

Aplicación del diseño 2^k para la obtención de la condición óptima de operatividad en un experimento docente del PIE de ADE-Derecho

Autores: María Isabel López Rodríguez¹
Jesús Palací López²
Guillermo Villanueva Ibáñez²
Javier Herrera Llorente²

RESUMEN:

Considerando como universo a los alumnos de tercer curso del Proyecto de Innovación Educativa (PIE) de ADE-Derecho, en la Facultat d'Economia de la Universitat de València, se pretende enunciar algunos factores que pudieran influir sobre el rendimiento académico de los mismos y analizar los efectos que estos pudiesen tener sobre la variable repuesta (nota obtenida en el examen de la 1ª convocatoria). Para ello se utilizará, a nivel metodológico, un diseño 2^k , esto es, un diseño factorial equilibrado en el que cada factor se estudia a 2 niveles.

Palabras clave: PIE, doble titulación, factores, efectos, diseño 2^k , rendimiento académico.

1 Facultat d'Economia, Universitat de València. Edificio Departamental Oriental. Avda los Naranjos s/n, 46022, Valencia.
María.I.Lopez@uv.es.

2 Centro de Tecnología Nanofotónica. Universidad Politécnica de Valencia, Edificio 8F | Acceso K | Planta 1, Camino de Vera, s/n, 46022 Valencia. jespalpe@ntc.upv.es, guivilib@ntc.upv.es.

1. INTRODUCCIÓN.

A lo largo del curso académico 2007-2008, se detectó dentro de los dos grupos del tercer curso del Proyecto de Innovación Educativa (PIE) de ADE-Derecho, en la asignatura “Estadística II” un problema que dificultaba el proceso enseñanza-aprendizaje. Dicho problema se centraba básicamente en:

- La elevada competitividad de los alumnos, lo que se traducía en la existencia de círculos cerrados y entorpecía la labor en equipos más heterogéneos que los ya confeccionados por los propios estudiantes.
- Una parte esencial del temario de la asignatura no estaba siendo asimilado con la profundidad necesaria por parte de los alumnos. En efecto, dado que en el proceso de evaluación continua³ no se abarcaban temas trascendentales como la estimación y la contrastación, éstos no estaban siendo objeto por parte del alumnado de un estudio tan profundo como el llevado a cabo en los temas anteriores y que sí que se habían sometido al tipo de evaluación mencionada.

Por todo lo expuesto, buscando una solución al problema indicado, se propuso a los alumnos la realización de una actividad ad hoc que se caracterizaba básicamente por: 1) Ser de carácter voluntario y lúdico, 2) Obligar a trabajar en equipo a los estudiantes, 3) Permitir la adquisición de los conocimientos fundamentales de la asignatura anteriormente citados.

Explicándolo brevemente, dicha actividad consistió en la formación de diversos equipos de trabajo que debían responder a preguntas formuladas por el profesor acerca de los temas de estimación y contrastación.

La respuesta por parte de los estudiantes fue muy buena, pues la participación alcanzó el 65% de los que se presentaron en el examen correspondiente a la 1ª convocatoria y además se observó in situ un trabajo de equipo fluido y cordial así como una adquisición muy aceptable por parte de los alumnos de los bloques temáticos anteriormente citados.

Así, el objetivo del estudio que se presenta no es la exposición detallada del desarrollo de dicha actividad, sino el análisis cuantitativo de los resultados obtenidos. Para ello, se utilizará un diseño 2^k , siendo por tanto necesario previamente identificar la variable respuesta así como los factores seleccionados.

Dado que, tal y como se ha indicado, se pretende cuantificar los resultados obtenidos referentes al rendimiento académico parece que una *variable respuesta* coherente sería la nota obtenida en el examen.

En cuanto a los *factores*, teniendo en cuenta que:

- Uno de los considerados debía ser la “asistencia o no a la actividad grupal propuesta”.
- No resultaba conveniente considerar un número muy elevado de factores, ya que los que tengan una influencia considerable sobre la variable respuesta supondrán una pequeña parte de ellos.
- La disponibilidad de los datos correspondientes a los alumnos de ambos grupos, así como su interés.

Se optó por considerar los siguientes factores

- Asistencia a la actividad voluntaria propuesta.

³ En las asignaturas del PIE se realiza evaluación continua, de manera que en el caso de la asignatura “Estadística II”, ubicada en el primer semestre del curso, dicha evaluación supone el 30% de la nota final y abarca los temas que han podido impartirse hasta aproximadamente finales de Noviembre.

- Vía de acceso del alumno. Es decir si accedieron al PIE bien por ADE, bien por Derecho. La importancia de este factor reside en que la formación estadística previa del alumno diferirá presumiblemente según hayan cursado un bachillerato de carácter científico o social.
- Grupo. A la hora de llevar a cabo el proceso de matrícula pueden elegir matricularse en el grupo A (de carácter bilingüe) o en el B (castellano)

Por otra parte, y en la línea metodológica del diseño 2^k , para analizar los posibles efectos de los factores considerados sobre la variable respuesta se hará uso del método gráfico de Daniel y al Análisis de la Varianza (ANOVA). Su uso permitirá, en el caso de que existan efectos estadísticamente significativos, obtener la Condición Óptima de Operatividad (C.O.O.), esto es identificar cual es el nivel óptimo para cada uno de los efectos significativos.

En el caso que se presenta lo que se persigue es detectar en cual de los dos niveles resulta más favorable que estén para conseguir optimizar el aprendizaje del alumnado.

2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO.

2.1. OBJETIVO.

Recuérdese que el objetivo del estudio es determinar la existencia o no de efectos significativos de los factores:

- Vía de acceso del alumno (V)
- Grupo (G)
- Asistencia a la actividad (A)

Sobre la variable respuesta “Nota Examen” correspondiente a la asignatura “Estadística II”

Para ello se definirán previamente cada uno de los posibles niveles de los factores (“+” o “-“). De esta manera, y sin que la elección influya en manera alguna en el resultado:

	Nivel -	Nivel +
Vía de acceso	Derecho	ADE
Grupo	B	A
Asistencia a la actividad	No	Sí

Con lo que se parte de la existencia de 8 poblaciones definidas atendiendo a las combinaciones posibles de los factores, de manera que el efecto (simple o de interacción) será significativo en el caso de que se rechace la igualdad de las medias de la variable respuesta en dichas poblaciones.

2.2. OBTENCIÓN DE C.O.O. PARA LA VARIABLE RESPUESTA.

Atendiendo a lo expuesto anteriormente y dado que se han considerado tres factores, con dos niveles para cada uno de ellos, el diseño es 2^3 . La matriz de diseño junto con los valores observados experimentalmente se muestra a continuación.

Tabla 1. Efectos estimados

V	G	A	Nota examen
-	-	-	7,7
+	-	-	6,7
-	+	-	4,5
+	+	-	7
-	-	+	7,9
+	-	+	8,6
-	+	+	6,1
+	+	+	8,5

Obteniéndose, a partir de ella, los valores de los efectos estimados, tanto simples como los debidos a todas las interacciones posibles:

promedio = 7,125

A:VIA ACCESO	= 1,15
B:GRUPO	= -1,2
C:ACTIVIDAD	= 1,3
AB	= 1,3
AC	= 0,4
BC	= 0,25
ABC	= -0,45

Por otra parte, con objeto de detectar los efectos que son significativos, se procede a realizar un ANOVA, cuyos resultados se muestran a continuación:

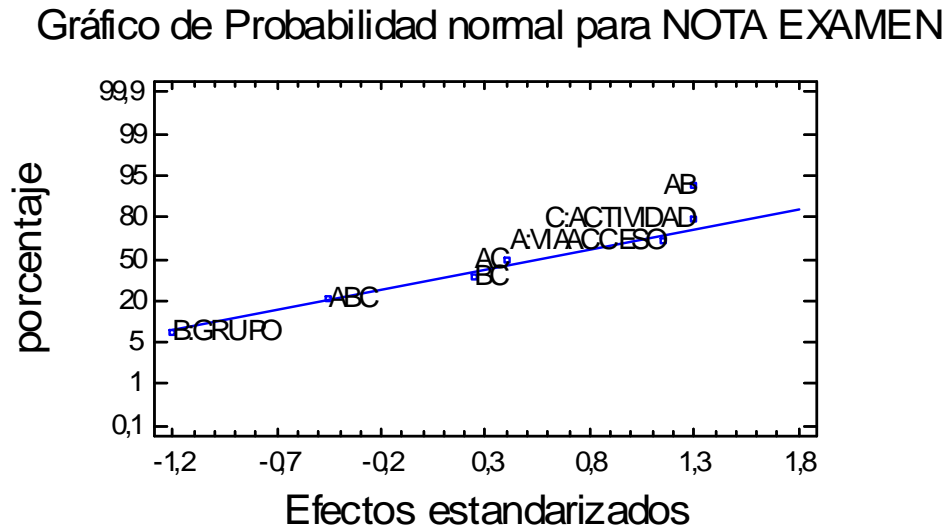
Tabla 2. ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:VIA ACCESO	2,645	1	2,645		
B:GRUPO	2,88	1	2,88		
C:ACTIVIDAD	3,38	1	3,38		
AB	3,38	1	3,38		
AC	0,32	1	0,32		
BC	0,125	1	0,125		
ABC	0,405	1	0,405		
Error Total	0,0	0			
Total (corr.)	13,135	7			

Debido a que se tienen en cuenta todos los efectos simples e interacciones posibles, y al no haber replicaciones, no quedan grados de libertad (gl) para el residuo. Por otra parte, como se trata de un diseño 2^3 no replicado el número de datos de los que se dispone es 8.

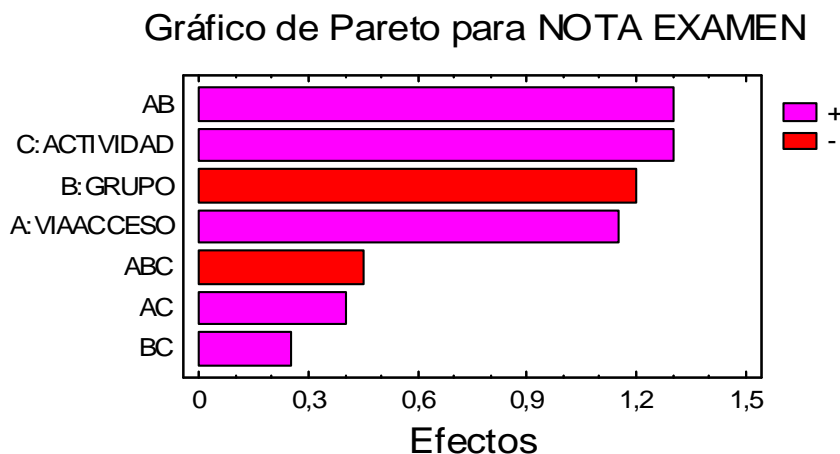
Con objeto de determinar qué efectos son poco significativos, se recurre a la obtención del gráfico de Daniel y al gráfico de Pareto:

Figura 1. Representación de los efectos estandarizados.



En la Figura 1 se representan los distintos efectos estandarizados sobre papel probabilístico normal. Se puede apreciar como los efectos más significativos se alejan de la recta representada, mientras que los menos significativos se sitúan sobre ella. A pesar de que esta gráfica proporciona una idea aproximada de cuáles son los efectos más significativos, es conveniente representar el gráfico de Pareto, ya que nos permite corroborar lo observado:

Figura 2. Gráfico de Pareto para los distintos efectos.



A partir de esto se observan cuatro efectos significativos: tres positivos (AB, A, C) y uno negativo (B). De forma que los factores que tienen más influencia en la nota del examen son, de mayor a menor importancia:

- La interacción entre la vía de acceso y el grupo.
- La realización o no de la actividad voluntaria.
- El grupo.
- La vía de acceso.

Una vez detectados los efectos más significativos se elimina el resto, de manera que queden g.l. libres para el residuo y se pueda continuar con el análisis. En estas condiciones se vuelve a realizar un ANOVA:

Tabla 3. ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:VIA ACCESO	2,645	1	2,645	9,34	0,0552
B:GRUPO	2,88	1	2,88	10,16	0,0498
C:ACTIVIDAD	3,38	1	3,38	11,93	0,0408
AB	3,38	1	3,38	11,93	0,0408
Error Total	0,85	3	0,283333		
Total (corr.)	13,135	7			

A partir de este análisis se puede constatar lo que se había deducido de los gráficos. Para un nivel de significación de $\alpha=0,05$ resultan significativos los efectos grupo, actividad e interacción entre vía de acceso y grupo. Sin embargo al resultar significativa esta interacción no se debe eliminar ninguno de los efectos que la componen por lo que se debe mantener el efecto vía de acceso a lo largo del análisis.

Para determinar las condiciones operativas óptimas, es decir la combinación de niveles de los efectos significativos que maximiza la nota del examen, se obtienen los gráficos correspondientes a los efectos significativos (Figuras 3 y 4).

Figura 3. Gráfico de los efectos principales según su nivel.

Gráfico de Efectos principales para NOTA EXAMEN

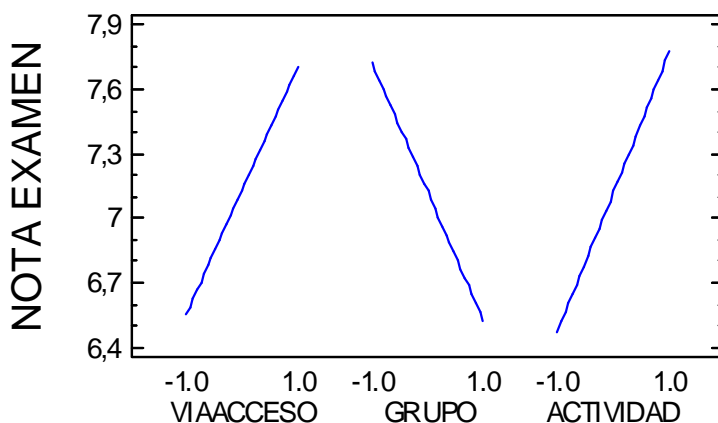
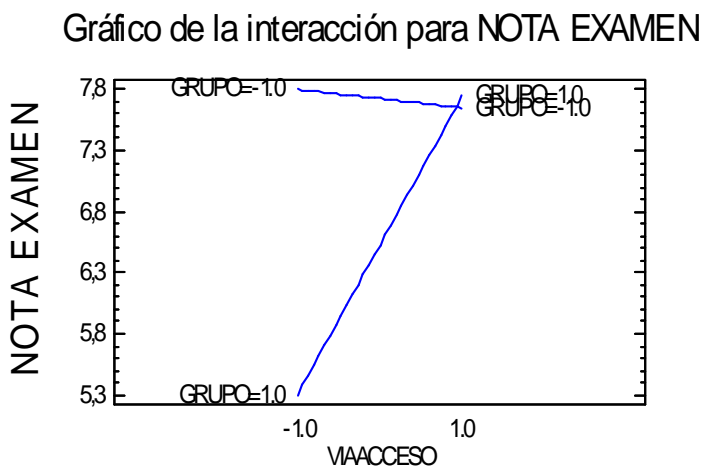


Figura 4. Gráfico de la interacción según su nivel.



A partir de estos gráficos, y teniendo en cuenta los datos contenidos en la Tabla 1, se deduce que la C.O.O. es:

V⁻G⁻A⁺

Lo cual queda corroborado por la salida del paquete estadístico utilizado:

Respuesta Optimizada

Meta: maximizar NOTA EXAMEN

Valor Optimo = 8,45

Tabla 4. Niveles de los efectos significativos para C.O.O. de la media.

Factor	Inferior	Mayor	Optimo
VIAACCESO	-1,0	1,0	-1,0
GRUPO	-1,0	1,0	-1,0
ACTIVIDAD	-1,0	1,0	1,0

En la que además se obtiene que, para esa condición, la media estimada es de 8,45.

2.3. ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS.

Antes de seguir con el estudio se llevará a cabo un análisis de los residuos, con el objetivo de comprobar la Normalidad de los mismos y detectar la existencia de datos anómalos. En el caso de encontrarse algún dato anómalo habría que excluirlo del estudio y repetir el proceso anterior. Los resultados que derivan de este análisis son:

Media = 0,0

Mediana = 0,0

Varianza = 0,121429

Desviación típica = 0,348466

Mínimo = -0,55

Máximo = 0,55

Rango = 1,1

Asimetría = 0,0

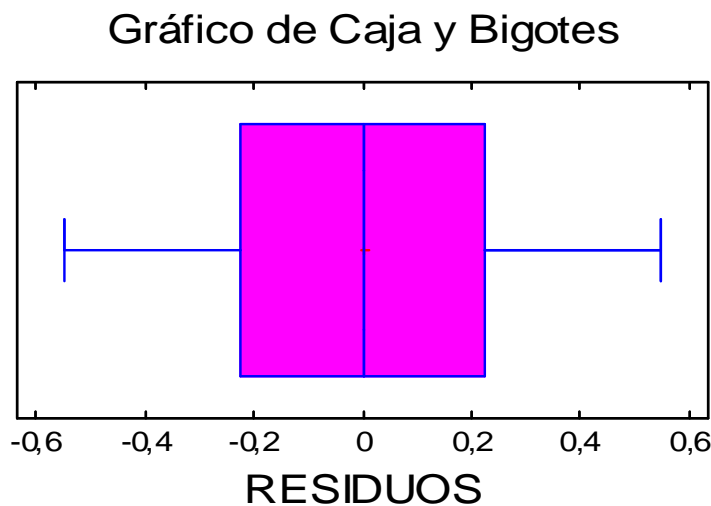
Asimetría tipi. = 0,0

Curtosis = -0,239599

Curtosis típificada = -0,138332

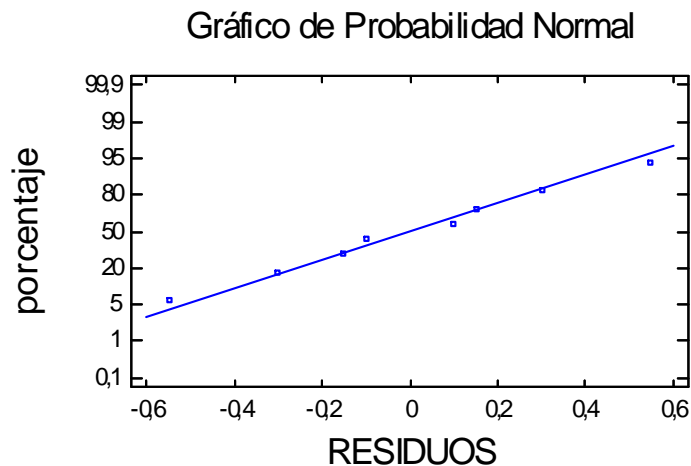
Puesto que los valores estandarizados de los coeficientes de asimetría y curtosis están dentro del intervalo (-2,2) puede afirmarse que no hay asimetría ni datos anómalos. Para corroborar esto se obtienen un Box-Whiskers y un gráfico probabilístico normal.

Figura 5. Gráfico Box-Whiskers de los residuos.



Dado que ningún residuo cae fuera de los límites establecidos por los bigotes, siendo además estos de longitudes iguales (lo que nos permite también observar mejor la simetría de los datos), ni se aparta de la recta en el gráfico de probabilidad normal, podemos concluir que no existe ningún dato anómalo que invalide el análisis realizado hasta ahora.

Figura 6. Gráfico de los residuos sobre papel probabilístico normal.



2.4. ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA DE LA VARIABLE RESPUESTA.

Una vez obtenida la condición que maximiza la estimación del valor medio de la nota del examen, resulta interesante estudiar si existen efectos que sean significativos para la varianza de la variable respuesta: en el caso de que no existan se podrá estimar como el CM residual del ANOVA de la media.

En caso de que sí que existan convendrá comprobar si son los mismos y al mismo nivel que para el caso de la media. Para detectar su existencia se realizará un ANOVA utilizando como variable el cuadrado de los residuos obtenidos en el ANOVA anterior⁴. El valor de los distintos residuos se muestra a continuación.

V	G	A	Residuos
-	-	-	0,55
+	-	-	-0,3
-	+	-	-0,15
+	+	-	-0,1
-	-	+	-0,55
+	-	+	0,3
-	+	+	0,15
+	+	+	0,1

⁴ Romero, R.; Zúnica, L. (1987). "Un modelo para el estudio de efectos sobre la dispersión en ausencia de replicaciones". Revista Estadística española. INE.

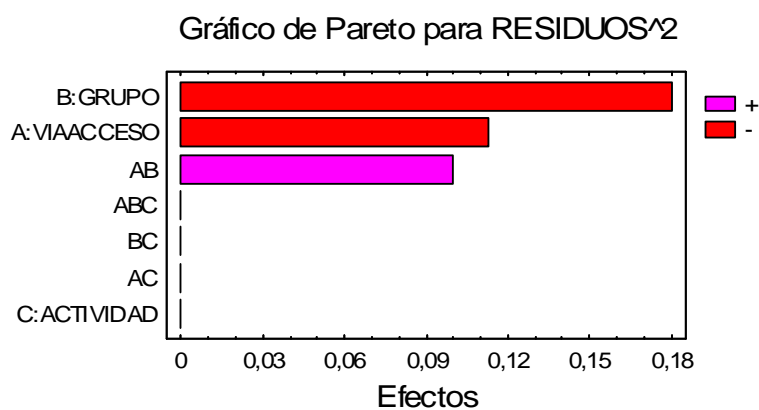
Por otra parte, procediendo de manera análoga al epígrafe 2.2 se calculan los efectos:

Tabla 5. Efectos estimados

promedio	= 0,10625
A:VIAACCESO	= -0,1125
B:GRUPO	= -0,18
C:ACTIVIDAD	= 0,0
AB	= 0,1
AC	= 0,0
BC	= 0,0
ABC	= 0,0

Representándolos en un gráfico de Pareto:

Figura 7. Gráfico de Pareto para los distintos efectos.



Realizando el ANOVA mencionado:

Tabla 6. ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:VIAACCESO	0,0253125	1	0,0253125		
B:GRUPO	0,0648	1	0,0648		
C:ACTIVIDA	0,0	1	0,0		
AB	0,02	1	0,02		
AC	0,0	1	0,0		
BC	0,0	1	0,0		
ABC	0,0	1	0,0		
Error Total	0,0	0			
Total (corr.)	0,110113	7			

Se puede ver como la situación es similar a la indicada en el epígrafe 2.2. Por ello se eliminan los efectos menos significativos y se repite el análisis:

Figura 8. Gráfico de Pareto para los distintos efectos

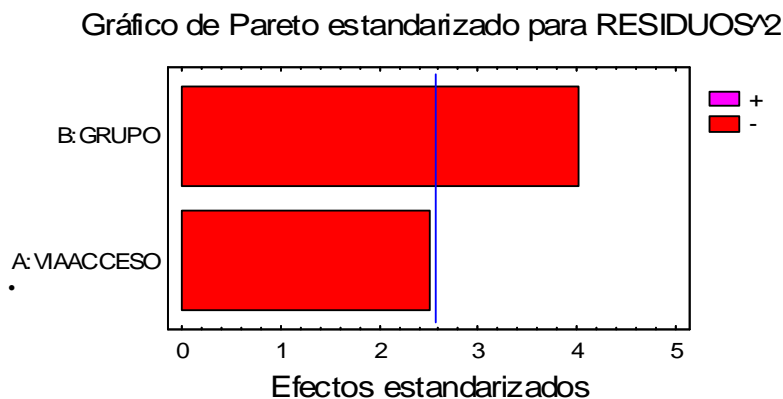


Tabla 7. ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:VIAACCESO	0,0253125	1	0,0253125	6,33	0,0535
B:GRUPO	0,0648	1	0,0648	16,20	0,0101
Error Total	0,02	5	0,004		
Total (corr.)	0,110113	7			

Tomando de nuevo un nivel de significación del 5 %, y por lo tanto excluyendo el efecto del factor vía de acceso y repitiendo el ANOVA se obtiene:

Tabla 8. ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:GRUPO	0,0648	1	0,0648	8,58	0,0263
Error Total	0,0453125	6	0,00755208		
Total (corr.)	0,110113	7			

De esta manera se deduce que el efecto más significativo corresponde a grupo. A continuación se realiza un proceso de optimización de manera que se minimice la variable respuesta (en este caso los residuos al cuadrado) ya que interesa que la varianza sea mínima. A la vista de los resultados previos, y puesto que el signo del efecto de grupo es negativo, se deduce que para minimizar la varianza dicho factor tendrá que estar a nivel -. Esto se corrobora a continuación:

Respuesta Optimizada

Meta: minimizar RESIDUOS^2

Valor Optimo = 0,01625

Tabla 9. Niveles de los efectos significativos para C.O.O. de la varianza.

Factor	Inferior	Mayor	Optimo
VIAACCESO	-1,0	1,0	-1,0
GRUPO	-1,0	1,0	1,0
ACTIVIDAD	-1,0	1,0	-1,0

Obteniéndose además que el valor óptimo es 0,01625.

Una vez conocido dicho valor, la estimación de la varianza se obtiene atendiendo a la siguiente expresión:

$$\hat{\sigma}^2 = \text{valor óptimo} \cdot \frac{N}{\text{g.l.res.}}$$

Siendo N el número de pruebas ($N=8$), y g.l.res. los grados de libertad correspondientes al residuo de la Tabla 3:

$$\hat{\sigma}^2 = 0,04333$$

3. CONCLUSIONES.

Teniendo en cuenta que el objetivo del estudio era realizar un análisis cuantitativo mediante un diseño experimental 2^k , de la repercusión que sobre el rendimiento académico tiene la participación en una actividad ad hoc en la asignatura “Estadística II” del PIE de ADE-Derecho, se puede concluir que dado que las condiciones bajo las cuales se ha maximizado la nota de dichos estudiantes corresponden a aquellos alumnos que pertenecen al grupo B, han accedido a la doble titulación a través de Derecho y han participado en la actividad, queda patente, atendiendo al nivel correspondiente al factor actividad, que ésta ha repercutido positivamente en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Así mismo, estudiada la existencia de efectos significantes sobre la dispersión de la nota, se ha constatado que el factor actividad no influye sobre dicho parámetro.

4. BIBLIOGRAFÍA.

Dasí, A.; García, J.; Huguet, A.; Juan, R.; Montagud, M.D.; Gollnert, G. (2007) “Innovación educativa en la Universidad: ADE-Derecho”, PUV Universitat de València, Valencia.

Esteban, J; Rojo, C.; Ruiz, F. (2009). “Características deseables en los estudios de ADE-Derecho: una perspectiva desde la visión del alumnado”. Anales de Economía Aplicada. Delta Publicaciones Universitarias.

Ivars, A.; López, M.I.; Ruiz, F. (2009). “ADE-Derecho en la Universitat de València: estudio de una experiencia piloto”. Anales de Economía Aplicada. Delta Publicaciones Universitarias.

Peña, D. (2002) “Regresión y diseño de experimentos”. Ciencias Sociales. Alianza Editorial.

Romero, R.; Zúnica, L. (1987). “Un modelo para el estudio de efectos sobre la dispersión en ausencia de replicaciones”. Revista Estadística española. INE.