-	-	-	+	+	+	-	17
+	-	-	-	-	+	+	27
-	+	-	-	+	-	+	15
+	+	-	+	-	-	-	24
-	-	+	+	-	-	+	20
+	-	+	-	+	-	-	18
-	+	+	-	-	+	-	21
+	+	+	+	+	+	+	19

- Indicar cuál ha sido el diseño utilizado y comprobar que dos factores cualesquiera, por ejemplo B y E, son ortogonales entre sí. ¿Con qué efecto simple está confundida la interacción BE?
- Asumiendo que todas las interacciones son poco importantes analizar los resultados del experimento calculando los 7 efectos simples y representándolos mediante un Gráfico de Daniel. ¿Qué factores parecen tener un efecto significativo?
- ¿Cuáles serían en consecuencia las condiciones operativas óptimas del proceso?
- ¿Qué rendimiento promedio cabe esperar operando en esas condiciones? Obtener un intervalo de confianza para dicho rendimiento medio previsto.

Ejercicio 2.

Diseñar un experimento factorial fraccionario que contenga ocho pruebas para investigar las siguientes cinco variables (todas a dos niveles): temperatura, concentración, catalizador, pH y velocidad de agitación. El investigador está particularmente preocupado por las interacciones temperatura-concentración y temperatura-catalizador. Se quiere un diseño, si es que existe, en el que esas dos interacciones de dos factores no se confundan entre sí ni con los efectos principales.

Box, G. E., Hunter, J. S., & Hunter, W. G. (2005). *Statistics for experimenters: design, innovation, and discovery* (Vol. 2). New York: Wiley-Interscience.

Capítulo 6. Ejercicio 19