

**DISEÑO 2 A LA K NO REPLICADO**

## UNA SOLA RÉPLICA EN EL DISEÑO $2^k$

EL AUMENTAR EL NUMERO DE FACTORES EN UN DISEÑO  $2^k$  CRECE RAPIDAMENTE EL NUMERO DE TRATAMIENTOS Y POR TANTO EL NUMERO DE CORRIDAS EXPERIMENTALES. POR EJEMPLO UN DISEÑO  $2^5$  TIENE 32 COMBINACIONES O TRATAMIENTOS, UN  $2^6$  TIENE 64 COMBINACIONES, Y ASI SUCESIVAMENTE.

USUALMENTE LOS RECURSOS SON LIMITADOS, DE TAL MANERA QUE EL EXPERIMENTADOR SOLO PUEDE EJECUTAR UNA VEZ EL EXPERIMENTO.

UNA SOLA REPLICA DEL FACTORIAL  $2^k$  COMPLETO ES UNA ESTRATEGIA ADECUADA CUANDO SE TIENEN 4 O MAS FACTORES.

## Diseño 2<sup>4</sup> no replicado

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>A:Factor_A</b>	<b>1870.56</b>	<b>1</b>	<b>1870.56</b>		
<b>B:Factor_B</b>	<b>39.0625</b>	<b>1</b>	<b>39.0625</b>		
<b>C:Factor_C</b>	<b>390.063</b>	<b>1</b>	<b>390.063</b>		
<b>D:Factor_D</b>	<b>855.563</b>	<b>1</b>	<b>855.563</b>		
<b>AB</b>	<b>0.0625</b>	<b>1</b>	<b>0.0625</b>		
<b>AC</b>	<b>1314.06</b>	<b>1</b>	<b>1314.06</b>		
<b>AD</b>	<b>1105.56</b>	<b>1</b>	<b>1105.56</b>		
<b>BC</b>	<b>22.5625</b>	<b>1</b>	<b>22.5625</b>		
<b>BD</b>	<b>0.5625</b>	<b>1</b>	<b>0.5625</b>		
<b>CD</b>	<b>5.0625</b>	<b>1</b>	<b>5.0625</b>		
<b>ABC</b>	<b>14.0625</b>	<b>1</b>	<b>14.0625</b>		
<b>ABD</b>	<b>68.0625</b>	<b>1</b>	<b>68.0625</b>		
<b>ACD</b>	<b>10.5625</b>	<b>1</b>	<b>10.5625</b>		
<b>BCD</b>	<b>27.5625</b>	<b>1</b>	<b>27.5625</b>		
<b>ABCD</b>	<b>7.5625</b>	<b>1</b>	<b>7.5625</b>		
<b>Error total</b>	<b>0.0</b>	<b>0</b>			
<b>Total (corr.)</b>	<b>5730.94</b>	<b>15</b>			

**Nótese que  $abcd(n-1)$  son los grados de libertad del error, donde  $n$  representa el número de replicas, al ser un diseño no replicado el valor de  $n=1$ , al sustituir el valor de  $n$  se tiene que  $abcd(1-1)=0$  grados de libertad para el error, de esta forma no se podrá calcular el cuadrado medio del error y en consecuencia ninguna  $F$  teórica.**

**PROBLEMA de sólo hacer una replica de este diseño es que no se tendrán grados de libertad para estimar el error, y con ello no se podrá hacer el anova de manera directa, para ver qué efectos son significativos.**

### **SOLUCION**

**Suponer de antemano que las interacciones de tres o mas factores no son significativos y enviar sus grados de libertad al error. sin embargo, es recomendable que antes de enviar al error las interacciones triples se verifiquen mediante técnicas graficas que efectivamente son despreciables.**

**Se deben eliminar o enviar al error al menos entre 7 efectos para que tenga mayores posibilidades de estar bien estimado.**

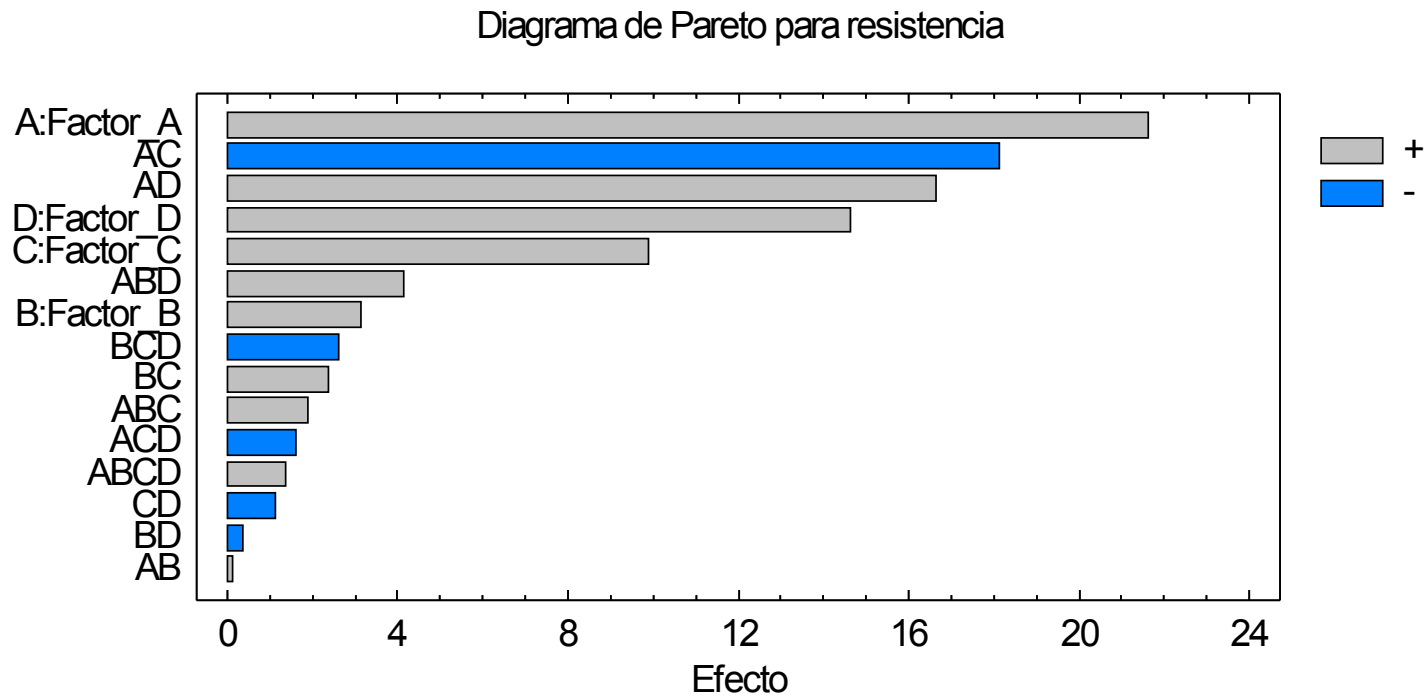
<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Factor_A	1870.56	1	1870.56	73.18	<b>0.0004</b>
Factor_B	39.0625	1	39.0625	1.53	0.2713
Factor_C	390.063	1	390.063	15.26	<b>0.0113</b>
Factor_D	855.563	1	855.563	33.47	<b>0.0022</b>
AB	0.0625	1	0.0625	0.00	0.9625
AC	1314.06	1	1314.06	51.41	<b>0.0008</b>
AD	1105.56	1	1105.56	43.25	<b>0.0012</b>
BC	22.5625	1	22.5625	0.88	0.3906
BD	0.5625	1	0.5625	0.02	0.8879
CD	5.0625	1	5.0625	0.20	0.6749
<b>Error total</b>	<b>127.813</b>	<b>5</b>	<b>25.5625</b>		
<b>Total (corr.)</b>	<b>5730.94</b>	<b>15</b>			

<b>ABC</b>	<b>14.0625</b>	<b>1</b>
<b>ABD</b>	<b>68.0625</b>	<b>1</b>
<b>ACD</b>	<b>10.5625</b>	<b>1</b>
<b>BCD</b>	<b>27.5625</b>	<b>1</b>
<b>ABCD</b>	<b>7.5625</b>	<b>1</b>
<b>SUMA</b>	<b>127.813</b>	<b>5</b>

**R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 93.3093 por ciento**

# PARETO NORMAL

Graficar todos los efectos estimados, incluidas las interacciones de orden mayor, en un diagrama de Pareto, y en el verificar si el efecto de las interacciones de alto orden son poco importantes, si es el caso se eliminan. Pero si el efecto de alguna interacción de alto orden está entre los efectos importantes, ésta se deja, y el resto se elimina.



## EJEMPLO 5

Se realiza un experimento factorial para estudiar los efectos que se cree influyen sobre el volumen de sedimentación en una Solución. Los cuatro factores son temperatura A, presión B, concentración de los reactivos C, y rapidez del mezclado D. Cada factor esta presente en dos niveles. Los datos recopilados se presentan a continuación:

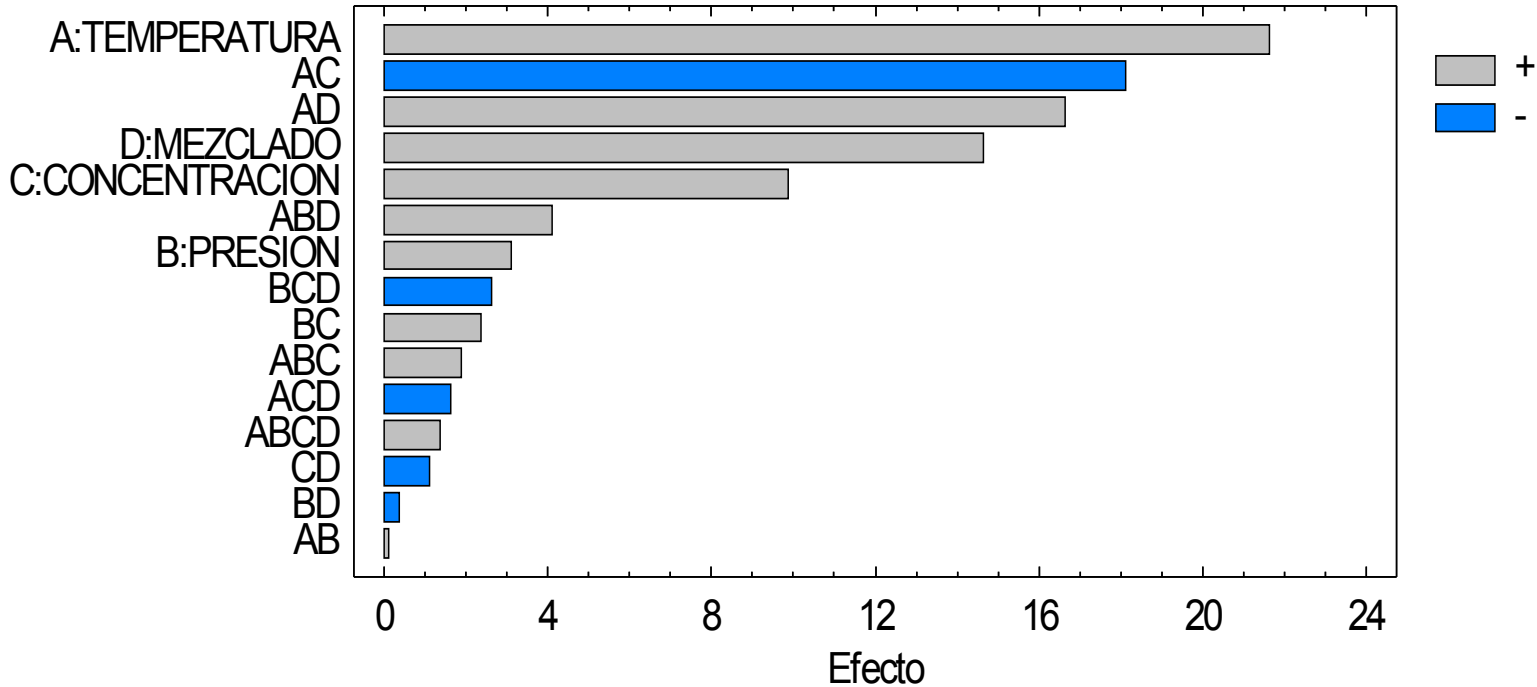
FACTORES				Volumen de sedimentación
A	B	C	D	
-1	-1	-1	-1	45
1	-1	-1	-1	71
-1	1.	-1.	-1	48
1.	1.	-1.	-1	65
-1.	-1.	1.	-1	68
1	-1	1	-1	60
-1.	1.	1.	-1	80
1.	1.	1.	-1	65
-1.	-1.	-1.	1	43
1.	-1.	-1.	1	100
-1.	1.	-1.	1	45
1.	1.	-1.	1	104
-1.	-1.	1.	1	75
1.	-1.	1.	1	86
-1.	1.	1.	1	70
1.	1.	1.	1	96

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEMPERATURA	1870.56	1	1870.56		
B:PRESION	39.0625	1	39.0625		
C:CONCENTRACION	390.063	1	390.063		
D:MEZCLADO	855.563	1	855.563		
AB	0.0625	1	0.0625		
AC	1314.06	1	1314.06		
AD	1105.56	1	1105.56		
BC	22.5625	1	22.5625		
BD	0.5625	1	0.5625		
CD	5.0625	1	5.0625		
ABC	14.0625	1	14.0625		
ABD	68.0625	1	68.0625		
ACD	10.5625	1	10.5625		
BCD	27.5625	1	27.5625		
ABCD	7.5625	1	7.5625		
Error total	0.0	0			
Total (corr.)	5730.94	15			



# 1. PRIMER PARETO NORMAL

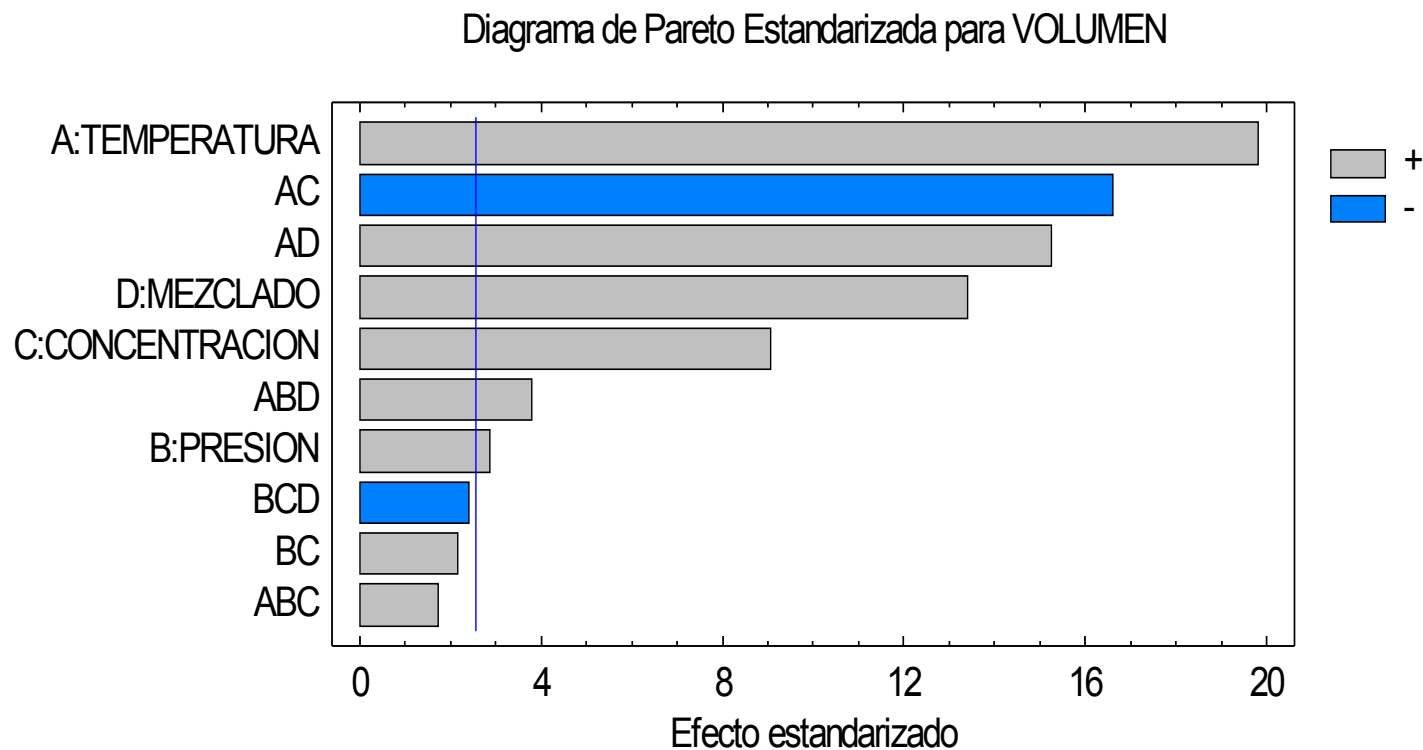
Diagrama de Pareto para VOLUMEN



**EFFECTOS IMPORTANTES: A, AC, AD, D, C.**

**EFFECTOS NO IMPORTANTES: AB, BD, CD, ABCD, ACD.**

**Eliminando los últimos 5 efectos del diagrama de Pareto anterior (AB, BD, CD, ABCD, ACD), se obtiene el segundo Diagrama de Pareto estandarizado**



## Análisis de Varianza

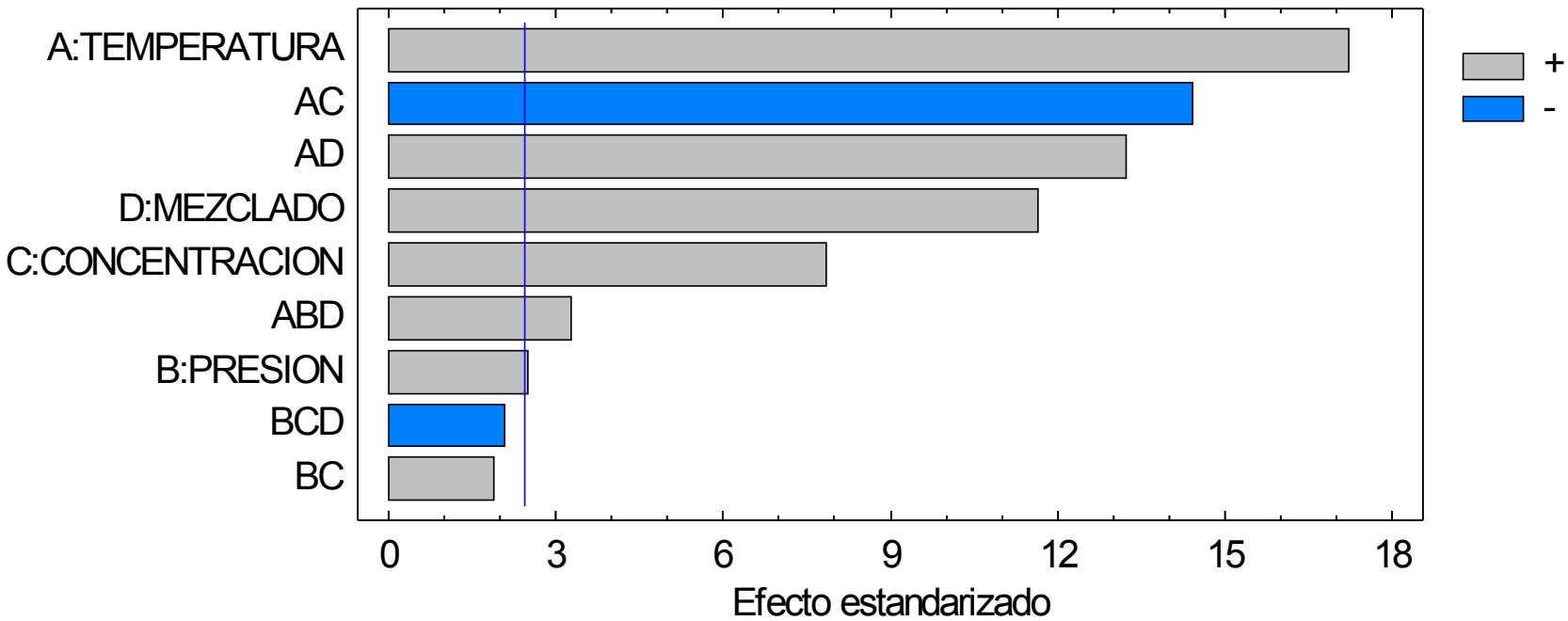
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEMPERATURA	1870.56	1	1870.56	392.77	0.0000
B:PRESION	39.0625	1	39.0625	8.20	0.0352
C:CONCENTRACION	390.063	1	390.063	81.90	0.0003
D:MEZCLADO	855.563	1	855.563	179.65	0.0000
AC	1314.06	1	1314.06	275.92	0.0000
AD	1105.56	1	1105.56	232.14	0.0000
BC	22.5625	1	22.5625	4.74	0.0815
ABC	14.0625	1	14.0625	2.95	0.1464
ABD	68.0625	1	68.0625	14.29	0.0129
BCD	27.5625	1	27.5625	5.79	0.0612
Error total	23.8125	5	4.7625		
Total (corr.)	5730.94	15			

**R-cuadrada = 99.5845 por ciento**

**R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.7535 por ciento**

# Eliminando el efecto ABC se obtiene el tercer Diagrama de Pareto estandarizado

Diagrama de Pareto Estandarizada para VOLUMEN



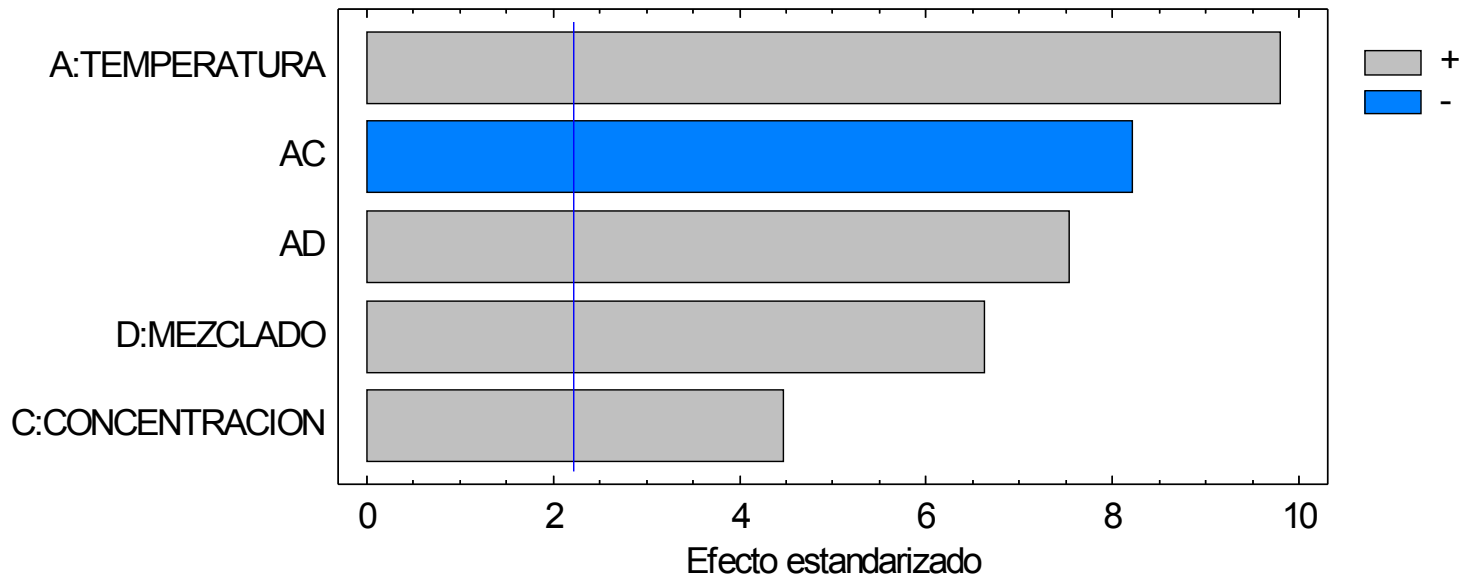
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEMPERATURA	1870.56	1	1870.56	296.33	0.0000
B:PRESION	39.0625	1	39.0625	6.19	0.0473
C:CONCENTRACION	390.063	1	390.063	61.79	0.0002
D:MEZCLADO	855.563	1	855.563	135.53	0.0000
AC	1314.06	1	1314.06	208.17	0.0000
AD	1105.56	1	1105.56	175.14	0.0000
BC	22.5625	1	22.5625	3.57	0.1076
ABD	68.0625	1	68.0625	10.78	0.0167
BCD	27.5625	1	27.5625	4.37	0.0816
Error total	37.875	6	6.3125		
Total (corr.)	5730.94	15			

**R-cuadrada = 99.3391 por ciento**

**R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.3478 por ciento**

**El efecto en el segundo Pareto es la interacción ABC, mismo que ocupa el ultimo lugar del diagrama de Pareto estandarizado, es eliminado. En el tercer Diagrama de Pareto es la interacción BC es el siguiente efecto a eliminar. De esta misma forma, encontraremos que el siguiente efecto que se eliminara es el efecto triple BCD, en seguida será el efecto simple de B, hasta llegar a que el ultimo efecto por eliminar es el efecto de interacción ABD, por lo que el mejor Pareto estandarizado es:**

Diagrama de Pareto Estandarizada para VOLUMEN



<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>A:TEMPERATURA</b>	<b>1870.56</b>	<b>1</b>	<b>1870.56</b>	<b>95.86</b>	<b>0.0000</b>
<b>C:CONCENTRACION</b>	<b>390.063</b>	<b>1</b>	<b>390.063</b>	<b>19.99</b>	<b>0.0012</b>
<b>D:MEZCLADO</b>	<b>855.563</b>	<b>1</b>	<b>855.563</b>	<b>43.85</b>	<b>0.0001</b>
<b>AC</b>	<b>1314.06</b>	<b>1</b>	<b>1314.06</b>	<b>67.34</b>	<b>0.0000</b>
<b>AD</b>	<b>1105.56</b>	<b>1</b>	<b>1105.56</b>	<b>56.66</b>	<b>0.0000</b>
<b>Error total</b>	<b>195.125</b>	<b>10</b>	<b>19.5125</b>		
<b>Total (corr.)</b>	<b>5730.94</b>	<b>15</b>			

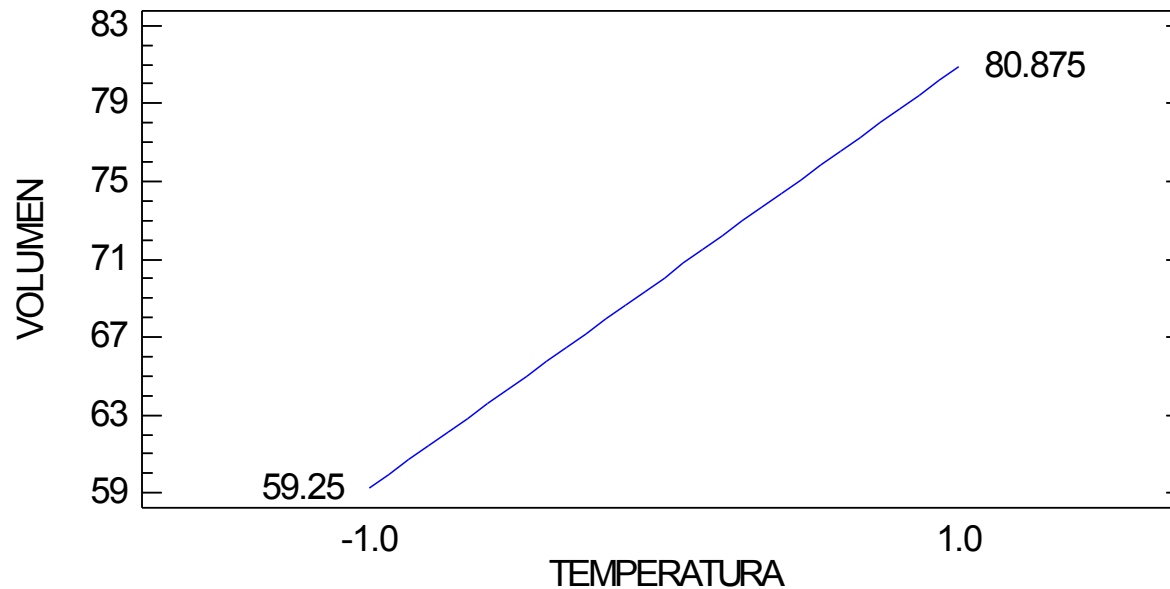
**R-cuadrada = 96.5952 por ciento**

**R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 94.8929 por ciento**

**Con una confianza estadística del 95% los efectos que son significativos son los siguientes: la temperatura, la concentración y la rapidez, la interacción de temperatura con la concentración y la interacción de temperatura con rapidez.**

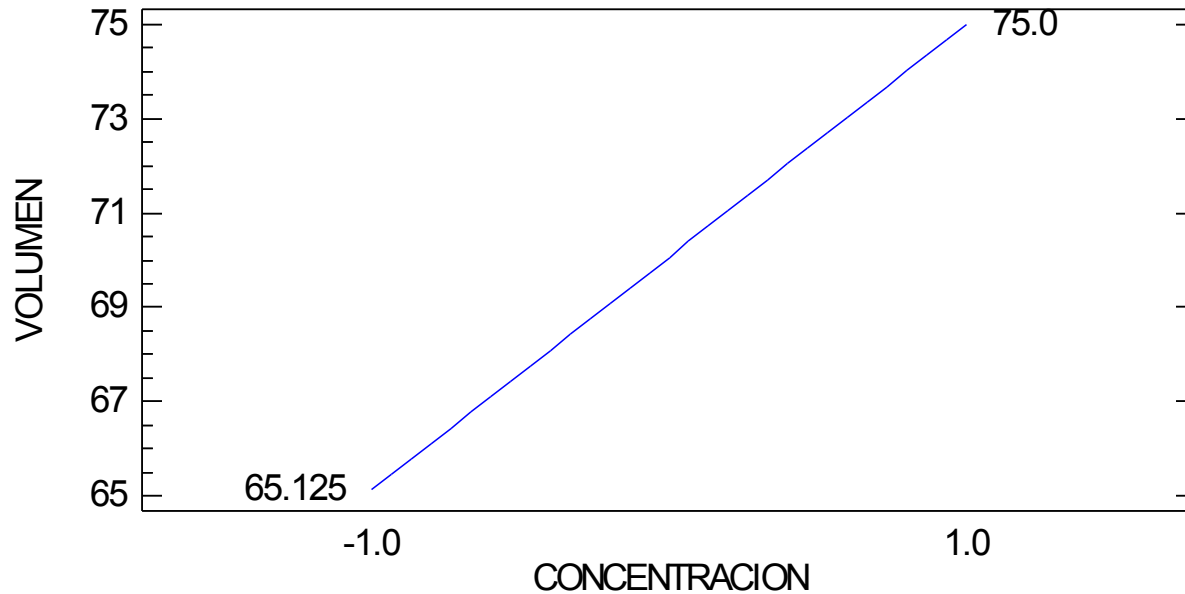


Gráfica de Efectos Principales para VOLUMEN



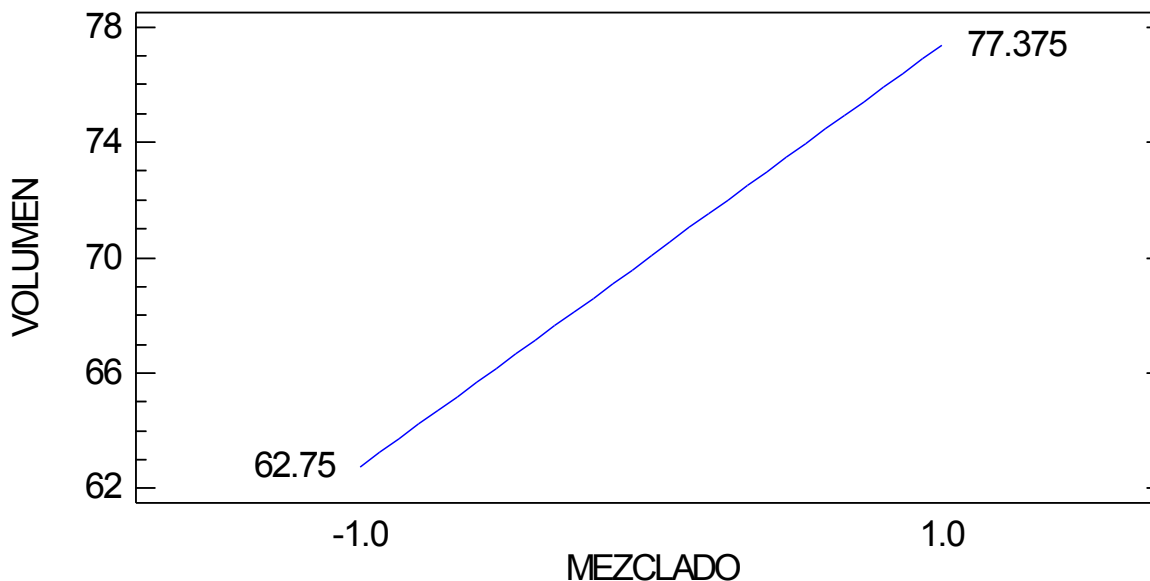
- Se observa un efecto positivo, cuando se cambia de nivel bajo a nivel alto en la temperatura se incrementa el volumen de sedimentación. Para mayor volumen se recomienda usar el nivel alto del efecto simple de la temperatura.

Gráfica de Efectos Principales para VOLUMEN



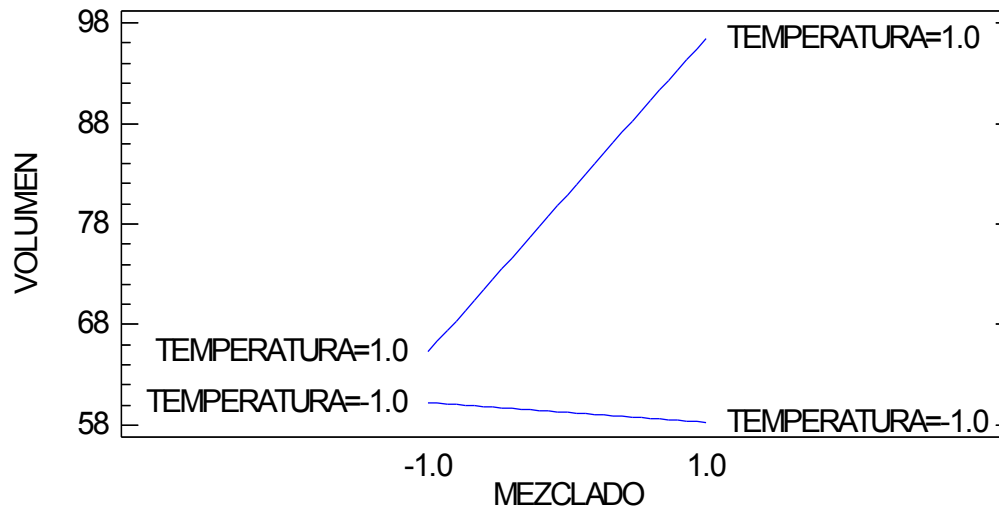
- Se observa un efecto positivo, cuando se cambia de nivel bajo a nivel alto la concentración se incrementa el volumen de sedimentación. Para mayor volumen se recomienda usar el nivel alto del efecto simple de la concentración.

Gráfica de Efectos Principales para VOLUMEN



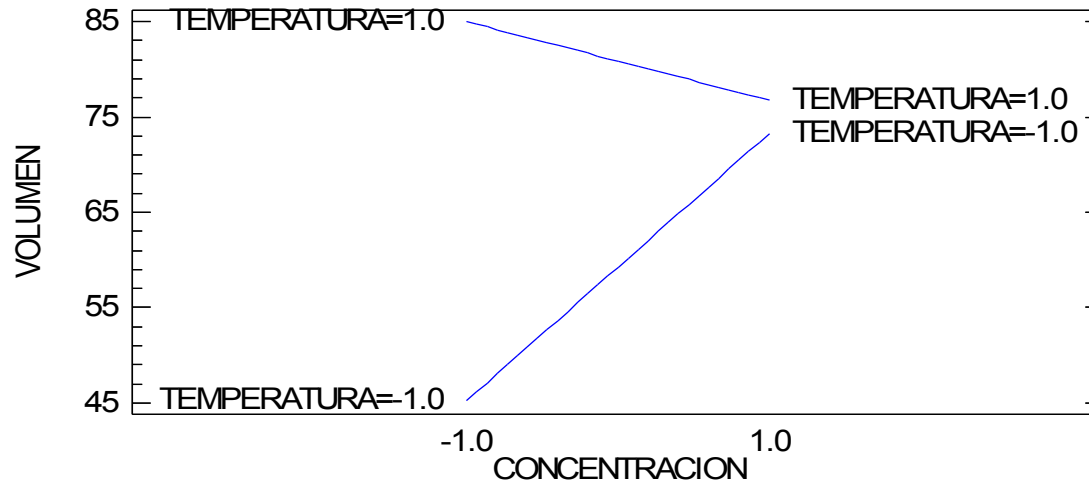
- Se observa un efecto positivo, cuando se cambia de nivel bajo a nivel alto en la rapidez se incrementa el volumen de sedimentación. Para mayor volumen de sedimentación se recomienda usar el nivel alto del efecto simple del la rapidez.

Gráfica de Interacción para VOLUMEN



- ❑ Cuando se fija en el nivel bajo del efecto de rapidez y se cambia de nivel bajo a nivel alto en la temperatura no se observa algún cambio significativo en el volumen de sedimentación.
- ❑ Si se fija en el nivel alto en el efecto de rapidez y se cambia de nivel bajo a nivel alto en el efecto de temperatura se incrementa el volumen de sedimentación.
- ❑ Para maximizar el volumen se recomienda usar nivel alto de temperatura y nivel alto de rapidez.

Gráfica de Interacción para VOLUMEN



- ❑ Cuando se fija en nivel alto del efecto de Concentración y se cambia de nivel bajo a nivel alto en el efecto de temperatura, no hay un cambio en el volumen de sedimentación.
- ❑ Cuando se fija en el nivel bajo del efecto Concentración y se cambia de nivel bajo a nivel alto en el efecto de temperatura se incrementa el volumen de sedimentación.
- ❑ Para maximizar el volumen se recomienda usar nivel alto de Temperatura y nivel bajo de Concentración.

# Conclusiones y Recomendaciones

## Efectos simples

<b>A:Temperatura</b>	<b>C:Concentración de reactivos</b>	<b>D:Rapidez de mezclado</b>
+	+	+

## Efectos interacción

<b>A:Temperatura</b>	<b>C:Concentración de reactivos</b>
+	-

<b>A:Temperatura</b>	<b>D:Rapidez de mezclado</b>
+	+

## Recomendaciones

<b>A:Temperatura</b>	<b>C:Concentración de reactivos</b>	<b>D:Rapidez de mezclado</b>
+	+	+
+	-	+

A: Temperatura	C: Concentración de reactivos	D: Rapidez de mezclado
+	+	+
+	-	+

Gráfica de Cubo para VOLUMEN  
PRESION=0.0

