

# DISEÑO DE BLOQUES

## MODELO DE EFECTOS ADITIVOS

---

**SUPUESTO DE DISEÑO DE BLOQUES 2.** Diversos autores han analizado la relación entre la ansiedad y la ejecución, encontrando que es curvilínea; de tal manera que la ejecución es óptima con un nivel de arousal moderado o intermedio, y los niveles de arousal demasiado bajos o demasiado altos conducen a ejecuciones pobres. Un psicólogo deportivo ha diseñado un nuevo procedimiento que prepara psicológicamente a los futbolistas para el lanzamiento de los penalties. Emplea unas técnicas de autocontrol que incluyen la visualización de la situación, la concentración mental y la relajación. En un estudio previo comprobó que los deportistas de alta competición mejoraban la ejecución, pero algunos estudios posteriores no confirmaban los satisfactorios resultados iniciales. El psicólogo consideraba que su procedimiento había fracasado en algunas ocasiones porque el futbolista se había distendido excesivamente por los ejercicios de relajación. Para paliar esta deficiencia incluye en su programa de entrenamiento un ejercicio cognitivo de autosugestión que incrementa el nivel de arousal. El cambio introducido en su programa lo somete a prueba con 12 futbolistas extraídos aleatoriamente de cada división, cuatro juegan en la primera división, cuatro en la segunda A y otros tantos, en la segunda B. Una vez concluido el programa inicial, dos de cada categoría, seleccionados al azar, practican el ejercicio cognitivo que incrementa el arousal. Todos los deportistas, después del entrenamiento realizan una tanda de 30 lanzamientos al mismo portero. La hipótesis es que los futbolistas entrenados para aumentar el arousal conseguirán más goles. En el diseño se bloquea la calidad técnica de los jugadores mediante la categoría en la que milita el futbolista, considerando que este factor no interactúa con el tratamiento, mejorando la ejecución de los futbolistas sin que importe su categoría.

Por lo tanto, el supuesto 2 de bloqueo plantea un diseño de bloques con la variable de entrenamiento en un ejercicio cognitivo de autosugestión (arousal medio) frente al grupo de arousal bajo que no recibe el programa de intervención, representando esta fuente de varianza la denominada varianza

sistemática primaria. Además, se controla con el diseño una posible fuente de varianza sistemática secundaria que es la técnica deportiva de cada jugador operacionalizada por su pertenencia a un determinado grupo o categoría futbolística. Los datos se representan en la tabla 1 y la primera tarea consiste en calcular las medias de cada fuente de varianza.

Tabla 1. Puntuaciones en el experimento

**Tabla 1** *Número de goles*

(A) Arousal	(B) Categoría			$\bar{Y}_a$	
	$b_1$ 2ª B	$b_2$ 2ª A	$b_3$ 1ª		
$a_1$ Bajo	8	11	21		
$\bar{Y}_{a_1 b.}$	14	7	17		
$a_2$ Medio	14	16	25		
$\bar{Y}_{a_2 b.}$	8	22	29		
$\bar{Y}_b$					$\bar{Y} =$

Como se trata de un **diseño de bloques que plantea un modelo de efectos aditivos**, lo primero que hay que hacer es comprobar el supuesto de aditividad. Es decir, comprobar que efectivamente el modelo es de efectos aditivos. Para ello es necesario obtener, en primer lugar, los resultados de la tabla del ANOVA de un modelo no aditivo, es decir, con efecto de interacción AB y comprobar que esa fuente de interacción no es estadísticamente significativa ( $p > .05$ ). Para comprobar el supuesto de aditividad de los efectos habrá que trabajar estimando los efectos de las fuentes de varianza A, B, AB y error. Así, se comienza con el cálculo de los grados de libertad de cada fuente de varianza (tabla 2) y después se estiman tantos efectos como grados de libertad tenga la fuente de varianza (tabla 3) y el resto se completa hasta que sumen 0 los efectos de cada fuente de varianza (tabla 4).

Tabla 2. Calcular los grados de libertad de cada fuente de varianza

$$\begin{aligned}
 \text{totales} &\equiv gl_T = N - 1 = \quad - 1 = \\
 \text{entre A} &\equiv gl_A = a - 1 = \quad - 1 = \\
 \text{entre B} &\equiv gl_B = b - 1 = \quad - 1 = \\
 \text{interacción AB} &\equiv gl_{AB} = gl_A \cdot gl_B = \quad \cdot \quad = \\
 \text{residual} &\equiv gl_w = gl_T - (gl_A + gl_B + gl_{AB}) = \\
 &= \quad - (\quad + \quad + \quad) =
 \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta los grados de libertad de cada fuente de varianza se pasa a completar la tabla de efectos, estimando solamente el número de efectos necesarios que se han especificado en los grados de libertad de cada fuente de varianza (tabla 3).

Tabla 3. Efectos que necesariamente hay que estimar según los grados de libertad de cada fuente de varianza

$$\begin{aligned}
 a_1: \text{Arousal: Bajo} \\
 \rightarrow \hat{\alpha}_1 &= \bar{Y}_{a_1} - \bar{Y} = \quad - \quad = \\
 b_1: \text{Categoría: } 2^a B \\
 \rightarrow \hat{\beta}_1 &= \bar{Y}_{b_1} - \bar{Y} = \quad - \quad = \\
 b_2: \text{Categoría: } 2^a A \\
 \rightarrow \hat{\beta}_2 &= \bar{Y}_{b_2} - \bar{Y} = \quad - \quad = \\
 a_1 b_1: \rightarrow \hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_1 &= \bar{Y}_{a_1 b_1} - \bar{Y} - \hat{\alpha}_1 - \hat{\beta}_1 = \\
 &= \quad - \quad - \quad - \quad = \\
 a_1 b_2: \rightarrow \hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_2 &= \bar{Y}_{a_1 b_2} - \bar{Y} - \hat{\alpha}_1 - \hat{\beta}_2 = \\
 &= \quad - \quad - \quad - \quad =
 \end{aligned}$$

Posteriormente ya se puede completar la tabla de efectos sabiendo que la suma de los efectos de cada fuente de varianza especificada en el modelo de diseño debe ser igual a cero (tabla 4).

Tabla 4. Completar la tabla de efectos

		<b>(B)</b>			
		$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	
<b>(A)</b>	$\hat{\alpha}_1$				
	$\hat{\alpha}_2$				
					$\bar{Y} =$

A continuación ya se procede con el desarrollo de la ecuación estructural del modelo factorial no aditivo (tabla 5) ya que, como se ha comentado anteriormente, el primer paso es comprobar el supuesto de aditividad de los efectos y por eso se realiza este modelo para observar si en la tabla del ANOVA el efecto de interacción AB es o no estadísticamente significativo (tabla 6). Si no es un efecto estadísticamente significativo ( $p > .05$ ) entonces se habrá comprobado que se cumple el supuesto de aditividad y se prosigue con la comprobación del supuesto 2 (tabla 7) que hace referencia a que la variable de bloqueo sí debe ser una fuente de varianza cuyo efecto es estadísticamente significativo ( $p \leq .05$ ).

Tabla 5. Desarrollar la ecuación estructural

	<i>N</i>	<i>Y</i>	$\bar{Y}$	<i>y</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>AB</i>	$\hat{Y}$	<i>E</i>
$a_1 b_1$	1	8							
...	2	14			.....	.....	.....	.....	.....
$a_1 b_2$	3	11							
.....	4	7			.....	.....	.....	.....	.....
$a_1 b_3$	5	21							
	6	17							
$a_2 b_1$	7	14							
.....	8	8			.....	.....	.....	.....	.....
$a_2 b_2$	9	16							
.....	10	22			.....	.....	.....	.....	.....
$a_2 b_3$	11	25							
	12	29							
<b>SC</b>									
<b>gl</b>									
				<b>TOTAL</b>	<b>FACTORES</b>			<b>ERROR</b>	

Tabla 6. Realizar la tabla del ANOVA del modelo no aditivo y comprobar el supuesto de aditividad

**Tabla 3** *Diseño factorial 2 × 3 con interacción*

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>Razón F</i>	<i>p</i>	$\hat{\eta}^2$
<i>A</i>					0.050	
<i>B</i>					0.050	
<i>A × B</i>					0.050	
<i>Error</i>						
<i>Total</i>				$F_{tablas}$	=	
				$F_{tablas}$	=	

Una vez se ha comprobado que el efecto de interacción AB no es estadísticamente significativo y, por lo tanto, se cumple el supuesto de aditividad de los efectos de los factores del modelo, se pasa ya a plantear el modelo aditivo y se recalculan los resultados de la tabla de ANOVA (tabla 7).

Tabla 7. Realizar la tabla del ANOVA del modelo aditivo y comprobar el supuesto del efecto del bloqueo. Interpretar el efecto de la varianza sistemática primaria

**Tabla 4** *Diseño factorial 2 × 3*

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>Razón F</i>	<i>p</i>	$\hat{\eta}^2$
<i>A</i>					0.050	
<i>B</i>					0.050	
<i>Error</i>						
<i>Total</i>				$F_{tablas}$	=	
				$F_{tablas}$	=	

Por último y como ejercicio docente, se puede comprobar qué hubiese sucedido si el investigador o investigadora no bloquea la variable que es fuente de varianza sistemática secundaria y hubiese llevado a cabo un diseño unifactorial con la variable A únicamente (tabla 8).

Tabla 8. ¿Cuál habría sido la conclusión en el caso de no haber realizado el bloqueo?

**Tabla 5** *Diseño unifactorial*

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>Razón F</i>	<i>p</i>	$\hat{\eta}^2$
<i>A</i>					0.050	
<i>Error</i>						
<i>Total</i>				$F_{\text{tabla}}$	=	

**Solución del Supuesto 2.**

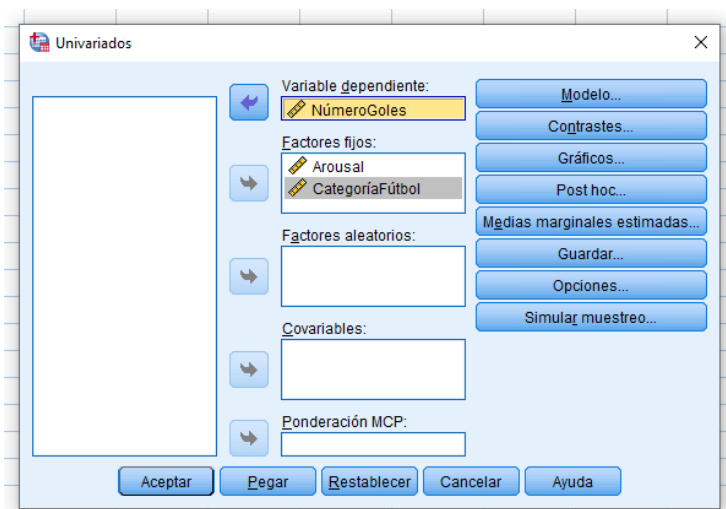
En primer lugar, se introducen los datos en el SPSS para obtener toda la información vinculada con el diseño de la investigación (figura ).

	Arousal	CategoríaFútbol	NúmeroGoles
1	Bajo	2ª B	8
2	Bajo	2ª B	14
3	Bajo	2ª A	11
4	Bajo	2ª A	7
5	Bajo	1ª	21
6	Bajo	1ª	17
7	Medio	2ª B	14
8	Medio	2ª B	8
9	Medio	2ª A	16
10	Medio	2ª A	22
11	Medio	1ª	25
12	Medio	1ª	29

→

	Arousal	CategoríaFútbol	NúmeroGoles
1	1	1	8
2	1	1	14
3	1	2	11
4	1	2	7
5	1	3	21
6	1	3	17
7	2	1	14
8	2	1	8
9	2	2	16
10	2	2	22
11	2	3	25
12	2	3	29

Se ejecuta con el SPSS y se obtienen las siguientes tablas relacionadas con los estadísticos descriptivos y el análisis de la varianza (ANOVA).



➔ **Análisis univariado de varianza**

[ConjuntoDatos0]

Factores inter-sujetos			
		Etiqueta de valor	N
Arousal	1	Bajo	6
	2	Medio	6
CategoríaFútbol	1	2ª B	4
	2	2ª A	4
	3	1ª	4

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: NúmeroGoles

Arousal	CategoríaFútbol	Media	Desv. Desviación	N
Bajo	2ª B	11,00	4,243	2
	2ª A	9,00	2,828	2
	1ª	19,00	2,828	2
	Total	13,00	5,404	6
Medio	2ª B	11,00	4,243	2
	2ª A	19,00	4,243	2
	1ª	27,00	2,828	2
	Total	19,00	7,746	6
Total	2ª B	11,00	3,464	4
	2ª A	14,00	6,481	4
	1ª	23,00	5,164	4
	Total	16,00	7,097	12

¿Se cumple el supuesto de aditividad de los efectos del modelo?

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Variable dependiente: NúmeroGoles						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	476,000 <sup>a</sup>	5	95,200	7,323	,015	,859
Intersección	3072,000	1	3072,000	236,308	,000	,975
Arousal	108,000	1	108,000	8,308	,028	,581
CategoríaFútbol	312,000	2	156,000	12,000	,008	,800
Arousal * CategoríaFútbol	56,000	2	28,000	2,154	,197	,418
Error	78,000	6	13,000			
Total	3626,000	12				
Total corregido	554,000	11				

a. R al cuadrado = ,859 (R al cuadrado ajustada = ,742)

**MANUAL:** MODEL ADITIVO:

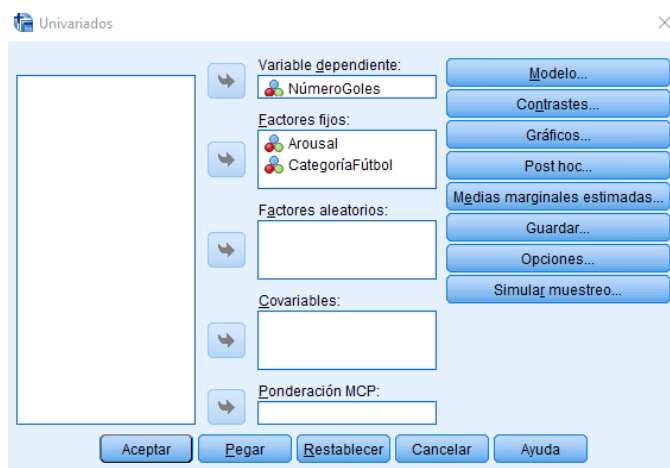
-SC ERROR= 56+78=134

-GL ERROR= 6+2= 8

Sí se cumple, luego se procede con el planteamiento del modelo de efectos aditivos de los factores. Se ejecuta ese diseño factorial con efectos aditivos y se comprueba que la variable de bloqueo es estadísticamente significativa y si lo es ya se pasa a la interpretación de la relación entre las variables explicativas que han sido redactadas en la hipótesis de la investigación (variable independiente, fuente de varianza sistemática primaria, y la variable dependiente).

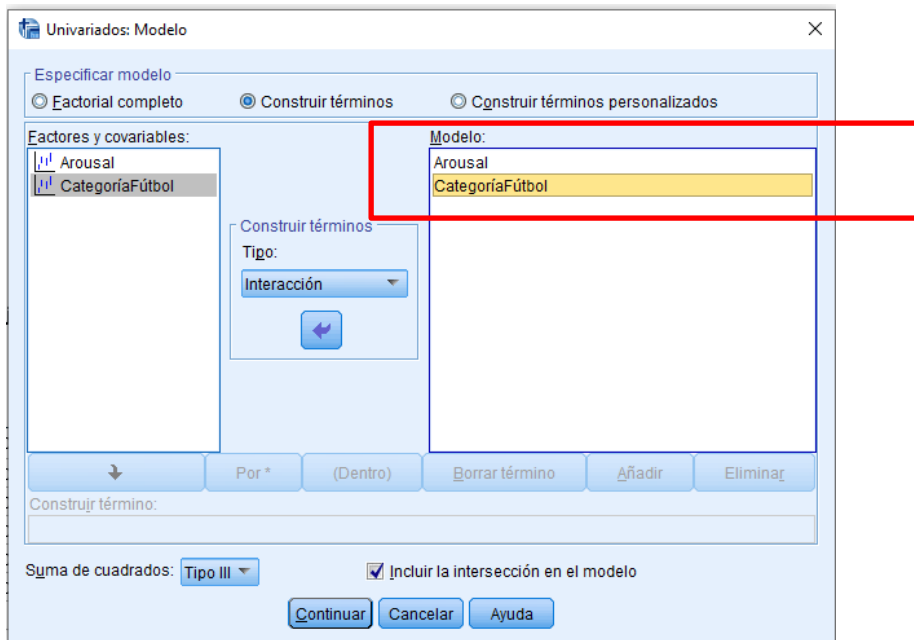
Para ejecutar el diseño de bloques de forma manual se procede sumando la información de Suma de Cuadrados y grados de libertad de la fuente de la interacción al error. Y se recalcula de nuevo la información de la fuente de varianza del error. Las sumas de cuadrados y grados de libertad de los efectos principales A y B no se modifican. A continuación se recalculan todos los valores de las razones F, tanto la del factor A como la del B, ya que se ha modificado el término de error. Y, finalmente se realiza el contraste estadístico comparando con los valores de la  $F$  teórica teniendo en cuenta los nuevos grados de libertad del error.

Para ejecutar el diseño de bloques con el SPSS es necesario forzar el modelo aditivo en el apartado de Modelo



Y se construye un modelo de diseño factorial sin efecto de interacción (modelo aditivo).





Se ejecuta ese modelo aditivo y ahora se obtiene el análisis de la varianza del diseño de bloques

### Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: NúmeroGoles

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	420,000 <sup>a</sup>	3	140,000	8,358	,008	,758
Intersección	3072,000	1	3072,000	183,403	,000	,958
Arousal	108,000	1	108,000	6,448	,035	,446
CategoríaFútbol	312,000	2	156,000	9,313	,008	,700
Error	134,000	8	16,750			
Total	3626,000	12				
Total corregido	554,000	11				

a. R al cuadrado = ,758 (R al cuadrado ajustada = ,667)

A partir de aquí ya se pueden redactar los resultados del diseño de bloques.

## Redacción de los resultados del diseño de bloques

Los resultados del diseño entre-grupos de bloques 2 x 3 (arousal: bajo / medio y categoría en el fútbol (bloqueo): 2ª B, 2ª A y 1ª) univariado respecto a la variable de número de goles marcados en una tanda de treinta lanzamientos de penalti, señalan que los datos se ajustan a un modelo aditivo sin interacción entre la variable de arousal y la variable de bloqueo de categoría futbolística,  $F(2, 6) = 2.2$ ,  $p = .197$ ,  $\eta^2 = .10$  y, además, la variable de bloqueo de categoría futbolística es estadísticamente significativa ( $F(2, 8) = 9.1$ ,  $p = .008$ ,  $\eta^2 = .56$ ), siendo adecuada el control de su variabilidad en el diseño. El análisis del nivel de arousal permite concluir que hay un efecto estadísticamente significativo de la variable de arousal,  $F(1, 8) = 6.4$ ,  $p = .035$ ,  $\eta^2 = .20$ . En concreto, los jugadores que marcan más goles son aquellos que tienen un nivel de arousal medio ( $M = 19$ ,  $DT = 7.7$ ,  $n = 6$ ) en comparación con los jugadores que tienen un nivel bajo de arousal ( $M = 13$ ,  $DT = 5.4$ ,  $n = 6$ ). En definitiva, se ha comprobado que tener un nivel medio de arousal mejora la ejecución en el fútbol ya que se marcan más goles en una situación de penalti respecto a los jugadores que tienen un nivel bajo de arousal. Por ello, se recomienda que los jugadores reciban un entrenamiento mediante ejercicios cognitivos que incrementen el arousal hasta un nivel medio.