

Estadística Industrial

Disseny d'experiments



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Estadística
i Investigació Operativa



Contenido

Introducción

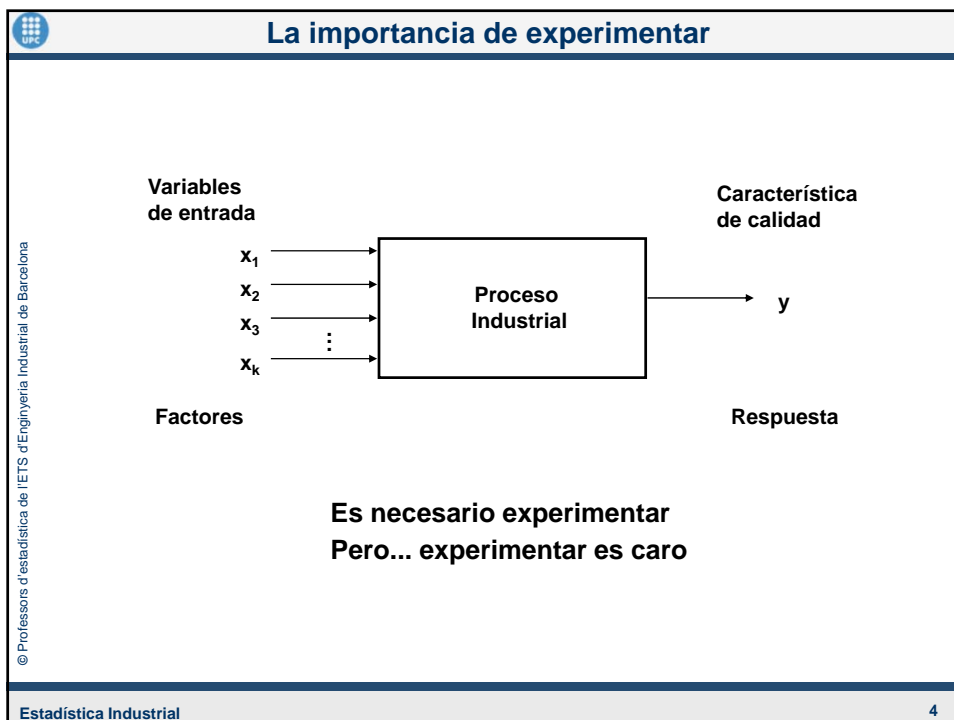
Diseños factoriales completos


Diseños factoriales fraccionales

Metodología / Etapas

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

UPC	Contenido
© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona	Introducción
	Diseños factoriales completos
	Diseños factoriales fraccionales
	Metodología / Etapas
Estadística Industrial	3





Análisis de datos existentes (1)

Datos inconsistentes:

Envejecimiento


Reparaciones

Cambios en procedimientos ...

1	79,69	226	15,3	1,8
2	71,58	211	13,0	1,8
3	65,84	220	13,3	1,9
4	78,82	205	14,5	1,6
5	79,74	224	13,3	1,7
6	73,85	209	10,3	2,0
7	70,76	245	14,9	1,2
8	76,19	243	11,7	1,1
9	76,09	234	15,8	1,6
10	73,57	243	16,6	1,4
11	79,21	208	18,8	1,1
12	67,10	211	10,7	1,6
13	75,21	210	16,5	1,8
14	75,20	244	17,2	1,5
15	76,75	217	15,9	1,2
16	70,74	223	17,3	1,4
17	75,57	235	14,7	1,2
18	80,87	218	16,1	1,9
19	79,09	220	17,8	1,5
20	76,65	237	12,4	1,1
21	80,92	220	19,3	2,0
22	76,96	206	10,7	1,2
23	78,84	209	16,7	1,1
24	70,87	246	18,3	2,0
25	77,80	216	11,5	1,6

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

5




Estrategia experimental

- Experimentar sin planificar
- Diseñar todo el plan al principio
- Estrategia secuencial

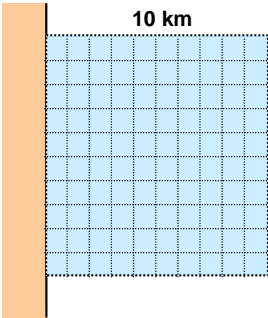
© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

6



Estrategia secuencial

Costa | Mar



10 km

10 km

Mapa del fondo del mar:

- Sólo se puede medir la profundidad en 100 puntos
- ¿Cómo seleccionar esos puntos?


¿Es esta la mejor opción?

1ª Regla de oro...

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial

7



Posible estrategia: Primera idea


Mover un factor cada vez:

- Fijar el valor todos los factores menos uno
- Buscar cual es el valor óptimo del factor no fijado.
Asignarle ese valor
- Repetir el mismo proceso con el resto de los factores

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial

8



Posible estrategia: Mover un factor cada vez (1)


Objetivo: Maximizar la cantidad de producto obtenido

Factores: Temperatura (T)
tiempo (t)

Condiciones actuales: $T = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $t = 95\text{ min.}$ } $C = 73\text{ gr}$

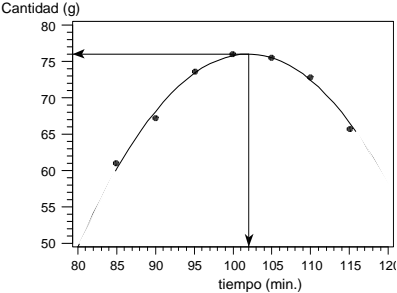
Estadística Industrial

9

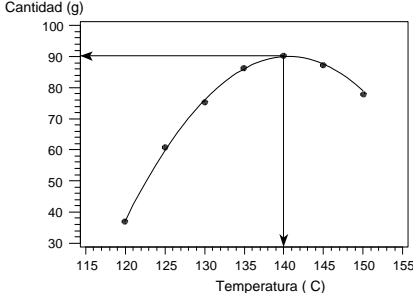


Posible estrategia: Mover un factor cada vez (2)

Temperatura = 130 C (usual)



tiempo = 102 min. (optimo)

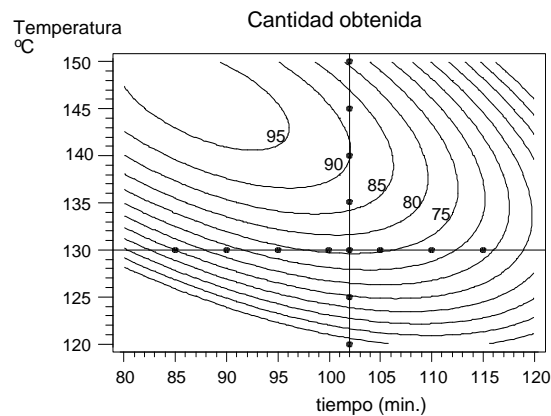


“Óptimo”: $T = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t = 102\text{ min.}$ → $C = 90\text{ g}$
¿Correcto?

Estadística Industrial

10

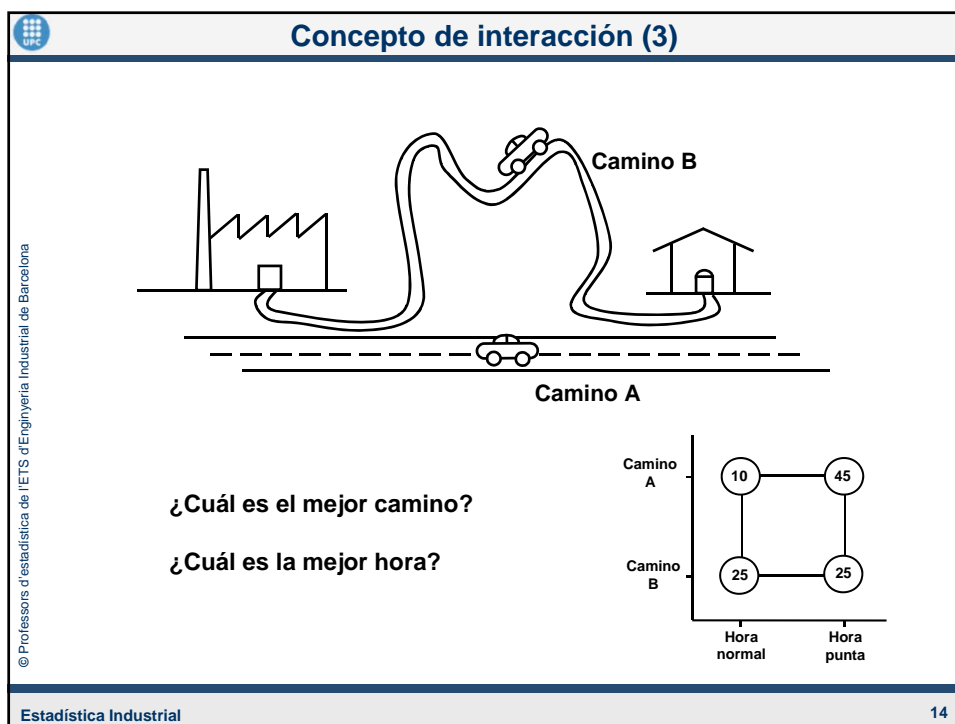
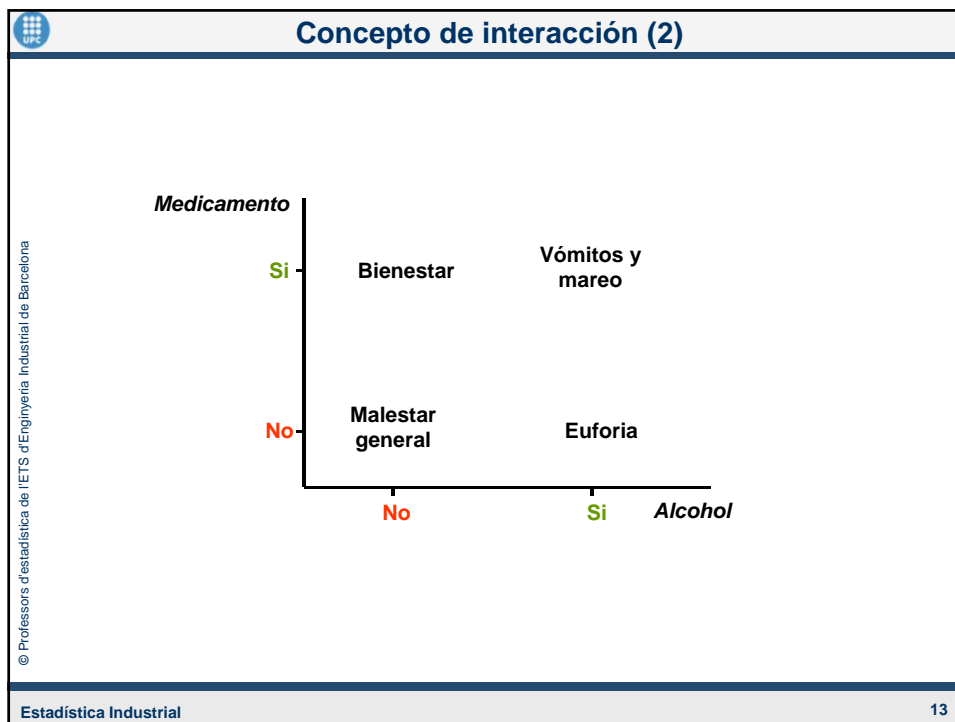
Posible estrategia: Mover un factor cada vez (3)



- Falso óptimo
- Acercamiento lento al óptimo verdadero
- No detecta interacciones

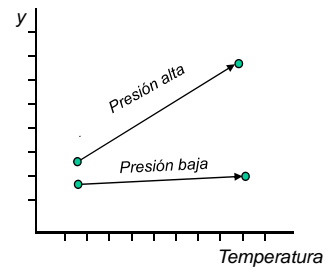
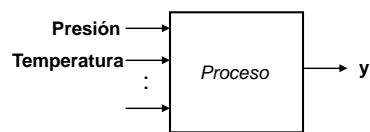
Concepto de interacción (1)

- “Este proceso no hay quien lo entienda ...”
- “Nuestro proceso es muy complejo, no siempre reacciona igual”
- “Este proceso sólo lo entiende Juan porque lleva aquí muchos años”



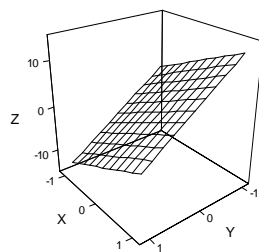
Concepto de interacción (4)

Dos factores interaccionan cuando el efecto de uno sobre la respuesta, depende del valor que toma el otro

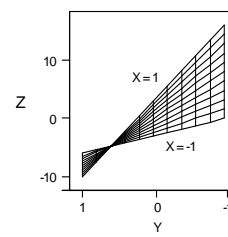
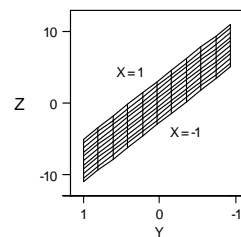
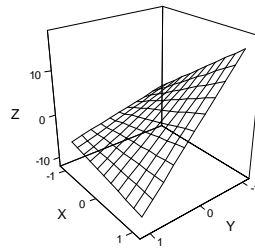



Concepto de interacción (5)

(1)



(2)





¿Qué diseño experimental usar?

Diseño que permita obtener información relevante
con un número reducido de experimentos


¡Y que permita detectar las interacciones!

↓

**DISEÑOS FACTORIALES
A 2 NIVELES**

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial 17



Contenido

Introducción


Diseños factoriales completos

Diseños factoriales fraccionales

Metodología / Etapas

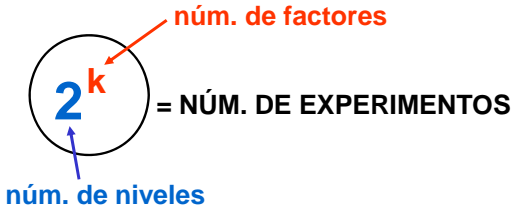
© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial 18



Diseños 2^k

Cada factor toma sólo 2 valores posibles (niveles)
en cada tanda de experimentación



núm. de factores


núm. de niveles

= NÚM. DE EXPERIMENTOS

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

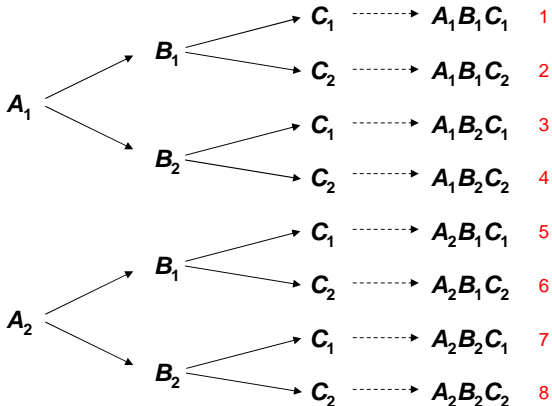
Estadística Industrial

19



Diseños 2^k - Ejemplos

Las 8 condiciones de un diseño con 3 factores ($2^3 = 8$)



© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

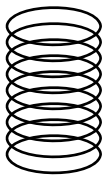
Estadística Industrial

20

Diseños 2 ^k – Pros y contras	
Inconvenientes	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Sólo permiten estimar relaciones lineales 	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente relación entre esfuerzo experimental e información obtenida • Sencillos de construir, analizar e interpretar
Estadística Industrial 21	

UPC

Ejemplo 1: Diseño de un muelle (2³)

A simple line drawing of a helical spring, showing multiple coils stacked vertically.

Respuesta:

Núm. de compresiones hasta la rotura

Factores:

Niveles

Longitud	(L)	10 y 15 cm
Grosor	(G)	5 y 7 mm
Tipo de acero	(T)	A o B

Modelo:


$$y = \beta_0 + \beta_1 L + \beta_2 G + \beta_3 T + \beta_{12} LG + \beta_{13} LT + \beta_{23} GT + \beta_{123} LGT + \varepsilon$$

© Professors d'estadística de IETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial

22

Ejemplo muelle: Matriz de diseño (1)				
Exp.	Long.	Grosor	T. Acero	Número de compresiones hasta la rotura (Respuesta)
1	10	5	A	: : (A determinar mediante la experimentación) : :
2	15	5	A	
3	10	7	A	
4	15	7	A	
5	10	5	B	
6	15	5	B	
7	10	7	B	
8	15	7	B	



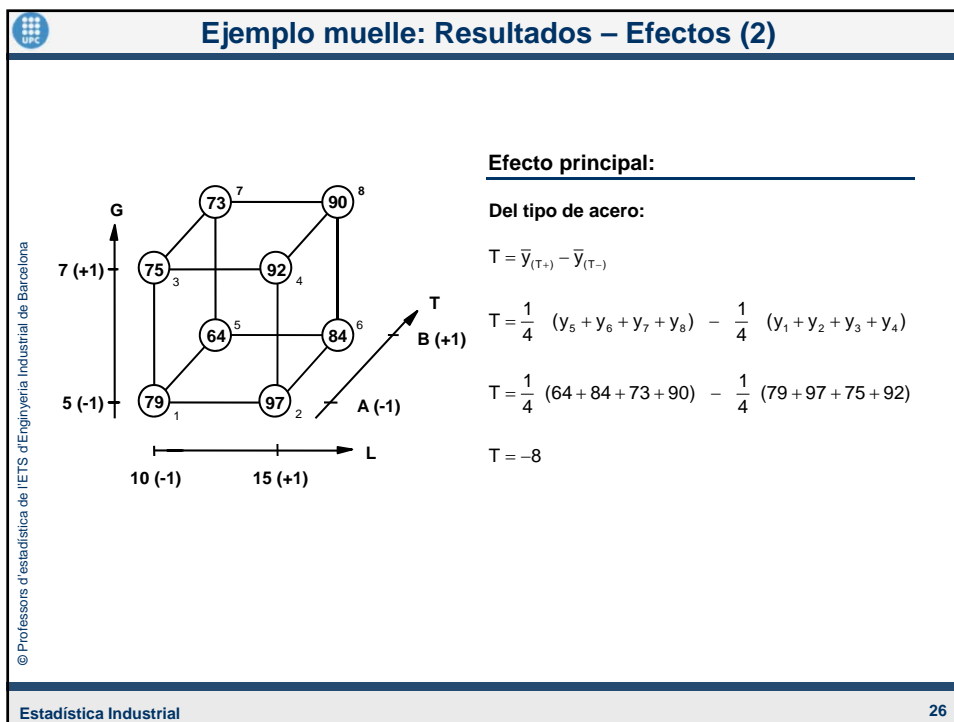
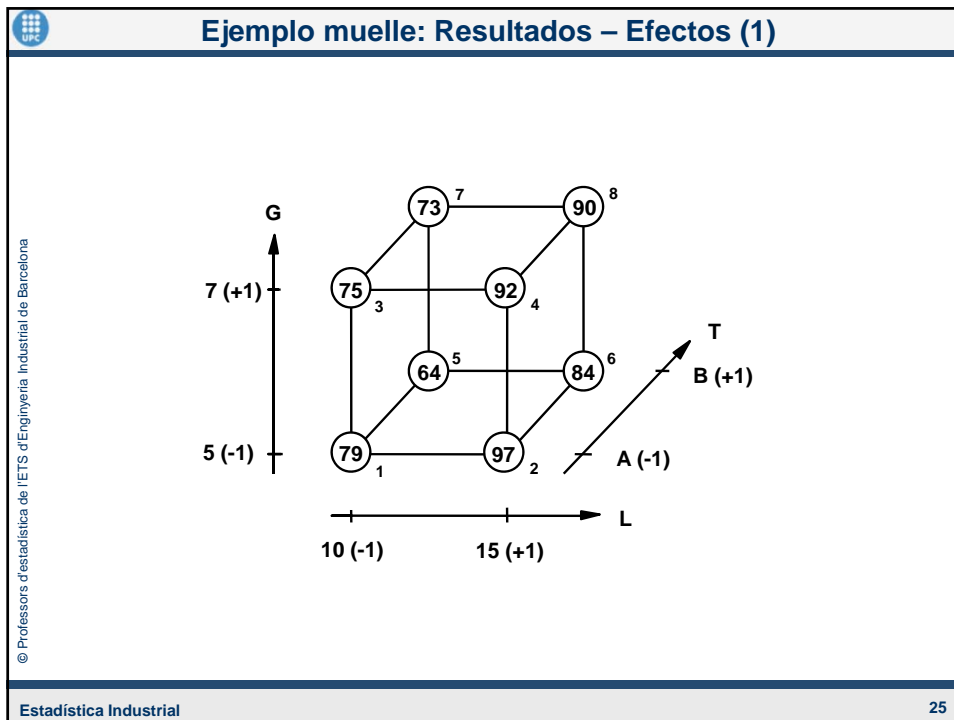
Ejemplo muelle: Matriz de diseño (2)

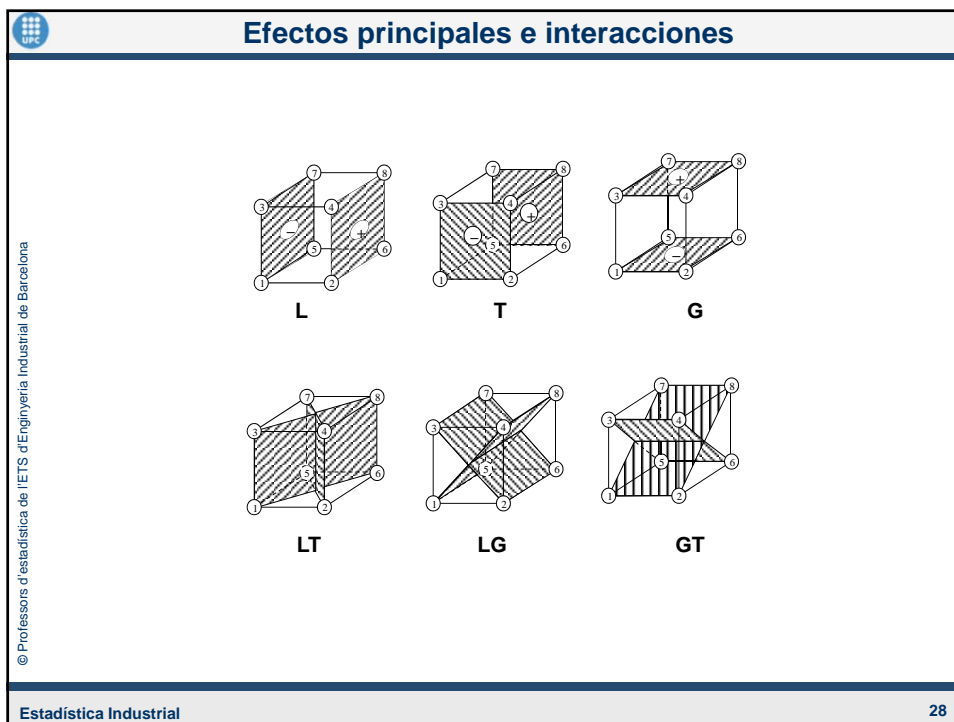
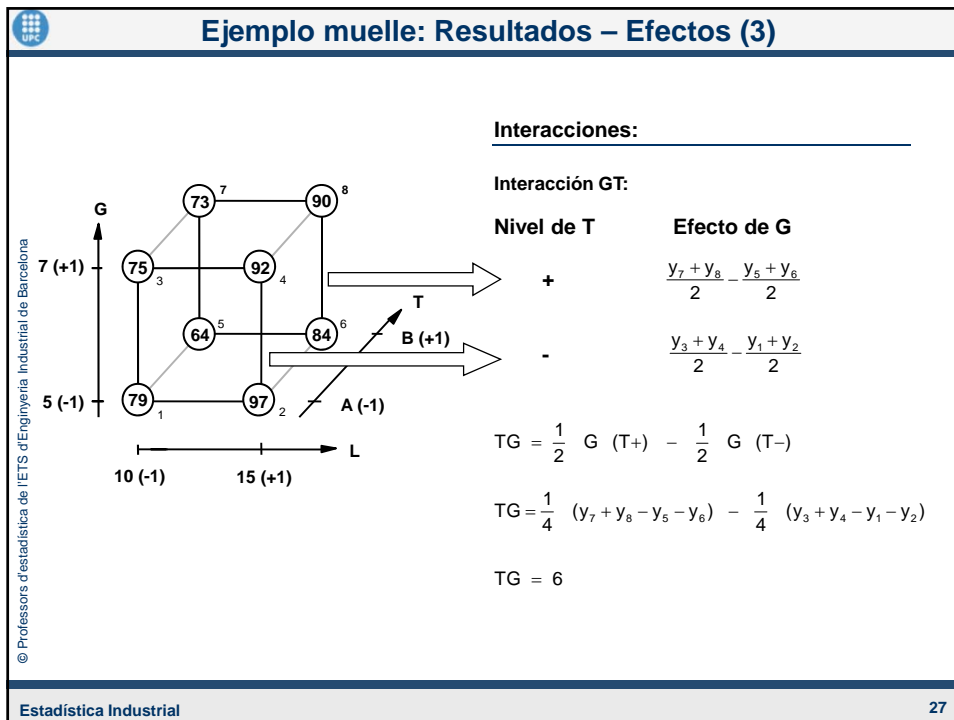
Exp.	Factores			Respuesta Num. Comp. en miles		Media
	L	G	T			
1	-1	-1	-1	77 ⁽⁶⁾	81 ⁽¹³⁾	79
2	1	-1	-1	98 ⁽¹²⁾	96 ⁽⁴⁾	97
3	-1	1	-1	76 ⁽¹⁾	74 ⁽¹⁶⁾	75
4	1	1	-1	90 ⁽¹⁵⁾	94 ⁽¹⁰⁾	92
5	-1	-1	1	63 ⁽⁸⁾	65 ⁽²⁾	64
6	1	-1	1	82 ⁽⁹⁾	86 ⁽¹⁴⁾	84
7	-1	1	1	72 ⁽³⁾	74 ⁽¹¹⁾	73
8	1	1	1	92 ⁽⁷⁾	88 ⁽⁵⁾	90

© Professors d'estadística de IETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial

24





Algoritmos para el cálculo de los efectos - Signos

Algoritmo de los signos:

L	G	T	LG	LT	GT	LGT	Respuesta
-1	-1	-1	1	1	1	-1	79
1	-1	-1	-1	-1	1	1	97
-1	1	-1	-1	1	-1	1	75
1	1	-1	1	-1	-1	-1	92
-1	-1	1	1	-1	-1	1	64
1	-1	1	-1	1	-1	-1	84
-1	1	1	-1	-1	1	-1	73
1	1	1	1	1	1	1	90

Ejemplo:

$$LT = (79 - 97 + 75 - 92 - 64 + 84 - 73 + 90) / 4 = 0.5$$

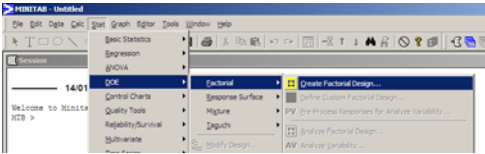
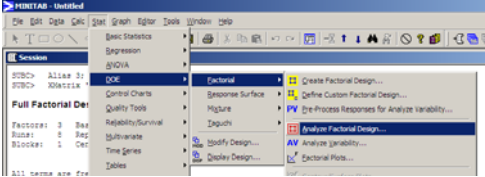
© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial

29

Cálculo de los efectos con Minitab

1. Seleccionar el diseño
2. Introducir los valores de la respuesta en la hoja de datos
3. Realizar el análisis

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial

30

Fractional Factorial Fit: y versus A; B; C

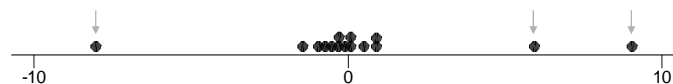
Estimated Effects and Coefficients for y (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		81,750	0,5590	146,24	0,000
L	18,000	9,000	0,5590	16,10	0,000
G	1,500	0,750	0,5590	1,34	0,217
T	-8,000	-4,000	0,5590	-7,16	0,000
L*G	-1,000	-0,500	0,5590	-0,89	0,397
L*T	0,500	0,250	0,5590	0,45	0,667
G*T	6,000	3,000	0,5590	5,37	0,001
L*G*T	-0,500	-0,250	0,5590	-0,45	0,667

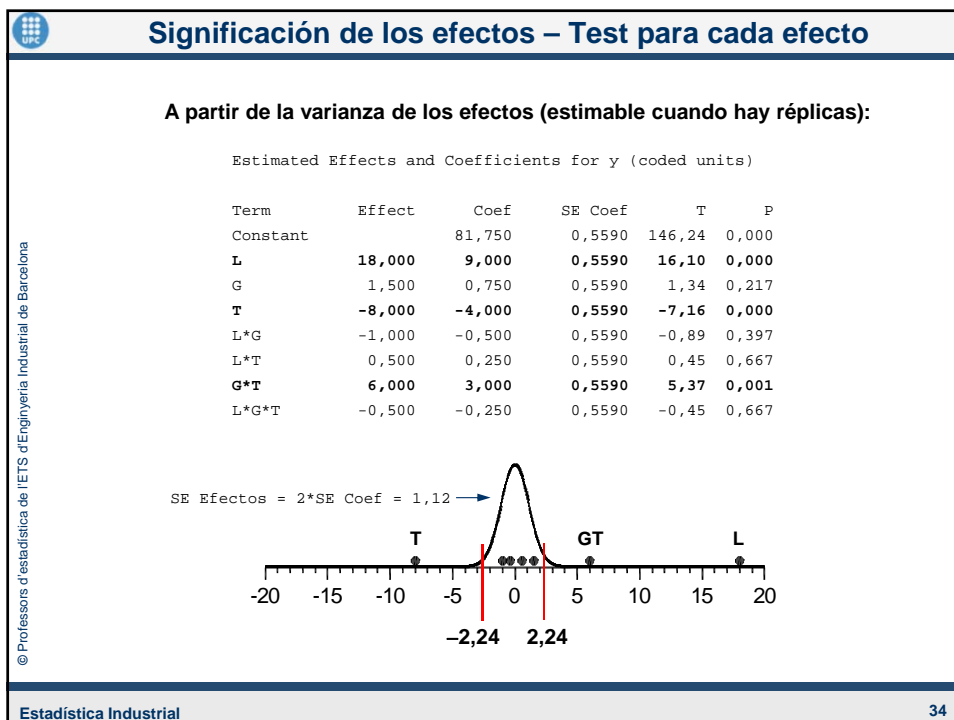
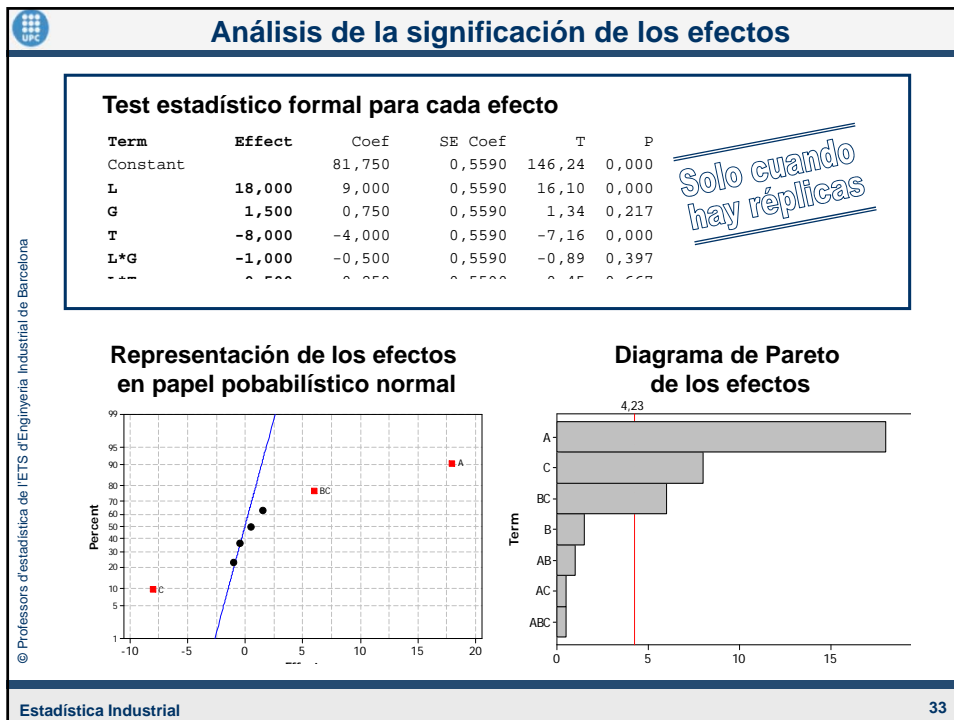
El hecho de que un efecto tome determinado valor distinto de cero, no implica que realmente exista

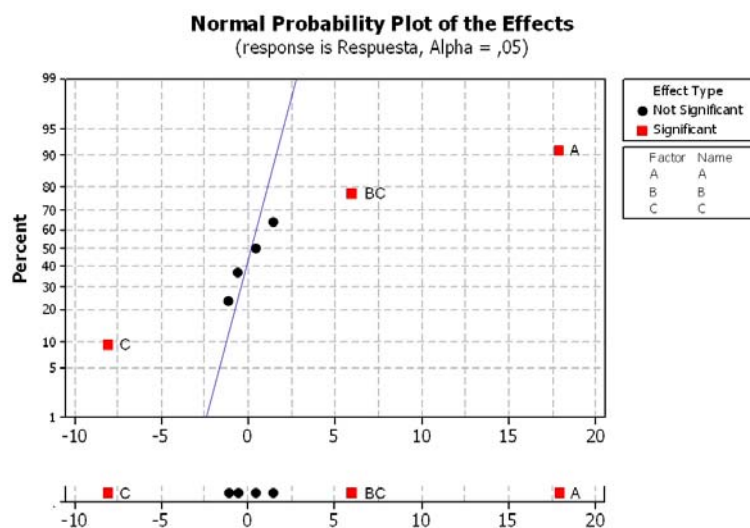
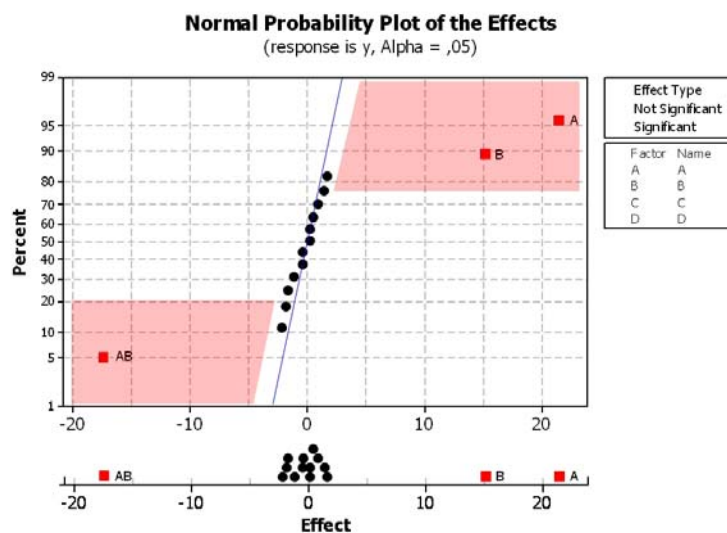
Es necesario analizar si el valor que toma es:

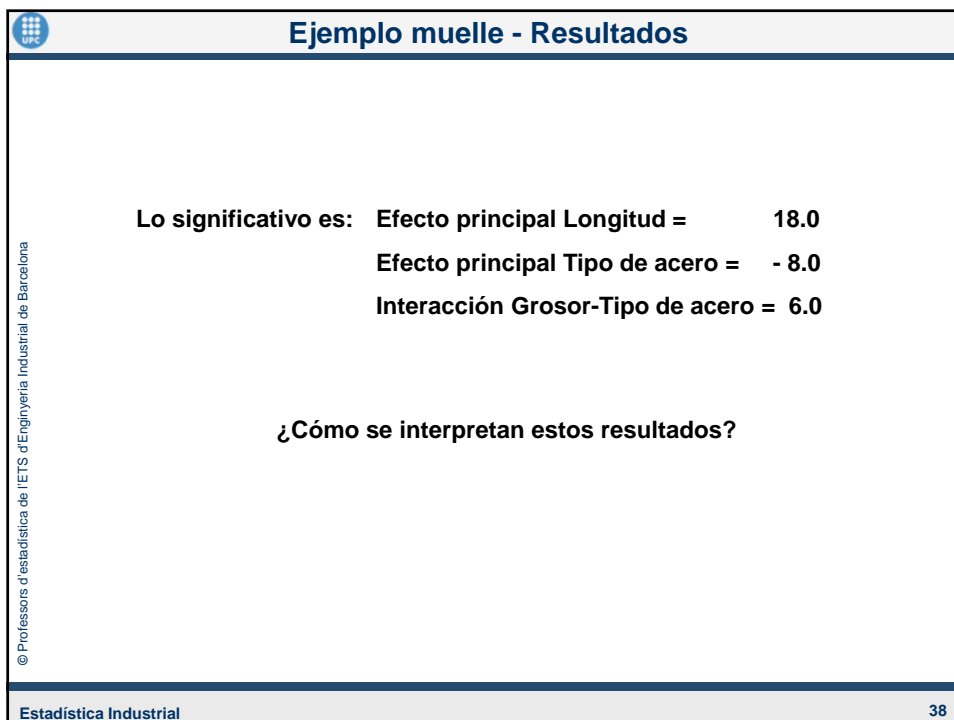
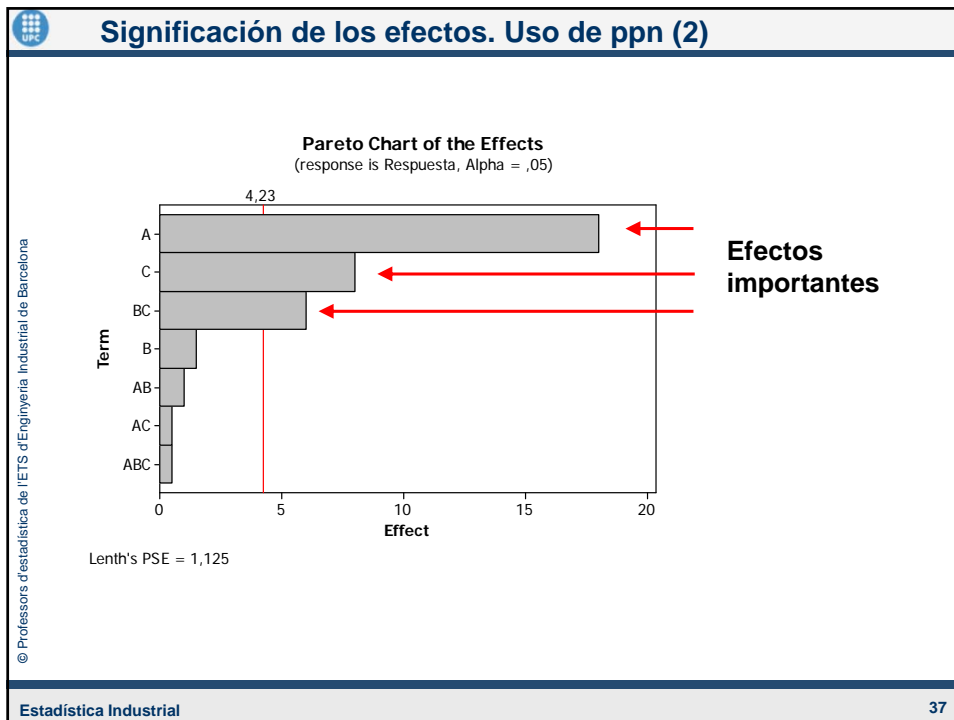
“SIGNIFICATIVAMENTE DISTINTO DE CERO”



o, abreviando el lenguaje: **“SIGNIFICATIVO”**



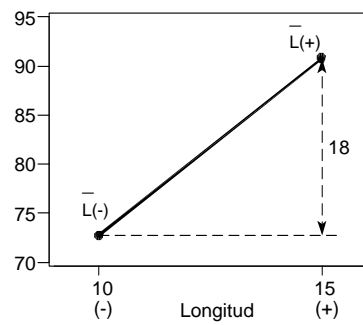




Ejemplo muelle: Interpretación de los resultados (1)

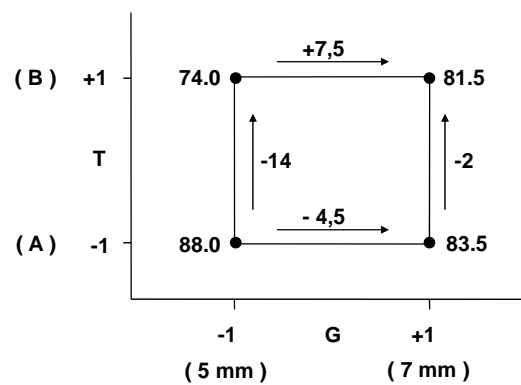
Longitud:

Num.
compresiones

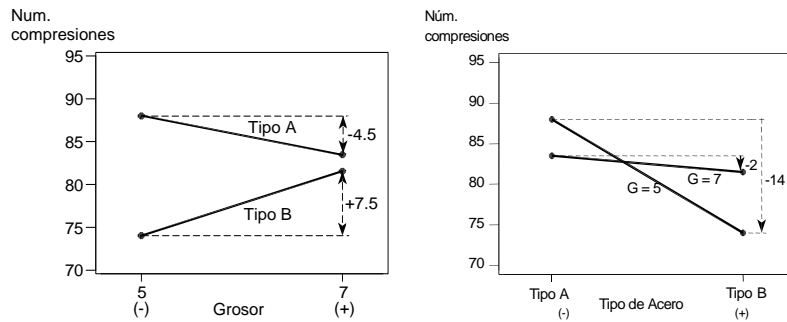


Ejemplo muelle: Interpretación de los resultados (2)

Interacción Grosor - Tipo de acero



Interacción Grosor - Tipo de acero. Otras representaciones



El efecto del grosor depende del tipo de acero
y el efecto del tipo de acero depende del grosor

Valores para maximizar la respuesta:

Longitud: 15 cm
Grosor: 5 mm
Acero: Tipo A


$$y = 81.75 + 9L - 4T + 3GT$$

Media de las
respuestas

Mitad de los efectos
correspondientes

UPC	Contenido
© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona	Introducción
	Diseños factoriales completos
	Diseños factoriales fraccionales
	Metodología / Etapas
Estadística Industrial	43

UPC	Diseños Fraccionales – Justificación (1)
© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona	<div> <div>2⁷</div> <div> <div>1 Media</div> <div>7 Efectos principales</div> <div>21 Interacciones de 2 factores</div> <div>35 Interacciones de 3 factores</div> <div>35 Interacciones de 4 factores</div> <div>21 Interacciones de 5 factores</div> <div>7 Interacciones de 6 factores</div> <div>1 Interacción de 7 factores</div> </div> </div>
	128
Estadística Industrial	44



Diseños Fraccionales – Justificación (2)

2^{7-1}

{

1 Media

7 Efectos principales

21 Interacciones de 2 factores

35 Interacciones de 3 factores


64

Ignorando las interacciones de 4 o más factores ...

Bastan 64 experimentos

Estadística Industrial

45



Diseños Fraccionales – Situaciones

SITUACIÓN	DISEÑO	NÚM. EXP.
Interacciones de más de 2 y algunas de 2 son nulas	2^{7-3}	16
Todas las interacciones son nulas	2^{7-4}	8

Estadística Industrial

46

Ejemplo - Planteamiento

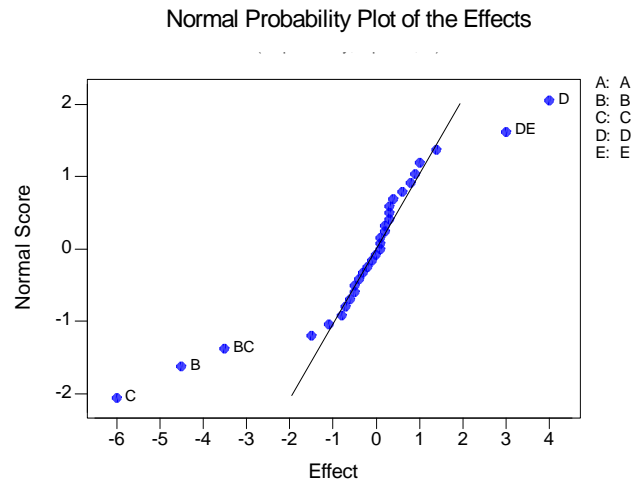
Código	Variable	Niveles	
		–	+
A	Ph fijador	4.5	5.5
B	Temp. fijador	70°C	80°C
C	Concentración fijador	1 g/l	3 g/l
D	Temp. acabado	170°C	190°C
E	Tiempo acabado	50 seg	70 seg

Ejemplo – Matriz completa

MINITAB Untitled - Worksheet 3

File Edit Menu Calc Stat Graph Window Help

#	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	y					
1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	13.1					
2	2	2	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	9.5					
3	3	3	1	1	1	1	-1	-1	-1	8.1					
4	4	4	1	1	1	1	-1	-1	-1	7.5					
5	5	5	1	1	-1	-1	1	-1	-1	9.0					
6	6	6	1	1	1	1	-1	1	-1	9.2					
7	7	7	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1.0					
8	8	8	1	1	1	1	1	-1	-1	-1.0					
9	9	9	1	1	-1	-1	-1	1	-1	10.6					
10	10	10	1	1	1	-1	-1	1	-1	8.2					
11	11	11	1	1	-1	1	-1	1	-1	11.0					
12	12	12	1	1	1	1	-1	1	-1	11.2					
13	13	13	1	1	-1	-1	1	1	-1	5.1					
14	14	14	1	1	1	-1	1	1	-1	9.7					
15	15	15	1	1	-1	1	1	1	-1	4.1					
16	16	16	1	1	1	1	1	1	-1	2.9					
17	17	17	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	6.4					
18	18	18	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	9.8					
19	19	19	1	1	-1	1	-1	-1	1	9.0					
20	20	20	1	1	1	1	-1	-1	1	6.6					
21	21	21	1	1	-1	-1	1	-1	1	4.9					
22	22	22	1	1	1	-1	1	-1	1	6.3					
23	23	23	1	1	-1	1	1	-1	1	-5.1					
24	24	24	1	1	1	1	1	-1	1	-3.7					
25	25	25	1	1	-1	-1	-1	1	1	17.3					
26	26	26	1	1	1	-1	-1	1	1	12.7					
27	27	27	1	1	-1	1	-1	1	1	12.9					
28	28	28	1	1	1	1	-1	1	1	13.7					
29	29	29	1	1	-1	-1	1	1	1	12.4					
30	30	30	1	1	1	-1	1	1	1	12.4					
31	31	31	1	1	-1	1	1	1	1	3.8					
32	32	32	1	1	1	1	1	1	1	4.0					



Si consideramos que las interacciones de 3 o más factores son nulas, deberemos estimar:

5 Efectos principales	}	15 efectos + Media
10 Interacciones de 2 factores		

¡ Bastan 16 experimentos !

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Selección de la media fracción

Create Factorial Design

Type of Design

- ☒ 2-level factorial (default generators) [2 to 15 factors]
- ☐ 2-level factorial (special generators) [2 to 15 factors]
- ☐ Plackett Burman design [2 to 47 factors]
- ☐ General full factorial design [2 to 9 factors]

Number of factors:

Create Factorial Design - Designs

Designs	Runs	Resolution	2**[k-p]
1/4 fraction	8	III	2**(5-2)
1/2 fraction	16	V	2**(5-1)
Full factorial	32	Full	2**5

Number of center points: (per block)

Number of replicates: (for corner points only)

Number of blocks:

Estadística Industrial

51

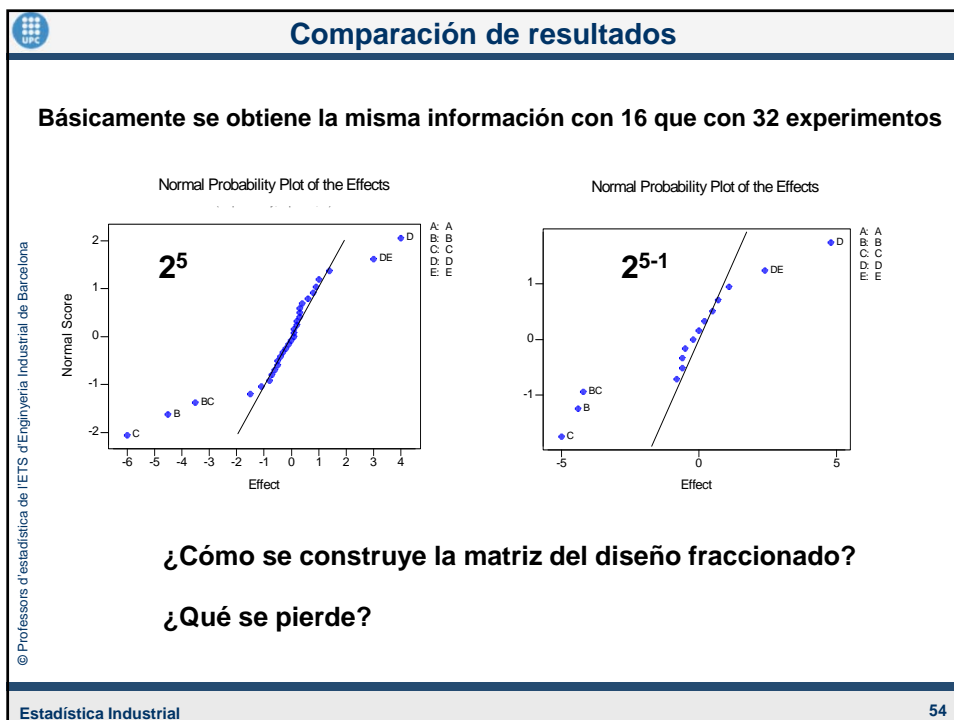
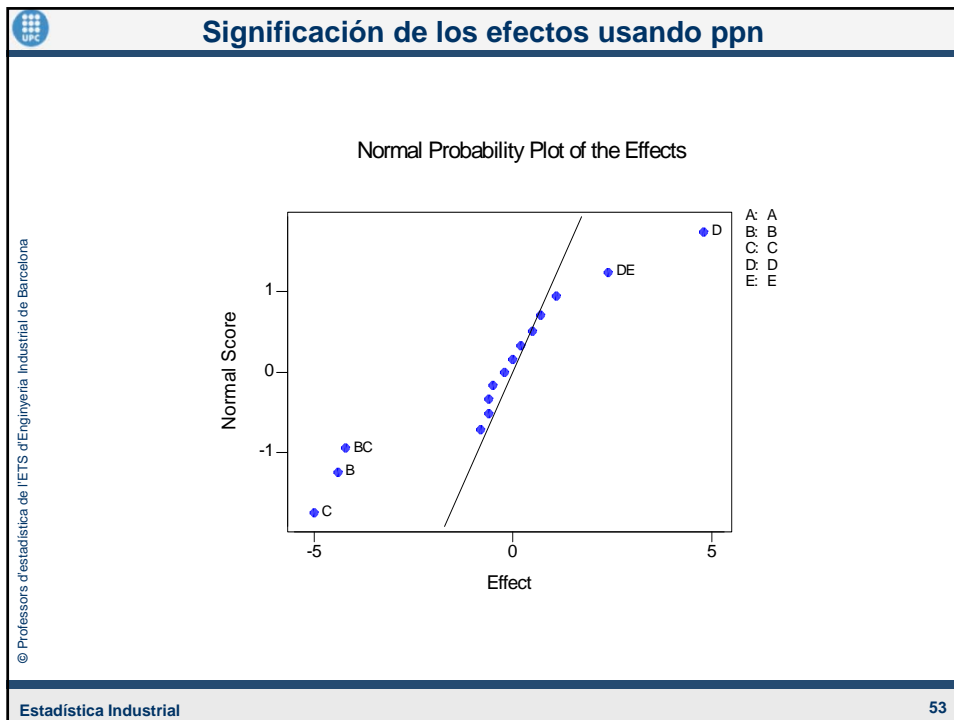
© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona


Matriz del diseño fraccional

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E		Orden anterior	
1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	6,4	17	
2	2	2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	9,9	2	
3	3	3	1	1	-1	1	-1	-1	-1	8,1	3	
4	4	4	1	1	1	1	-1	-1	1	6,6	20	
5	5	5	1	1	-1	-1	1	-1	-1	9,0	5	
6	6	6	1	1	1	-1	1	-1	1	5,3	22	
7	7	7	1	1	-1	1	1	-1	1	-5,1	23	
8	8	8	1	1	1	1	1	-1	-1	-1,0	8	
9	9	9	1	1	-1	-1	-1	1	-1	10,6	9	
10	10	10	1	1	1	-1	-1	1	1	12,7	26	
11	11	11	1	1	-1	1	-1	1	1	12,9	27	
12	12	12	1	1	1	1	-1	1	-1	11,2	12	
13	13	13	1	1	-1	-1	1	1	1	12,4	29	
14	14	14	1	1	1	-1	1	1	-1	9,7	14	
15	15	15	1	1	-1	1	1	1	-1	4,1	15	
16	16	16	1	1	1	1	1	1	1	4,0	32	
17												

Estadística Industrial

52




Diseño fraccional \Rightarrow Confusión de los efectos


Dos efectos (principales o interacciones) que
 tengan la misma secuencia de signos en la matriz
 del modelo:

ESTÁN CONFUNDIDOS

En todos diseños fraccionales
 todos los efectos están confundidos

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial
 55


Construcción del diseño fraccional (1)

1. Escribir matriz completa para los factores posibles
(en 16 experimentos se puede acomodar la matriz completa para 4 factores)

2. Completar las columnas que faltan
Pero... ¿cómo?

A	B	C	D	E
-1	-1	-1	-1	
1	-1	-1	-1	
-1	1	-1	-1	
1	1	-1	-1	
-1	-1	1	-1	
1	-1	1	-1	
-1	1	1	-1	
1	1	1	-1	
-1	-1	-1	1	
1	-1	-1	1	
-1	1	-1	1	
1	1	-1	1	
-1	-1	1	1	
1	-1	1	1	
-1	1	1	1	
1	1	1	1	

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Estadística Industrial
 56

Se identifica

E = ABCD

Aparecen
más confusiones

Generador del diseño

A	B	C	D	E ABCD
-1	-1	-1	-1	1
1	-1	-1	-1	-1
-1	1	-1	-1	-1
1	1	-1	-1	1
-1	-1	1	-1	-1
1	-1	1	-1	1
-1	1	1	-1	1
1	1	1	-1	-1
-1	-1	-1	1	-1
1	-1	-1	1	1
-1	1	-1	1	1
1	1	-1	1	-1
-1	-1	1	1	1
1	-1	1	1	-1
-1	1	1	1	-1
1	1	1	1	1

Estadística Industrial

57

Otras confusiones

Además de las definidas por los generadores, en nuestro caso $E = ABCD$, existen otras confusiones.

En realidad, **TODOS** los efectos están implicados en alguna confusión.

En nuestro ejemplo:

$E = ABCD$


$AB = DDE$

$B = ACDE$

... etc

Estadística Industrial

58



¿Cómo deducir las confusiones?

MINITAB indica cuales son esas confusiones, tanto en el planteamiento del diseño como en el análisis. Pero es fácil deducirlas a través de la operación de columnas ya definida:

$$A = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ : \\ : \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \\ : \\ : \end{bmatrix}$$

$$AB = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \\ : \\ : \end{bmatrix}$$

A · A = I

A · I = A

(A · B) · C = A · (B · C)

A · B = B · A


Cualquier columna por ella misma es la columna I

Cualquier columna por I es la columna original

Propiedad asociativa

Propiedad conmutativa

Estadística Industrial
59



Diseños fraccionales: Conceptos clave

Generador:
(Interacciones utilizadas para llenar las columnas que faltan)

Relación de definición:
(Interacciones que solo tienen signos +)

Estructura de alias:
(Listado de todas las confusiones que se presentan)


E = ABCD

E · E = E · ABCD
I = ABCDE

ABC · I = ABC · ABCDE
ABC = ABC · ABC · DE
ABC = I · DE
ABC = DE

etc.

Estadística Industrial
60



Volviendo al ejemplo inicial...

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona


Alias Structure

$I + A*B*C*D*E$
 $A + B*C*D*E$
 $B + A*C*D*E$
 $C + A*B*D*E$
 $D + A*B*C*E$
 $E + A*B*C*D$
 $A*B + C*D*E$
 $A*C + B*D*E$
 $A*D + B*C*E$
 $A*E + B*C*D$
 $B*C + A*D*E$
 $B*D + A*C*E$
 $B*E + A*C*D$
 $C*D + A*B*E$
 $C*E + A*B*D$
 $D*E + A*B*C$

Relación entre columnas	Patrón de confusión	Efectos estimados
$A = BCDE$	$A + BCDE$	0.0
$B = ACDE$	$B + ACDE$	-4.4
$C = ABDE$	$C + ABDE$	-5.0
$D = ABCE$	$D + ABCE$	4.8
$E = ABCD$	$E + ABCD$	-0.8
$AB = ADE$	$AB + ADE$	0.2
$AC = BDE$	$AC + BDE$	-0.6
$AD = BCE$	$AD + BCE$	-0.6
$AE = BCD$	$AE + BCD$	0.5
$BC = ADE$	$BC + ADE$	-4.2
$BD = ACE$	$BD + ACE$	1.1
$BE = ACD$	$BE + ACD$	-0.2
$CD = ABE$	$CD + ABE$	0.7
$CE = ABD$	$CE + ABD$	-0.5
$DE = ABC$	$DE + ABC$	2.4
$I = ABCDE$	$I + \frac{1}{2}(ABCDE)$	7.2

Estadística Industrial

61



Ejercicio

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

A	B	C	D	E
-	-	-		
+	-	-		
-	+	-		
+	+	-		
-	-	+		
+	-	+		
-	+	+		
+	+	+		


Diseño 2^{5-2} :

¿Qué generadores le parecen mejor?

- $D = ABC$
 $E = ABCD$
- $D = ABC$
 $E = AB$
- $D = AB$
 $E = AC$

Estadística Industrial

62



Resolución de un diseño fraccional

Resolución: Nivel de confusión que se presenta en la estimación de los factores

2^{5-2}_{III}

Resolución

Estadística Industrial
63


Resolución y confusiones

Resolución	Confusión
III	1 + 2 Efectos principales con interacciones de 2
IV	1 + 3 Efectos principales con interacciones de 3 2 + 2 Interacciones de 2 entre ellas
V	1 + 4 Efectos principales con interacciones de 4 2 + 3 Interacciones de 2 con interacciones de 3

↓

Más confusión

Menos confusión

Estadística Industrial
64

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Selección del diseño

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Available Resolution III Plackett-Burman

Factors	Runs	Factors	Runs	Factors	Runs
2-7	8,12,16,20,...,48	20-23	24,28,32,36,...,48	36-39	40,44,48
8-11	12,16,20,24,...,48	24-27	28,32,36,40,44,48	40-43	44,48
12-15	16,20,24,28,...,48	28-31	32,36,40,44,48	44-47	48
16-19	20,24,28,32,...,48	32-35	36,40,44,48		

Estadística Industrial

65

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Contenido

Introducción

Diseños factoriales completos

Diseños factoriales fraccionales

Metodología / Etapas

Estadística Industrial

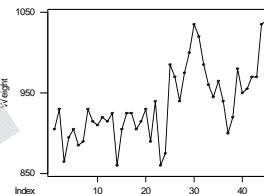
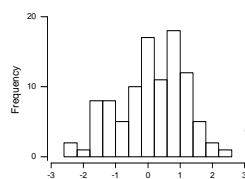
66

El diseño de experimentos no es sólo tarea de un experto
conocedor de la técnica sino:

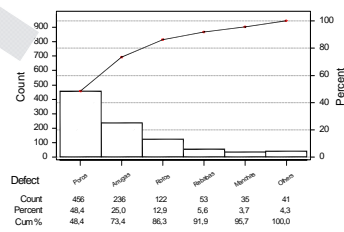
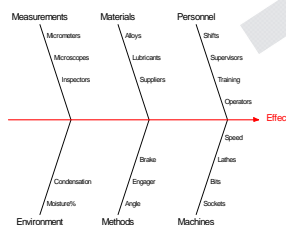
TRABAJO EN EQUIPO


- Responsable del producto o proceso
- Técnico en el producto
- Operario en contacto diario y directo con el proceso
- Responsable de calidad
- "Experto" en diseño de experimentos

(miembros fijos + colaboradores para temas concretos)



DEX






Etapas del proceso de experimentación (1)

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

1. Fijar por escrito el objetivo principal y los secundarios
2. **ESCRIBIR** lo que se conoce hasta el momento. ("Eso yo ya lo sabía")
3. Escoger cuidadosamente las variables (brainstorming, ...)
4. Escoger los niveles de las variables (mala selección \cong fracaso)
5. Escoger la respuesta (respuestas de interés)
6. ¿Cómo se medirán los factores y las respuestas?: Calibración, viabilidad ...

Estadística Industrial
69



Etapas del proceso de experimentación (2)

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

7. El equipo elige el diseño más adecuado. Experto expone pros y contras (replantearse el número de variables ...)
8. Cuidar los detalles de la preparación (plantillas, códigos, probetas,...)
9. Planificar con detalle la realización de los experimentos (equipos de medida no disponibles, accesos cerrados los sábados, ...)
10. Controlar la realización del experimento (estar encima)
11. Analizar e interpretar los resultados
12. ¿Se han alcanzado los objetivos? ¿queda presupuesto? (No+Si = seguir)

Estadística Industrial
70