

ANEXOS

	Anexo	Página
1	Obtención de las probabilidades de SMA	203
2	Macro que construye el gráfico MD	209
3	Cuestionario	227
4	Macro en que genera los valores de los coeficientes del modelo para el cuestionario	231
5	Modelos y resultados	235
6	Método de Lenth	251
7	Macro en Minitab que elabora el gráfico Alfa-Beta	253

ANEXO 1

Obtención de las probabilidades de SMA

Para encontrar la probabilidad con que aparecen los valores de SMA, comprendidos entre 5 y 8, se parte del esquema básico de signos y valores de Y que se muestra a continuación, el cual corresponde a los signos de una de las columnas de la matriz de diseño de un factorial 2^4 , por ejemplo la correspondiente al factor D en el orden estándar, y a los valores considerados en la variable respuesta.

Signo	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

El efecto correspondiente, al término que tenga esta columna de signos, es

$$\frac{(16+15+14+13+12+11+10+9)-(8+7+6+5+4+3+2+1)}{8} = \frac{8+8+\dots+8}{8} = \frac{8*8}{8} = 8$$

El mismo valor obtenemos para cualquier aleatorización del orden de experimentación que de por resultado permutar el grupo de los 8 signos menos y permutar el grupo de los 8 signos más. Si por otra parte se invierten los signos de tal manera que los valores mayores de Y estén asociados con los signos menos, entonces el valor del efecto es de -8.00 . Como estas secuencias de signos se pueden dar en cualquiera de los quince efectos, de un factorial 2^4 , entonces la probabilidad de tener un SMA igual a 8 está dada por:

$$\frac{15 * 2 * 8! * 8!}{16!} = \frac{1}{13 * 11 * 3} = \frac{1}{429} = 0.00233 = 0.233\%$$

Para obtener otros valores de SMA y sus probabilidades asociadas se efectuarán permutaciones de signos más por otros con signo menos. Uno de estos casos se da cuando en el esquema básico de signos y valores de Y intercambiamos los signos asociados a los valores 8 y 9 como se indica a continuación

Signo	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Para aquella aleatorización que produzca esta permutación se tiene que el efecto del término correspondiente a esta columna de signos es:

$$\frac{(16+15+14+13+12+11+10+8)-(9+7+6+5+4+3+2+1)}{8} = \frac{7+8+8+\dots+8+7}{8} = \frac{2*7+6*8}{8} = 7.75$$

Análogamente al caso SMA = 8.00, cualquier permutación de los grupos de signos menos o más, dejando fijos los valores Y en el esquema anterior, dará el mismo valor de 7.75. Si se invierten los signos tenemos que el mínimo efecto será -7.75, así que la probabilidad de obtener un SM = 7.75 también es:

$$\frac{15*2*8!*8!}{16!} = \frac{1}{13*11*3} = \frac{1}{429} = 0.00233 = 0.233\%$$

Para obtener el valor de SMA igual a 7.50 se debe permutar, en el esquema básico de signos, los signos de los valores de Y que tengan una diferencia en valor absoluto de 2 y de tal manera que uno esté asociado a un signo menos y el otro a un signo más. Esto se logra permutando los signos del 7 y del 9 o bien del 8 y del 10, como se muestra a continuación

Signo	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Quedando el efecto

$$\frac{(16+15+14+13+12+11+10+7)-(8+9+6+5+4+3+2+1)}{8} = \frac{8+6+8+\dots+8+6}{8} = \frac{2*6+6*8}{8} = 7.50$$

Y por otro lado

Signo	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Con efecto

$$\frac{(16+15+14+13+12+11+8+9)-(10+7+6+5+4+3+2+1)}{8} = \frac{6+8+8+\dots+6+8}{8} = \frac{2*6+6*8}{8} = 7.50$$

Como se tienen dos casos y para cada uno de ellos su probabilidad de ocurrencia es también de 0.00233, entonces la probabilidad de obtener un SMA de 7.50 será de 0.00466.

Se nota en los casos anteriores que al permutar en el esquema básico de signos dos de ellos asociados a valores de Y con una diferencia dada *d*, uno con signo más y el otro con signo menos, genera un SMA = (8 - 0.25*d)

Por lo tanto para obtener un valor de SMA igual a 6.50 será necesario permutar los signos positivos por los negativos de valores de Y que produzcan entre ellos una diferencia de 6 unidades (*d* = 6). Con este fin nos basaremos en la matriz de diferencias siguiente:

Tabla A: Matriz de diferencias

Diferencias	Parejas
1	(9,8)
2	(10,8) (9,7)
3	(11,8) (10,7) (9,6)
4	(12,8) (11,7) (10,6) (9,5)
5	(13,8) (12,7) (11,6) (10,5) (9,4)
6	(14,8) (13,7) (12,6) (11,5) (10,4) (9,3)
7	(15,8) (14,7) (13,6) (12,5) (11,4) (10,3) (9,2)
8	(16,8) (15,7) (14,6) (13,5) (12,4) (11,3) (10,2) (9,1)

Así, para encontrar el número de casos, a partir del esquema básico de signos y valores, que producen una diferencia en los valores de Y de 6, uno con signo más y el otro con signo menos, vemos en la matriz de diferencias que hay seis casos que dan esa cantidad. Sin embargo también se puede producir una diferencia de 6 permutando una pareja de signos que de una diferencia de dos junto con otra pareja que de una diferencia de cuatro, o bien permutando una pareja con diferencia cinco y la pareja con diferencia de uno.

En la Tabla B se observa que para producir una $d = 6$ se tiene once casos, cada uno de ellos con probabilidad de 0.00233, por tanto la probabilidad de obtener un SMA de 6.50 será 0.02563

Tabla B: Número de permutaciones para un SMA específico

SM	d	Permutar los signos asociados	casos
7.75	1	(9x8)	1
7.50	2	(10x8) (9x7)	2
7.25	3	(11x8) (10x7) (9x6)	3
7.00	4	(12x8) (11x7) (10x6) (9x5) (10y9 x 8y7)	5
6.75	5	(13x8) (12x7) (11x6) (10x5) (9x4) (11y9 x 8y7) (10y9 x 6y8)	7
6.50	6	(14x8) (13x7) (12x6) (11x5) (10x4) (9x3) (11y10 x 8y7) (11y9 x 8y6) (10y9 x 7y6) (12y9 x 7y8) (10y9 x 5y8)	11

Es interesante notar que la permutación de dos parejas de signos por otras dos tiene más de una interpretación, por ejemplo entre las permutaciones para tener un $d = 6$ se encuentra la permutación (12y9 x 7y8), que representa cambiar en el esquema básico de signos los signos de los valores 12 y 9 por los del 7 y el 8, lo cual se puede interpretar como un caso de diferencia cinco (12x7) más uno de diferencia uno (9x8), o bien como un caso de diferencia cuatro (12x8) y otro de diferencia dos (9x7), lo cual acumulado da una diferencia de seis.

Se puede observar también que, de las once parejas con $d = 6$, las cinco permutaciones de dos parejas cubren todas las opciones con suma de diferencias igual a seis, esto es, la de una pareja de diferencia 5 más una de diferencia 1, la de una pareja de diferencia 4 más una de diferencia 2 y la de dos parejas de diferencia 3. Algunas de estas posibilidades se repiten y otras no son viables. Un ejemplo de esto último es la pareja (13x8) de diferencia 5 junto con la (9x8) de diferencia 1, las cuales comparten el valor 8, por lo cual no se permutarían dos signos asociados por otros dos.

La siguiente tabla da las probabilidades del sesgo máximo en valor absoluto para valores comprendidos entre 5 y 8. Las probabilidades se obtienen multiplicando el número de casos que dan el valor deseado de SMA por la probabilidad de cada caso, dada por:

$$\frac{15 * 2 * 8! * 8!}{16!} = \frac{1}{13 * 11 * 3} = \frac{1}{429} = 0.00233 = 0.233\%$$

Tabla C: Probabilidades de SMA

SMA	No. De casos	Probabilidad
8.00	1	0.00233
7.75	1	0.00233
7.50	2	0.00466
7.25	3	0.00699
7.00	5	0.01165
6.75	7	0.01631
6.50	11	0.02563
6.25	15	0.03495
6.00	22	0.05126
5.75	28	0.06524
5.50	37	0.08621
5.25	45	0.10485
5.00	54	0.12582

Los restantes valores de SMA, no son susceptibles de obtenerse con el procedimiento descrito, razón por la cual se determinaron a partir de un programa que generó 6 millones de aleatorizaciones, calculando el valor de SMA para cada una de ellas. Los valores obtenidos de esta forma concuerdan, hasta el tercer decimal, con las probabilidades encontradas.

Tabla D Seis millones de aleatorizaciones del orden estándar

SMA	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4	Sim 5	Sim 6	Promedio	Probab.
8.00	15	11	18	16	19	17	16	0.000016
7.75	643	639	651	632	616	606	631	0.000631
7.50	6613	6663	6740	6638	6666	6832	6692	0.006692
7.25	26879	26802	26891	27029	27368	26979	26991	0.026991
7.00	63760	63935	63578	63572	63630	63606	63680	0.063680
6.75	101771	101487	101332	101607	101991	101282	101578	0.101578
6.50	129430	129603	129016	129078	129447	129676	129375	0.129375
6.25	132714	132508	132588	133324	132546	132737	132736	0.132736
6.00	125651	126230	126352	126079	126467	126266	126174	0.126174
5.75	104845	104990	104924	104582	104758	104306	104734	0.104734
5.50	86472	85771	86704	86412	86382	86500	86374	0.086374
5.25	64968	65176	64637	64880	64323	64972	64826	0.064826
5.00	51587	51385	51473	51001	51266	51220	51322	0.051322
4.75	34754	34650	35308	35095	34745	34821	34896	0.034896
4.50	25506	25794	25823	25502	25604	25525	25626	0.025626
4.25	16199	16289	16135	16433	16191	16358	16268	0.016268
4.00	11595	11659	11583	11683	11569	11746	11639	0.011639
3.75	7112	7061	6960	7048	6995	7053	7038	0.007038
3.50	4771	4620	4676	4688	4741	4719	4703	0.004703
3.25	2393	2286	2327	2364	2330	2398	2350	0.002350
3.00	2322	2441	2284	2337	2346	2381	2352	0.002352

ANEXO 2

Macro que construye el gráfico MD

```
Macro
gMD md ct p q b0 Verr C.1-C.d
#      Algoritmo que construye las columnas para las matrices
#      del modelo, con base en los parámetros estimados que se
#      encuentran en las columnas 'para' y 'ter'
#      Llama a la rutina 'ruidoexterno' que elabora el gráfico
#      Respuesta Variación
#
#      Los datos de entrada son:
#      md          indica con un 1 que el gráfico se
#                  realiza con la matriz de diseño
#      ct          indica con un 1 que el gráfico
#                  contenga costes
#      p          numero de factores de control
#      q          número de variables ruido
#      b0         valor del término independiente
#      Verror     valor de la varianza del error
#      para       columna con los parámetros del modelo
#      ter       columna con los términos del modelo
#      C.1-C.p    columnas con los niveles alto y bajo
#                  de los factores de control.
#      C.p+1-C.2p columnas con los costos de los niveles
#                  alto y bajo
#
#      Es necesario que cuando se llame a la macro las columnas que
#      se deben definir sean de C1-Ck, donde  $k = 2p + 5$ 
#
Mconstant      md ct p q n nt b0 Verr i j k kg val ni nj d nii njj l
Mcolumn        para ter fac ind Co.1-Co.40 cos.1-cos.7 C.1-C.d
Mcolumn        Esp SdeY costos fact.1-fact.7 indi.1-indi.7
#
#      Si md es 1 y p es 2 entonces solo existen 4 puntos a graficar,
#      por lo que no se acepta esta opción
```

```

if md eq 1 and p eq 2
Note
*****
Note Si md es 1 y p es 2 entonces solo existen 4 puntos a graficar,
Note por lo que no se acepta esta opción
Note
*****
Exit
endif

# Modificar q si vale 1, ya que Minitab no puede trabajar con
# matrices 1 x 1

if q = 1
let q = 2
endif

# Copiar Las columnas de datos

Copy C.1 para
Copy C.2 ter

# Inicializar las columnas Co

let ni = p+2*q+3
let nj = ni+p*q-1
do i = 1:p
let Co.1(i) = 0 # beta
let k = i+1
do j = 1:p
let Co.k(j) = 0 # B
enddo
do l = ni:nj
let Co.l(i) = 0 # lamdas
enddo
enddo
let kg = p+2
let ni = p+2*q+p*q+3
do i = 1:q
let Co.kg(i) = 0 # gama
let k = i+p+2
do j = 1:q
let Co.k(j) = 0 # gamas
enddo
let k = i+p+q+ 2
do j = 1:p
let Co.k(j) = 0 # delta
enddo

```

```

        let Co.ni(i) = 1          #      Vz
    enddo

#      Llamar la rutina que codifica los términos

    call terminos fact.1-fact.7 indi.1-indi.7 ind fac

#      Identificar los términos y asociar el parámetro a la
#      columna correspondiente.

    count c.1 nt
    do i = 1:nt
        do j = 1:328
            if ter(i) = fac(j)      #      identificado
                let val = ind(j)
                goto 10
            endif
        enddo
        note
        note *****
        note      Error: Término mal especificado
        note *****
        exit
        mlabel 10
        if val < 10
            #      beta
            let co.1(val) = para(i)
            elseif val < 100      #      B
                let ni = round(val/10-1/2)
                let nj = val - ni*10
                let nii = ni+1
                let njj = nj+1
                let co.nii(nj) = co.nii(nj)+para(i)/2
                let co.njj(ni) = co.njj(ni)+para(i)/2
            elseif val < 110      #      gama
                let nii = p+2
                let nj = val-100
                let co.nii(nj) = para(i)
            elseif val < 150      #      G
                let val = val-100
                let ni = round(val/10-1/2)
                let nj = val - ni*10
                let nii = ni+p+2
                let njj = nj+p+2
                let co.nii(nj) = co.nii(nj)+para(i)/2
                let co.njj(ni) = co.njj(ni)+para(i)/2
            elseif val < 300      #      delta
                let val = val-200
                let ni = round(val/10-1/2)
                let nj = val - ni*10

```

```

        let njj = nj+p+q+2
        let co.njj(ni) = para(i)
    else # lambda
        let val = val-200
        let ni = round(val/100-1/2)
        let nj = round((val - ni*100)/10-1/2)
        let l = val - ni*100 - nj*10
        let nii = ni+p+2*q+(l-1)*p+2
        let njj = nj+p+2*q+(l-1)*p+2
        let co.nii(nj) = co.nii(nj)+para(i)/2
        let co.njj(ni) = co.njj(ni)+para(i)/2

    endif
enddo

# Desplazar las columnas de las matrices y copiar las columnas de X.

let i = p+2*q+p*q+3
let ni = p+1
let nii = 2*p+2*q+p*q+3
Copy co.1-co.i co.ni-co.nii # desplazar columnas
let njj = p+2
Copy c.3-c.njj co.1-co.p # copiar X.
if ct = 1
    let i=p+3
    let ni = 2*p+2
    copy c.i-c.ni cos.1-cos.p # copiar costos
endif

# Llamar la subrutina que elabora el gDV

let nii = 2*p+2*q+p*q+5
call ruidoexterno md ct p q b0 costos Verr cos.1-cos.7 co.1-co.nii

# Copiar en la hoja de trabajo la esperanza y la varianza

let i = 2*p+3
let nii = 2*p+2*q+4
Name C.i 'E(Y)'
Copy co.nii C.i
let i = 2*p+4
Name C.i 'S(Y)'
let nii = nii +1
Copy co.nii C.i

# Copiar la matriz X expandida.

let i = p+2
Copy co.1-co.p C.3-C.i

```

```

#       Copiar la matriz de costos

      if ct = 1
        let nii = 2*p+5
        copy costos c.nii
        Name c.nii 'Costes'
      endif

Endmacro #####

MACRO

ruidoexterno md ct p q b0 costos Verror cos.1-cos.7 C.1-C.d

#
#       Algoritmo que elabora el gráfico Distancia-Variación para
#       el caso de ruido externo, cuando no se tienen términos
#       cuadráticos en Zj. Esta versión emplea una notación matricial
#       diferente a la macro ruidoexterno-0, adicionalmente crea las
#       matrices que se usarán. Expande el número de puntos del gráfico.
#
#       Los datos de entrada son:
#           md           indica con un 1 que el gráfico se
#                       realiza con la matriz de diseño
#           ct           indica con un 1 que el gráfico
#                       contenga costes
#           p           numero de factores de control
#           q           número de variables ruido
#           b0          valor del término independiente
#           Verror      valor de la varianza del error
#           C.1-C.p     columnas con los niveles alto y bajo
#                       de los factores de control.
#           cos.1-cos.7 columnas con los costos de los niveles
#                       alto y bajo
#
#       Como dato de salida se tiene:
#           costos      coste de cada punto

Mconstant      md ct p q n b0 va i j cons alfa2Vz Verror vv
Mconstant      sum l ni nj
Mcolumn        SdeY col Esp C.1-C.d g.1-g.20 cos.1-cos.7
Mcolumn        costos cc.1-cc.20 tres
Mmatrix        Edey X beta Bes alfa gama gamas delta VdeY
Mmatrix Xmin Xt aux Vz VzT aux2 alfaT Id Var deltaT
Mmatrix        lamda.1-lamda.5 auxlam lam

#       Expandir la matriz de datos X

      Call expander md p C.1-C.p n

```

```

#      Crear las matrices

      Copy C.1-C.p X
      let i = p+1
      Copy C.i beta
      let i = p+2
      let j = 2*p+1
      Copy C.i-C.j Bes
      let i = 2*p+2
      Copy C.i gama
      let i = 2*p+3
      let j = 2*p+q+2
      Copy C.i-C.j gamas
      let i = 2*p+q+3
      let j = 2*p+2*q+2
      Copy C.i-C.j delta
      do l = 1:q
        let ni = 2*p+2*q+(l-1)*p+3
        let nj = ni+p-1

        copy C.ni-C.nj lamda.l
      enddo
      let i = 2*p+2*q+p*q+3
      Copy C.i Vz

#      Crear la matriz de varianzas

      Diagonal C.i Var

#      Obtener la constante de las varianzas (Vzt%Gamas%Vz)

      Transpose Vz Vzt.
      Copy Vzt aux2
print Vzt
print gamas
      Multiply Vzt gamas aux2
      Multiply aux2 Vz cons

#      Obtener los valores esperados EdeY y las varianzas VdeY

      Transpose delta deltaT.
      Multiply X beta EdeY
      Add    b0 EdeY EdeY
      Copy  EdeY Esp
      Do i=1:n
        Copy  X Xmin;
        Use i.

```



```

Transpose Xmin Xt.
#
#           EdeY
Multiply Xmin Bes aux
Multiply aux Xt va
let Esp(i) = Esp(i) + va
#           VdeY
Multiply deltaT Xt alfa
Add gama alfa alfa
do j = 1:q
    Multiply xmin lamda.j auxlam
    Multiply auxlam xt sum
    let tres(j) = sum
enddo
copy tres lam
Add lam alfa alfa
Transpose alfa alfaT
Multiply alfaT Var aux
Multiply aux alfa vv
Let Sdey(i) = sqrt(vv + cons + Verror)
enddo

#
# Lllamar a la rutina que calcula los costos y
# hace el gráfico distancia variación

copy X cc.1-cc.p
let i=2*p+1
let j=2*p+2
copy Esp Sdey cc.i cc.j
if ct = 1
    let i=p+1
    let j=2*p
    copy cos.1-cos.p cc.i-cc.j
    call costo p n cc.1-cc.20 g.1-g.18 costos
    goto 1001
endif

# Graficar sin los costes

Layout;

Title "Gráfico Media Desviación";
TSize 1.25;
Offset 0.0 -0.05;
Footnote "Desviación estándar esperada";
Center;
Offset 0.0 0.02;
Text 0.06          0.3 "Respuesta promedio esperada";
Angle 90.

```

```

Plot Esp*Sdey;
Symbol;
Color 4;
ScFrame;
ScAnnotation.

EndLayout.

# Pasar la Esperanza y la Desviación estandar
# a la rutina principal

let i = 2*p+2*q+4
Copy Esp C.i
let i = i + 1
Copy Sdey C.i
Copy X C.1-C.p
goto 2002

mlabel 1001
let i = 2*p+2*q+4
Copy g.1 C.i
let i = i + 1
Copy g.2 C.i

# Pasar la matriz X ordenada a la rutina principal

Copy cc.1-cc.p C.1-C.p
mlabel 2002

Endmacro #####

# Subrutina Expander
#

macro
expander md p C.1-C.d n

#
# Algoritmo que expande el número de puntos que
# tendrá el gráfico
#
# Los datos de entrada son:
# md indica con un 1 que el gráfico se
# realiza con la matriz de diseño
# p numero de factores de control
# C.1-C.p columnas de la matriz de diseño de X
#

```

```

Mconstant      md p n mi ma inc i m vi vf
Mcolumn       C.1-C.d cf

#           Expander

      if md eq 1
        goto 10
      endif
      if p eq 2
        let m = 15
      elseif p eq 3
        let m = 6
      elseif p eq 4
        let m = 4
      elseif p eq 5
        let m = 3
      elseif p eq 6
        let m = 3
      endif
      let n = m**p
      do i = 1:p
        let mi = C.i(1)
        let ma = C.i(2)
        let inc = (ma - mi)/(m-1)
        let vi = m**(p-i)
        let vf = m**(i-1)
        set C.i
      vi(mi:ma/inc)vf
    end
      enddo
      goto 20

#           X contendrá la matriz de diseño

      mlabel 10
      let n = 2**p
      do i = 1:p
        let mi = 2**(p-i)
        let ma = 2**(i-1)
        set C.i
      mi(-1:1/2)ma
    end
      enddo

      mlabel 20
endmacro #####

```

```

#          Subrutina costo

MACRO

costo p n C.1-C.20 g.1-g.18 costos

#
#          Subrutina que calcula los costos por punto.
#
#          Los datos de entrada son
#
#          p          número de variables de control
#          n          número de filas en X
#          c1 cp      los valores de X desglosados
#          cp+1 c2p   los costos de X
#          c2p+1 c2p+2 la esperanza y la desviación est
#
#          Los datos de salida son los 5 grupos (E(y) S(y))
#          que estan en g.1-g.10
#

Mconstant      p n i j minx maxx pi inc k ne ns ii jj v vi vs
Mcolumn        C.1-C.20 costos g.1-g.18 rcostos

#          Calcular los costos para cada punto

do i = 1:n
  let costos(i) = 0
enddo
do i = 1:p
  let pi = p+i
  let minx = min(c.i)
  let maxx = max(c.i)
  let inc = (c.pi(2)-c.pi(1))/(maxx-minx)
  do j = 1:n
    let costos(j)=costos(j)+c.pi(1)+(c.i(j)-minx)*inc
  enddo
enddo

#          Ordenar los datos a partir de los costos

let i = 2*p+1
let j = 2*p+2
sort c.1-c.p c.i c.j costos c.1-c.p c.i c.j costos;
  by costos.

#          Crear 5 grupos de costos y colores y guardar rangos de costos

```

```

let v = (max(costos)-min(costos))/5
do i = 1:6
  let rcostos(i) = max(costos) - (i-1)*v
enddo
let vi = min(costos)
let vs = vi + v
let ii = 2*p+1
let jj = 2*p+2
do i = 1:5
  let k=1
  let ne = 2*(i-1)+1
  let ns = 2*(i-1)+2
  do j = 1:n
    if (costos(j) ge vi) and (costos(j) le vs)
      let g.ne(k)=c.ii(j) #      esperanza
      let g.ns(k)=c.jj(j) #      desv. est.
    endif
    let k=k+1
  enddo
  let vi = vi+v
  let vs = vs+v
enddo

#      Llamar la subrutina que elabora la gráfica a color

copy g.1-g.10 g.3-g.12
copy c.ii c.jj g.1 g.2
call color g.1-g.12 rcostos

Endmacro #####

#      Subrutina color

MACRO

color C.1-C.12 rcostos

#
#      Subrutina que colorea el gráfico DV
#
#      Los datos de entrada son
#
#      c1 c2      la esperanza y la desviación est.
#      c3 c4      el grupo de (E(y),S(y)) con mayor costo
#      c5 c7      el grupo de (E(y),S(y)) con el siguiente mayor costo
#      . . .
#      c11 c12 el grupo de (E(y),S(y)) con menor costo
#      rcostos rango de costos
#

```

```
Mconstant      k1 k2 k3 k4 k5 k6 a num
Mcolumn        C.1-C.12 rcostos
```

```
#          Crear los textos de los rangos de costes
```

```
let a = " a "
let num = rcostos(1)
call convertir num k1
kkcat a k1 k1
let num = rcostos(2)
call convertir num k2
kkcat k2 k1 k1
kkcat a k2 k2
let num = rcostos(3)
call convertir num k3
kkcat k3 k2 k2
kkcat a k3 k3
let num = rcostos(4)
call convertir num k4
kkcat k4 k3 k3
kkcat a k4 k4
let num = rcostos(5)
call convertir num k5
kkcat k5 k4 k4
kkcat a k5 k5
let num = rcostos(6)
call convertir num k6
kkcat k6 k5 k5
```

```
#          Graficar
```

```
#
```

```
Layout;
Title "Gráfico Media Desviación";
  TSize 1.25;
  Offset 0.0 -0.05;
Footnote "Desviación estándar esperada";
  Center;
  Offset 0.0 0.02;
Text 0.84 0.75 "costes";
Text 0.82 0.70 k1;
Text 0.82 0.65 k2;
Text 0.82 0.60 k3;
Text 0.82 0.55 k4;
Text 0.82 0.50 k5;
Text 0.06      0.3 "Respuesta promedio esperada";
  Angle 90;
```

```

Marker 0.80 0.72;
  Color 8;
Marker 0.80 0.67;
  Color 2;
Marker 0.80 0.62;
  Color 13;
Marker 0.80 0.57;
  Color 3;
Marker 0.80 0.52;
  Color 9.

Plot c.1*c.2;
Symbol;
Figure 0.0 0.95 0.0 1.0;
Marker c.4 c.3;
  Color 9;
Marker c.6 c.5;
  Color 3;
Marker c.8 c.7;
  Color 13;
Marker c.10 c.9;
  Color 2;
Marker c.12 c.11;
  Color 8;
ScFrame;
ScAnnotation.

EndLayout.

Endmacro #####

#

Macro
convertir num numtext

#
#       Subrutina que convierte un número entero a modo texto
#
#
#

Mconstant num numtext nume i j
Mcolumn col di co

#       Inicializar
#
do i = 1:10
  let co(i) = i
enddo

```

```

code (1) "0"(2) "1"(3) "2"(4) "3"(5) "4"(6) "5"(7) "6" &
      (8) "7"(9) "8"(10) "9" co col

let numtext = " "

#      Convertir el número a entero
#

let nume = round(num-0.5)

#      Identificar los dígitos, convertir y concatenar
#

mlabel 10
if nume ge 10
  let di = nume - round(nume/10-0.5)*10
  let j = col(di+1)
  kkcat j numtext numtext
  let nume = round(nume/10-0.5)
goto 10
else
  let di = nume
  let j = col(di+1)
  kkcat j numtext numtext
endif

#      Imprimir el resultado
#

print numtext

Endmacro #####

Macro
terminos fact.1-fact.7 indi.1-indi.7 ind fac

Mconstant i j
Mcolumn fact.1-fact.7 indi.1-indi.7 ind fac

#      Inicializar las columnas de los factores y los índices

do i = 1:7
  do j = 1:50
    let fact.i(j) = (i-1)*50+j
  let Indi.i(j) = (i-1)*50+j
enddo

```


enddo

Code (1) "A" (2) "B" (3) "C" (4) "D" (5) "E" (6) "F" (7) "G" (8) "AA" &
 (9) "AB" (10) "AC" (11) "AD" (12) "AE" (13) "AF" (14) "AG" (15) "BB" &
 (16) "BC" (17) "BD" (18) "BE" (19) "BF" (20) "BG" (21) "CC" (22) "CD" &
 (23) "CE" (24) "CF" (25) "CG" (26) "DD" (27) "DE" (28) "DF" (29) "DG" &
 (30) "EE" (31) "EF" (32) "EG" (33) "FF" (34) "FG" (35) "GG" (36) "S" &
 (37) "T" (38) "U" (39) "V" (40) "W" (41) "ST" (42) "SU" (43) "SV" &
 (44) "SW" (45) "TU" (46) "TV" (47) "TW" (48) "UV" (49) "UW" (50) "VW"

&

fact.1 fact.1.

code &

(51) "AS" (52) "AT" (53) "AU" (54) "AV" (55) "AW" (56) "BS" (57) "BT" &
 (58) "BU" (59) "BV" (60) "BW" (61) "CS" (62) "CT" (63) "CU" (64) "CV" &
 (65) "CW" (66) "DS" (67) "DT" (68) "DU" (69) "DV" (70) "DW" (71) "ES" &
 (72) "ET" (73) "EU" (74) "EV" (75) "EW" (76) "FS" (77) "FT" (78) "FU" &
 (79) "FV" (80) "FW" (81) "GS" (82) "GT" (83) "GU" (84) "GV" (85) "GW" &
 (86:100) " " fact.2 fact.2.

code &

(101) "AAS" (102) "ABS" (103) "ACS" (104) "ADS" (105) "AES" (106)

"AFS" &

(107) "AGS" (108) "BBS" (109) "BCS" (110) "BDS" (111) "BES" (112)

"BFS" &

(113) "BGS" (114) "CCS" (115) "CDS" (116) "CES" (117) "CFS" (118)

"CGS" &

(119) "DDS" (120) "DES" (121) "DFS" (122) "DGS" (123) "EES" (124)

"EFS" &

(125) "EGS" (126) "FFS" (127) "FGS" (128) "GGS" &
 (129:150) " " fact.3 fact.3.

code &

(151) "AAT" (152) "ABT" (153) "ACT" (154) "ADT" (155) "AET" (156)

"AFT" &

(157) "AGT" (158) "BBT" (159) "BCT" (160) "BDT" (161) "BET" (162)

"BFT" &

(163) "BGT" (164) "CCT" (165) "CDT" (166) "CET" (167) "CFT" (168)

"CGT" &

(169) "DDT" (170) "DET" (171) "DFT" (172) "DGT" (173) "EET" (174)

"EFT" &

(175) "EGT" (176) "FFT" (177) "FGT" (178) "GGT" &
 (179:200) " " fact.4 fact.4.

code &

(201) "AAU" (202) "ABU" (203) "ACU" (204) "ADU" (205) "AEU" (206)

"AFU" &

(207) "AGU" (208) "BBU" (209) "BCU" (210) "BDU" (211) "BEU" (212)

"BFU" &

(213) "BGU" (214) "CCU" (215) "CDU" (216) "CEU" (217) "CFU" (218)

"CGU" &

(219) "DDU" (220) "DEU" (221) "DFU" (222) "DGU" (223) "EEU" (224)

"EFU" &

(225) "EGU" (226) "FFU" (227) "FGU" (228) "GGU" &
 (229:250) " " fact.5 fact.5.
 code &
 (251) "AAV" (252) "ABV" (253) "ACV" (254) "ADV" (255) "AEV" (256)
 "AFV" &
 (257) "AGV" (258) "BBV" (259) "BCV" (260) "BDV" (261) "BEV" (262)
 "BFV" &
 (263) "BGV" (264) "CCV" (265) "CDV" (266) "CEV" (267) "CFV" (268)
 "CGV" &
 (269) "DDV" (270) "DEV" (271) "DFV" (272) "DGV" (273) "EEV" (274)
 "EFV" &
 (275) "EGV" (276) "FFV" (277) "FGV" (278) "GGV" &
 (279:300) " " fact.6 fact.6.
 code &
 (301) "AAW" (302) "ABW" (303) "ACW" (304) "ADW" (305) "AEW" (306)
 "AFW" &
 (307) "AGW" (308) "BBW" (309) "BCW" (310) "BDW" (311) "BEW" (312)
 "BFW" &
 (313) "BGW" (314) "CCW" (315) "CDW" (316) "CEW" (317) "CFW" (318)
 "CGW" &
 (319) "DDW" (320) "DEW" (321) "DFW" (322) "DGW" (323) "EEW" (324)
 "EFW" &
 (315) "EGW" (326) "FFW" (327) "FGW" (328) "GGW" &
 (329:350) " " fact.7 fact.7.

Code &
 (8) 11 (9) 12 (10) 13 (11) 14 (12) 15 (13) 16 (14) 17 (15) 22 &
 (16) 23 (17) 24 (18) 25 (19) 26 (20) 27 (21) 33 (22) 34 &
 (23) 35 (24) 36 (25) 37 (26) 44 (27) 45 (28) 46 (29) 47 &
 (30) 55 (31) 56 (32) 57 (33) 66 (34) 67 (35) 77 (36) 101 &
 (37) 102 (38) 103 (39) 104 (40) 105 (41) 112 (42) 113 (43) 114 &
 (44) 115 (45) 123 (46) 124 (47) 125 (48) 134 (49) 135 (50) 145 &
 indi.1 indi.1.
 code &
 (51) 211 (52) 212 (53) 213 (54) 214 (55) 215 (56) 221 (57) 222 &
 (58) 223 (59) 224 (60) 225 (61) 231 (62) 232 (63) 233 (64) 234 &
 (65) 235 (66) 241 (67) 242 (68) 243 (69) 244 (70) 245 (71) 251 &
 (72) 252 (73) 253 (74) 254 (75) 255 (76) 261 (77) 262 (78) 263 &
 (79) 264 (80) 265 (81) 271 (82) 272 (83) 273 (84) 274 (85) 275 &
 (86:100) 0 indi.2 indi.2.
 code &
 (101) 111 (102) 121 (103) 131 (104) 141 (105) 151 (106) 161 &
 (107) 171 (108) 221 (109) 231 (110) 241 (111) 251 (112) 261 &
 (113) 271 (114) 331 (115) 341 (116) 351 (117) 361 (118) 371 &
 (119) 441 (120) 451 (121) 461 (122) 471 (123) 551 (124) 561 &
 (125) 571 (126) 661 (127) 671 (128) 771 &
 (129:150) 0 indi.3 indi.3.
 code &

```

(151) 112 (152) 122 (153) 132 (154) 142 (155) 152 (156) 162 &
(157) 172 (158) 222 (159) 232 (160) 242 (161) 252 (162) 262 &
(163) 272 (164) 332 (165) 342 (166) 352 (167) 362 (168) 372 &
(169) 442 (170) 452 (171) 462 (172) 472 (173) 552 (174) 562 &
(175) 572 (176) 662 (177) 672 (178) 772 &
(179:200) 0          indi.4 indi.4.
code &
(201) 113 (202) 123 (203) 133 (204) 143 (205) 153 (206) 163 &
(207) 173 (208) 223 (209) 233 (210) 243 (211) 253 (212) 263 &
(213) 273 (214) 333 (215) 343 (216) 353 (217) 363 (218) 373 &
(219) 443 (220) 453 (221) 463 (222) 473 (223) 553 (224) 563 &
(225) 573 (226) 663 (227) 673 (228) 773 &
(229:250) 0          indi.5 indi.5.
code &
(251) 114 (252) 124 (253) 134 (254) 144 (255) 154 (256) 164 &
(257) 174 (258) 224 (259) 234 (260) 244 (261) 254 (262) 264 &
(263) 274 (264) 334 (265) 344 (266) 354 (267) 364 (268) 374 &
(269) 444 (270) 454 (271) 464 (272) 474 (273) 554 (274) 564 &
(275) 574 (276) 664 (277) 674 (278) 774 &
(279:300) 0          indi.6 indi.6.
code &
(301) 115 (302) 125 (303) 135 (304) 145 (305) 155 (306) 165 &
(307) 175 (308) 255 (309) 235 (310) 245 (311) 255 (312) 265 &
(313) 275 (314) 335 (315) 345 (316) 355 (317) 365 (318) 375 &
(319) 445 (320) 455 (321) 465 (322) 475 (323) 555 (324) 565 &
(315) 575 (326) 665 (327) 675 (328) 775 &
(329:350) 0          indi.7 indi.7.

do i = 3:7
  let indi.i = indi.i + 200
enddo

stack fact.1-fact.7 fac
stack indi.1-indi.7 ind

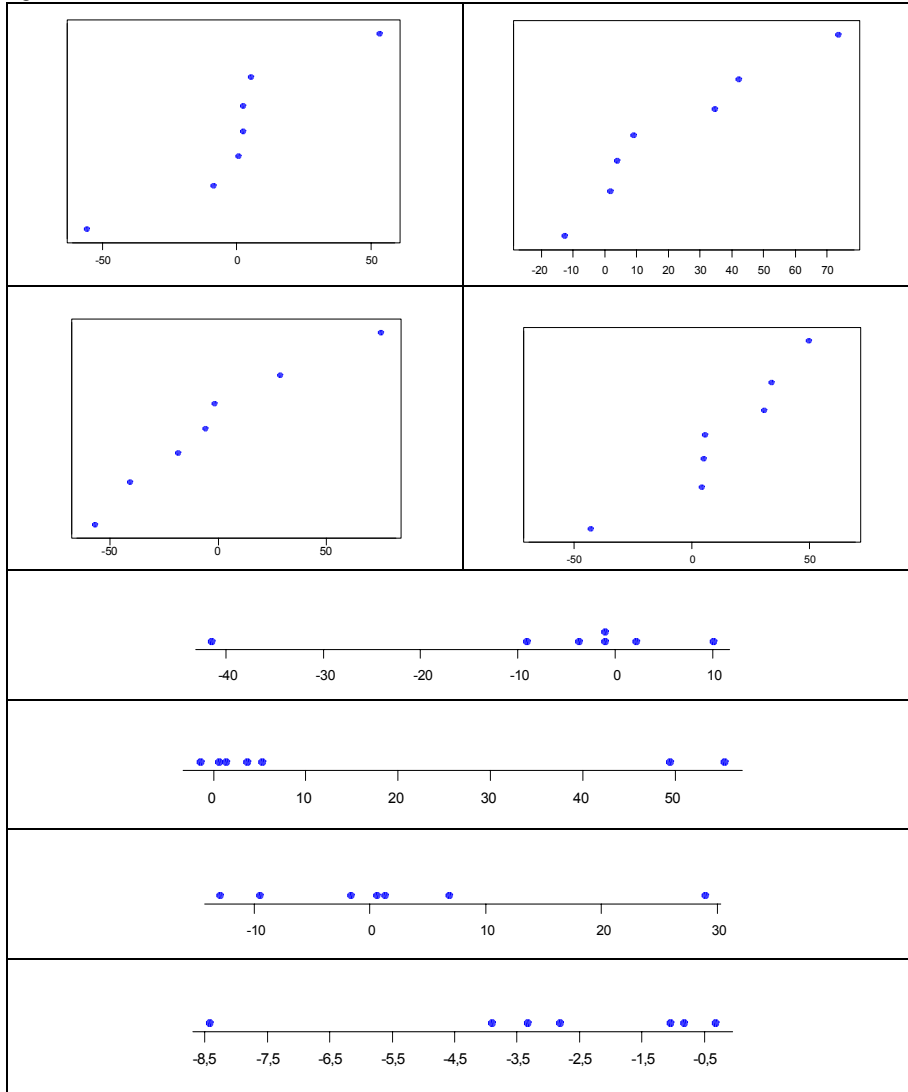
```

Endmacro #####

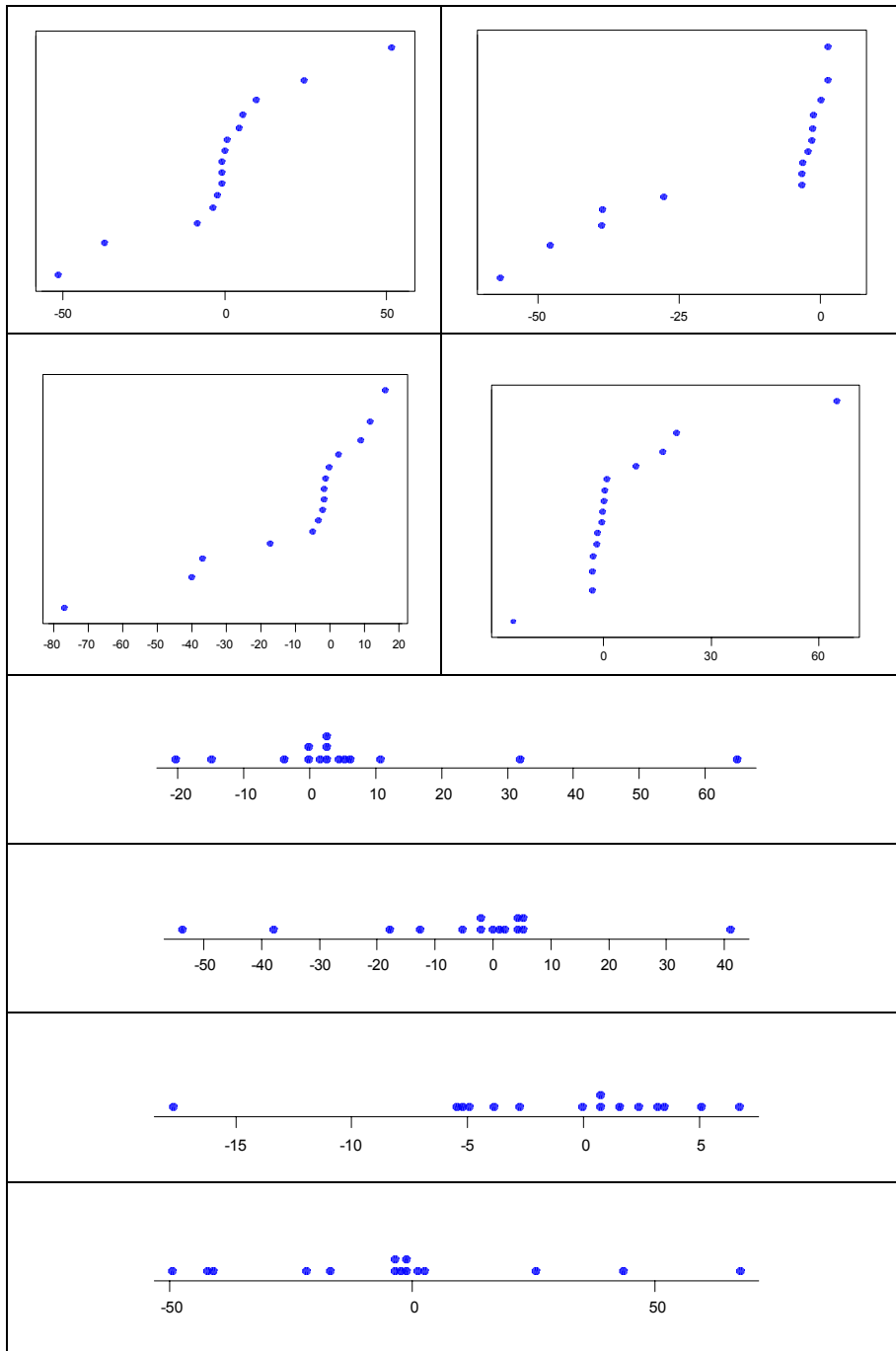
Anexo 3: Cuestionario¹

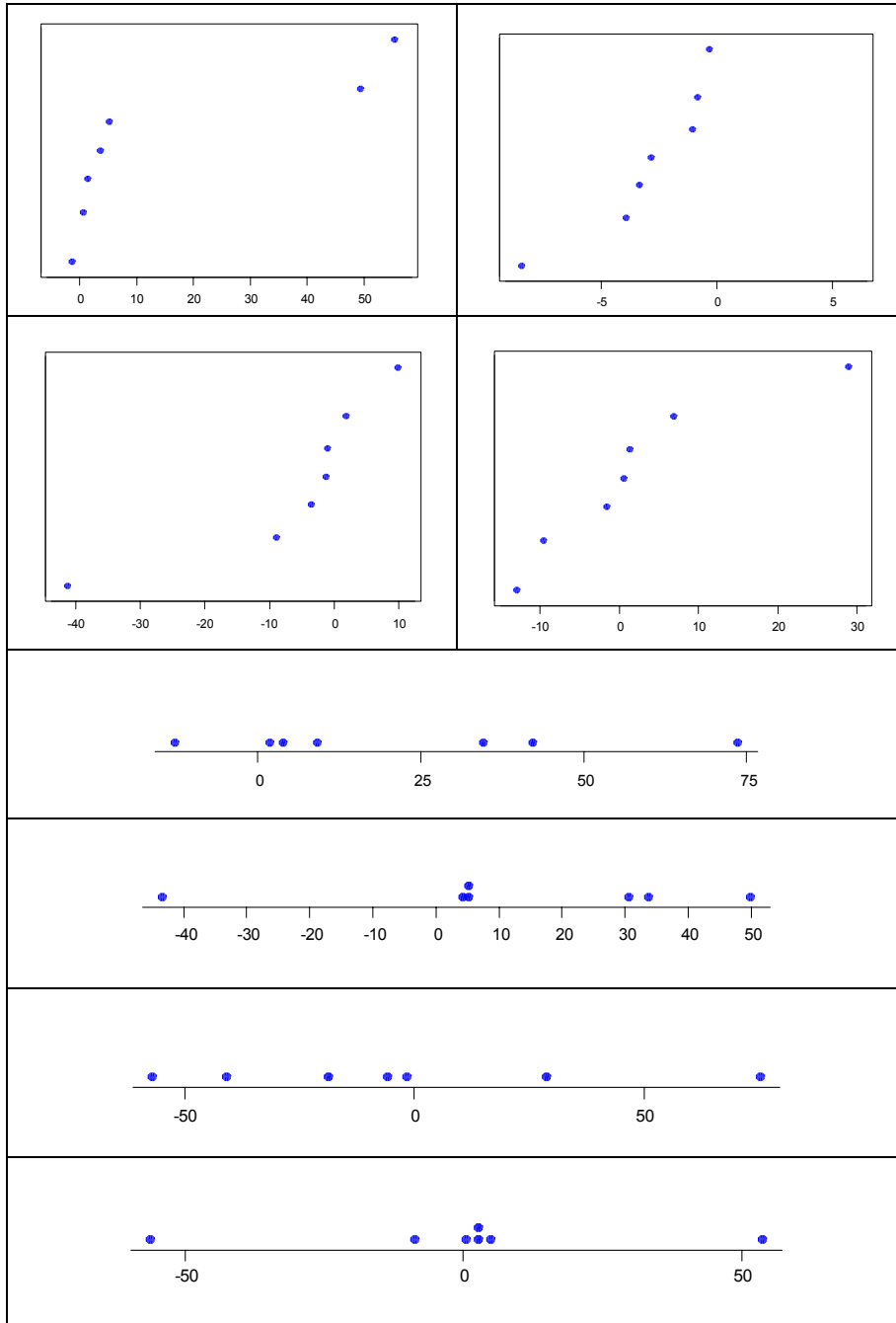
A continuación se muestran representaciones gráficas de los efectos estimados al realizar un diseño factorial. En total se tienen 32 gráficos, todos ellos realizados con Minitab, 16 son representaciones de los efectos en papel probabilístico normal, y los otros 16 corresponden a diagramas de puntos de los efectos.

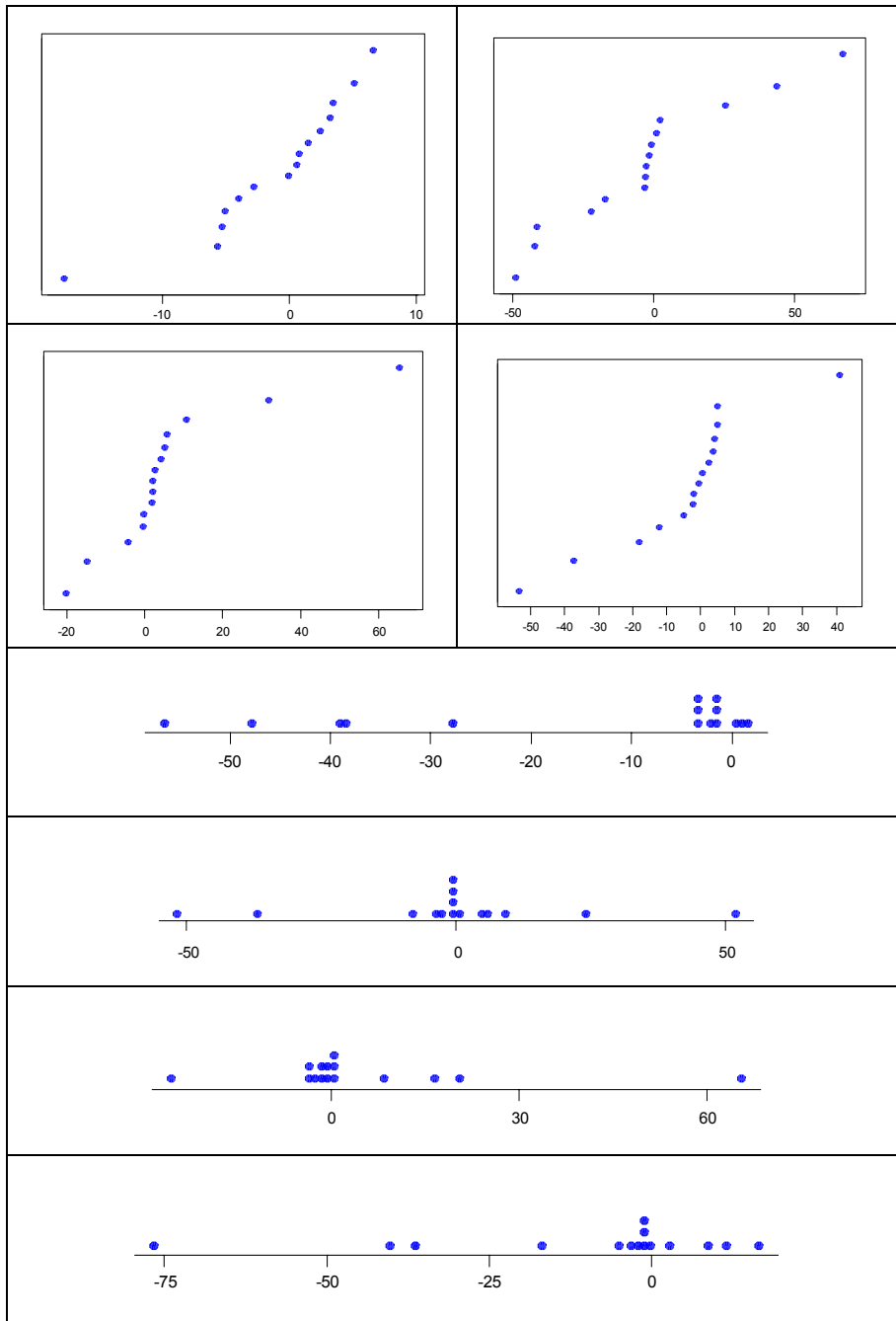
A la vista de cada gráfico (ya sea de un tipo o de otro) usted deberá marcar, redondeándolos con un círculo los puntos correspondientes a los efectos que crea que deben ser considerados como significativos.



¹ En el cuestionario figuraba como título: “Identificación de efectos significativos”







ANEXO 4

Macro en que genera los valores de los coeficientes del modelo para el cuestionario

```
gmacro
gendis16
#
# Macro que genera valores aleatorios para la Respuesta de un diseño 2 a la 4
# y elabora gráfico en papel prob. Normal
#
# Introducir la matriz de diseño 2 a la 4
#
Name C1 'OrdenStd' C2 'OrdenCorrida' C3 'PuntoCentral' C4 'Bloques' C5 'A' C6 'B'
C7 'C' c8 'D'
FFDesign 4 16;
CTPT 'PuntoCentral';
SOrder 'OrdenStd' 'OrdenCorrida';
Alias 4;
XMatrix 'A' 'B' 'C' 'D'.
#
# Generar los coeficientes: A ~ Ber(0.7)*U(0,20)
# B ~ Ber(0.7)*U(10,30)
# C ~ Ber(0.7)*U(20,40)
# D ~ Ber(0.7)*U(15,35)
# AB ~ A*B*Ber(0.5)*U(0,20)/200
# AC ~ A*C*Ber(0.5)*U(0,20)/300
# AD ~ A*D*Ber(0.5)*U(0,20)/300
# BC ~ B*C*Ber(0.5)*U(0,20)/600
# BD ~ B*D*Ber(0.5)*U(0,20)/500
# CD ~ C*D*Ber(0.5)*U(0,20)/600
# ABC = ABD = ACD = BCD = ABCD = 0
#
Name c11='Coeficientes'
Random 1 c22;
Bernoulli 0.7.
random 1 c23;
unif 0 20.
```

```

          let c11(1)=c22(1)*c23(1) # beta 1
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.7.
  random 1 c23;
  unif 10 30.
  let c11(2)=c22(1)*c23(1) # beta 2
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.7.
  random 1 c23;
  unif 20 40.
  let c11(3)=c22(1)*c23(1) # beta 3
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.7.
  random 1 c23;
  unif 15 35.
  let c11(4)=c22(1)*c23(1) # beta 4
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.5.
  random 1 c23;
  unif 0 20.
  let c11(5)=c22(1)*c23(1)*c11(1)*c11(2)/200 # beta 12
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.5.
  random 1 c23;
  unif 0 20.
  let c11(6)=c22(1)*c23(1)*c11(1)*c11(3)/300 # beta 13
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.5.
  random 1 c23;
  unif 0 20.
  let c11(7)=c22(1)*c23(1)*c11(1)*c11(4)/300 # beta 14
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.5.
  random 1 c23;
  unif 0 20.
  let c11(8)=c22(1)*c23(1)*c11(2)*c11(3)/600 # beta 23
#
  Random 1 c22;
  Bernoulli 0.5.
  random 1 c23;
  unif 0 20.
  let c11(9)=c22(1)*c23(1)*c11(2)*c11(4)/400 # beta 24
#

```

```

Random 1 c22;
  Bernoulli 0.5.
random 1 c23;
  unif 0 20.
let c11(10)=c22(1)*c23(1)*c11(3)*c11(4)/600 # beta 34
#
#   Asignar ruido N(0,4) a las interacciones triples
#
random 5 c22;
normal 0 4.
do k1 = 1 : 5
  Let c11(10+k1) = c22(k1)
enddo
#
#   Asignar signo a los parámetros del modelo
#
random 15 c18;
  Bernoulli 0.5.
do k1 = 1 : 15
  Let c11(k1) = ((-1)**c18(k1))*c11(k1)
enddo
#
#   Obtener los efectos
#
Name c12 'Efectos'
do k1 = 1:15
  let c12(k1) = c11(k1) * 2
enddo
#
#           Generar el valor de:      mu ~ U(0,100)
#                                     sigma ~ U(4,8)
#                                     error ~ N(0,sigma)
#
name c17 'Mu'
random 1 c17;
unif 0 100.
name c15 'sigma del error'
random 1 c15;
unif 4 8.
let k1=c15(1)
#
name c16 'Error'
#
random 16 c16;
normal 0 k1.
#
#           La columna 10 contiene los nombres de los términos
#

```

```

SET C10
1:15
END.
Code (1) "A" (2) "B" (3) "C" (4) "D" (5) "AB" (6) "AC" (7) "AD" (8) "BC" &
(9) "BD" (10) "CD" (11) "ABC" (12) "ABD" (13) "ACD" (14) "BCD" (15) "ABCD" C10
C10.

#
#           La columna 9 tiene la variable respuesta y la columna 14 la variable sin
error
#
name c9 'Respuesta' c14 'Respuesta sin error'.
Do k5 = 1:16
let k1 = c17(1)+c5(k5)*c11(1)+c6(k5)*c11(2)+c7(k5)*c11(3)+c8(k5)*c11(4)
let k2 = c5(k5)*c6(k5)*c11(5)+c5(k5)*c7(k5)*c11(6)+c5(k5)*c8(k5)*c11(7)
let k3 = c6(k5)*c7(k5)*c11(8)+c6(k5)*c8(k5)*c11(9)+c7(k5)*c8(k5)*c11(10)
let k4 = c5(k5)*c6(k5)*c7(k5)*c11(11)+c5(k5)*c6(k5)*c8(k5)*c11(12)
let k6 = c5(k5)*c7(k5)*c8(k5)*c11(13)+c6(k5)*c7(k5)*c8(k5)*c11(14)
let k7 = c5(k5)*c6(k5)*c7(k5)*c8(k5)*c11(15)
let c14(k5) = k1+k2+k3+k4+k6+k7
let c9(k5) = c14(k5)+c16(k5)
enddo

#
#           Encontrar los estimadores de los efectos de los factores y gráfico en ppn
#
Name C13 'Efectos estimados'
FFactorial 'Respuesta' = C5 C6 C7 C8 C5*C6 C5*C7 C5*C8 C6*C7 C6*C8 C7*C8
C5*C6*C7 &
C5*C6*C8 C5*C7*C8 C6*C7*C8 C5*C6*C7*C8;

InUnit 1;
Levels -1 1 -1 1 -1 1 -1 1;
CTPT C3;
GEffects 0.95;
RType 1;
Brief 2;
Effects c13.

#
#           Elaborar el diagrama de puntos
#

#           Dotplot 'Efectos estimados'.

Endmacro

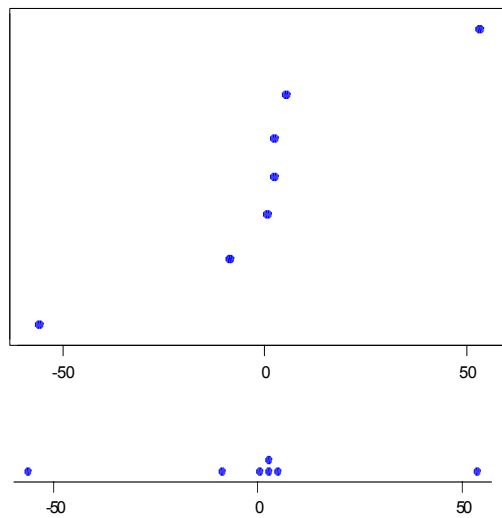
```

ANEXO 5

Modelos y resultados

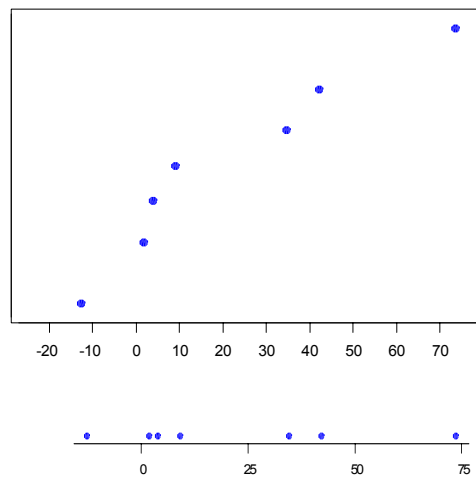
Caso 1. Error: $\sigma = 4,54$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	73,82	71,25	-	-	-	-	-	-
A	-11,52	-8,55	34	23	177	188	-	-
B	55,66	53,25	211	203	0	8	-	-
C	-55,87	-55,80	211	205	0	6	-	-
AB	0	0,74	0	0	-	-	0	0
AC	7,40	5,46	0	0	211	211	-	-
BC	0	2,37	0	0	-	-	0	0
ABC	0	2,39	0	0	-	-	0	0
Total			456	431	388	413	0	0



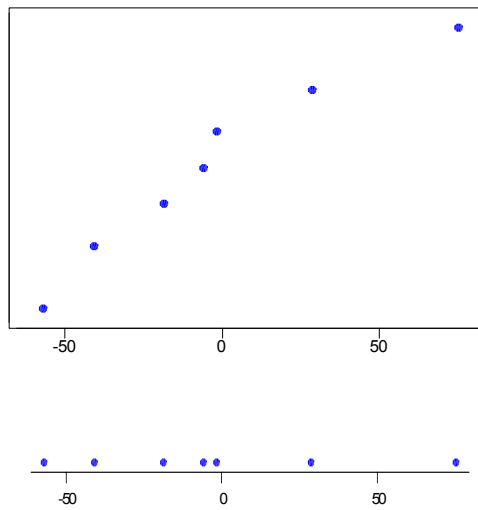
Caso 2. Error: $\sigma = 7,24$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	60,27	62,10	-	-	-	-	-	-
A	38,73	34,68	172	163	39	48	-	-
B	0	9,12	6	10	-	-	6	10
C	74,95	73,65	200	201	11	10	-	-
AB	0	3,86	3	1	-	-	3	1
AC	48,21	42,24	173	164	38	47	-	-
BC	0	1,83	0	1	-	-	0	1
ABC	0	-12,70	93	46	-	-	93	46
Total			647	586	88	105	102	58



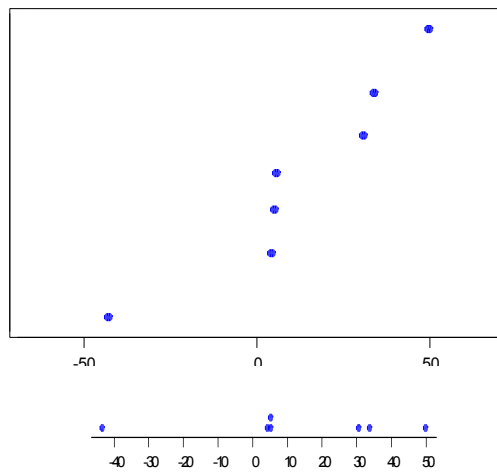
Caso 3. Error: $\sigma = 4,54$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	20,21	20,57	-	-	-	-	-	-
A	-24,88	-18,60	29	41	182	170	-	-
B	-57,02	-57,00	105	163	106	48	-	-
C	71,75	75,22	153	181	58	30	-	-
AB	31,59	28,69	78	100	133	111	-	-
AC	0	-1,53	1	0	-	-	1	0
BC	-43,00	-40,72	75	122	136	89	-	-
ABC	0	-5,85	2	2	-	-	2	2
Total			443	609	615	448	3	2



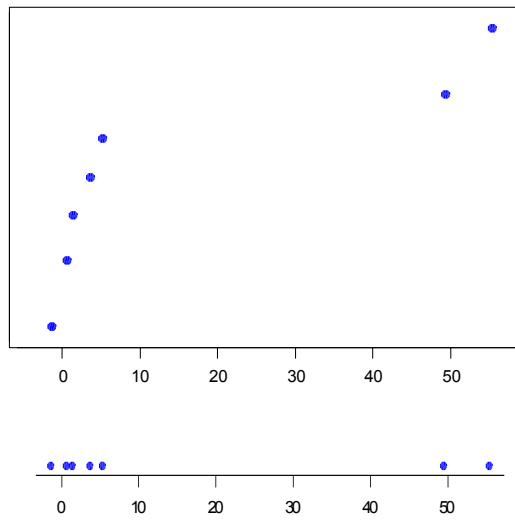
Caso 4. Error: $\sigma = 4,53$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	52,15	50,16	-	-	-	-	-	-
A	31,86	30,70	146	147	65	64	-	-
B	-45,31	-42,97	181	198	30	13	-	-
C	46,05	49,58	164	181	47	30	-	-
AB	38,19	33,96	145	148	66	63	-	-
AC	0	5,75	10	0	-	-	10	0
BC	0	5,13	3	0	-	-	3	0
ABC	0	4,29	1	1	-	-	1	1
Total			650	675	208	170	14	1



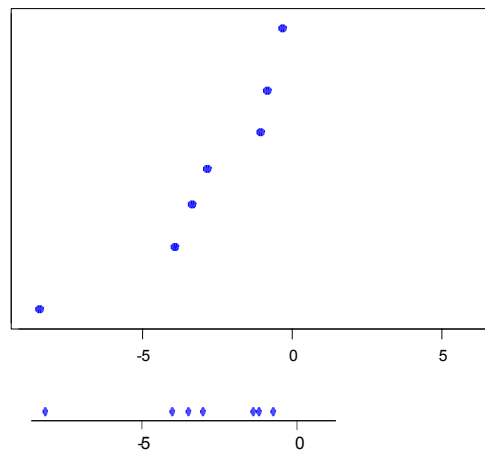
Caso 5. Error: $\sigma = 7,54$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	76,56	72,24	-	-	-	-	-	-
A	0	3,67	2	4	-	-	2	4
B	48,65	55,39	209	209	2	2	-	-
C	43,61	49,44	207	209	4	2	-	-
AB	0	1,34	2	0	-	-	2	0
AC	0	-1,40	1	1	-	-	1	1
BC	0	0,59	1	0	-	-	1	0
ABC	0	5,25	2	5	-	-	2	5
Total			424	428	6	4	8	10



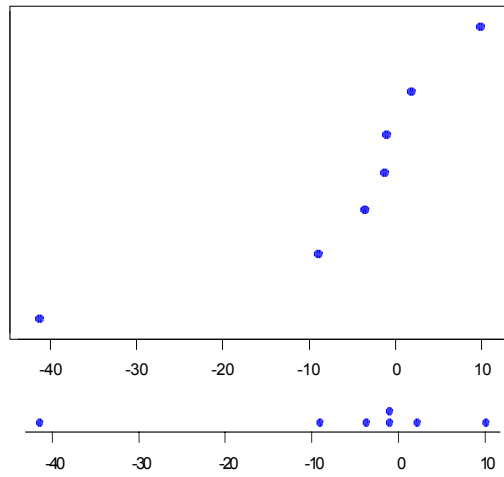
Caso 6. Error: $\sigma = 5,81$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	85,48	85,81	-	-	-	-	-	-
A	-6,54	-8,42	201	197	10	14	-	-
B	0	-2,81	48	88	-	-	48	88
C	0	-3,90	52	90	-	-	52	90
AB	0	-3,33	48	89	-	-	48	89
AC	0	-0,32	5	1	-	-	5	1
BC	0	-1,03	9	3	-	-	9	3
ABC	0	-0,82	5	2	-	-	5	2
Total			368	470	8	10	167	273



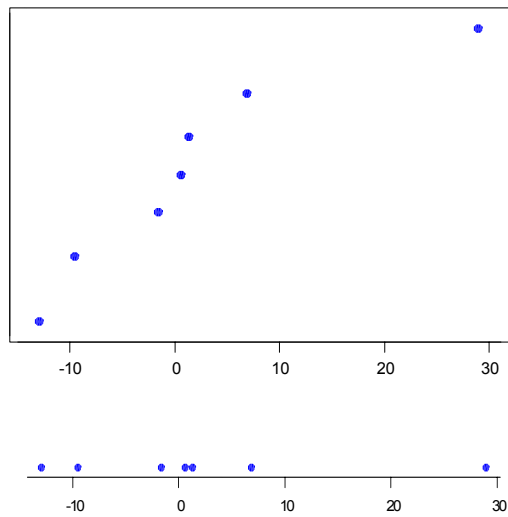
Caso 7. Error: $\sigma = 6,15$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	63,54	63,07	-	-	-	-	-	-
A	3,43	9,88	72	93	139	118	-	-
B	-44,03	-41,24	201	210	10	1	-	-
C	0	-8,84	55	76	-	-	55	76
AB	0	-1,25	0	0	-	-	0	0
AC	0	1,88	3	0	-	-	3	0
BC	0	-3,48	5	1	-	-	5	1
ABC	0	-0,96	1	0	-	-	1	0
Total			333	380	149	119	64	77



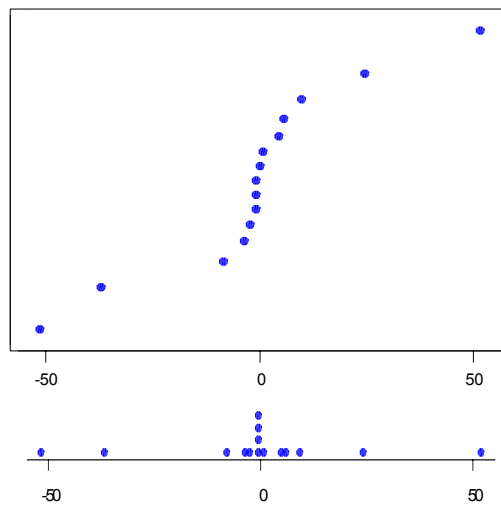
Caso 8. Error: $\sigma = 5,81$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	89,77	85,20	-	-	-	-	-	-
A	-13,01	-9,53	93	113	118	98	-	-
B	25,57	28,94	203	204	8	7	-	-
C	0	-1,61	4	0	-	-	4	0
AB	-13,27	-12,94	110	150	101	61	-	-
AC	0	0,59	0	0	-	-	0	0
BC	0	6,86	52	66	-	-	52	66
ABC	0	1,29	0	0	-	-	0	0
Total			462	533	227	166	56	66



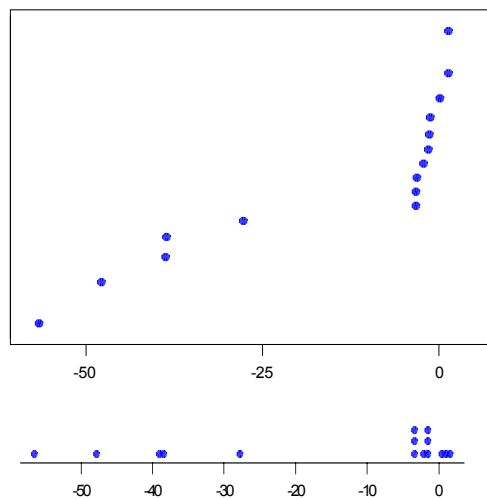
Caso 9. Error: $\sigma = 7,56$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	82,99	71,85	-	-	-	-	-	-
A	24,54	24,57	150	157	38	37	-	-
B	0,0	-0,88	1	0	-	-	1	0
C	49,40	51,54	207	200	3	7	-	-
D	-44,98	-51,36	207	202	3	6	-	-
AB	0,0	0,86	0	0	-	-	0	0
AC	-34,50	-37,03	200	186	7	18	-	-
AD	0,0	-3,65	1	1	-	-	1	0
BC	0,0	-2,23	1	1	-	-	1	0
BD	0,0	-0,81	1	0	-	-	1	0
CD	0,0	0,05	0	0	-	-	0	0
ABC	0,0	9,70	11	7	-	-	4	2
ABD	0,0	4,39	5	3	-	-	0	0
ACD	0,0	5,66	5	3	-	-	0	0
BCD	0,0	-8,33	13	6	-	-	4	2
ABCD	0,0	-0,73	1	0	-	-	1	0
Total			426	400	51	68	13	4



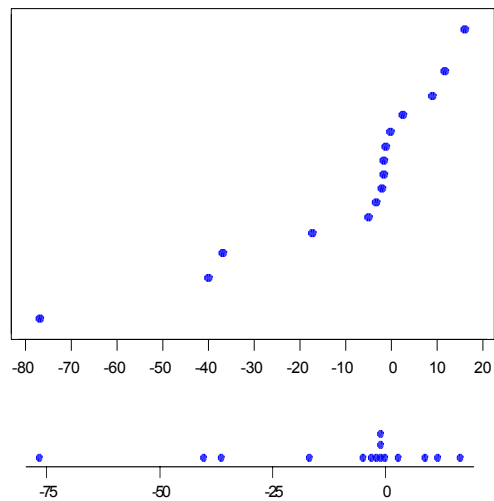
Caso 10. Error: $\sigma = 6,27$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	43,85	38,29	-	-	-	-	-	-
A	-23,85	-27,76	198	192	6	11	-	-
B	0,0	-3,24	0	2	-	-	0	0
C	-58,14	-56,65	203	204	2	6	-	-
D	-48,44	-47,86	202	202	3	8	-	-
AB	0,00	-3,10	0	2	-	-	0	0
AC	0,00	-3,27	0	2	-	-	0	0
AD	-35,56	-38,80	200	199	5	10	-	-
BC	0,0	0,09	1	0	-	-	1	0
BD	0,0	-1,56	0	0	-	-	0	0
CD	-40,99	-38,63	200	198	5	10	-	-
ABC	0,0	-1,33	0	0	-	-	0	0
ABD	0,0	1,41	2	1	-	-	0	0
ACD	0,0	-2,15	0	0	-	-	0	0
BCD	0,0	1,32	1	0	-	-	1	0
ABCD	0,0	-1,20	0	0	-	-	0	0
Total			561	535	21	45	2	0



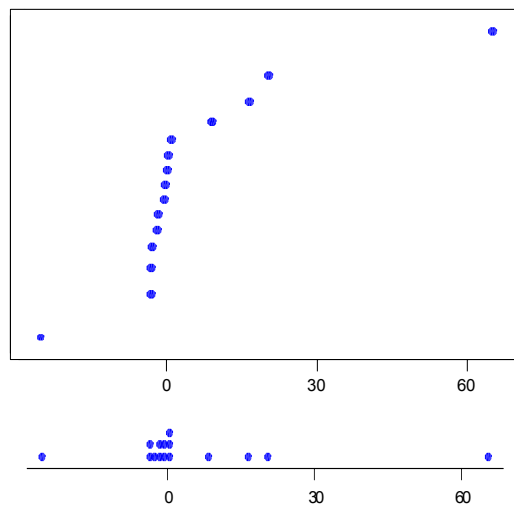
Caso 11. Error: $\sigma = 4,27$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	14,94	14,91	-	-	-	-	-	-
A	13,61	11,73	58	63	92	88	-	-
B	-40,0	-39,97	198	201	9	9	-	-
C	-76,77	-76,80	205	207	4	4	-	-
D	-35,17	-36,89	198	198	9	11	-	-
AB	17,07	16,12	74	87	83	72	-	-
AC	0,0	-4,91	3	2	-	-	1	0
AD	0,0	-1,09	0	2	-	-	0	2
BC	0,0	-3,29	1	0	-	-	1	0
BD	-16,03	-17,22	137	97	46	68	-	-
CD	6,71	9,01	52	58	94	90	-	-
ABC	0,0	-1,43	1	0	-	-	1	0
ABD	0,0	-1,58	1	2	-	-	1	1
ACD	0,0	0,01	0	2	-	-	0	2
BCD	0,0	2,63	5	3	-	-	1	0
ABCD	0,0	-1,90	1	0	-	-	1	0
Total			481	475	337	342	6	5



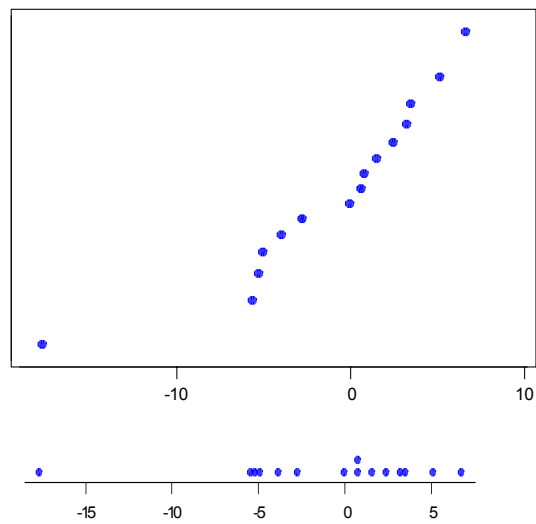
Caso 12. Error: $\sigma = 6,53$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	47,01	61,73	-	-	-	-	-	-
A	-23,60	-25,16	195	165	8	34	-	-
B	21,23	16,52	164	119	27	57	-	-
C	66,32	65,06	207	207	1	4	-	-
D	0,0	-0,54	0	0	-	-	0	0
AB	0,00	-2,83	0	2	-	-	0	0
AC	20,03	20,39	167	125	25	54	-	-
AD	0,0	-1,88	0	0	-	-	0	0
BC	0,0	0,02	0	0	-	-	0	0
BD	0,0	0,33	0	0	-	-	0	0
CD	0,0	8,92	142	89	-	-	79	45
ABC	0,0	-3,20	1	3	-	-	0	0
ABD	0,0	-3,19	0	3	-	-	0	0
ACD	0,0	-0,32	0	0	-	-	0	0
BCD	0,0	0,88	0	0	-	-	0	0
ABCD	0,0	-1,70	0	0	-	-	0	0
Total			482	360	61	149	79	45



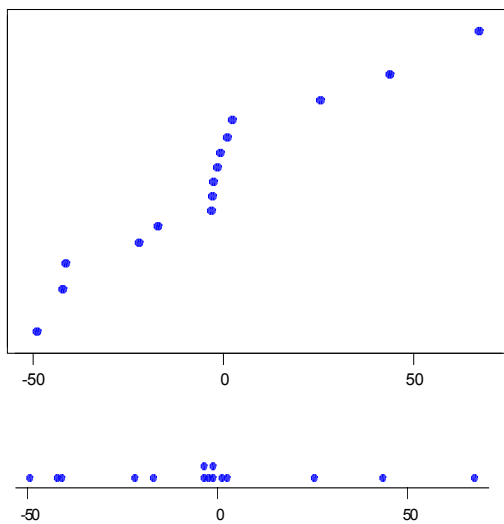
Caso 13. Error: $\sigma = 5,71$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	2,23	8,38	-	-	-	-	-	-
A	-6,19	-5,26	40	56	100	96	-	-
B	-22,05	-17,70	207	206	3	4	-	-
C	0,0	2,50	1	5	-	-	0	1
D	0,0	-5,01	39	53	-	-	16	19
AB	2,98	6,66	21	79	112	90	-	-
AC	0,0	1,55	0	1	-	-	0	1
AD	0,0	5,16	15	48	-	-	4	17
BC	0,0	3,51	3	16	-	-	0	5
BD	0,0	3,24	3	15	-	-	0	4
CD	0,0	0,64	0	0	-	-	0	0
ABC	0,0	0,79	0	0	-	-	0	0
ABD	0,0	-2,76	32	35	-	-	14	13
ACD	0,0	-3,93	34	38	-	-	14	13
BCD	0,0	-0,04	0	1	-	-	0	0
ABCD	0,0	-5,60	41	57	-	-	15	21
Total			196	252	215	190	63	94



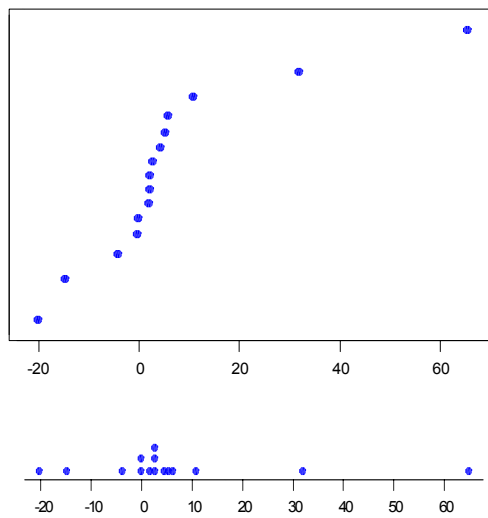
Caso 14. Error: $\sigma = 4,45$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	65,31	53,56	-	-	-	-	-	-
A	-24,71	-22,08	151	101	35	68	-	-
B	44,54	43,66	183	158	15	39	-	-
C	-49,34	-48,87	184	165	17	36	-	-
D	66,53	67,09	186	194	14	16	-	-
AB	26,60	25,58	171	127	21	53	-	-
AC	-15,65	-17,07	149	93	35	72	-	-
AD	0,0	-2,98	0	0	-	-	0	0
BC	0,0	-0,83	0	0	-	-	0	0
BD	-35,75	-42,06	182	154	18	41	-	-
CD	-35,23	-41,34	183	154	18	41	-	-
ABC	0,0	-2,49	0	0	-	-	0	0
ABD	0,0	-2,95	0	0	-	-	0	0
ACD	0,0	-1,58	0	0	-	-	0	0
BCD	0,0	2,43	2	0	-	-	1	0
ABCD	0,0	1,16	0	0	-	-	0	0
Total			756	562	173	366	1	0



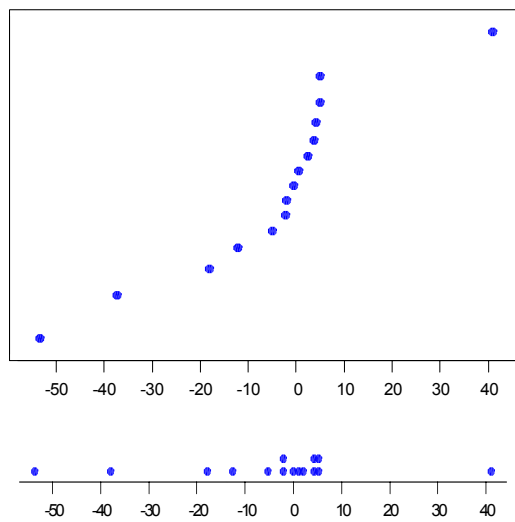
Caso 15. Error: $\sigma = 7,09$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	48,63	49,64	-	-	-	-	-	-
A	-15,37	-20,08	156	158	36	40	-	-
B	36,12	31,76	194	189	8	16	-	-
C	0,0	10,67	35	52	-	-	15	21
D	61,60	65,34	201	209	4	1	-	-
AB	-13,31	-14,75	137	138	44	48	-	-
AC	0,0	-0,27	4	0	-	-	1	0
AD	0,0	-0,29	3	0	-	-	1	0
BC	0,0	-4,25	15	2	-	-	5	1
BD	0,0	5,77	1	3	-	-	0	1
CD	0,0	5,13	1	2	-	-	0	1
ABC	0,0	1,98	0	0	-	-	0	0
ABD	0,0	4,29	1	2	-	-	0	1
ACD	0,0	2,07	0	0	-	-	0	0
BCD	0,0	2,08	0	0	-	-	0	0
ABCD	0,0	2,63	0	0	-	-	0	0
Total			394	384	92	105	22	25



Caso 16. Error: $\sigma = 7,11$

	Efecto		Identificados		Faltan		Sobran	
	Real	Estim.	ppn	puntos	ppn	puntos	ppn	puntos
Media	72,01	66,47	-	-	-	-	-	-
A	-19,49	-18,15	119	104	54	64	-	-
B	-30,98	-37,38	195	193	9	13	-	-
C	-58,55	-53,34	204	204	4	5	-	-
D	40,71	40,91	204	202	5	6	-	-
AB	0,0	-0,42	0	0	-	-	0	0
AC	0,19	4,07	0	2	116	116	-	-
AD	0,0	-2,22	1	0	-	-	0	0
BC	3,18	2,53	0	0	116	116	-	-
BD	-12,55	-12,15	99	93	64	74	-	-
CD	0,0	-1,94	0	0	-	-	0	0
ABC	0,0	3,74	0	2	-	-	0	0
ABD	0,0	-4,87	1	5	-	-	0	0
ACD	0,0	0,66	0	0	-	-	0	0
BCD	0,0	4,92	1	2	-	-	0	0
ABCD	0,0	4,94	2	3	-	-	0	0
Total			444	418	368	394	0	0



ANEXO 6

Método de Lenth

Sean c_1, c_2, \dots, c_m los estimadores de los efectos de los factores. El método de Lenth (1989) para determinar la significación de los efectos, en diseños factoriales a dos niveles sin replicas, consiste en los pasos siguientes:

Obtener un primer estimador de la desviación estándar de los efectos, usando la propiedad de que la mediana de un conjunto de valores independientes $N(0, \sigma)$, en valor absoluto, es aproximadamente igual a $0,675\sigma$ (i.e. $1.5\text{Med} \approx \sigma$), por tanto

$$S_0 = 1.5 \times \text{mediana} \{ |c_j|, j = 1, \dots, m \}$$

El valor de S_0 solo será un buen estimador si todos los efectos son inertes. Como esto se espera que no suceda es necesario rehacer el cálculo de la desviación tipo, eliminando los efectos que superen 2,5 veces el anterior estimador (los posibles efectos activos). Con ello se obtiene un seudo error estándar PSE.

$$\text{PSE} = 1.5 \times \text{mediana} \{ |c_j| < 2.5 \times S_0, j = 1, \dots, m \}$$

Para discriminar los efectos activos de los inertes Lenth construye un margen de error ME y un margen de error simultaneo SME, este último es más exigente que el primero y se evalúa para eliminar la tendencia que existe de tener estimaciones de efectos inertes que superan a ME. Como PSE se distribuye aproximadamente como una distribución χ^2 , con $m/3$ grados de libertad

$$\text{ME} = \text{PSE} \times t_{0.975, (m/3)}$$

$$SME = PSE \times t_{\gamma, (m/3)} \quad \text{con } \gamma = (1 + 0.95^{1/m})/2$$

Los estimadores de los contrastes que en valor absoluto sean inferiores a ME se consideran inertes, los que sean mayores que SME se juzgan *probablemente* activos y los que estén entre ME y SME se consideran *posiblemente* activos. Notar que Lenth construye sus márgenes de error para $\alpha = 0,05$ y que ME se determina como en una prueba clásica t de Student.

Comentarios al uso del método de Lenth en la representación de los efectos en papel probabilístico normal

Es natural que si un software estadístico desea destacar los efectos que en el papel probabilístico se pueden asumir significativos deberá usar obviamente algún criterio no visual.

Si se utiliza una estimación de la desviación estándar de los efectos para señalar los que se pueden considerar significativos y además se conoce su distribución, entonces ¿por qué no se considera este procedimiento una prueba formal y mejor se evalúan los valores p de los efectos? Los cuales claramente proporcionan mayor información al investigador.

Si es únicamente un método gráfico de selección de efectos significativos, sería más conveniente que no se distinguieran los puntos y quedara en manos del investigador la clasificación.

Si es un método formal es innecesario el gráfico o puramente informativo. Emplear una mezcla del método de Daniel y el de Lenth puede condicionar que el investigador se apegue a los efectos señalados y no analice con detenimiento los valores de los efectos.

A final de cuentas resulta un método formal encubierto para el usuario.

ANEXO 7

Macro que elabora el gráfico Alfa-Beta

```
macro
gAlfaBetaMul Sef gl nf Cds Alfa Beta Corte Cpila

#
# Macro que obtiene el gráfico Alfa-Beta para un efecto
# dado, en valor absoluto.

#
# Los datos de entrada son:
#
# Sef Desviación estándar de los efectos
# gl grados de libertad de PSE
# nf Número de distancias significativas ( nf <= 5)
# Cds Columna con los valores de ds
#
#
# Los datos de salida son:
#
# Alfa Columna con los valores alfa
# Beta Columna con los valores beta
# Corte Columna con los valores frontera
# Cpila Columna con los valores alfa-beta
#

Mconstant Efe gl Sef es i vc val bet j inc ind mef mvc mbeta
Mconstant k1 k2 k3 nf
Mcolumn Cds Cefe Alfa Beta Corte Cpila Csub Efectos
Mcolumn Calfa.1-Calfa.5 Cbeta.1-Cbeta.5 Csub1 Csub2

# Verificar que nf <= 5

if nf > 5
```

```
        print '**** error nf debe ser <= 5 ****'
```

```
    exit
```

```
endif
```



```
# Poner encabezados
```



```
    Name Alfa 'Alfa' Beta 'Beta' Corte 'Valor frontera'
```

```
    Name Cpila 'alfa-beta'
```



```
# Generar los valores de corte
```

```
#
```



```
    let ind = 0
```

```
    let k2 = nf*2
```

```
    do i = 1:k2
```

```
        let inc = -0.1
```

```
        do j = 1:81
```

```
            let inc = inc + 0.1
```

```
        let ind = ind + 1
```

```
        let Corte(ind) = inc
```

```
    enddo
```



```
# Hacer el proceso para cada distancia significativa
```



```
    do k1 = 1:nf
```



```
# Calcular el efecto estandarizado
```



```
        let es = Cds(k1)/Sef
```



```
# Verificar que el efecto sea positivo
```



```
        if es le 0
```

```
            print '**** error el efecto debe ser positivo ****'
```

```
            exit
```

```
        endif
```



```
# Encontrar los valores alfa y beta
```



```
    do i = 1:81
```



```
let vc = Corte(i)

CDF vc val;
  T gl.

let Calfa.k1(i) = 1 - val# alfa/2

CDF vc bet;
  T gl es.

# Quitar area cola izquierda

let mvc=-vc
CDF mvc mbeta;
  T gl es.
let bet = bet - mbeta

let Cbeta.k1(i) = bet          # beta
enddo

let Calfa.k1 = Calfa.k1 * 2    # alfa

enddo

# Apilar

Stack Calfa.1-Calfa.nf Alfa;
  Subscripts Csub1;
  UseNames.
Stack Cbeta.1-Cbeta.nf Beta;
  Subscripts Csub2;
  UseNames.
Stack Alfa Beta Cpila
Stack Csub1 Csub2 Csub

# Cambiar escala del eje de las x

let Corte = Corte * Sef
copy Corte Efectos
let mef = max(Efectos)

# Graficar

Plot Cpila*Corte;
```

```
Connect Csub;
  Type 1 2 1 3 1 4;
  Color 10 8 3 6 2 11;
  Size 3 3;
  Title "Gráfico Alfa-Beta";
  TSize 1.25;
Text mef 1.05 "      Riesgo";
TSize 0.9;
  Minimum 1 0;
  Maximum 1 mef;
  Minimum 2 0;
  Maximum 2 1;
ScFrame;
ScAnnotation;
Axis 1;
Axis 2;
Tick 1 -1:mef;
TSize 0.7;
Tick 2 0:1/0.1 0.05;
  TSize 0.7;
Grid 2;
  Type 2 3;
  Color 14 1;
Grid 1;
  Type 2 3;
  Color 14 1;
Grid 2.

endmacro #####
```