

Nota 1: Además de lo que pida cada problema, especifique claramente lo siguiente:

1. Característica o variable respuesta estudiada y unidad de medida
2. Estructura de tratamientos (factores de diseño controlables, tipos de efectos y niveles)
3. Unidad experimental y estructura de diseño (completamente aleatorizada o diseño en bloques y quién es el factor de bloqueo)
4. La presentación del taller deberá realizarse usando la plantilla para informes de talleres, siguiendo estrictamente las directrices que allí se dan.

Nota 2: El taller consta de tres partes, cada una sobre un problema experimental diferente: A cada grupo se le asigna un problema por cada parte (Ver Tabla 1 después de los enunciados de los problemas). El problema de la parte III es de un experimento factorial de tres factores de tratamientos en un DCA y para poder resolverlo, ud. debe estudiar el material disponible en Moodle sobre “Experimentos multifactores de efectos fijos en un DCA”. Los problemas 1 y 2 son sobre experimentos factoriales con solo dos factores de tratamientos en un DCA (debe determinar si son de efectos fijos, aleatorio o mixtos)

Problemas Parte I

Problema 1: El gerente de una fábrica efectuó un experimento factorial para investigar el efecto de A: “supervisor” y B: “turno” en Y: el número de artículos producidos por turno de una línea de producción. La fábrica cuenta con dos supervisores y labora en tres turnos de 8 horas cada uno. Se decide tomar $n=3$ réplicas en cada combinación de supervisor*turno en un diseño completamente aleatorizado. Los datos recolectados corresponden a los siguientes

A: Supervisor	B: Turno		
	1	2	3
1	570	480	470
	610	475	430
	625	540	450
2	480	625	630
	515	600	680
	465	580	660

- a) Realice el gráfico de perfiles de medias de tratamientos fijando en el eje x el factor Turno. Determine si se evidencia interacción entre los factores supervisor y turno, y explique cómo opera dicha interacción en términos del problema. También establezca cuál es el efecto de cada factor sobre el número de artículos producidos.
- b) Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este experimento, explique claramente cada término, diga los supuestos y restricciones, y asumiendo válidos los supuestos sobre los errores, calcule la ANOVA y realice los tests pertinentes para la interacción y para los efectos principales de los factores supervisor y turno. En cada caso establezca claramente las hipótesis, nula y alternativa, el estadístico de prueba (su fórmula) con su valor y el valor P. Concluya en cada caso. Tenga cuidado al interpretar los resultados sobre efectos principales ¿Hay encubrimiento o enmascaramiento de los efectos principales por parte de la interacción de los factores supervisor y turno? Explique.
- c) En caso de interacción significativa, pruebe:
 - Si el número de artículos producidos difiere en promedio según supervisores, en cada uno de los tres turnos,
 - Si el número de artículos producidos difiere entre los turnos, en cada supervisor.

Nota: Para este literal debe usar la función usuario `Comparmediasslices2()` disponible en el código R publicado en Moodle:

`FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOS DOS FACTORES .R`

d) Con base en los análisis realizados con gráficos de perfiles de medias y los resultados en c) ¿Qué recomendaría a la empresa y por qué?

e) Valide supuestos formulando claramente las hipótesis probar. Para normalidad use gráfico de probabilidad y test Shapiro Wilk.

Código R para lectura y gráfico de perfiles de medias pedido: Siga estrictamente este código para que lea correctamente los datos

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(gmodels)
library(daewr)
library(agricolae)
library(lsmmeans)

problema1=data.frame(Supervisor=factor(rep(c(1:2),each=9)),Turno=factor(rep(1:3,times=6)),Numarticulos=scan())
570 480 470
610 475 430
625 540 450
480 625 630
515 600 680
465 580 660

problema1

attach(problema1)
interaction.plot(Turno,Supervisor,Numarticulos,type="b",lwd=4,col=1:2,pch=1:2,lty=1:2,legend=F,cex=3,xlab="Turno",
                 cex.lab=1.5,cex.axis=1.5)
legend("topleft",legend=c("Supervisor=1","Supervisor=2"),lty=1:2,pch=c(1,2,7),pt.lwd=3,pt.cex=3,cex=2,lwd=3,bty="n",col=c(1,2))

#Escriba aquí el resto de código R necesario

detach(problema1)
```

Problema 2: Un fabricante de pintura de látex para casas (marca A) desea mostrar que su pintura es mejor para tres tipos de materiales en particular para los que se ha desarrollado la pintura, que la pintura de sus dos competidores más cercanos. La variable respuesta es el tiempo en años de duración del recubrimiento hasta que se pica. El estudio incluye tres marcas de pinturas (la del fabricante y las de sus dos competidores más cercanos) y los tres materiales específicos. Se utilizan dos piezas de material por cada combinación pintura-material (es decir, dos réplicas en cada tratamiento). Los datos se dan a continuación:

Marca pintura	Material		
	1	2	3
A	5.50	5.60	5.40
	5.15	5.55	5.48
B	4.75	5.50	5.05
	4.60	5.60	4.95
C	5.10	5.40	4.50
	5.20	5.50	4.55

a) Realice el gráfico de perfiles de medias de tratamientos fijando en el eje x el factor marca de pintura. Determine si se evidencia interacción entre los factores marca de pintura y material, y explique cómo opera dicha interacción en términos del problema. También establezca cuál es el efecto de cada factor sobre el tiempo de duración del recubrimiento hasta picarse.

b) Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este experimento, explique claramente cada término, diga los supuestos y restricciones y asumiendo válidos los supuestos sobre los errores, calcule la ANOVA y realice los tests pertinentes para la interacción y para los efectos principales de los factores marca de pintura y material, a un nivel de significancia de 0.1. En cada caso establezca claramente las hipótesis, nula y alternativa, el estadístico de prueba (su fórmula) con su valor y el valor P. Concluya en cada caso. Tenga cuidado al interpretar los resultados sobre efectos principales ¿Hay encubrimiento o enmascaramiento de los efectos principales por parte de la interacción de los factores marca de pintura y material? Explique.

c) En caso de interacción significativa, pruebe si

- Las marcas tienen diferencias significativas en el promedio de tiempo en años de duración del recubrimiento hasta que se pica, en cada material

- El material tiene efectos significativos sobre el promedio de tiempo en años de duración del recubrimiento hasta que se pica, en cada marca:

Nota: Para este literal debe usar la función usuario `Comparmediasslices2()` disponible en el código R publicado en Moodle:

`FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R`

d) Con base en los análisis realizados con gráficos de perfiles de medias y los resultados en literal c) ¿qué marca de pintura es la mejor? Comente.

e) Valide supuestos formulando claramente las hipótesis a probar. Para normalidad use gráfico de probabilidad y test Shapiro Wilk.

Código R para lectura y gráfico de perfiles de medias pedido: Siga estrictamente este código para que lea correctamente los datos

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(gmodels)
library(daewr)
library(agricolae)
library(lsmmeans)

problema2=data.frame(Marca=factor(rep(c("A","B","C"),each=6)),Material=factor(rep(c(1:3),times=6)),duración=scan())
5.50 5.60 5.40
5.15 5.55 5.48
4.75 5.50 5.05
4.60 5.60 4.95
5.10 5.40 4.50
5.20 5.50 4.55

problema2

attach(problema2)
win.graph()
interaction.plot(Marca,Material,duración,type="b",lwd=4,col=1:3,pch=1:3,lty=1:3,legend=F,cex=3,cex.lab=1.5,cex.axis=1.5)
legend("bottomleft",legend=c("Material=1","Material=2","Material=3"),lty=1:3,pch=1:3,pt.lwd=3,pt.cex=3,cex=2,lwd=3,bty="n",col=1:3)

#Escriba aquí el resto de código R necesario

detach(problema2)
```

Problema 3: Se efectúa un experimento para determinar si A: la posición de la caldera (A1 ó A2) y B: la temperatura de encendido (la cual sólo puede graduarse en 800, 825 y 850 °C) tienen efecto sobre Y: la densidad de un ánodo de carbón. Los datos son los siguientes

A:Posición	B:Temperatura (°C)		
	800	825	850
A1	570	1063	565
	565	1080	510
	583	1043	590
A2	528	988	526
	547	1026	538
	521	1004	532

a) Realice el gráfico de perfiles de medias de tratamientos fijando en el eje x el factor Temperatura de encendido. Determine si se evidencia interacción entre los Posición de la caldera y Temperatura de encendido, y explique cómo opera dicha interacción en términos del problema. También establezca cuál es el efecto de cada factor sobre la densidad de los ánodos de carbón.

b) Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este experimento, explique claramente cada término, diga los supuestos y restricciones, y asumiendo válidos los supuestos sobre los errores, calcule la ANOVA y realice los tests pertinentes para la interacción y para los efectos principales de los factores Posición de la caldera y Temperatura de encendido. En cada caso establezca claramente las hipótesis, nula y alternativa, el estadística de prueba (su fórmula) con su valor y el valor P. Concluya en cada caso. Tenga cuidado al interpretar los resultados sobre efectos principales ¿Hay encubrimiento o enmascaramiento de los efectos principales por parte de la interacción de los factores Posición de la caldera y Temperatura de encendido? ¿Se puede concluir que el efecto de la temperatura sobre la densidad del ánodo de carbón depende de la posición de la caldera? Explique.

En este punto, si detecta que no hay interacción significativa, pueden no hacer las pruebas sobre la significancia de los efectos principales, indicando que lo correcto es hacerlas en el modelo sin la interacción, pero deben por lo menos indicar que dado que no hay interacción significativa, los efectos de la temperatura sobre la respuesta media no dependen de la posición de la caldera.

- c) Si la interacción no es significativa, replantee el modelo ahora sin interacción y recalcule el ANOVA. Además, realice las comparaciones de Tukey para las medias de cada factor y con estos resultados más el análisis de los gráficos de perfiles de medias establezca el mejor tratamiento (combinación de posición y temperatura) que produzca la densidad promedio más alta.
- d) En el modelo final alcanzado, realice la comparación de los tratamientos Posición A2-Temperatura 800 y Posición A1-Temperatura 850, y concluya en términos del problema.
- e) Valide supuestos en el modelo final alcanzado, formulando claramente las hipótesis probar. Para normalidad use gráfico de probabilidad y test Shapiro Wilk.

Programa R para lectura de datos (no cambie código para que no se equivoque) y obtención del gráfico de perfiles de medias pedido:

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(gmodels)
library(daewr)
library(agricolae)
problema3=data.frame(Posición=factor(rep(c("A1","A2"),each=9)),Temperatura=factor(rep(c(800,825,850),times=6)),densidad=scan())
570 1063 565
565 1080 510
583 1043 590
528 988 526
547 1026 538
521 1004 532

attach(problema3)

interaction.plot(Temperatura,Posición,densidad,type="b",lwd=4,col=1:2,pch=1:2,lty=1:2,legend=F,cex=3,
                 xlab="Temperatura de encendido",cex.lab=1.5,cex.axis=1.5)
legend("topright",legend=c("Posición=A1","Posición=A2"),lty=1:2,pch=c(1,2),pt.lwd=3,pt.cex=2,cex=1.5,lwd=3,bty="n",col=c(1,2))

#Escriba aquí el resto del programa R

detach(problema3)
```

Problema 4: Considere un experimento en el que se quiere estudiar el efecto de los factores A: velocidad de alimentación y B: profundidad de corte, sobre Y: el acabado de un metal. Aunque los factores son de naturaleza continua, en este proceso sólo se pueden trabajar en 3 y 4 niveles, respectivamente. Por ello, se decide correr un factorial completo 3x4 con 3 réplicas, aleatorizando las 36 pruebas. El acabado (Y) es medido en unidades de gramos e interesa minimizar su valor. Los datos recolectados se presentan a continuación:

A: Velocidad de alimentación	B: Profundidad de corte			
	0.15	0.18	0.21	0.24
0.2	74	79	82	99
	64	68	88	104
	60	73	92	96
0.25	92	98	99	104
	86	104	108	110
	88	88	95	99
0.3	99	104	108	114
	98	99	110	111
	102	95	99	107

- c) En caso de interacción significativa, pruebe:
- Si la velocidad de alimentación tiene efectos significativos sobre el acabado del metal, en cada nivel de profundidad de corte
 - Si la profundidad de corte tiene efectos significativos sobre el acabado del metal, en cada nivel de velocidad de alimentación.

Nota: Para este literal debe usar función usuario `Comparmediasslices2()` disponible en código R publicado en Moodle:

[FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOS DOS FACTORES. R](#)

- d) Con base en los análisis realizados con gráficos de perfiles de medias y los resultados en c) ¿qué combinación de velocidad de alimentación y profundidad de corte recomendaría y por qué?
- e) Valide supuestos formulando claramente las hipótesis probar. Para normalidad use gráfico de probabilidad y test Shapiro Wilk.

Programa R para lectura de datos (no cambie código para que no se equivoque) y obtención del gráfico de perfiles de medias pedido:

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(gmodels);library(daewr);library(agricolae);library(lsmmeans)
problema4=data.frame(VelocAlim=factor(rep(c(0.2,0.25,0.3),each=12)),
                     ProfundCorte=factor(rep(c(0.15,0.18,0.21,0.24),times=9)),acabado=scan())
74 79 82 99
64 68 88 104
60 73 92 96
92 98 99 104
86 104 108 110
88 88 95 99
99 104 108 114
98 99 110 111
102 95 99 107

datos1
attach(problema4)
```

```
interaction.plot(ProfundCorte, VelocAlim, acabado, ylim=c(60,110), type="b", legend=F, pch=c(1,2,7), lwd=4, lty=1:3, cex=3,
               xlab="Profundidad de corte", cex.lab=1.5, cex.axis=1.5, col=c(1,2,4))
legend("bottomright", legend=c("Velocidad=0.20", "Velocidad=0.25", "Velocidad=0.30"), lty=1:3, pch=c(1,2,7), pt.lwd=3,
      pt.cex=3, cex=2, lwd=3, bty="n", col=c(1,2,4))
```

#Escriba resto de programa R aquí

```
detach(problema4)
```

Problemas Parte II

Problema 1: En una empresa dedicada a la fabricación de válvulas algunos componentes críticos tienen tolerancias muy estrechas difíciles de cumplir, de aquí que sea necesario estimar el error de medición con el fin de ver la posibilidad de reducirlo para poder cumplir con las especificaciones. El ancho de una pieza particular es una característica de calidad crítica, cuyas especificaciones son 69 ± 0.4 mm. Se seleccionan aleatoriamente dos inspectores de calidad y siete piezas también aleatoriamente para correr un experimento (estudio R & R) con el fin de estimar la contribución de los inspectores, de las piezas y del error aleatorio (repetibilidad) en la variabilidad total observada. Sean los inspectores el factor A y las piezas el factor B. (nota: cada pieza es medida dos veces por cada inspector, es decir se obtienen dos observaciones de cada combinación inspector vs. pieza). Los datos se presentan a continuación (use el código R que se suministra para este problema):

Piezas	Inspector			
	1		2	
1	69.38	69.60	69.62	69.52
2	69.72	69.80	69.78	69.90
3	69.58	69.70	69.70	69.92
4	69.50	69.50	69.46	69.50
5	69.48	69.40	69.50	69.42
6	69.56	69.40	69.68	69.64
7	69.90	70.02	69.94	69.88

- Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar la variabilidad en las mediciones del ancho de las piezas debida a la variación simultánea de inspectores y las piezas (hacer un gráfico de interacción).
- Escriba un modelo para este experimento. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique los supuestos necesarios para el análisis.

Construya la tabla ANOVA para el modelo de efectos aleatorios. Use la función usuario `Anovafactorialaleatoriosconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R. Pruebe si el desempeño relativo de los inspectores en relación a los cambios en las piezas no varía de forma congruente (es decir, si $\sigma^2_{af} > 0$), use un nivel de significancia del 5% ¿Qué se concluye? Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema.

- Si la interacción no es significativa, replantee el modelo de efectos aleatorios sin interacción y repita los literales b) y c). Estime e interprete las componentes de varianza significativas.

Para el modelo más apropiado (con o sin interacción) valide los supuestos de normalidad y varianza constante de los errores del modelo usando residuales estudentizados.

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)

problema1=data.frame(Piezas=factor(rep(1:7,each=4)), Inspector=factor(rep(c(1,1,2,2),times=7)), ancho=scan())
69.38 69.60 69.62 69.52
69.72 69.80 69.78 69.90
69.58 69.70 69.70 69.92
69.50 69.50 69.46 69.50
69.48 69.40 69.50 69.42
69.56 69.40 69.68 69.64
69.90 70.02 69.94 69.88

problema1

attach(problema1)
interaction.plot(Piezas, Inspector, ancho, type="b", lwd=2, col=1:2, pch=1:2)
interaction.plot(Inspector, Piezas, ancho, type="b", lwd=2, col=1:7, pch=1:7)

modeloaux=aov(ancho~Inspector*Piezas) #correr modelo como si fuese efectos fijos
Anovafactorialaleatoriosconinteraccion(modelo=modeloaux) #Anova correcta considerando efectos aleatorios
#con interacción
modeloaux=aov(ancho~Inspector+Piezas) #Modelo sin interacción
anova(modeloaux)

shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2),c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~Inspector, vertical=TRUE, ylim=c(-2.5,2.5), pch=1, cex=1, xlab="Inspector")
abline(h=c(-2,0,2), lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~Piezas, vertical=TRUE, ylim=c(-2.5,2.5), pch=1, cex=1, xlab="Piezas")
abline(h=c(-2,0,2), lty=2)
plot(fitted(modeloaux), rstandard(modeloaux), ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2), lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux), lty=2)
legend("topleft", legend=c("Shapiro-Wilk Test", expression(W==0.98709), expression(PValue== 0.9737)), cex=1.1)

detach(problema1)
```

Problema 2: Se midió el colesterol (Y) en muestras de suero de cinco pacientes seleccionados al azar entre un conjunto y se prepararon dos tubos réplica independientes de cada paciente para cuatro corridas en un espectrofotómetro. El objetivo del estudio era determinar si las mediciones relativas de colesterol de los pacientes eran uniformes de una corrida a otra en la clínica. Los datos son Y: mg/dl de colesterol en las muestras réplica de cada paciente en cada corrida. Suponga que las corridas (A) y los pacientes (B) son efectos aleatorios (use el código R que se suministra para este problema).

Corridas	Pacientes				
	1	2	3	4	5
1	167.3	186.7	100.0	214.5	148.5
	166.7	184.2	107.9	215.3	148.5
2	179.6	193.8	111.6	228.9	158.6
	175.3	198.9	114.4	220.4	154.7
3	169.4	179.4	105.9	208.2	144.7
	165.9	177.6	104.1	207.1	145.9
4	177.7	190.4	113.4	221.0	156.1
	177.1	192.4	114.6	219.7	151.0

- Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar la variabilidad en las mediciones de colesterol debida a la variación simultánea de pacientes y la repetición de mediciones (hacer un gráfico de interacción).
- Escriba un modelo para este experimento. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique los supuestos necesarios para el análisis.
- Construya la tabla ANOVA para el modelo de efectos aleatorios. Use la función usuario `Anovafactorialaleatoriosconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: `FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSOSFACTORES.R`. Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema.
- Si la interacción no es significativa, replantee el modelo de efectos aleatorios sin interacción y repita los literales b) y c). Estime e interprete las componentes de varianza significativas.
- Para el modelo más apropiado (con o sin interacción) valide los supuestos de normalidad y varianza constante de los errores del modelo; use **residuos estudentizados**.

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)

problema2=data.frame(Corridas=factor(rep(1:4, each=10)), Pacientes=factor(rep(1:5, times=8)), colesterol=scan())
167.3 186.7 100.0 214.5 148.5
166.7 184.2 107.9 215.3 148.5
179.6 193.8 111.6 228.9 158.6
175.3 198.9 114.4 220.4 154.7
169.4 179.4 105.9 208.2 144.7
165.9 177.6 104.1 207.1 145.9
177.7 190.4 113.4 221.0 156.1
177.1 192.4 114.6 219.7 151.0

problema2

attach(problema2)

interaction.plot(Corridas, Pacientes, colesterol, type="b", lwd=2, col=1:5, pch=1:5)
interaction.plot(Pacientes, Corridas, colesterol, type="b", lwd=2, col=1:4, pch=1:4)

modeloaux=aov(colesterol~Corridas*Pacientes) #correr modelo como si fuese de efectos fijos
Anovafactorialaleatoriosconinteraccion(modelo=modeloaux) #Anova correcta considerando efectos aleatorios
#con interacción

modeloaux=aov(colesterol~Corridas+Pacientes) #Modelo sin interacción
anova(modeloaux)

shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2), c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~Corridas, vertical=TRUE, ylim=c(-2.5,2.5), pch=1, cex=1, xlab="Corridas")
abline(h=c(-2,0,2), lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~Pacientes, vertical=TRUE, ylim=c(-2.5,2.5), pch=1, cex=1, xlab="Pacientes")
abline(h=c(-2,0,2), lty=2)
plot(fitted(modeloaux), rstandard(modeloaux), ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2), lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux), lty=2)
legend("topleft", legend=c("Shapiro-Wilk Test", expression(W==0.98214), expression(PValue== 0.7683)), cex=1.1)

detach(problema2)
```

Problema 3: Se está estudiando los factores que afectan la resistencia a la ruptura de cierta fibra sintética. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente cuatro máquinas de producción y tres operarios, para realizar un experimento factorial en el cual se usa fibra del mismo lote de materia prima (para garantizar homogeneidad en las condiciones de observación de los tratamientos en este experimento). Los resultados se dan a continuación (use el código R que se suministra para este problema):

Operador	Máquina			
	1	2	3	4
1	109	110	108	110
	110	115	109	108
2	110	110	111	114
	112	111	109	112
3	116	112	114	120
	114	115	119	117

- Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar los cambios en la productividad provocados por la variación simultánea de operarios y máquina (hacer un gráfico de interacción).
- Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este experimento. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique los supuestos necesarios para el análisis.
- Construya la tabla ANOVA para el modelo de efectos aleatorios (use la función usuario `Anovafactorialaleatoriosconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: `FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R`. Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema. En este punto pueden dejar hecha la prueba sobre la interacción y no hacer las pruebas sobre las componentes de varianza de cada factor, indicando que se hacen cuando el modelo se replantee sin la interacción.
- Si la interacción no es significativa, replantee el modelo de efectos aleatorios sin interacción y repita los literales b) y c). Estime e interprete las componentes de varianza significativas.
- Para el modelo más apropiado (con o sin interacción) calcule los residuales estudentizados y use estos para validar el supuesto de normalidad y el supuesto de varianza constante de los errores del respectivo modelo.
- Recomendaciones para el mejoramiento de la calidad de la fibra.

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)

problema3=data.frame(Operador=factor(rep(1:3,each=8)),Máquina=factor(rep(1:4,times=6)),resistencia=scan())
109 110 108 110
110 115 109 108
110 110 111 114
112 111 109 112
116 112 114 120
114 115 119 117

problema3
attach(problema3)

interaction.plot(Operador,Máquina,resistencia,type="b",lwd=2,col=1:4,pch=1:4)
interaction.plot(Máquina,Operador,resistencia,type="b",lwd=2,col=1:3,pch=1:3)

modeloaux=aov(resistencia~Operador*Máquina) #correr modelo como si fuese de efectos fijos
Anovafactorialaleatoriosconinteraccion(modelo=modeloaux) #Anova correcta considerando efectos aleatorios
#con interacción

modeloaux=aov(resistencia~Operador+Máquina) #Modelo sin interacción
anova(modeloaux)

shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2),c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~Operador,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Operador")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~Máquina,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Máquina")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
plot(fitted(modeloaux),rstandard(modeloaux),ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux),lty=2)
legend("topleft",legend=c("Shapiro-Wilk Test",expression(W==0.93429),expression(PValue== 0.1216)),cex=1.1)

detach(problema3)
```

Problema 4: En un proceso productivo se está estudiando el efecto de la variación de las máquinas y de los cambios de condiciones de operación de día a día sobre la cantidad de producción obtenida. Se seleccionan aleatoriamente cuatro máquinas y cuatro días dentro del periodo de mayor producción en el año y se registra la productividad como respuesta para dos corridas diarias con cada máquina seleccionada. Los datos correspondientes aparecen a continuación (use el código R que se suministra para este problema):

Máquina	Día							
	D1		D2		D3		D4	
M1	142.3	144.0	134.9	146.3	148.6	156.5	152.0	151.4
M2	148.6	146.9	145.2	146.3	148.6	153.1	149.7	152.0
M3	142.9	147.4	125.9	127.6	135.5	138.9	142.9	142.3
M4	133.8	133.2	108.9	107.5	132.1	149.7	141.7	141.2

- Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar los cambios en la productividad provocados por la variación simultánea de máquinas y días (hacer un gráfico de interacción).
- Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este experimento. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique los supuestos necesarios para el análisis.

- c) Construya la tabla ANOVA para el modelo de efectos aleatorios. Use la función usuario `Anovafactorialaleatoriosconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: `FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R`. Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema. Tenga mucho cuidado al interpretar las componentes de varianza en presencia de una interacción significativa.
- d) Estime la varianza total de la respuesta y así mismo estime e interprete las componentes y proporciones de varianza en este problema.
- e) Usando los residuales estudentizados, valide supuestos:
- Normalidad
 - Varianza constante
- f) Recomendaciones para el mejoramiento de la productividad

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)

problema4=data.frame(Máquina=factor(rep(c("M1","M2","M3","M4"),each=8)),
  Día=factor(rep(c("D1","D1","D2","D2","D3","D3","D4","D4"),times=4)),productividad=scan())
142.3 144.0 134.9 146.3 148.6 156.5 152.0 151.4
148.6 146.9 145.2 146.3 148.6 153.1 149.7 152.0
142.9 147.4 125.9 127.6 135.5 138.9 142.9 142.3
133.8 133.2 108.9 107.5 132.1 149.7 141.7 141.2

problema4

attach(problema4)

interaction.plot(Máquina,Día,productividad,type="b",lwd=2,col=1:4,pch=1:4)
interaction.plot(Día,Máquina,productividad,type="b",lwd=2,col=1:4,pch=1:4)

modeloaux=aov(productividad~Máquina*Día) #correr modelo como si fuese de efectos fijos
Anovafactorialaleatoriosconinteraccion(modelo=modeloaux) #Anova correcta considerando efectos aleatorios
#con interacción

#sumas de cuadrados y cuadrado medios modelo de efectos aleatorios con interacción
modelo=aov(productividad~Error(Máquina*Día))
summary(modelo)

#componentes de varianza modelo de efectos aleatorios con interacción
modelob=lmer(productividad~1+(1|Máquina)+(1|Día)+(1|Máquina:Día))
summary(modelob)

shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2),c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~Máquina,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Máquina")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~Día,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Día")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
plot(fitted(modeloaux),rstandard(modeloaux),ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux),lty=2)
legend("topleft",legend=c("Shapiro-Wilk Test",expression(W=0.90151),expression(PValue== 0.00677)),cex=1.1)

detach(problema4)
```

Problema 5: En una empresa dedicada a la fabricación de válvulas algunos componentes críticos tienen tolerancias muy estrechas difíciles de cumplir, de aquí que sea necesario estimar el error de medición con el fin de ver la posibilidad de reducirlo para poder cumplir con las especificaciones. El ancho de una pieza particular es una característica de calidad crítica, cuyas especificaciones son 69 ± 0.4 mm. Se cuenta con dos inspectores de calidad para el proceso de medición a los cuales se incluye en este estudio, y se seleccionan aleatoriamente siete piezas para correr un experimento para estimar los efectos de los inspectores, y la contribución de las piezas y del error aleatorio (repetibilidad) en la variabilidad total observada. Sean los **inspectores** el factor **A** y las **piezas** el factor **B**. (nota: cada pieza es medida dos veces por cada inspector, es decir se obtienen dos observaciones de cada combinación inspector vs. pieza). Los datos se presentan a continuación (use el código R que se suministra para este problema):

B: Piezas	A: Inspector			
	1	2	3	4
1	69.38	69.60	69.62	69.52
2	69.72	69.80	69.78	69.90
3	69.58	69.70	69.70	69.92
4	69.50	69.50	69.46	69.50
5	69.48	69.40	69.50	69.42
6	69.56	69.40	69.68	69.64
7	69.90	70.02	69.94	69.88

- a) Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar las variaciones en las medidas debidas a los inspectores y a la variación de las piezas (hacer un gráfico de interacción).
- b) Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este problema: Caso mixto restringido y caso mixto no restringido. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique las restricciones y los supuestos necesarios para el análisis.
- c) Construya la tabla ANOVA para el modelo de efectos mixtos no restringido. Para ello, use la función de usuario `Anovafactorialmixtoconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: `FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R`.

- i. Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema. Si la interacción no es significativa, antes de evaluar los test de hipótesis asociados a cada factor individualmente, replantee el modelo de efectos mixto sin interacción con sus supuestos y restricciones, haga la tabla ANOVA y los tests correspondientes.
 - ii. Halle las estimaciones de los parámetros que resulten significativos e interpretar según contexto del problema.
- d) ¿Cree que bajo los resultados del modelo final es pertinente realizar comparaciones de Tukey entre las medias según los inspectores? ¿Por qué? Si es así realice tales comparaciones y agrupe las medias y concluya en términos del problema.
- e) Para el modelo final valide los supuestos sobre los errores: varianza constante y normalidad.

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)
library(lmerTest)

problema5=data.frame(Piezas=factor(rep(1:7,each=4)), Inspector=factor(rep(c(1,1,2,2),times=7)), ancho=scan())
69.38 69.60 69.62 69.52
69.72 69.80 69.78 69.90
69.58 69.70 69.70 69.92
69.50 69.50 69.46 69.50
69.48 69.40 69.50 69.42
69.56 69.40 69.68 69.64
69.90 70.02 69.94 69.88

problema5

attach(problema5)

interaction.plot(Piezas,Inspector,ancho,type="b",lwd=2,col=1:2,pch=1:2)
interaction.plot(Inspector,Piezas,ancho,type="b",lwd=2,col=1:7,pch=1:7)
modeloaux=aov(ancho~Inspector*Piezas) #correr modelo como si fuese de efectos fijos
Anovafactorialmixtoconinteraccion(modelo=modeloaux,norestringido="TRUE") #Anova correcta efectos mixtos
#no restringido con interacción

modeloaux=aov(ancho~Inspector+Piezas) #Modelo sin interacción
summary(modeloaux)

#Componentes de varianza en modelo sin interacción
modelob=lmer(ancho~1+Inspector+(1|Piezas))
mediasfactorialmixtonointerv02(modelo=modelob)
summary(modelob) #Tome sólo resultados para Random Effects

LSDTukeymixtosnointer(respuesta=ancho,factorfijo=Inspector,nivelesA=2,nivelesB=7,MSE=0.00740,nreplicas=2)

shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2),c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~Inspector,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Inspector")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~Piezas,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Piezas")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
plot(fitted(modeloaux),rstandard(modeloaux),ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux),lty=2)
legend("topleft",legend=c("Shapiro-Wilk Test",expression(W==0.98709),expression(PValue== 0.9737)),cex=1.1)

detach(problema5)
```

Problema 6: Un ingeniero de procesos preocupado por la vibración de un motor eléctrico, ha identificado dos causas potenciales: **A:** El material de la caja del motor y **B:** El proveedor de rodamientos del motor. Realiza un experimento factorial en el cual se utilizaron las tres posibles cajas para el motor (1: en acero, 2: en aluminio y 3: en plástico) y con rodamientos suministrados por cinco proveedores seleccionados aleatoriamente. Para cada combinación de ambos factores se tomaron n=2 réplicas en un diseño completamente aleatorizado. Los datos de **Y:** cantidad de vibración en micras, se presentan a continuación use el código R que se suministra para este problema):

A: Material	B: Proveedor									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1: Acero	13.1	13.2	16.3	15.8	13.7	14.3	15.7	15.8	13.5	12.5
2: Aluminio	15.0	14.8	15.7	16.4	13.9	14.3	13.7	14.2	13.4	13.8
3: Plástico	14.0	14.3	17.2	16.7	12.4	12.3	14.4	13.9	13.2	13.1

- a) Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar las variaciones en la cantidad de vibración debidas a los materiales y a la variación de proveedores (hacer un gráfico de interacción).
- b) Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este problema: Caso mixto restringido y caso mixto no restringido. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique las restricciones y los supuestos necesarios para el análisis.
- c) Construya la tabla ANOVA para el modelo de efectos mixtos no restringido. Use la función de usuario `Anovafactorialmixtoconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: `FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOS DOSFACTORES.R`.

- i. Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema. Si la interacción no es significativa, antes de evaluar los test de hipótesis asociados a cada factor individualmente, replantee el modelo de efectos mixto sin interacción con sus supuestos y restricciones, haga la tabla ANOVA y los tests correspondientes.
- ii. Halle las estimaciones de los parámetros que resulten significativos e interpretar según contexto del problema.

- d) ¿Cree que bajo los resultados del modelo final es pertinente realizar comparaciones de Tukey entre las medias según los materiales? ¿Por qué? Si es así realice tales comparaciones y agrupe las medias y concluya en términos del problema.
- e) Para el modelo final valide los supuestos sobre los errores: varianza constante y normalidad.

```
rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)
library(lmerTest)

problema6=data.frame(Material=factor(rep(1:3,each=10)),Proveedor=factor(rep(c(1,1,2,2,3,3,4,4,5,5),times=3)),
                      vibración=scan())
13.1 13.2 16.3 15.8 13.7 14.3 15.7 15.8 13.5 12.5
15.0 14.8 15.7 16.4 13.9 14.3 13.7 14.2 13.4 13.8
14.0 14.3 17.2 16.7 12.4 12.3 14.4 13.9 13.2 13.1

problema6

attach(problema6)

interaction.plot(Material,Proveedor,vibración,type="b",lwd=2,col=1:5,pch=1:5)
interaction.plot(Proveedor,Material,vibración,type="b",lwd=2,col=1:3,pch=1:3)

modeloaux=aov(vibración~Material*Proveedor)
Anovafactorialmixtoconinteraccion(modelo=modeloaux) #Anova correcta efectos mixtos
#no restringido con interacción

#Estimación de efectos y componentes de varianza en modelo mixto no restringido
modelob=lmer(vibración~1+Material+(1|Proveedor)+(1|Material:Proveedor))
summary(modelob) #tomar sólo lo referente a Random effects

shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2),c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~Material,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Material")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~Proveedor,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Proveedor")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
plot(fitted(modeloaux),rstandard(modeloaux),ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux),lty=2)
legend("topleft",legend=c("Shapiro-Wilk Test",expression(W==0.97627),expression(PValue== 0.7202)),cex=1.1)

detach(problema6)
```

Problema 7: Un fabricante de pintura de látex para casas (marca A) desea mostrar que su pintura es más robusta para el material que se pinta que sus dos competidores más cercanos. La variable respuesta es el tiempo en años, hasta que se pica. El estudio incluye tres marcas de pinturas (la del fabricante y las de sus dos competidores más cercanos) y tres materiales que se eligen al azar. Se utilizan dos piezas de material por cada combinación pintura*material (es decir, dos réplicas en cada tratamiento). Los datos se dan a continuación (use el código R que se suministra para este problema):

Marca pintura	Material		
	1	2	3
A	5.50	5.60	5.40
	5.15	5.55	5.48
B	4.75	5.50	5.05
	4.60	5.60	4.95
C	5.10	5.40	4.50
	5.20	5.50	4.55

- a) Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar los cambios en el tiempo hasta que la pintura se pica provocados por la marca de pintura y la variación del material (hacer un gráfico de interacción).
- b) Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este problema: Caso mixto restringido y caso mixto no restringido. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique las restricciones y los supuestos necesarios para el análisis.
- c) Construya la tabla ANOVA para el modelo de efectos mixtos no restringido. Use la función de usuario `Anovafactorialmixtoconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: `FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R`.
- Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema. Tenga mucho cuidado al interpretar en presencia de una interacción significativa.
 - Halle las estimaciones de parámetros que resulten significativos.
- d) Construya manualmente la tabla ANOVA para el modelo mixto restringido y responda lo mismo que en c).
- e) ¿Cree que bajo los resultados del modelo (no restringido), es pertinente realizar comparaciones de Tukey entre las medias de marcas? ¿Por qué?
- f) Para el modelo mixto no restringido valide los supuestos sobre los errores: varianza constante y normalidad.

```

rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)
library(lmerTest)

problema7=data.frame(Marca=factor(rep(c("A", "B", "C"), each=6)), Material=factor(rep(c(1:3), times=6)),
                      duración=scan())

5.50 5.60 5.40
5.15 5.55 5.48
4.75 5.50 5.05
4.60 5.60 4.95
5.10 5.40 4.50
5.20 5.50 4.55

problema7

attach(problema7)

interaction.plot(Marca, Material, duración, type="b", lwd=2, col=1:3, pch=1:3)
interaction.plot(Material, Marca, duración, type="b", lwd=2, col=1:3, pch=1:3)

modeloaux=aov(duración~Marca*Material)
Anovafactorialmixtoconinteraccion(modelo=modeloaux) #Anova correcta efectos mixtos
#no restringido con interacción

shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2), c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~Marca, vertical=TRUE, ylim=c(-2.5, 2.5), pch=1, cex=1, xlab="Marca")
abline(h=c(-2, 0, 2), lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~Material, vertical=TRUE, ylim=c(-2.5, 2.5), pch=1, cex=1, xlab="Material")
abline(h=c(-2, 0, 2), lty=2)
plot(fitted(modeloaux), rstandard(modeloaux), ylim=c(-2.5, 2.5))
abline(h=c(-2, 0, 2), lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux), lty=2)
legend("topleft", legend=c("Shapiro-Wilk Test", expression(W==0.93772), expression(PValue== 0.2647)), cex=1.1)

detach(problema7)

```

Problema 8: Un ingeniero de proceso quiere determinar si el ajuste de potencia de las máquinas que se utilizan para llenar cajas de cereal tiene como resultado un efecto significativo sobre el peso real del producto. El estudio consiste de tres tipos de cereal seleccionados de forma aleatoria fabricados por la compañía y tres ajustes de potencia fijos. El peso se mide en cuatro cajas de cereal seleccionadas aleatoriamente en cada combinación. El peso que se desea es de 400 gramos. Los datos son los siguientes (use el código R que se suministra para este problema):

Ajuste de potencia	Tipo de cereal					
	1		2		3	
1: Baja	395	390	392	392	402	405
	401	400	394	401	399	399
2: Actual	396	399	390	392	404	403
	400	402	395	402	400	399
3: Alta	410	408	404	406	415	412
	408	407	401	400	413	415

- Realice un análisis descriptivo de los datos para evaluar los cambios en el peso real empacado provocados por el nivel de ajuste de potencia y la variación del tipo de cereal (hacer un gráfico de interacción).
- Escriba el modelo ANOVA correspondiente a este problema bajo un modelo mixto restringido y no restringido. Explique cada término del modelo en función de las variables en el problema, indique las restricciones y los supuestos necesarios para el análisis.
- Construya la tabla ANOVA para el modelo mixto no restringido. Use la función de usuario `Anovafactorialmixtoconinteraccion()` disponible en el código R publicado en Moodle: `FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R`. Realice los tests de hipótesis pertinentes enunciando claramente las hipótesis, la forma de construir los estadísticos de prueba en cada caso y sus valores respectivos, así como los valores P y las conclusiones en términos del modelo y del problema.
- Si la interacción no es significativa,
 - repita b) y c) para el modelo sin interacción.
 - Realice las comparaciones de Tukey de las medias de peso real según nivel de ajuste de potencia y agrupe dichas medias según tales resultados.
 - ¿Con cuál nivel de ajuste se cumple que el peso promedio empacado es de 400 gramos? Justifique.
 - Estime e interprete las proporciones de las componentes de varianza.
- Valide supuesto sobre los errores: varianza constante y normalidad.

```

rm(list=ls(all=TRUE))
library(daewr)
library(lme4)
library(MASS)
library(lmerTest)

problema8=data.frame(AjustPotencia=factor(rep(1:3, each=12)), TipoCereal=factor(rep(c(1,1,2,2,3,3), times=6)),
                      peso=scan())

395 390 392 392 402 405
401 400 394 401 399 399
396 399 390 392 404 403
400 402 395 402 400 399
410 408 404 406 415 412
408 407 401 400 413 415

```

```

problema8
attach(problema8)

interaction.plot(AjustPotencia,TipoCereal,peso,type="b",lwd=2,col=1:3,pch=1:3)
interaction.plot(TipoCereal,AjustPotencia,peso,type="b",lwd=2,col=1:3,pch=1:3)

modeloaux=aov(peso~AjustPotencia*TipoCereal) #Correr modelo como si fuese de efectos fijos

Anovafactorialmixtoconinteraccion(modelo=modeloaux) #Anova correcta efectos mixtos
#no restringido con interacción

modeloaux=aov(peso~AjustPotencia+TipoCereal) #Modelo sin interacción
summary(modeloaux)

#Estimación de efectos y componentes de varianza en modelo mixto sin interacción
modelob=lmer(peso~1+AjustPotencia+(1|TipoCereal))
summary(modelob) #tomar sólo lo referente a Random effects

mediasfactorialmixtonointerv02(modelo=modelob)
LSDTukeymixtosnointer(respuesta=peso,factorfijo=AjustPotencia,nivelesA=3,nivelesB=3,MSE=11.1,nreplicas=4)
shapiro.test(rstandard(modeloaux))

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS ESTUDENTIZADOS,
layout(rbind(c(1,1,2,2),c(3,3,4,4)))
stripchart(rstandard(modeloaux)~AjustPotencia,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Ajuste de potencia")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
stripchart(rstandard(modeloaux)~TipoCereal,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,xlab="Tipo cereal")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
plot(fitted(modeloaux),rstandard(modeloaux),ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
qqnorm(rstandard(modeloaux))
qqline(rstandard(modeloaux),lty=2)
legend("topleft",legend=c("Shapiro-Wilk Test",expression(W== 0.97241),expression(PValue==0.4949)),cex=1.1)

detach(problema8)

```

Problemas Parte III

Problema1: Considere un experimento en el cual se desea investigar el efecto del tipo de suspensión (Factor A), abertura de malla (Factor B) y de la temperatura (Factor C) en el volumen de sedimentación Y(%) de cierta suspensión. Para ello se decide correr un experimento factorial 3x2x2 (es decir, el factor A con tres niveles y los factores B y C con dos niveles), con seis réplicas (n=6), y las observaciones obtenidas en las 72 corridas experimentales se dan a continuación:

	A1						A2						A3					
	B1			B2			B1			B2			B1			B2		
C1	60	75	75	67	73	73	62	68	65	71	80	80	76	71	75	75	75	75
	86	70	70	67	68	68	76	65	65	72	80	80	70	68	73	75	75	77
C2	55	53	53	52	52	57	44	44	45	60	60	60	52	51	50	56	55	57
	55	55	55	52	54	54	48	48	45	67	67	65	52	48	54	59	50	55

Factor	Niveles
A: Tipo de suspensión	A1, A2, A3
B: Abertura malla	40, 60
C: Temperatura	0, 30

Considere cada factor como de efectos fijos.

1. Realice gráfico para analizar la triple interacción de la siguiente manera: Grafique la interacción AB en el nivel C1, y la interacción AB en el nivel C2. Concluya en términos del problema acerca de la existencia de interacciones y la manera en que los factores interactúan y afectan la media de la respuesta.
2. Especifique el modelo ANOVA con todos los efectos posibles, dé sus supuestos sobre el error y las restricciones sobre los efectos considerados. Construya la tabla ANOVA. Pruebe con un nivel de significancia de 0.1 la significancia de efectos en el siguiente orden:
 - a) Triple interacción: Si no resulta significativa, replantee el modelo sólo con efectos principales e interacciones por pares de factores y recalcule la tabla ANOVA. Si la triple interacción es significativa, los demás efectos (principales y de las interacciones por pares) deben permanecer en el modelo así las pruebas F respectivas no rechacen la correspondiente H0.
 - b) Dobles interacciones: Si alguna no resulta significativa y la triple interacción tampoco es significativa, replantee el modelo sólo con los efectos principales (los de todos los tres factores) y aquellas interacciones por pares de factores que resultaron significativos y recalcule la tabla ANOVA.
 - c) Efectos principales: Evalúe la significancia teniendo en cuenta que si factores involucrados en interacciones significativas resultan no significativos, puede haber encubrimiento de los efectos de tal factor por parte de alguna de las interacciones significativas en el modelo. Por tanto tales factores deben permanecer en el modelo.
 - d) Si el interés es minimizar el % de sedimentación, con base en los anteriores resultados, en los análisis gráficos y estimaciones de medias de tratamientos, determine la combinación o tratamiento más apropiado para tal fin. Use el modelo ANOVA final alcanzado y en este estime las medias de tratamientos (puede usar función `lsmeans()` de la librería `lsmeans`. Ver en Notas de clase salida R8.5.2 y adapte programa para el caso de tres factores).
3. Valide los supuestos del Modelo ANOVA final obtenido use residuales estudentizados en los gráficos de residuales y en las pruebas de normalidad. De acuerdo a los resultados, ¿Se sustentan las conclusiones en los literales previos?

Programa R para lectura de los datos (no cambie código para que no se equivoque) y obtención de gráficos de perfiles de medias pedidos:

```

rm(list=ls(all=TRUE))
problema1=data.frame(A=factor(rep(c(rep("A1",6),rep("A2",6),rep("A3",6)),times=4)),
                      B=factor(rep(c(rep("B1",3),rep("B2",3)),times=12)),C=factor(rep(c("C1","C2"),each=36)),Y=scan())
60 75 75 67 73 73 62 68 65 71 80 80 76 71 75 75 75 75
86 70 70 67 68 68 76 65 65 72 80 80 70 68 73 75 75 77
55 53 53 52 52 57 44 44 45 60 60 60 52 51 50 56 55 57
55 55 55 52 54 54 48 48 45 67 67 65 52 48 54 59 50 55

```

problema1

```
attach(problema1)

#PARA ANALIZAR INTERACCIÓN TRIPLE
win.graph()
interaction.plot(A[C=="C1"],B[C=="C1"],Y[C=="C1"],type="b",pch=c(1,2),col=c("black","red"),lwd=3,main="Interacción A*B cuando C=C1")

win.graph()
interaction.plot(A[C=="C2"],B[C=="C2"],Y[C=="C2"],type="b",pch=c(1,2),col=c("black","red"),lwd=3,main="Interacción A*B cuando C=C2")

#Escriba el resto de programa R aqui

detach(problema1)
```

Problema 2: En un proceso de producción de papel se desea estudiar los efectos producidos por el porcentaje de concentración de fibra de madera en la pulpa (Factor A), la presión del tanque (Factor B) y del tiempo de cocción de la pulpa (Factor C), sobre la resistencia del papel. Se fijan tres niveles de la concentración de la fibra de madera y de la presión, y dos niveles para el tiempo de cocción; considere por tanto todos los factores con efectos fijos. En un diseño completamente aleatorizado se asignan dos réplicas por tratamiento y los datos obtenidos fueron los siguientes:

A: Concentración porcentual (%) de fibra	C: Tiempo cocción 3h			C: Tiempo cocción 4h		
	B: Presión psi			B: Presión psi		
	400	500	650	400	500	650
2	196.6	197.7	199.8	198.4	199.6	200.6
	196.0	196.0	199.4	198.6	200.4	200.9
4	198.5	196.0	198.4	197.5	198.7	199.6
	197.2	196.9	197.6	198.1	198.0	199.0
8	197.5	195.6	197.4	197.6	197.0	198.5
	196.6	196.2	198.1	198.4	197.8	199.8

1. Realice gráfico para analizar la triple interacción de la siguiente manera: Grafique la interacción AB en el nivel C=3h, y la interacción AB en el nivel C=4h. Concluya en términos del problema acerca de la existencia de interacciones y la manera en que los factores interactúan y afectan la media de la respuesta.
2. Especifique el modelo ANOVA con todos los efectos posibles, dé sus supuestos sobre el error y las restricciones sobre los efectos considerados. Construya la tabla ANOVA. Pruebe la significancia de efectos en el siguiente orden, a un nivel de significancia de 0.1
 - a) Triple interacción: Si no resulta significativa, replantee el modelo sólo con efectos principales e interacciones por pares de factores y recalculé la tabla ANOVA. Si la triple interacción es significativa, los demás efectos (principales y de las interacciones por pares) deben permanecer en el modelo así las pruebas F respectivas no rechacen la correspondiente H0.
 - b) Dobles interacciones: Si alguna no resulta significativa y la triple interacción tampoco es significativa, replantee el modelo sólo con los efectos principales (los de todos los tres factores) y aquellas interacciones por pares de factores que resultaron significativos y recalculé la tabla ANOVA.
 - c) Efectos principales: Evalúe la significancia teniendo en cuenta que si factores involucrados en interacciones significativas resultan no significativos, puede haber encubrimiento de los efectos de tal factor por parte de alguna de las interacciones significativas en el modelo. Por tanto tales factores deben permanecer en el modelo.
 - d) Si el interés es maximizar la resistencia del papel, ¿bajo qué condiciones debe operarse este proceso? Justifique con base en la evidencia estadística hallada en el modelo ANOVA final, en el análisis de los gráficos de los datos que resulten apropiados (de interacciones, etc.) y la estimación de las medias de tratamientos (puede usar función `lsmeans()` de la librería `lsmeans`. Ver en Notas de clase salida R8.5.2 y adapte programa para el caso de tres factores).
3. Valide los supuestos del Modelo ANOVA final obtenido use residuales estudentizados en los gráficos de residuales y en las pruebas de normalidad. De acuerdo a los resultados, ¿Se sustentan las conclusiones en los literales previos?

Programa R para lectura de los datos (no cambie código para que no se equivoque) y obtención de gráficos de perfiles de medias pedidos:

```
rm(list=ls(all=TRUE))
problema2=data.frame(A=factor(rep(c(2,4,8),each=12)),B=factor(rep(c(400,500,650),times=12)),
                      C=factor(rep(c(3,4),each=3),times=6),Y=scan())
196.6 197.7 199.8 198.4 199.6 200.6
196.0 196.0 199.4 198.6 200.4 200.9
198.5 196.0 198.4 197.5 198.7 199.6
197.2 196.9 197.6 198.1 198.0 199.0
197.5 195.6 197.4 197.6 197.0 198.5
196.6 196.2 198.1 198.4 197.8 199.8

attach(problema2)

#INTERACCIÓN TRIPLE
win.graph()
interaction.plot(A[C==3],B[C==3],Y[C==3],type="b",pch=c(1,2,3),col=c("black","red","blue"),lwd=3,lty=c(1,2,3),
                main="Interacción A*B cuando C=3h")

win.graph()
interaction.plot(A[C==4],B[C==4],Y[C==4],type="b",pch=c(1,2,3),col=c("black","red","blue"),lwd=3,lty=c(1,2,3),
                main=" Interacción A*B cuando C=4h")

#Complete aquí código R

detach(problema2)
```

Problema 3: Un consultor de investigación de mercados evalúo los efectos sobre la calidad del trabajo desarrollado bajo contrato por agencias independientes de investigación de mercados, considerando como factores A: plan de tarifas (i=1 alto, i=2 medio, i=3 bajo), B: Alcance del trabajo (j=1 trabajo contratado desarrollado directamente por la agencia, j=2 parte del trabajo contratado es subcontratado) y C: Tipo de control de supervisión (k=1 supervisores locales, k=2 supervisores viajeros). La calidad del trabajo fue medida mediante un índice definido tomando en cuenta varias características de calidad. Los datos son los siguientes

	C: Supervisión			
	k=1		k=2	
	B: Alcance		B: Alcance	
A: Plan tarifas	j=1	j=2	j=1	j=2
i=1	124.3	115.1	112.7	88.2
	120.6	119.9	110.2	96.0
	120.7	115.4	113.5	96.4
	122.6	117.3	108.6	90.1
i=2	119.3	117.2	113.6	92.7
	118.9	114.4	109.1	91.1
	125.3	113.4	108.9	90.7
	121.4	120.0	112.3	87.9
i=3	90.9	89.9	78.6	58.6
	95.3	83.0	80.6	63.5
	88.8	86.5	83.5	59.8
	92.0	82.7	77.1	62.3

Considere cada factor como de efectos fijos:

1. Realice gráfico para analizar la triple interacción de la siguiente manera: Grafique la interacción BC en el nivel A=1, la interacción BC en el nivel A=2 y la interacción BC en el nivel A=3. Concluya en términos del problema, acerca de la existencia de interacciones y la manera en que los factores interactúan.

2. Especifique el modelo ANOVA con todos los efectos posibles, dé sus supuestos sobre el error y las restricciones sobre los efectos considerados. Construya la tabla ANOVA. Pruebe la significancia de efectos en el siguiente orden, con un nivel de significancia de 0.1:

a. Triple interacción: Si no resulta significativa, replantee el modelo sólo con efectos principales e interacciones dobles y recalcule la tabla ANOVA. Si la triple interacción es significativa, los demás efectos (principales y de las interacciones por pares) deben permanecer en el modelo así las pruebas F respectivas no rechacen la correspondiente H0.

b. Dobles interacciones: Si alguna no resulta significativa y la triple interacción tampoco es significativa, replantee el modelo sólo con los efectos principales (los de todos los tres factores) y aquellas interacciones por pares de factores que resultaron significativos y recalcule la tabla ANOVA

c. Efectos principales: Evalúe la significancia teniendo en cuenta que si factores involucrados en interacciones significativas, resultan no significativos, puede haber encubrimiento de los efectos de

tal factor por parte de alguna de las interacciones significativas en el modelo. Por tanto tales factores deben permanecer en el modelo.

d. Teniendo en cuenta la naturaleza de la variable respuesta y de los factores, con base en los anteriores resultados, en los análisis gráficos, y estimaciones de medias de tratamientos, dé recomendaciones para mejorar la calidad del trabajo desarrollado bajo contrato por las agencias. Use el modelo ANOVA final alcanzado y en este estime las medias de tratamientos (puede usar función `lsmeans()` de la librería `lsmeans`. Ver en Notas de clase salida R8.5.2 y adapte programa para el caso de tres factores).

3. Valide los supuestos del Modelo ANOVA final obtenido use residuales estudentizados en los gráficos de residuales y en las pruebas de normalidad. De acuerdo a los resultados ¿Se sustentan las conclusiones en los literales previos?

Programa R para lectura de los datos (no cambie código para que no se equivoque) y obtención de gráficos de perfiles de medias pedidos:

```
rm(list=ls(all=TRUE))
problema3=data.frame(A=factor(rep(1:3,each=16)),B=factor(rep(1:2,times=24)),C=factor(rep(c(1,1,2,2),times=12)),
                      IndexCal=scan())
124.3 115.1 112.7 88.2
120.6 119.9 110.2 96.0
120.7 115.4 113.5 96.4
122.6 117.3 108.6 90.1
119.3 117.2 113.6 92.7
118.9 114.4 109.1 91.1
125.3 113.4 108.9 90.7
121.4 120.0 112.3 87.9
90.9 89.9 78.6 58.6
95.3 83.0 80.6 63.5
88.8 86.5 83.5 59.8
92.0 82.7 77.1 62.3

attach(problema3)
win.graph()
interaction.plot(B[A=="1"],C[A=="1"],IndexCal[A=="1"],type="b",pch=1:2,col=c("black","red"),lwd=3,lty=1:2,
                main="Interacción B*C cuando A=1")

win.graph()
interaction.plot(B[A=="2"],C[A=="2"],IndexCal[A=="2"],type="b",pch=1:2,col=c("black","red"),lwd=3,lty=1:2,
                main="Interacción B*C cuando A=2")

win.graph()
interaction.plot(B[A=="3"],C[A=="3"],IndexCal[A=="3"],type="b",pch=1:2,col=c("black","red"),lwd=3,lty=1:2,
                main="Interacción B*C cuando A=3")

#Escriba aquí su programa R

detach(problema3)
```

Problema 4: El departamento de control de calidad de una planta de acabado de telas está estudiando el efecto de varios factores en el teñido de la tela sintética de algodón utilizada para fabricar camisas para hombres. Se consideran, tres tiempos de ciclo (A), dos temperaturas (B) y tres operadores (C). Tres pequeños especímenes de tela (n=3) fueron teñidos bajo cada conjunto de condiciones. La tela terminada se comparó con un estándar y se asignó una puntuación numérica de tal forma que a mayor puntuación mejor es la calidad del teñido. Los resultados son como sigue.

	B: Temperatura					
	300°C			350°C		
	Operador			Operador		
A: Tiempo Ciclo	1	2	3	1	2	3
40	23	27	31	24	38	34
	24	28	32	23	36	36
	25	26	29	28	35	39
50	36	34	33	37	34	34
	35	38	34	39	38	36
	36	39	35	35	36	31
60	28	35	26	26	36	28
	24	35	27	29	37	26
	27	34	25	25	34	24

Considere cada factor como de efectos fijos:

1. Realice gráfico para analizar la triple interacción de la siguiente manera: Grafique la interacción AC en el nivel B=300°C y la interacción AC en el nivel B=350°C. Concluya en términos del problema, acerca de la existencia de interacciones y la manera en que los factores interactúan ¿será conveniente en el proceso encontrar interacción entre operadores con cualquiera de los otros dos factores?

2. Especifique el modelo ANOVA con todos los efectos posibles, dé sus supuestos sobre el error y las restricciones sobre los efectos considerados. Construya la tabla ANOVA. Pruebe la significancia de efectos en el siguiente orden, con un nivel de significancia de 0.1:

a. Triple interacción: Si no resulta significativa, replantee el modelo sólo con efectos principales e interacciones dobles y recalcule la tabla ANOVA. Si la triple interacción es significativa, los demás efectos (principales y de las interacciones por pares) deben permanecer en el modelo así las pruebas F respectivas no rechacen la correspondiente H0.

- b. Dobles interacciones: Si alguna no resulta significativa y la triple interacción tampoco es significativa, replantee el modelo sólo con los efectos principales (los de todos los tres factores) y aquellas interacciones por pares de factores que resultaron significativos y recalcule la tabla ANOVA
- c. Efectos principales: Evalúe la significancia teniendo en cuenta que si factores involucrados en interacciones significativas, resultan no significativos, puede haber encubrimiento de los efectos de tal factor por parte de alguna de las interacciones significativas en el modelo. Por tanto tales factores deben permanecer en el modelo
- d. Teniendo en cuenta la naturaleza de la variable respuesta y de los factores, con base en los anteriores resultados, en los análisis gráficos, y estimaciones de medias de tratamientos, dé recomendaciones para mejorar el proceso de teñido. Use el modelo ANOVA final alcanzado y en este estime las medias de tratamientos (puede usar función `lsmeans()` de la librería `lsmeans`. Ver en Notas de clase salida R8.5.2 y adapte programa para el caso de tres factores).

3. Valide los supuestos del Modelo ANOVA final obtenido use residuales estudentizados en los gráficos de residuales y en las pruebas de normalidad. De acuerdo a los resultados ¿Se sustentan las conclusiones en los literales previos?

Programa R para lectura de los datos (no cambie código para que no se equivoque) y obtención de gráficos de perfiles de medias pedidos:

```
rm(list=ls(all=TRUE))
problema4=data.frame(Tiempo_Ciclo=factor(rep(c(40,50,60),each=18)),Temperatura=factor(rep(c(rep(300,3),rep(350,3)),times=9)),
  Operador=factor(rep(1:3,times=18)),Y=scan())

23 27 31 24 38 34
24 28 32 23 36 36
25 26 29 28 35 39
36 34 33 37 34 34
35 38 34 39 38 36
36 39 35 35 36 31
28 35 26 26 36 28
24 35 27 29 37 26
27 34 25 25 34 24

attach(problema4)

win.graph()
interaction.plot(Tiempo_Ciclo[Temperatura=="300"],Operador[Temperatura=="300"],Y[Temperatura=="300"],type="b",pch=1:3,
  col=c("black","red","blue"),lwd=3,lty=1:3,main="Interacción A*C cuando B=300")

win.graph()
interaction.plot(Tiempo_Ciclo[Temperatura=="350"],Operador[Temperatura=="350"],Y[Temperatura=="350"],type="b",pch=1:3,
  col=c("black","red","blue"),lwd=3,lty=1:3,main="Interacción A*C cuando B=350")
#Complete aquí código R

detach(problema4)
```

Asignaciones a los grupos

Grupo	Problema Parte I	Problema Parte II	Problema Parte III
1	1	1	2
2	2	2	4
3	3	3	3
4	4	4	2
5	1	5	1
6	2	6	4
7	3	7	3
8	4	8	2
9	1	3	1

Nota 3: Para los problemas 5 a 8 de la Parte II debe reiniciar sesión R y no cargar librería `lsmeans`

APÉNDICE: sobre las funciones de usuario proporcionadas

En el script R *FUNCIONESDEUSUARIOPARAMODELOSDOSFACTORES.R* Se proporcionan las siguientes funciones de usuario, las cuales son útiles sólo para experimentos balanceados con dos factores de tratamientos en una estructura de diseño DCA.

1. Función usuario para realizar los tests de significancia de efectos o de igualdad de medias de un factor en cada nivel del otro factor, en modelos factoriales de dos factores de efectos fijos con interacción significativa, bajo un DCA: `Comparmediasslices2(modelo,nreplicas)`. Para usar esta función ud. debe especificar en el argumento `modelo` el objeto R donde ajustó el modelo con función `aov()` y en `nreplicas` el número de réplicas por tratamiento, es decir `n`. Por ejemplo, si al modelo ANOVA ajustado con función `aov()` lo llamó `modelo1` y `n=5`, entonces use:

```
Comparmediasslices2(modelo=modelo1,nreplicas=5)
```

2. Función de usuario para calcular la ANOVA correcta en modelo factorial de dos factores de efectos aleatorios en un DCA con interacción: `Anovafactorialaleatoriosconinteraccion(modelo)`. Para usar esta función ud. debe especificar en el argumento `modelo` el objeto R donde se haya ajustado el modelo pero con efectos fijos, con la función `aov()`. Por ejemplo, si el modelo ANOVA de efectos fijos ajustado con función `aov()` lo llamó `modeloaux`, entonces use:

```
Anovafactorialaleatoriosconinteraccion(modelo=modeloaux)
```

3. Función de usuario para calcular la ANOVA correcta en modelo factorial de dos factores de efectos mixtos en un DCA con interacción (mixto no restringido por defecto): `Anovafactorialmixtoconinteraccion(modelo)`. Para usar esta función ud. debe especificar en el argumento modelo el objeto R donde se haya ajustado el modelo pero con efectos fijos, con la función `aov()`, habiendo invocado como primer factor al que verdaderamente es de efectos fijos. Por ejemplo, si el modelo ANOVA de efectos fijos ajustado con función `aov()` lo llamó `modeloaux`, entonces use:

```
Anovafactorialmixtoconinteraccion(modelo=modeloaux) #Mixto no restringido
Anovafactorialmixtoconinteraccion(modelo=modeloaux,norestringido="FALSE") #Mixto restringido
```

4. Función de usuario para construcción de los I.C (del 95% por defecto) para las medias del factor de efectos fijos en un modelo ANOVA de dos factores de efectos mixtos con interacción: `mediasfactorialmixtointerv02(modelo)`. En esta función en el argumento modelo se debe especificar el objeto R obtenido al ajustar con la función `lmer()` el modelo mixto con interacción (es mixto no restringido). Por ejemplo, si en R los factores son A (de efectos fijos) y B (de efectos aleatorios) y la variable respuesta simplemente es denominada respuesta,

```
modelob=lmer(respuesta~1+A+(1|B)+(1|A:B))
mediasfactorialmixtointerv02(modelo=modelob) #I.C del 95%
mediasfactorialmixtointerv02(modelo=modelob,alpha=0.01) #I.C del 99%
```

5. Función de usuario para construcción de los I.C (del 95% por defecto) para las medias del factor de efectos fijos en un modelo ANOVA de dos factores de efectos mixtos sin interacción: `mediasfactorialmixtonointerv02(modelo)`. En esta función en el argumento modelo se debe especificar el objeto R obtenido al ajustar con la función `lmer()` el modelo mixto sin interacción. Por ejemplo, si en R los factores son A (de efectos fijos) y B (de efectos aleatorios) y la variable respuesta simplemente es denominada respuesta,

```
modeloc=lmer(respuesta ~1+A+(1|B))
mediasfactorialmixtonointerv02(modelo=modeloc) #I.C del 95%
mediasfactorialmixtonointerv02(modelo=modeloc,alpha=0.01) #I.C del 99%
```

6. Función de usuario para comparaciones de las medias del factor de efectos fijos por LSD y Tukey en modelo mixto con interacción: `LSDTukeymixtosinter(respuesta, factorfijo, nivelesA, nivelesB, MSAB)`. En esta función se asume que el factor A es el de efectos fijos y tiene como argumentos: respuesta para especificar la variable respuesta; factorfijo para especificar el factor de efectos fijos; nivelesA para especificar el número de niveles del factor de efectos fijos; nivelesB para especificar el número de niveles del factor de efectos aleatorios y MSAB para especificar la suma de cuadrados medios de la interacción AB.

7. Función de usuario para comparaciones de las medias del factor de efectos fijos por LSD y Tukey en modelo mixto sin interacción: `LSDTukeymixtosnointer(respuesta, factorfijo, nivelesA, nivelesB, MSE, nreplicas)`. En esta función se asume que el factor A es el de efectos fijos, y tiene como argumentos: respuesta para especificar la variable respuesta; factorfijo para especificar el factor de efectos fijos; nivelesA para especificar el número de niveles del factor de efectos fijos; nivelesB para especificar el número de niveles del factor de efectos aleatorios; MSE para especificar la suma de cuadrados medios del error en el modelo mixto sin interacción, y nreplicas para especificar el número de réplicas por tratamiento.

ADVERTENCIA: Las librerías R `lsmeans` y `lmerTest` pueden entrar en conflicto, por tanto, no es conveniente invocarlas en una misma sesión R.