VNIVERSIDAD NACIONAL AVTONOMA DE MEXICO

UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS

PROFESIONAL Y DE POSGRADO.

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES.

UN PAQUETE ESTADISTICO PARA DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

TESINA PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA ESPECIALIZACION EN ESTADISTICA APLICADA.

HERNANDO ENRIQUE MUTIS GAITAN.

MEXICO, D.F. 1988.

C O N T E N I D O.

P R E S E N T A C I O N .

H E R M U T

La idea original que animó la realización de este trabajo fue la de contar con un paquete interactivo -en lenguaje pascal- que, cubriendo las técnicas más usuales del diseño de experimentos, sirviera como apoyo pedagógico a los cursos del tema mencionado. Dentro de los objetivos que pretende cumplir está el que pueda ser utilizado por usuarios que no tienen o no requieren conocimientos profundos en en cuestiones de computación, pero que necesitan utilizar un programa que sea muy fácil de manejar y que a la vez permita obtener, de una manera más transparente que otros paquetes, los resultados intermedios y finales de los diseños de experimentos básicos.

HERMUT obtiene la tabla de análisis de varianza de los siguientes diseños:

1. - Completamente aleatorizado (DCA).
2. - Bloques completos al azar (BCA).
3. - Cuadrado latino (CL).
4. - Cuadrado grecolatino (CG-L).
5. - Experimentos factoriales:

    5.1 - dos factores, varios niveles.
    5.2 - tres factores, varios niveles.
    5.3 - varios factores a dos niveles.

Como se mencionaba, el programa muestra en pantalla los resultados intermedios que se van obteniendo, con el objeto de que el usuario tenga un cierto control sobre el manejo de la aritmética de los cálculos. Por estos motivos se considera el paquete como una gran ayuda desde el punto de vista pedagógico.

HERMUT también cuenta con un procedimiento para realizar análisis por medio de la técnica de contrastes, verifica si los coeficientes dados son ortogonales y obtiene la tabla de A. de V. correspondiente. Para algunos diseños se pueden probar los efectos lineales, cuadráticos, de tercer grado ..., a través de la técnica de contrastes ortogonales. Asimismo, para algunos diseños, HERMUT realiza la prueba de Bartlett sobre homogeneidad de varianzas.

En los experimentos factoriales, HERMUT obtiene las pruebas correspondientes suponiendo efectos fijos, salvo para el diseño de dos factores, en el cual se puede obtener la tabla de análisis de varianza según el carácter aleatorio o fijo de uno o de los dos factores.

Dentro del sistema de ayudas de HERMUT se integran dos procedimientos especiales: uno, llamado PROPOSITOS Y SUPUESTOS, es un sistema de ágil consulta que permite repasar brevemente cada uno de los diseños con que cuenta el programa; otro, referente a la entrada de los datos, explica los mecanismos para crear los archivos de datos y el orden en que HERMUT debe encontrar la información requerida para lograr su correcto funcionamiento.

Para facilidad de los usuarios y con el fin de agilizar la presentación de resultados, HERMUT efectúa la lectura de la información básica contenida en archivos. Estos se pueden crear muy fácilmente con editores de texto como el mismo turbo-pascal, el epsylon, el perfect writer. Es necesario que el archivo de datos se localice en el mismo disco en que se encuentra HERMUT. En el apéndice A se presentan los pasos necesarios para crear un archivo utilizando el editor del turbo-pascal.

Otro rasgo importante del paquete HERMUT es la facilidad para presentar reportes del análisis de los datos.HERMUT está diseñado para que se pueda escribir en la pantalla DENTRO de la ejecución o corrida del programa. Esta característica permite comentar los resultados parciales que va produciendo HERMUT, elaborar las conclusiones y, mediante conexión de la micro a la impresora, ordenar la impresión utilizando los comandos <Shift>--<PrtSc>.

. . . .

. . . .

En la primera parte de este material se esboza una breve descripción de los diseños teóricos que HERMUT desarrolla. Esta descripción expone el modelo teórico correspondiente, sus supuestos, las pruebas de hipótesis y va acompañada de comentarios sobre las ventajas y desventajas de cada técnica aludida. Cada sección termina presentando las expresiones matemáticas para la obtención de las sumas de cuadrados de la tabla de análisis de varianza y una nota sobre la capacidad del programa.

En la segunda parte se presenta el manual de operación: se enfatiza sobre las características generales, la creación de archivos y se transcriben ejemplos de la ejecución y salidas del programa. La sección finaliza con un comentario sobre las limitaciones del paquete HERMUT.

Finalmente, en el apéndice A se explica, paso a paso, la creación de un archivo utilizando el editor de turbo-pascal y en el apéndice B, la estructura modular de la forma como se organizó el paquete.

. . . .

Para la culminación de este trabajo se contó con la asesoría del Prof. Raymundo Peralta en la parte computacional y con las M. en C. Belem Trejo Valdivia y Patricia Covarrubias en la parte estadística. Desde luego sin su colaboración no hubiera llegado a feliz término este esfuerzo. Quiero agradecer, además, al Dr. Rubén Hernández Cid, así como al Dr. Federico O'Reilly por las facilidades que me brindaron y que hicieron posible terminar esta labor.

Expreso mis agradecimientos a la Q.F.B. Alma Rosa Cortés Arroyo, a las biólogas Roxana Torres Avilés y Milena Holmgren y al M.V.Z. Jaime Navarro Hernández por las recomendaciones dadas para la presentación de este material.

1.- DESCRIPCION DE LOS MODELOS TEORICOS.

El objetivo de la presente sección es describir breve y esquemáticamente los diseños experimentales con que cuenta el paquete. Esta descripción incluye comentarios sobre los propósitos de cada uno de los diseños, el tipo de pruebas que realiza y la formulación o expresión matemática de las sumas de cuadrados de la tabla de análisis de varianza correspondiente.

1.1 DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIZADO (D.C.A.).

En el caso de un único factor es el diseño más simple y se caracteriza porque las unidades experimentales (u.e.) se obtienen de una manera completamente aleatorizada. El propósito de este tipo de diseño es inferir sobre los efectos en la aplicación de un tratamiento a las distintas unidades experimentales utilizadas.

MODELO:

$$Y_{ij} = \mu + \Gamma_i + \epsilon_{ij} \qquad i = 1, 2, \ldots, t \quad j = 1, 2, \ldots, n_i \qquad (1.1)$$

DONDE:

Y_{ij} : j-ésima observación del iésimo tratamiento.

μ : media general;

Γ_i : efecto del iésimo tratamiento.

ϵ_{ij} ~ N(ind.) [$0,\sigma^2$]. Se supone que σ^2 es constante para todos los niveles del factor.

n_i : número de observaciones por tratamiento.

En el modelo de EFECTOS FIJOS los efectos de los tratamientos se definen como desviaciones de la media general: $\Sigma\, \Gamma(i) = 0$ [*], y el procedimiento sirve para probar la igualdad de los efectos de los t tratamientos:

Ho: $\Gamma_1 = \Gamma_2 = . \quad . = \Gamma_t$ Ha: $\Gamma_i \neq \Gamma_j$ para al menos una $i \neq j$

PRUEBA: si C.M.T / C.M.E. $\geq$ F (α , t-1, N-t) se rechaza Ho.

Donde C.M.T. : Cuadrado Medio de Tratamientos.
C.M.E. : Cuadrado Medio del Error.

Cuando se seleccionan aleatoriamente t tratamientos de todos los posibles de la población de tratamientos, se tiene el modelo de EFECTOS ALEATORIOS. En tanto los niveles de los tratamientos se escogen aleatoriamente, son válidas las inferencias sobre la población entera de los tratamientos.
El modelo se diferencia de (1.1) en que ahora los Γ_i y los ϵ_{ij} son variables aleatorias. Además:

$$COV\ [\ \Gamma_i\ ,\ \epsilon_{ij}\ ] = 0$$

$$VAR\ [\ \Gamma_i\ ] = \sigma^2_i \ \longrightarrow\ VAR\ [\ Y_{ij}\ ] = \sigma^2_i + \sigma^2$$

$$\{\ \Gamma_i\ \} \sim N(ind)\ [\ 0,\ \sigma^2_i\ ]$$

$$\{\ \epsilon_{ij}\ \} \sim N(ind)\ [\ 0,\ \sigma^2\ ]$$

En este último caso se prueba: Ho: $\sigma^2_i = 0$ Ha: $\sigma^2_i > 0$

PRUEBA: si C.M.T / C.M.E. $\geq$ F (α, t-1, N-t) se rechaza Ho.

[*] Por razones de espacio,los subíndices se representan por cualquiera de estas dos formas : $\Gamma\ (i) = \Gamma_i$, $n(i) = n_i$

UTILIDAD Y VENTAJAS:

El DCA es útil cuando las u.e. son esencialmente homogéneas; esto es, cuando la variación entre ellas es pequeña; en tanto se asignan los tratamientos a las u.e. en forma totalmente aleatoria, cada unidad experimental tiene la misma probabilidad de recibir cualquier tratamiento.

Su principal ventaja es que el número de repeticiones y tratamientos está limitado sólo por el número de u.e. disponibles. El número de repeticiones puede variar de tratamiento a tratamiento, aún cuando es deseable el mismo número para cada uno de los tratamientos.

El número de grados de libertad asociado con el cuadrado medio del error es mayor que en cualquier otro diseño con aleatorización restringida (como es el caso de bloques al azar). Además, las observaciones faltantes no crean problemas en el análisis de estudios de factores individuales. Por último, se debe mencionar que es el diseño que requiere menos supuestos, como se verá cuando se lo compare con otros diseños.

DESVENTAJAS:

INEFICIENCIA: en tanto la aleatorización no tiene restricciones, el error experimental incluye la variación debida a las diferencias entre las u.e. Cuando las unidades experimentales son heterogéneas, los diseños con aleatorización restringida (por ejemplo con B.C.A., el cual explícitamente considera que pueden existir diferencias entre las u.e.) pueden reducir el error experimental y obtener resultados más precisos.

NOTA: HERMUT obtiene la tabla de análisis de varianza cuando el diseño es completo y balanceado o cuando hay diferente número de repeticiones por tratamiento (en HERMUT el número máximo de repeticiones es de 12). Adicionalmente, después de realizado lo anterior se obtiene la tabla de A. de V. cuando se utilizan contrastes. Ejecuta la prueba de Bartlett sobre homogeneidad de varianzas.

DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIZADO.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	gl	SUMAS DE CUADRADOS	
TRATS	t-1	$\Sigma\, n(i)\, (\bar{Y}i. - \bar{Y}..)^2$	$= \dfrac{\Sigma\, Y^2 i.}{n(i)} - \dfrac{Y^2 ..}{N}$
ERROR	N - t	$\Sigma\, \Sigma\, (Yij - \bar{Y}i.)^2$	$= \Sigma\, \Sigma\, Y^2 ij - \dfrac{\Sigma\, Y^2 i.}{n(i)}$
TOTAL	N - 1	$\Sigma\, \Sigma\, (Yij - \bar{Y}..)^2$	$= \Sigma\, \Sigma\, Y^2 ij - \dfrac{Y^2 ..}{N}$

Con $i = 1, 2, \ldots, t$ $\qquad j = 1, 2, \ldots, n(i)$ $\qquad N = \Sigma\, n(i)$

t: tratamientos. $\qquad$ n(i) : Número de rep. en el i-ésimo tratamiento.

$Y.. = \Sigma\, \Sigma\, Yij \qquad \bar{Y}.. = \Sigma\, \Sigma\, Yij / N$

$Yi. = \Sigma\, Yij \qquad \bar{Y}i. = \Sigma\, Yij / n(i)$

NOTA: En las expresiones anteriores, y en las que siguen, el punto (.) representa el índice sobre el cual se está sumando. Por esa razón se omite el índice en la sumatoria.

1.2 BLOQUES AL AZAR (B.C.A.)

Cuando se espera que la variación en las unidades experimentales puede alterar los efectos de los tratamientos, se plantean los bloques al azar como un método que se propone manejar la heterogeneidad de las u. e.

El diseño de bloques completos al azar es un diseño con aleatorización restringida en el cual las u.e. se ordenan primero en grupos homogéneos (bloques) y, después, los tratamientos se asignan aleatoriamente DENTRO de los bloques.

El objetivo clave en bloquear las u.e. es hacerlas tan homogéneas como sea posible dentro de cada bloque y hacer los diferentes bloques lo suficientemente heterogéneos entre sí para reducir la variabilidad debida a las unidades experimentales. Cuando el tratamiento ocurre el mismo número de veces en cada bloque, el diseño se denomina balanceado. HERMUT considera el caso de bloques completos en los cuales cada tratamiento se incluye una sola vez en cada bloque.

En el caso de BCA, se restringe la aleatorización a cada bloque, por eso se habla del modelo como de aleatorización con restricciones.

MODELO:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \Gamma_i + \epsilon_{ij} \tag{1.2}$$

Donde:

Y_{ij} : iésima observación del j-ésimo bloque.

μ : constante, media general.

β_j : constantes para los efectos de cada bloque, sujeta a la restricción $\Sigma_j \beta_j = 0$

Γ_i : efecto del iésimo tratamiento, sujeto a $\Sigma_i \Gamma_i = 0$

ϵ_{ij} ~ N(ind) [0, σ^2]

$i = 1,\ldots,t$ (t: No. de tratamientos)
$j = 1,\ldots,r$ (r: No. de bloques)

PRUEBAS DE HIPOTESIS:

M. Efectos fijos

Ho.: $\Gamma_1 = \Gamma_2 = \ldots = \Gamma_t$

Ha.: $\Gamma_i \neq \Gamma_j$ para al menos una $i \neq j$

M. Efectos aleatorios

$\sigma^2_i = 0$

$\sigma^2_i > 0$

PRUEBA: si C.M.T / C.M.E. $\geq F\ [\ \alpha,\ t-1,\ (t-1)\ (r-1)\ ]$ se rechaza Ho.

VENTAJAS:

1.- Si el agrupamiento -bloqueo- es efectivo, los resultados son sustancialmente más precisos que en un DCA de tamaño comparable.

2.- Puede acomodar cualquier número de tratamientos y repeticiones.

3.- El análisis estadístico es relativamente simple.

4.- La variabilidad de las u.e. puede introducirse deliberadamente para ampliar el rango de validez de los resultados experimentales sin sacrificar la precisión.

DESVENTAJAS:

1.- Las observaciones faltantes dentro de un bloque exigen cálculos adicionales: es un problema muy serio si existen muchas observaciones faltantes.

2.- Los grados de libertad para el error experimental no son tan grandes como en el D.C.A., por lo que se aumenta el C. medio del error.

3.- Se requieren más supuestos para este modelo que para el D.C.A.:

- No hay interacciones entre tratamientos y bloques.
- Varianza constante de bloque a bloque.

BLOQUES AL AZAR.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	gl	SUMAS DE CUADRADOS
TRATS	$t-1$	$r \sum (\bar{Y}i. - \bar{Y}..)^2 = \frac{\sum Y^2 i.}{r} - \frac{Y^2 ..}{rt}$
BLOQUES	$r-1$	$t \sum (\bar{Y}.j - \bar{Y}..)^2 = \frac{\sum Y^2 .j}{t} - \frac{Y^2 ..}{rt}$
ERROR	$(t-1)(r-1)$	$\sum \sum (Yij - \bar{Y}i. - \bar{Y}.j + \bar{Y}..)^2$
TOTAL	$rt - 1$	$\sum \sum (Yij - \bar{Y}..)^2 = \sum \sum Y^2 ij - \frac{Y^2 ..}{rt}$

Con $i = 1, 2, \ldots, t$ $\quad j = 1, 2, \ldots, r$ $\quad N = r\,t$

t: número de tratamientos. r: número de bloques.

$Y.. = \sum \sum Yij \qquad \bar{Y}.. = \sum \sum Yij / N$

$Yi. = \sum Yij \qquad \bar{Y}i. = \sum Yij / r$

$Y.j = \sum Yij \qquad \bar{Y}.j = \sum Yij / t$

NOTA: El programa HERMUT considera sólo la situación en que los bloques son completos y no hay observaciones perdidas. Después de la obtención de la tabla de A. de V., pueden realizarse contrastes. Se obtiene la prueba de Bartlett para probar la homogeneidad de varianzas.

1.3 CUADRADO LATINO.

Es un método más sofisticado de bloquear para controlar la heterogeneidad de las u.e. Se emplea cuando se utilizan dos criterios de bloqueo para reducir el error experimental y cada casilla o celda contiene un solo tratamiento.

Se supone que los criterios de bloqueo actúan independiente y aditivamente el uno del otro con respecto a los tratamientos y que no hay interacción entre ellos. El número de tratamientos se asigna aleatoriamente sobre los renglones y sobre las columnas (los dos criterios de bloqueo): cada u.e. en cada renglón y/o en cada columna recibe un tratamiento asignado de manera aleatoria, esta última es la razón de que la aleatorización esté doblemente restringida.

MODELO:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \delta_j + \Gamma_k + \epsilon_{ijk} \qquad [*] \qquad (1.3)$$

Y_{ijk} : observación del iésimo renglón en la j-ésima columna del k-ésimo tratamiento.

μ : media general.

β_i : efecto del iésimo renglón.

δ_j : efecto de la j-ésima columna.

Γ_k : efecto del k-ésimo tratamiento.

$\epsilon_{ijk} \sim N\,(ind)\,(0, \sigma^2)$

Con β_i, δ_j, Γ_k constantes sujetas a las restricciones:

$$\Sigma \beta_i = \Sigma \delta_j = \Sigma \Gamma_k = 0 \qquad i, j, k = 1,..,r$$

r: número de renglones, columnas y tratamientos.

[*] En este modelo, y análogamente en el C.G-L, el $Y_{ijk} = Y_{ij(k)}$ representa el anidamiento de k en i,j.

PRUEBAS DE HIPOTESIS:

$$Ho.: \Gamma_1 = \Gamma_2 = \ldots = \Gamma_t$$

$$Ha.: \text{al menos un } \Gamma_k \text{ es diferente.}$$

PRUEBA: si C.M.T / C.M.E. $\geq F[\alpha, r-1, (r-1)(r-2)]$ se rechaza Ho.

VENTAJAS:

1.- El uso de dos variables de bloqueo permite una reducción mayor del error experimental que la obtenida cuando sólo se usa una variable de bloqueo.

2.- Los efectos de tratamientos se pueden estudiar a través de un experimento en pequeña escala, lo cual es muy útil en estudios preliminares o pilotos.

3.- Por las limitaciones de los grados de libertad para el error experimental, los cuadrados latinos se usan rara vez para más de ocho tratamientos.

DESVENTAJAS:

1.- El número de clases de cada variable de bloqueo debe ser igual al número de tratamientos. Esto conduce a un pequeño número de grados de libertad para el error experimental cuando sólo se estudian pocos tratamientos.

2.- Los supuestos del modelo son restrictivos:

- no interacción entre los dos bloques y los tratamientos
- no interacción entre las dos variables de bloqueo.

3.- Las dos variables de bloqueo no pueden tener diferente número de clases, es decir, el número de tratamientos debe ser igual al número de renglones e igual al número de columnas.

4.-La aleatorización requerida es más compleja que para otros modelos.

C U A D R A D O   L A T I N O .

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	gl	SUMAS DE CUADRADOS	
FILAS	r-1	$r \Sigma (\bar{Y}i. - \bar{Y}..)^2$	$= \dfrac{\Sigma Y^2 i.}{r} - \dfrac{Y^2..}{r^2}$
COLUMNAS	r-1	$r \Sigma (\bar{Y}.j - \bar{Y}..)^2$	$= \dfrac{\Sigma Y^2 .j}{r} - \dfrac{Y^2..}{r^2}$
TRATS	r-1	$r \Sigma (\bar{Y}.k - \bar{Y}..)^2$	$= \dfrac{\Sigma Y^2 .k}{r} - \dfrac{Y^2..}{r^2}$
ERROR	(r-1)(r-2)	$\Sigma \Sigma (Yij - \bar{Y}i. - \bar{Y}.j - \bar{Y}.K + \bar{Y}..)^2$	
TOTAL	$r^2 - 1$	$\Sigma \Sigma (Yij - \bar{Y}..)^2$	$= \Sigma \Sigma Y^2 ij - \dfrac{Y^2..}{r^2}$

Con i, j, k = 1, 2,..., r

r: Número de tratamientos, renglones y columnas.

$Y.. = \Sigma \Sigma Yij$ $\qquad \bar{Y}.. = \Sigma \Sigma Yij / r^2$

$Yi. = \Sigma Yij$ $\qquad \bar{Y}i. = \Sigma Yij / r$

$Y.j = \Sigma Yij$ $\qquad \bar{Y}.j = \Sigma Yij / r$

$Y.k = \Sigma Yik$ $\qquad \bar{Y}.k = \Sigma Yik / r$

NOTA: HERMUT puede realizar contrastes después de obtener la tabla de análisis de varianza. Efectúa la prueba de Bartlett sobre homogeneidad de varianzas.

1.4 CUADRADO GRECO-LATINO.

En un arreglo tipo cuadrado greco-latino se usan en principio los mismos criterios de bloqueo que en el cuadrado latino: filas y columnas. Después de bloquear las unidades de acuerdo a lo anterior se bloquea en razón a otra característica, simbolizada por letras griegas.
Cada tipo de característica así señalizada aparece respecto a los tres criterios de bloqueo una sola vez.

MODELO:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \Gamma_k + \delta_l + \epsilon_{ijkl} \qquad (1.4)$$

Y_{ijkl} : observación del renglón i, de la columna j para la letra latina k y la letra griega l.
μ : media general.
α_i : efecto del iésimo renglón.
β_j : efecto de la j-ésima columna.
Γ_k : efecto del k-ésimo tratamiento (corresponde a las letras latinas).
δ_l : efecto de la l-ésima letra griega.
$\epsilon_{ijkl} \sim N \text{ (ind) } (0, \sigma^2)$
Con α_i, β_j, Γ_k, δ_l constantes sujetas a las restricciones:

$$\Sigma \alpha_i = \Sigma \beta_j = \Sigma \Gamma_k = \Sigma \delta_l = 0 \qquad i, j, k, l = 1, \ldots, r$$

r: número de tratamientos, renglones, columnas y letras griegas.

PRUEBAS DE HIPOTESIS:

Ho.: $\Gamma_1 = \Gamma_2 = \ldots = \Gamma_t$

Ha.: al menos una Γ_k es diferente.

PRUEBA: si C.M.T / C.M.E. $\geq F[\alpha, r-1, (r-1)(r-3)]$ se rechaza Ho.

C U A D R A D O G R E C O - L A T I N O.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	gl	SUMAS DE CUADRADOS
FILAS	r-1	$r \Sigma (\bar{Y}i. - \bar{Y}..)^2$
COLUMNAS	r-1	$r \Sigma (\bar{Y}.j - \bar{Y}..)^2$
GRIEGAS	r-1	$r \Sigma (\bar{Y}.k - \bar{Y}..)^2$
TRATS.	r-1	$r \Sigma (\bar{Y}.l - \bar{Y}..)^2$
ERROR	(r-1)(r-3)	$\Sigma \Sigma (\bar{Y}ij - \bar{Y}i. - \bar{Y}.j - \bar{Y}.K - \bar{Y}.l + \bar{Y}..)^2$
TOTAL	$r^2 - 1$	$\Sigma \Sigma (Yij - \bar{Y}..)^2$

Con i, j, k, l = 1, 2, ..., r

r: Número de tratamientos, columnas, renglones, letras griegas.

$Y.. = \Sigma \Sigma Yij$ $\bar{Y}.. = \Sigma \Sigma Yij / r^2$

$Yi. = \Sigma Yij$ $\bar{Y}i. = \Sigma Yij / r$

$Y.j = \Sigma Yij$ $\bar{Y}.j = \Sigma Yij / r$

$Y.k = \Sigma Yik$ $\bar{Y}.k = \Sigma Yik / r$

$Y.l = \Sigma Yil$ $\bar{Y}.l = \Sigma Yil / r$

NOTA: El paquete HERMUT puede realizar contrastes después de obtener la tabla de A. de V. Obtiene la prueba de Bartlett sobre homogeneidad de varianzas.

1.5 E X P E R I M E N T O S F A C T O R I A L E S.

En un diseño factorial, en cada ensayo o repetición del experimento se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores. En este tipo de experimento es posible apreciar no sólo los efectos de cada uno de los factores, sino que se pueden estudiar los efectos simultáneos de dos o más factores; es decir, es posible colegir sobre los efectos de la interacción entre los factores.

El efecto principal de un factor se define como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor. No obstante, se puede apreciar que la respuesta entre los niveles de un factor no tiene que ser la misma ante la presencia de los niveles de otro u otros factores: cuando esto acontece, se debe a la influencia de la interacción.

VENTAJAS:

Cuando se tiene una estructura factorial se obtiene mucha más información que cuando se carece de ella. Particularmente, hay una ganancia en el experimento al poder inferir sobre los efectos de la interacción entre los factores.

DESVENTAJAS:

A medida que el número de factores se incrementa los cálculos son más engorrosos y complejos. Según la naturaleza del experimento particular hay que realizar supuestos y/o pruebas adicionales (por ejemplo, la nula importancia de efectos de interacción entre algunos factores) y volver a obtener la tabla de análisis de varianza, descuidando el efecto que se supone (o que se prueba) que no afecta los resultados.

1.5.1 DOS FACTORES.

En este tipo de experimentos, cuando se tienen dos factores considerados de manera simultánea, el modelo se expresa de la siguiente manera:

MODELO

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \qquad (1.5)$$

Y_{ijk} : observación al iésimo nivel del factor A y j-ésimo nivel del factor B en la k-ésima repetición.

μ : media general.

α_i : efecto principal del factor A al iésimo nivel.

β_j : efecto principal del factor B al j-ésimo nivel.

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de interacción al iésimo nivel de A y j-ésimo de B.

$\epsilon_{ijk} \sim N$ ind. $[\,0,\ \sigma^2\,]$

$i = 1, \ldots, a \qquad j = 1, \ldots, b \qquad k = 1, \ldots, r$

a: número de niveles del factor A.

b: número de niveles del factor B.

r: número de repeticiones.

PRUEBAS:

Efecto de interacción:

Efectos fijos

Ho: $(\alpha\beta)_{ij} = 0$ para toda i, j

Ha: $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ para alguna $i \neq j$

Efectos aleatorios

$\sigma^2_{\alpha\beta} = 0$

$\sigma^2_{\alpha\beta} > 0$

PRUEBA: si C.M.T.AB / C.M.E $\geq$ F [α,(a-1)(b-1),ab(r-1)] se rechaza Ho.

Efecto de un factor:

Ho: $\beta_i = \beta_j$ para toda i, j

Ha: $\beta_i \neq \beta_j$ para alguna $i \neq j$

Si C.M.T. B / C.M.E $\geq$ F [α, (b-1), ab(r-1)] se rechaza Ho.

$\sigma^2_{\beta} = 0$

$\sigma^2_{\beta} > 0$

Si C.M.T. B / C.M.AB $\geq$ F [α, (b-1), (a-1)(b-1)] se rechaza Ho.

DOS FACTORES.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	gl	SUMAS DE CUADRADOS
TRATS.	ab-1	$r \Sigma \Sigma (\bar{Y}ij. - \bar{Y}...)^2$
A	a-1	$r\ b \Sigma (\bar{Y}i.. - \bar{Y}...)^2$
B	b-1	$r\ a \Sigma (\bar{Y}.j. - \bar{Y}...)^2$
AB	(a-1)(b-1)	$r \Sigma \Sigma (\bar{Y}ij. - \bar{Y}i.. - \bar{Y}.j. + \bar{Y}...)^2$
ERROR	ab (r-1)	$\Sigma \Sigma \Sigma (Yijk - \bar{Y}ij.)^2$
TOTAL	abr - 1	$\Sigma \Sigma \Sigma (Yijk - \bar{Y}...)^2$

$\bar{Y}... = \Sigma \Sigma \Sigma \ Yijk / abr$ $\qquad \bar{Y} ij. = \Sigma Yijk / r$

$\bar{Y}i.. = \Sigma \Sigma Yijk / br$ $\qquad \bar{Y}.j. = \Sigma \Sigma Yijk / ar$

Con $i = 1,2,...,a$ $\qquad j = 1,2,...,b$ $\qquad k = 1,2,...,r$

a: número de niveles del factor A.
b: número de niveles del factor B.
r: Número de repeticiones.

NOTA: El paquete HERMUT considera el caso en que hay un mínimo de dos repeticiones. Obtiene la tabla de A. de V., según los efectos de los factores se consideren fijos, aleatorios o mixtos.

1.5.2 TRES FACTORES.

Cuando se considera que son tres los factores de interés para estudiar sus efectos y sus interacciones, se formula el siguiente modelo:

MODELO:

$$Y_{ijkm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\tau)_{ik} + (\beta\tau)_{jk} + (\alpha\beta\tau)_{ijk} + \epsilon_{ijkm} \quad (1.6)$$

Y_{ijkm} : observación al iésimo nivel de A, j-ésimo de B, k-ésimo de C en la m-ésima repetición.

μ : media general.

α_i : efecto principal del factor A al iésimo nivel.

β_j : efecto principal del factor B al j-ésimo nivel.

τ_k : efecto principal del factor C al k-ésimo nivel.

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de la interacción del factor A al iésimo nivel y el factor B al j-ésimo nivel.

$(\alpha\tau)_{ik}$: efecto de la interacción del factor A al iésimo nivel y el factor C al k-ésimo nivel.

$(\beta\tau)_{jk}$: efecto de la interacción del factor B al j-ésimo nivel y el factor C al k-ésimo nivel.

$(\alpha\ \beta\ \tau)_{ijk}$: efecto de interacción al iésimo nivel de A, j-ésimo de B y k-ésimo de C.

ϵ_{ijkm} ~ N ind. $[\ 0,\ \sigma^2]$

PRUEBAS ESTADISTICAS:

Efecto de interacción: (Efectos aleatorios.)

Ho: $(\alpha\beta\tau)_{ijk} = 0$ para toda i,j,k $\sigma^2_{\alpha\beta\tau} = 0$

Ha: $(\alpha\beta\tau)_{ijk} \neq 0$ para alguna $i \neq j \neq k$ $\sigma^2_{\alpha\beta\tau} > 0$

Ho: $(\alpha\beta)_{ij} = 0$ para toda i,j $\sigma^2_{\alpha\beta} = 0$

Ha: $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ para alguna $i \neq j$ $\sigma^2_{\alpha\beta} > 0$

Efecto de un factor:

Ho: $\beta_i = \beta_j$ para toda i,j $\sigma^2_{\beta} = 0$

Ha: $\beta_i \neq \beta_j$ para alguna $i \neq j$ $\sigma^2_{\beta} > 0$

Considerando el modelo de efectos fijos se prueba:

Si C.M.T.(respectivo) / C.M.E $\geq$ F [α, gl. num., gl. den.], entonces se rechaza Ho.

T R E S   F A C T O R E S.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	gl	SUMAS DE CUADRADOS
A	a-1	$r\,b\,c\,\Sigma\,(\,\overline{Y}i... - \overline{Y}....)^2$
B	b-1	$r\,a\,c\,\Sigma\,(\,\overline{Y}.j.. - \overline{Y}....)^2$
C	c-1	$r\,a\,b\,\Sigma\,(\,\overline{Y}..k. - \overline{Y}....)^2$
AB	(a-1)(b-1)	$r\,\Sigma\,\Sigma\,(\,\overline{Y}ij.. - \overline{Y}i... - \overline{Y}.j.. + \overline{Y}....)^2$
AC	(a-1)(c-1)	$r\,\Sigma\,\Sigma\,(\,\overline{Y}i.k. - \overline{Y}i... - \overline{Y}..k. + \overline{Y}....)^2$
BC	(b-1)(c-1)	$r\,\Sigma\,\Sigma\,(\,\overline{Y}.jk. - \overline{Y}.j.. - \overline{Y}..k. + \overline{Y}....)^2$
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	STC - SCE - SCA - SCB - SCAB - SCAC - SCBC
ERROR	abc(r-1)	$\Sigma\,\Sigma\,\Sigma\,\Sigma\,(\,Yijkm - \overline{Y}ijk.)^2$
TOTAL	abcr - 1	$\Sigma\,\Sigma\,\Sigma\,\Sigma\,(\,Yijkm - \overline{Y}....)^2$

Con $i = 1,2,...,a$ $j = 1,2,...,b$ $k = 1,2,...,c$ $m = 1,2,...,r$

a: número de niveles del factor A.
b: número de niveles del factor B.
c: número de niveles del factor C.
r: número de repeticiones.

NOTA: El paquete HERMUT considera el caso en que hay un mínimo de dos repeticiones.

1.5.3 E X P E R I M E N T O S 2^k

En este tipo particular de experimento, se consideran k factores, cada uno de ellos a dos niveles. Los principios generales corresponden a los enunciados para dos y tres factores en la parte pertinente.

El tipo de pruebas y la estructura general son análogos a los exp. factoriales ya mencionados. La tabla de A. de V. correspondiente considera las repeticiones como efecto de bloque, lo que significa agregar una fuente de variación adicional y, consecuentemente, disminuir la variabilidad del error. [*]

MODELO:

$$Y_{ijk..m} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + .. + \pi_m + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\tau)_{ik} + .. + (\alpha\beta\tau)_{ijk} + .. + \epsilon_{ijk..m} \tag{1.7}$$

$Y_{ijk,...,m}$: observación al iésimo nivel de A, j-esimo de B,...,en la m-ésima repetición (o m-ésimo bloque)
μ : media general.
α_i : efecto principal del factor A al iésimo nivel.
β_j : efecto principal del factor B al j-ésimo nivel.
.
.
π_m : efecto de bloque o de repeticiones.
$(\alpha\ \beta\ \tau)_{ijk}$: efecto de interacción al iésimo nivel de A, j-ésimo de B y k-ésimo de C.
.
.

$\epsilon_{ijk..m} \sim$ N ind. [0, σ^2]

[*] En la salida de la tabla de A. de V., se utiliza la notación de Yates para la partición de la sumas de cuadrados de tratamientos. Al respecto ver, por ejemplo, Winer, págs. 618, 628-630.

PRUEBAS ESTADISTICAS:

Efecto de interacción:

Ho: $(\alpha \beta \tau)_{ijk} = 0$ para toda i,j,k

Ha: $(\alpha \beta \tau)_{ijk} \neq 0$ para alguna $i \neq j \neq k$

Ho: $(\alpha \beta)_{ij} = 0$ para toda i,j

Ha: $(\alpha \beta)_{ij} \neq 0$ para alguna $i \neq j$

Efecto de un factor:

Ho: $\beta_i = \beta_j$ para toda i,j

Ha: $\beta_i \neq \beta_j$ para alguna $i \neq j$

Considerando el modelo de efectos fijos se prueba:

Si C.M.T.(respectivo) / C.M.E $\geq$ F [α, gl. num., gl. den.], entonces se rechaza Ho.

EXPERIMENTOS 2^K

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	gl	SUMAS DE CUADRADOS	
REPET.	$r - 1$	$2^k \sum (\bar{Y}.j - \bar{Y}..)^2$	$\dfrac{\sum Y^2.j}{2^k} - \dfrac{Y^2..}{2^k r}$
TRATS	$2^k - 1$	$r \sum (\bar{Y}i. - \bar{Y}..)^2$	$\dfrac{\sum Y^2 i.}{r} - \dfrac{Y^2..}{2^k r}$
ERROR	$(2^k - 1)(r-1)$	$\sum \sum (Yij - \bar{Y}i. - \bar{Y}.j + \bar{Y}..)^2$	
TOTAL	$2^k r - 1$	$\sum \sum (Yij - \bar{Y}..)^2$	$= \sum \sum Y^2 ij - \dfrac{Y^2..}{2^k r}$

Con $i = 1, \ldots, 2^k$ $\quad j = 1, \ldots, r$

k: número de factores. r: número de bloques o repeticiones

$Y.. = \sum \sum Yij \qquad \bar{Y}.. = \sum \sum Yij / 2^k r$

$Yi. = \sum Yij \qquad \bar{Y}i. = \sum Yij / r$

$Y.j = \sum Yij \qquad \bar{Y}.j = \sum Yij / 2^k$

NOTA: El paquete HERMUT considera el caso en que hay un mínimo de dos repeticiones. La descomposición de la suma de cuadrados de los tratamientos se hace en el paquete utilizando el algoritmo de Yates.

2.- MANUAL DE OPERACION.

En esta sección se describe la manera de utilizar el paquete HERMUT: se explica la entrada al paquete, la forma en que se deben guardar los datos para la ejecución de los diferentes diseños, se presentan ejemplos de los resultados del programa para algunos de ellos y, finalmente, se sintetizan las limitaciones del paquete.

2.1 CARACTERISTICAS GENERALES.

2.1.1 PROPOSITO.

HERMUT es un paquete interactivo realizado en lenguaje pascal para abordar los diseños experimentales siguientes:

- a - Completamente aleatorizado. (DCA).
- b - Bloques completos al azar. (BCA).
- c - Cuadrado latino. (CL).
- d - Cuadrado greco-latino. (CGL).
- e - Factoriales:
  - e.1 - dos factores, varios niveles.
  - e.2 - tres factores, varios niveles.
  - e.3 - varios factores, dos niveles.

Para cada uno de los incisos a,...,d, se obtienen y presentan los cálculos intermedios requeridos para obtener la tabla de análisis de varianza, se realiza la prueba de Bartlett sobre homogeneidad de varianzas y se pueden probar contrastes.

Para los experimentos factoriales se obtienen resultados intermedios y la tabla de análisis de varianza correspondiente.

2.1.2 ESTRUCTURA BASICA.

Debido a la organización de los distintos módulos del paquete HERMUT, su presentación y ejecución se efectúan a través de diferentes niveles de menús.

Un primer menú presenta los distintos diseños (incisos a,b,c,d,e), un segundo nivel, las posibilidades de cada diseño (de a hasta d) y, en el caso de los factoriales, un submenú que presenta a e.1, e.2 y e.3.

La estructura básica consiste en leer de un archivo la información pertinente, reproducir en pantalla esta lectura y exhibir también en pantalla los resultados. Cuando se solicitan contrastes la información de los coeficientes se le suministra a HERMUT desde el teclado.

2.1.3 LECTURA DE DATOS.

La lectura de datos se efectúa mediante archivos, exceptuando los coeficientes para contrastes. La razón básica se debe a un criterio de eficiencia, especialmente en lo referente al problema del tecleo erróneo y corrección de la información puesto que la creación de un archivo no se encuentra obstaculizada por las limitaciones que se generan por la lectura de datos DENTRO del mismo programa; por otra parte, la lectura mediante archivo permite una mayor velocidad en la ejecución de las operaciones.

2.2 ENTRADA A HERMUT.

Para utilizar el paquete HERMUT, se debe contar con lo siguiente: una microcomputadora compatible (PC-IBM) con 256 Kbytes de memoria, un sistema operativo M.S. DOS (versión 2.11 o superior), un editor de texto (epsylon, perfect writer o el mismo del turbo-pascal) y una impresora, si se desea.

Una vez encendida la microcumputadora -o de darle 'RESET'-,se introduce el disco que contiene el programa HERMUT en la ranura que corresponde a A. Después de la lectura de la pantalla, se teclea hermut, como allí se indica:

A> hermut

Entonces aparece un menú como el siguiente:

```
              DISEÑO DE EXPERIMENTOS
              ------ -- ------------

            M E N U   P R I N C I P A L

        1.- D. COMPLETAMENTE ALEATORIZADO

        2.- BLOQUES AL AZAR

        3.- CUADRADO LATINO

        4.- CUADRADO  GRECO - LATINO

        5.- EXPERIMENTOS FACTORIALES

        6.- FIN


              SELECCIONA  LA OPCION <CR>_
```

IMPORTANTE: después de teclear un dato solicitado por HERMUT, se debe teclear un retorno de carro <CR> para continuar con la ejecución del programa.

El menú anterior es claro para mostrar qué tipo de análisis se realiza al invocar una de las cinco posibilidades anteriores.

Supóngase, por ejemplo, que se selecciona la opción 2: bloques al azar. Inmediatamente se despliegan en la pantalla las siguientes opciones:

```
B L O Q U E S   A L   A Z A R
-------------   ---   -------

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS
2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS
3.- EJECUCION
4.- C O N T R A S T E S   (*)
5.- M E N U   PRINCIPAL
6.- FIN  DEL PROGRAMA

* Se debe llamar después de la EJECUCION

SELECCIONA  LA OPCION <CR>_
```

Este menú es exactamente el mismo para D.C.A, C.L. Y C.G.L.

IMPORTANTE: para las opciones 1 y 2 del anterior menú, debe teclearse un retorno de carro (<CR>) para continuar con la lectura. Para continuar con la presentación de resultados se debe teclear un retorno de carro (<CR>).

De invocarse la opción 1, se desplegará en pantalla una breve explicación sobre el propósito, los supuestos, el modelo, las pruebas de hipótesis, el estadístico de prueba y las fórmulas para calcular y obtener las sumas de cuadrados de la tabla de A. de V. Esta presentación es similar a la efectuada en la primera sección de este manual.

Finalizada la lectura anterior el programa regresará al menú más inmediato de bloques al azar (o del DCA, o al C.L, o al C.G.L., según la opción inicialmente escogida).

Al teclearse el 2, se presentará en la pantalla una ayuda sobre cómo debe conformarse el archivo de datos. Al igual que en el caso anterior, con un retorno de carro (<CR>) se lee la pantalla siguiente. Esta presentación es similar a la efectuada en el apartado 2.3 sobre la creación de archivos en este manual.

Si se escoge la opción 3, el programa pregunta lo siguiente:

```
B L O Q U E S   A L   A Z A R

¿ CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ? _
```

A lo cual debe responderse con el nombre con el cual el archivo fue creado. Si HERMUT no encuentra el nombre, seguirá preguntando hasta tres veces más. Si a la cuarta ocasión no se da el nombre correcto, el programa cejará en su ejecución.

IMPORTANTE: antes de correr el paquete debe tenerse en cuenta el nombre del archivo. Además, es necesario recordar que el sistema operativo consiente un nombre de archivo hasta de 12 caracteres, empezando con una letra y separando con un punto los tres últimos caracteres. El punto también es un caracter y corresponde al lugar número 9,si se usan los 12.

Suponiendo que el archivo que contiene los datos se llama BLOQUES.DAT, HERMUT preguntará si en el archivo están los nombres de los tratamientos:

```
                B L O Q U E S   A L   A Z A R

¿ CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ?  BLOQUES.DAT

¿ EN EL ARCH. ESTAN LOS NOMBRES DE LOS TRATS? <S/N> _
```

Como HERMUT permite de manera opcional escribir en el archivo los nombres de los tratamientos, se debe responder S (sí) o N (no), según estén presentes o no los mencionados nombres en el archivo.

IMPORTANTE: se debe estar seguro de la existencia en el archivo de los nombres de los tratamientos. Si un error de lectura ocurre cuando se responde equivocadamente se termina la ejecución del programa.

Después de informarle a Hermut sobre la presencia o ausencia de los nombres de los tratamientos, el programa hará la presentación de los resultados. Sobre este aspecto se abundará en la sección 2.4 mediante diversos ejemplos.

Volviendo al menú principal y suponiendo ahora que se selecciona la opción 5 (experimentos factoriales), la pantalla presenta un menú como el de la página siguiente:

```
EXPERIMENTOS  FACTORIALES
------------  -----------

1.- DOS FACTORES, VARIOS NIVELES

2.- TRES FACTORES, VARIOS NIVELES
                         k
3.- EXPERIMENTOS  2

4.- M E N U   PRINCIPAL

5.- FIN


      SELECCIONA  LA OPCION <CR>_
```

De igual manera que en el caso de los bloques al azar, al teclear una de las primeras tres opciones se despliega un menú como el siguiente, suponiendo que se escogió la opción 1:

```
DOS FACTORES, VARIOS NIVELES
------------  --------------

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS

2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS

3.- EJECUCION

4.- M E N U  DE  EXP. FACTORIALES

5.- M E N U    PRINCIPAL

6.- FIN  DEL PROGRAMA

      SELECCIONA  LA OPCION <CR>_
```

Y de ahí en adelante se procede de manera similar al caso anterior. Nótese, sin embargo, que al teclear la opción 4, HERMUT se regresa al menú de factores y que no existe la opción para realizar contrastes. Más adelante -sección 2.4- se presentará un ejemplo sobre los resultados de la llamada a un experimento factorial.

2.3 ENTRADA DE DATOS.

Para poder obtener resultados lo primero que se debe hacer es la creación del archivo de datos. La entrada de datos es sumamente sencilla y lo único que se requiere es un manejo mínimo de cualquiera de los editores EPSYLON, PERFECT WRITER o TURBO-PASCAL. En el apéndice A se explica cómo crear un archivo utilizando el editor del turbo-pascal.

Dentro del mismo Hermut, los terceros niveles del menú para los factoriales, y los segundos niveles para los casos restantes, ofrecen una explicación mínima sobre la conformación del archivo de datos.

2.3.1 ENTRADA DE DATOS PARA D.C.A Y B.C.A.

Una vez que se ha entrado a modo de edición con cualquiera de los editores, el primer dato que el archivo debe contener EN EL PRIMER RENGLON es el número de tratamientos: este dato es una variable de tipo entero. Por lo tanto debe escribirse un valor numérico sin puntos ni comas. Se debe hacer hincapié en que la estructura para la entrada de datos en cualquiera de los dos diseños mencionados es exactamente la misma.

Inmediatamente después, EN EL SEGUNDO RENGLON, se escribe en el archivo el número de repeticiones por tratamiento. Deben ser variables de tipo entero, separando las diferentes repeticiones por un espacio en blanco. En cambio, en un B.C.A., en este segundo renglón debe entrar el número de bloques para c/u de los tratamientos.

Posteriormente, y de manera opcional, en El SIGUIENTE RENGLON, el archivo puede contener los nombres de los tratamientos: los caracteres asignados a los nombres no deben exceder de 8. Cada nombre debe escribirse en un renglón.

El paso inmediato, EN EL SIGUIENTE RENGLON, es introducir los valores de la variable respuesta para cada uno de los tratamientos: cada renglón debe contener los valores Y(ij) para un tratamiento, según el número de repeticiones definidas en el inciso anterior. Cada valor se separa por un espacio y al terminar de escribir los datos para cada tratamiento se debe teclear un <CR>.

EJEMPLO:

Suponiendo un D.C.A. en el cual se cuenta con lo siguiente: El número de tratamientos es 3: Humedad al 30%, al 60% y al 90% Al primer tratamiento le corresponden tres datos, cinco al siguiente, cuatro al último. El archivo debe crearse de la siguiente manera:

```
3                    --> Número de tratamientos
3 5 4                --> Número de rep. para c/u de los trats.
Hum 30 %             --> Nombre del tratamiento No. 1
Hum 60 %             --> Nombre del tratamiento No. 2
Hum 90 %             --> Nombre del tratamiento No. 3
30.7 34.8 29.1       --> variable respuesta para el trat. No.1
42 40 42 44 40       --> variable respuesta para el trat. No.2
19 12 17 17.1        --> variable respuesta para el trat. No.3
```

Si el número de repeticiones fuese el mismo para cada tratamiento, por ejemplo 4, en el segundo renglón del archivo se escribiría:

```
3                    --> Número de tratamientos
4 4 4                --> Número de rep. para c/u de los trats.
```

En el caso de bloques al azar el número de repeticiones corresponde al número de bloques por tratamiento.

2.3.2 ENTRADA DE DATOS PARA CUADRADO LATINO.

Una vez que se ha entrado a modo de edición con cualquiera de los editores, el primer dato que el archivo debe contener EN EL PRIMER RENGLON es el número de tratamientos: este dato es una variable de tipo entero. Debe escribirse un valor numérico sin puntos ni comas.

Inmediatamente después, EN EL SEGUNDO RENGLON, se escribe en el archivo el número de 'repeticiones' por tratamiento, es decir, el número de hileras o columnas para cada tratamiento.Deben ser variables de tipo entero y se deben separar las diferentes hileras por tratamiento por un espacio en blanco. El número de hileras debe ser igual al número de tratamientos.

Posteriormente, y de manera opcional, en El SIGUIENTE RENGLON, el archivo puede contener los nombres de los tratamientos: los caracteres asignados a los nombres no deben exceder de 8. Cada nombre debe escribirse en un renglón.

El paso inmediato, EN EL SIGUIENTE RENGLON, es introducir los valores de la variable respuesta para cada uno de los tratamientos: cada renglón debe contener los valores de la variable respuesta, según el número de hileras definidas en el inciso anterior. Cada valor se separa por un espacio en blanco y cada hilera o renglón por un <CR>.

En el cuadrado latino hay que incluir en el archivo las letras latinas que definen la aleatorización correspondiente. Para el caso, la entrada de esta información se efectúa en el SIGUIENTE RENGLON y para este propósito se pueden utilizar bien las letras mayúsculas, bien las minúsculas o bien los dígitos del 0 al 9 (cuando las columnas no son mayores que 10). La asignación aleatoria para cada hilera debe hacerse renglón por renglón, sin utilizar separadores entre los caracteres.

EJEMPLO:

El número de tratamientos es 3: temperatura media, baja y alta.
A cada uno de los tratamientos le corresponden tres datos y la asignación aleatoria de este cuadrado 3 x 3 es: abc, bca, cab. Así, el archivo debe crearse de la siguiente manera:

```
3                --> Número de tratamientos o columnas
3 3 3            --> Número de hileras para c/u de los trats.
t.baja           --> Nombre del tratamiento No. 1.
t.media          --> Nombre del tratamiento No. 2.
T. alta          --> Nombre del tratamiento No. 3.
30.7 34.8 29.1   --> variable respuesta de la hilera No. 1
42 40 42         --> variable respuesta de la hilera No. 2
19 12.1 17       --> variable respuesta de la hilera No. 3
abc              --> aleatorización latina del renglón No.1
bca              --> aleatorización latina del renglón No.2
cab              --> aleatorización latina del renglón No.3
```

2.3.3 ENTRADA DE DATOS PARA CUADRADO GRECO-LATINO.

Una vez que se ha entrado a modo de edición con cualquiera de los editores, el primer dato que el archivo debe contener EN EL PRIMER RENGLON es el número de tratamientos: este dato es una variable de tipo entero. Debe escribirse un valor numérico sin puntos ni comas.

Inmediatamente después, EN EL SEGUNDO RENGLON, se escribe en el archivo el número de hileras por tratamiento. Deben ser variables de tipo entero, separando las diferentes hileras por tratamiento por un espacio en blanco. El numero de hileras y de tratamientos debe ser el mismo.

Posteriormente, y de manera opcional, en El SIGUIENTE RENGLON, el archivo puede contener los nombres de los tratamientos: los caracteres asignados a los nombres no deben exceder de 8. Cada nombre debe escribirse en un renglón.

El paso inmediato, EN EL SIGUIENTE RENGLON, es introducir los valores de la variable respuesta para cada uno de los tratamientos: cada renglón debe contener los valores de la variable respuesta, según el número de hileras definidas en el inciso anterior. Cada valor se separa por un espacio y cada hilera o renglón por un <CR>.

En el cuadrado GRECO-latino hay que incluir en el archivo las letras latinas que definen la aleatorización correspondiente. Para el caso, la entrada de esta información se efectúa en el SIGUIENTE RENGLON y para este propósito se pueden utilizar bien las letras mayúsculas, bien las minúsculas o bien los dígitos del 0 al 9 (cuando las columnas no son mayores que 10). La asignación aleatoria para cada fila debe hacerse renglón por renglón, sin utilizar separadores entre los caracteres.

Realizado el paso anterior hay que incluir en el archivo las letras griegas que definen la aleatorización correspondiente. Para el caso, la entrada de esta información se efectúa en el SIGUIENTE RENGLON y para este propósito se pueden utilizar bien las letras mayúsculas, bien las minúsculas o bien los dígitos del 0 al 9 (cuando las columnas no son mayores que 10). La asignación aleatoria para cada hilera debe hacerse renglón por renglón, sin utilizar separadores entre los caracteres.

EJEMPLO:

La variable de estudio: energías solar, eléctrica y carbonífera.
A cada uno de los tratamientos le corresponden tres datos y la asignación aleatoria por letras latinas de este cuadrado 3 x 3 es: abc, bca, cab. La asignación aleatoria por letras griegas es: BCA, CAB, ABC. Así, el archivo debe crearse de la siguiente manera:

```
3                    --> Número de tratamientos o columnas
3 3 3                --> Número de hileras para c/u de los trats.
E. solar             --> Nombre del tratamiento No. 1
E. elect             --> Nombre del tratamiento No. 2
E. carbon            --> Nombre del tratamiento No. 3
2.1 2.4 2.9 4.1      --> variable respuesta para la hilera No. 1
4.2 4.0 4.2 4.4      --> variable respuesta para la hilera No. 2
1.9 1.2 1.7 1.8      --> variable respuesta para la hilera No. 3
abc                  --> aleatorización latina de la hilera No. 1
bca                  --> aleatorización latina de la hilera No. 2
cab                  --> aleatorización latina de la hilera No. 3
BCA                  --> aleatorización griega de la hilera No. 1
CAB                  --> aleatorización griega de la hilera No. 2
ABC                  --> aleatorización griega de la hilera No. 3
```

2.3.4 ENTRADA DE DATOS PARA DOS FACTORES, VARIOS NIVELES.

Una vez que se ha entrado a modo de edición con cualquiera de estos editores, el primer dato que el archivo debe contener EN EL PRIMER RENGLON es el número de niveles del factor A, en la siguiente línea o renglón, el número de niveles del factor B y en la siguiente línea el número de repeticiones. Cada uno de los anteriores datos debe corresponder a una variable de tipo entero: debe escribirse un valor numérico sin puntos ni comas.

Posteriormente, y de manera opcional, en El SIGUIENTE RENGLON, el archivo puede contener los nombres de los factores: los caracteres asignados a los nombres no deben exceder de 8. Cada nombre debe debe escribirse en un renglón.

El paso inmediato, EN EL SIGUIENTE RENGLON, es introducir los valores de la variable respuesta: Y(i,j,k). Con i = 1,...,a, j = 1,...,b y k = 1,...,r, en los cuales a, b y r corresponden, respectivamente, a los niveles de los factores A y B y al número de repeticiones. Respetando esta notación, la entrada de datos se hace como se explica en el ejemplo siguiente.

EJEMPLO:

El número de niveles del factor A (edad) es 2. i : 1, 2
El número de niveles del factor B (peso) es 3. j : 1, 2, 3
El número de repeticiones es 3. k : 1, 2, 3

```
2              --> Número de niveles del factor A.
3              --> Número de niveles del factor B.
3              --> Número de repeticiones.
edad           --> Nombre del factor A.
peso           --> Nombre del factor B.                   Con
30 34 29       --> Y(1,1,1)  Y(1,1,2) ... Y(1,1,r)       r = 3
42 40 42       --> Y(1,2,1)  Y(1,2,2) ... Y(1,2,r)
19 12 17       --> Y(1,3,1)  Y(1,3,2) ... Y(1,3,r)
25 28 21       --> Y(2,1,1)  Y(2,1,2) ... Y(2,1,r)
19 14 17       --> Y(2,2,1)  Y(2,2,2) ... Y(2,2,r)
18 16 19       --> Y(2,3,1)  Y(2,3,2) ... Y(2,3,r)
```

2.3.5 ENTRADA DE DATOS PARA TRES FACTORES A VARIOS NIVELES.

Una vez en edición el primer dato que el archivo debe contener en el PRIMER RENGLON es el número de niveles del factor A, en el siguiente renglón, el número de niveles del factor B, en el SIGUIENTE renglón el número de niveles del factor C y en el SIGUIENTE renglón el número de repeticiones. Cada uno de estos datos debe ser un entero: debe escribirse un valor numérico sin puntos ni comas.

Posteriormente, y de manera opcional, en el SIGUIENTE RENGLON el archivo puede contener los nombres de los factores: los caracteres asignados a los nombres no deben exceder de 8. Cada nombre debe escribirse en un renglón.

El paso inmediato, en el SIGUIENTE RENGLON, es introducir los valores de la variable respuesta: Y(i,j,k,m). Con i = 1,...,a, j = 1,...,b, k = 1,...,c y m = 1,...,r, en los cuales a, b, c y r corresponden, respectivamente, a los niveles de los factores A, B, C y al número de repeticiones. Respetando esta notación, la entrada de datos se hace como se explica en el ejemplo siguiente.

EJEMPLO:

```
El número de niveles del factor A (humedad) es 2.      i: 1, 2
El número de niveles del factor B (temperatura) es 2.  j: 1, 2
El número de niveles del factor C (peso) es 3.         k: 1, 2, 3
El número de repeticiones es 3.                        m: 1, 2, 3
```

```
2           --> Número de niveles del factor A.
2           --> Número de niveles del factor B.
3           --> Número de niveles del factor C.
3           --> Número de repeticiones.
humedad     --> Nombre del factor A.
temp.       --> Nombre del factor B.
peso        --> Nombre del factor C.                        Con
30 34 29    --> Y(1,1,1,1)  Y(1,1,1,2) .. Y(1,1,1,r)   r = 3
42 40 42    --> Y(1,1,2,1)  Y(1,1,2,2) .. Y(1,1,2,r)
19 12 17    --> Y(1,1,3,1)  Y(1,1,3,2) . .Y(1,1,3,r)
25 28 21    --> Y(1,2,1,1)  Y(1,2,1,2) .. Y(1,2,1,r)
19 14 17    --> Y(1,2,2,1)  Y(1,2,2,2) .. Y(1,2,2,r)
18 16 19    --> Y(1,2,3,1)  Y(1,2,3,2) .. Y(1,2,3,r)
35 33 31    --> Y(2,1,1,1)  Y(2,1,1,2) .. Y(2,1,1,r)
38 36 35    --> Y(2,1,2,1)  Y(2,1,2,2) .. Y(2,1,2,r)
20 21 22    --> Y(2,1,3,1)  Y(2,1,3,2) .. Y(2,1,3,r)
23 26 25    --> Y(2,2,1,1)  Y(2,2,1,2) .. Y(2,2,1,r)
20 10 20    --> Y(2,2,2,1)  Y(2,2,2,2) .. Y(2,2,2,r)
18 19 19    --> Y(2,2,3,1)  Y(2,2,3,2) .. Y(2,2,3,r)
```

2.3.6 ENTRADA DE DATOS PARA EXPERIMENTOS 2^k

Una vez que se ha entrado a modo de edición con cualquiera de los editores, el primer dato que el archivo debe contener en el PRIMER RENGLON es el número de factores y en el SIGUIENTE renglón o línea, el número de repeticiones. Cada uno de estos datos es de tipo entero, debe escribirse un valor numérico sin puntos ni comas.

Posteriormente, de manera opcional, en el SIGUIENTE RENGLON y renglón por renglón, el archivo puede contener los nombres de los factores: los caracteres asignados a los nombres no deben exceder de 8. Cada nombre debe escribirse en un renglón.

El paso inmediato, en el SIGUIENTE RENGLON, es introducir los valores de la variable respuesta: Y(i,j). Con $i = 1,\ldots,2^k$, $j = 1,\ldots,r$, en los cuales se utiliza la notación de Yates: 1, a, b, ab, c, ac, bc, abc... Respetando esta notación, la entrada de datos se hace como se explica en el ejemplo siguiente.

EJEMPLO:

El número de factores es 3 (A, B, C). $i = 1,2,\ldots 8$ $(2^k = 8)$
El número de repeticiones es 2 $j = 1, 2$
$k = 3$

```
3                 --> Número de factores.
2                 --> Número de repeticiones.
tetracic          --> Nombre del factor A.
pirodix           --> Nombre del factor B.
lecucoc           --> Nombre del factor C.
30 34             --> (1) :  Y (1,1)    Y (1,2)
42 40             -->  A  :  Y (2,1)    Y (2,2)
19 12             -->  B  :  Y (3,1)    Y (3,2)
25 28             -->  AB :  Y (4,1)    Y (4,2)
19 14             -->  C  :  Y (5,1)    Y (5,2)
18 16             -->  AC :  Y (6,1)    Y (6,2)
35 33             -->  BC :  Y (7,1)    Y (7,2)
38 36             -->  ABC:  Y (8,1)    Y (8,2)
```

2.4 E J E M P L O S.

2.4.1. DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIZADO (DCA):

En un experimento para estudiar la acción de dos compuestos sobre una espiroqueta (Borrelia duttoni) se probaron cuatro tratamientos:

tratamiento 1 : testigo;
tratamiento 2 : 5 mg/kg de óxido de arsénico;
tratamiento 3 : 4 mg/kg de aureomicina;
tratamiento 4 : 5 mg/kg de óxido de arsénico + 4 mg/kg de aureomicina

Los tratamientos se aplicaron a ratones infectados en las dosis arriba descritas. El tratamiento testigo consiste en no tratar a los animales El diseño fue completamente aleatorizado y la variable respuesta fue la proporción de espiroquetas en 25 campos obscuros tres horas después de la aplicación.

Interesa probar el efecto de los diferentes tratamientos, el testigo contra los otros tres, la dosis de arsénico contra el promedio de los otros dos y, por último, la dosis de aureomicina contra la dosis combinada de arsénico más aureomicina.

El archivo, llamado 'paticol1.dat', se presenta a continuación:

Y_{ij} : $i = 1, 2, 3, 4$ tratamientos
$j = 1, 2, 3$ repeticiones

```
4                 --> Número de tratamientos
3 3 3 3           --> Número de repeticiones por tratamiento.
testigo           --> Nombre del tratamiento No. 1.
arsénico          --> Nombre del tratamiento No. 2.
aureomic          --> Nombre del tratamiento No. 3.
ars+aure          --> Nombre del tratamiento No. 4.
2.2 2.5 2.8       --> Variable respuesta del tratamiento No. 1.
1.5 1.1 1.7       --> Variable respuesta del tratamiento No. 2.
0.8 0.1 0.4       --> Variable respuesta del tratamiento No. 3.
1.5 1.4 0.9       --> Variable respuesta del tratamiento No. 4.
```

Fuente: Infante, Zárate, p.: 454.

En el siguiente ejemplo se cometieron a propósito varios errores:

1.- En lugar de teclear el número 1 para pedir el D.C.A., se tecleó el símbolo ¡. HERMUT contesta inmediatamente borrando la pantalla y presentando un mensaje de error que dura varios segundos, para después volver al menú principal.

2.- Se le pide la opción 4 (contrastes) antes de haber corrido el procedimiento que obtiene los resultados del D.C.A. HERMUT responde borrando la pantalla y presentando un mensaje de error que dura varios segundos y vuelve al menú principal.

3.- Se teclea un nombre de archivo inexistente en el disco, HERMUT repite la solicitud.

4.- Ante la pregunta sobre la existencia de los nombres de los tratamientos, se respondió con un caracter distinto a s (S) o a n (N), de nuevo HERMUT insiste en la pregunta. En los errores 3 y 4 HERMUT insiste hasta 4 veces; de repetirse el error el programa termina.

5.- Los contrastes que se desean estimar no son ortogonales. HERMUT hace un comentario al respecto, pero obtiene la tabla de A. de V. considerando los coeficientes tecleados.

```
D I S E Ñ O   D E   E X P E R I M E N T O S
-----------   -----   ---------------------

      M E N U   P R I N C I P A L .
      -------   -----------------

    1.- D. COMPLETAMENTE ALEATORIZADO.

    2.- BLOQUES  AL  AZAR.

    3.- CUADRADO  LATINO.

    4.- CUADRADO  GRECO - LATINO.

    5.- EXPERIMENTOS FACTORIALES.

    6.- F I N.                              [error (1)]

                 SELECCIONA LA OPCION <CR>: ¡

         SELECCIONA ENTRE  1  Y   6 ,   POR FAVOR.
```

D I S E Ñ O   D E   E X P E R I M E N T O S

M E N U   P R I N C I P A L .

1.- D. COMPLETAMENTE ALEATORIZADO.

2.- BLOQUES AL AZAR.

3.- CUADRADO LATINO.

4.- CUADRADO GRECO - LATINO.

5.- EXPERIMENTOS FACTORIALES.

6.- F I N.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 1

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS.

2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS.

3.- EJECUCION DEL MODELO.

4.- C O N T R A S T E S. (*)

5.- MENU PRINCIPAL.

6.- FIN DEL PROGRAMA.

* : Se debe llamar después de la ejecución del modelo.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 4 ---> error (2)

* : Se debe llamar después de la ejecución del modelo.

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS.

2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS.

3.- EJECUCION DEL MODELO.

4.- C O N T R A S T E S. (*)

5.- MENU PRINCIPAL.

6.- FIN DEL PROGRAMA.

* : Se debe llamar después de la ejecución del modelo.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 3

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.

¿ CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ? datos45.dat --> error (3)

NO PUEDO ABRIR EL ARCHIVO: datos45.dat

¿ CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ? paticol1.dat

¿ EN EL ARCHIVO ESTAN LOS NOMBRES DE LOS TRATAMIENTOS ? <S/N> que?
error (4)

Se debe responder S (s) o N (n) .

¿ EN EL ARCHIVO ESTAN LOS NOMBRES DE LOS TRATAMIENTOS ? <S/N>: s

LOS DATOS LEIDOS DEL DISCO SON :

Número de tratamientos: 4

Los nombres de los tratamientos son:

testigo
arsénico
aureomic
ars+aureo

Las repeticiones por tratamiento son, respectivamente:

3 3 3 3

IMPORTANTE: Como se dice en el Manual de Operación, para continuar la lectura por pantalla se debe teclear un <CR>. No obstante es posible escribir texto DENTRO de la ejecución del paquete. Para hacerlo, el primer caracter que se debe escribir no debe ser un <CR>. Para cambiar de renglón se utiliza el <CR> de manera normal y para imprimir, teniendo conectada la impresora, se teclea <shift>--<PrtSc> o bien <Ctrl>--<PrtSc> según se quiera imprimir lo que está en la pantalla o imprimir todo lo escrito, respectivamente.

Para continuar con la ejecución del paquete se debe teclear <CR> <CR> (dos veces consecutivas). Este comentario se realizó utilizando este procedimiento.

Tabla de concentración de datos :

testigo	3.20	2.50	2.80
arsenico	1.50	1.10	1.70
aureomic	0.80	0.10	0.40
ars.+aur	1.50	1.40	0.90

T O T A L E S M A R G I N A L E S

(por fila:)	(por columna)
Y i.	Y .j
8.50	7.00
4.30	5.10
1.30	5.80
3.80	0.00

Nota: pueden aparecer ceros si el tamaño de los vectores difiere.

A L G U N O S   R E S U L T A D O S :

Tratamientos	=	4
$N = \Sigma n(i)$	=	12
$\Sigma \Sigma Y^2_{ij}$	=	36.51
$(Y..)^2 / N$	=	26.70
$\Sigma Y^2(i.) / n(i)$	=	35.62
$\Sigma Y^2(.j) / t$	=	27.16

P R U E B A   D E   B A R T L E T T   t = 4

LAS VARIANZAS POR TRATAMIENTO SON:

vari [1] : 0.123

vari [2] : 0.093

vari [3] : 0.123

vari [4] : 0.103

Varianza Ponderada = 0.111

Estadístico de prueba = 0.047
Prob. [BX^2cal > 0.0467] = 0.997

NOTA: Según la prueba estadística de Bartlett, no hay suficiente evidencia para considerar que las varianzas poblacionales son diferentes.

A L G U N O S   R E S U L T A D O S

$$S.C.T. = \Sigma (\bar{Y}i. - \bar{Y}..)^2 = 8.92$$

$$S.C.E. = \Sigma\Sigma (Yij - \bar{Y}i.)^2 = 0.89$$

$$S.T.C. = \Sigma\Sigma (Yij - \bar{Y}..)^2 = 9.81$$

F Calculada		=	26.83
gl numerador:	t - 1	=	3
gl denominador:	N - t	=	8
gl total corregido:	N - 1	=	11
Significancia observada		=	0.000240

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
TRAT.	3	8.92	2.97	26.83	0.000240
ERROR	8	0.89	0.11		
TOTAL	11	9.81			

De acuerdo al resultado de la tabla de A. de V., se puede rechazar Ho (igualdad de efectos de tratamientos). A continuación se procede a utilizar la técnica de los contrastes para probar si hay diferencias entre el grupo testigo y el promedio de los otros tres, si hay diferencia entre las dosis de arsénico contra el promedio de las dosis de aureomicina y la combinación de arsénico con aureomicina y si hay diferencias entre los últimos dos tratamientos. Para hacer esto, se invoca la opción 4 del D.C.A.:

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS.

2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS.

3.- EJECUCION DEL MODELO.

4.- C O N T R A S T E S. (*)

5.- MENU PRINCIPAL.

6.- FIN DEL PROGRAMA.

* : Se debe llamar después de la ejecución del modelo.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 4

C O N T R A S T E S .

```
Se pueden hacer  3  contrastes.
Se debe teclear cada coeficiente seguido por un <CR>
Escribe los contrastes:
-3
1                          Error (5)
1
-1     Corresponde al contraste [ 1 ]

0
-2
-1
-1     Corresponde al contraste [ 2 ]

0
0
-1
1     Corresponde al contraste [ 3 ]
```

Los coeficientes leídos son:

	T(1)	T(2)	T(3)	T(4)
contraste [1]	-3.0	1.0	1.0	-1.0
contraste [2]	0.0	-2.0	-1.0	-1.0
contraste [3]	0.0	0.0	-1.0	1.0

Como se observa, estos coeficientes no corresponden a las pruebas solicitadas. Además, no se cumplen las propiedades para ser contrastes ortogonales. HERMUT responde así:

Los coeficientes no suman cero en la fila 1

Los coeficientes no suman cero en la fila 2

No se cumple ortogonalidad en las filas: 1 2

No se cumple ortogonalidad en las filas: 1 3

A pesar de todo, se obtiene la tabla de A. de V., porque en ocasiones el investigador puede estar interesado en probar ciertos efectos, aún cuando la suma de cuadrados de tratamientos no se descomponga en la de los contrastes

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
TRAT.	3	8.92	2.97	26.83	0.00
Cont[1]	1	15.60		140.77	0.00
Cont[2]	1	10.43		94.08	0.00
Cont[3]	1	1.04		9.40	0.02
ERROR	8	0.89	0.11		
TOTAL	11	9.81			

Con un <CR> regresa HERMUT al menú del D.C.A. para volver a solicitar C O N T R A S T E S.

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS.

2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS.

3.- EJECUCION DEL MODELO.

4.- C O N T R A S T E S. (*)

5.- MENU PRINCIPAL.

6.- FIN DEL PROGRAMA.

* : Se debe llamar después de la ejecución del modelo.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 4

C O N T R A S T E S .

Se pueden hacer 3 contrastes.
Se debe teclear cada coeficiente seguido por un <CR>
Escribe los contrastes:
-3
1
1
1 Corresponde al contraste [1]

0
-2
1
1 Corresponde al contraste [2]

0
0
-1
1 Corresponde al contraste [3]

Los coeficientes leídos son:

	T(1)	T(2)	T(3)	T(4)
contraste [1]	-3.0	1.0	1.0	1.0
contraste [2]	0.0	-2.0	1.0	1.0
contraste [3]	0.0	0.0	-1.0	1.0

Ahora sí, los coeficientes corresponden a las pruebas que se querían.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
TRAT.	3	8.92	2.97	26.83	0.00
Cont[1]	1	7.20		64.96	0.00
Cont[2]	1	0.68		6.14	0.04
Cont[3]	1	1.04		9.40	0.02
ERROR	8	0.89	0.11		
TOTAL	11	9.81			

De esta tabla de A. de V. se puede concluir que sí hay diferencias entre el grupo testigo y el promedio de los otros tres, entre las dosis de arsénico contra el promedio de las dosis de aureomicina y la combinación de arsénico con aureomicina y entre los últimos dos tratamientos.

En este punto, se vuelve al menú del D.C.A. y se tiene la opción de seguir con otro diseño o salir del programa.

2.4.2 CUADRADO LATINO:

En un experimento en N. León se estudiaron siete variedades de maiz:

1.- Híbrido H-412.
2.- Híbrido Favorita.
2.- Sintético Precoz, blanco.
4.- Sintético NLVS-1, blanco.
5.- Sintético Carmen, blanco.
6.- Sintético Carmen, amarillo.
7.- Sintético Carmen. amarillo P.L.

El interés del estudio es encontrar si hay diferencias entre tratamientos y probar algunos contrastes, los cuales se presentarán en las páginas siguientes.

Los datos, escritos en el archivo 'latino.dat', se refieren a la distribución de variedades y la producción de grano seco, en kilos por parcela:

i,j,k = 1, ..., 7 columnas.

7	--> Número de tratamientos
7 7 7 7 7 7 7	--> Nro. de Hileras para cada trat.
H-412	--> Nombre del tratamiento No. 1
Hfavorit	--> Nombre del tratamiento No. 2
SPrecozB	--> Nombre del tratamiento No. 3
S-NLVS-B	--> Nombre del tratamiento No. 4
ScarmenB	--> Nombre del tratamiento No. 5
ScarmenA	--> Nombre del tratamiento No. 6
ScarAmpl	--> Nombre del tratamiento No. 7
12.0 10.6 10.6 9.3 11.0 9.0 11.2	--> variable respuesta para la H.1
8.7 8.6 8.3 9.6 7.5 9.0 8.2	--> variable respuesta para la H.2
9.3 7.9 7.9 8.2 8.6 9.9 10.1	--> variable respuesta para la H.3
7.0 7.9 8.0 8.1 9.1 10.8 12.7	--> variable respuesta para la H.4
8.6 9.9 8.8 8.1 8.9 10.7 10.0	--> variable respuesta para la H.5
7.7 7.1 6.6 6.6 7.3 7.5 8.7	--> variable respuesta para la H.6
6.3 6.6 7.8 8.2 7.1 8.6 7.3	--> variable respuesta para la H.7
FBDCEAG	--> aleat. lat. para la Hla. No. 1
BEGFADC	--> aleat. lat. para la Hla. No. 2
GCEDFBA	--> aleat. lat. para la Hla. No. 3
CFAGBED	--> aleat. lat. para la Hla. No. 4
DGBACFE	--> aleat. lat. para la Hla. No. 5
ADFEGCB	--> aleat. lat. para la Hla. No. 6
EACBDGF	--> aleat. lat. para la Hla. No. 7

Fuente: REYES, páginas 138 y ss.

La salida del paquete es:

D I S E Ñ O D E E X P E R I M E N T O S

M E N U P R I N C I P A L .

1.- D. COMPLETAMENTE ALEATORIZADO.

2.- BLOQUES AL AZAR.

3.- CUADRADO LATINO.

4.- CUADRADO GRECO - LATINO.

5.- EXPERIMENTOS FACTORIALES.

6.- F I N.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 3

C U A D R A D O L A T I N O .

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS.

2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS.

3.- EJECUCION DEL MODELO.

4.- C O N T R A S T E S. (*)

5.- MENU PRINCIPAL.

6.- FIN DEL PROGRAMA.

* : Se debe llamar después de la ejecución del modelo.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 3

C U A D R A D O   L A T I N O .

¿ CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ? latin2.dat

¿ EN EL ARCHIVO ESTAN LOS NOMBRES DE LOS TRATAMIENTOS ? <S/N>: s

LOS DATOS LEIDOS DEL DISCO SON :

Número de tratamientos: 7

Los nombres de los tratamientos son:

H-412
Hfavorit
SPrecozB
S-NLVS-B
ScarmenB
ScarmenA
SCarAmpl

Las repeticiones por tratamiento son, respectivamente:

7 7 7 7 7 7 7

Tabla de concentración de datos :

H-412	12.00	10.60	10.60	9.30	11.00	9.00	11.20
Hfavorita	8.70	8.60	8.30	9.60	7.50	9.00	8.20
SPrecozB	9.30	7.90	7.90	8.20	8.60	9.90	10.10
S-NLVS-B	7.00	7.90	8.00	8.10	9.10	10.80	12.70
ScarmenB	8.60	9.90	8.80	8.10	8.90	10.70	10.00
ScarmenA	7.70	7.10	6.60	6.60	7.30	7.50	8.70
SCarAmpl	6.30	6.60	7.80	8.20	7.10	8.60	7.30

IMPORTANTE: En el C.L. y en el C.G-L, los nombres de los tratamientos se corresponden con el tipo de aleatorización y no con la forma como están presentados los datos.

LAS LETRAS LATINAS QUE DEFINEN LA ALEATORIZACION SON:

F	B	D	C	E	A	G
B	E	G	F	A	D	C
G	C	E	D	F	B	A
C	F	A	G	B	E	D
D	G	B	A	C	F	E
A	D	F	E	G	C	B
E	A	C	B	D	G	F

T O T A L E S   M A R G I N A L E S

(por fila:)	(por columna)
Y i.	Y .j
73.70	59.60
59.90	58.60
61.90	58.00
63.60	58.10
65.00	59.50
51.50	65.50
51.90	68.20

Nota: pueden aparecer ceros si el tamaño
de los vectores difiere.

A L G U N O S   R E S U L T A D O S :

Tratamientos	=	7
$N = \Sigma\, n(i)$	=	49
$\Sigma\,\Sigma\, Y^2_{ij}$	=	3831.89
$(Y..)^2 / N$	=	3729.72
$\Sigma\, Y^2(i.) / n(i)$	=	3781.02
$\Sigma\, Y^2(.j) / t$	=	3743.92

Totales marginales por latinas y griegas:

Latinas	Griegas
Y.k	Y.l
57.00	0.00
64.00	0.00
56.60	0.00
63.30	0.00
61.20	0.00
62.70	0.00
62.70	0.00

Los arreglos anteriores entran a funcionar sólo cuando se llama al C.L. o al C.G-L. Cuando se invoca a este último, las letras griegas recogen los totales marginales correspondientes. Cuando se llama sólo al C.L., no entra en funcionamiento. Esa es la razón por la cual deben aparecer ceros en la columna encabezada por griegas, a menos que se trate de un C. Greco-Latino.

PRUEBA DE BARTLETT t = 7

LAS VARIANZAS POR TRATAMIENTO SON:

vari [1] : 1.263

vari [2] : 0.683

vari [3] : 0.631

vari [4] : 4.043 Varianza Ponderada = 2.244

vari [5] : 3.700

vari [6] : 3.710

vari [7] : 1.680

Estadístico de prueba = 9.768
Prob. [BX^2cal > 9.7680] = 0.135

Según este resultado, las varianzas poblacionales de los tratamientos (que corresponden a las letras latinas) son diferentes entre sí (por lo menos una de ellas). Compárese este resultado con el obtenido en el ejemplo 2.4.1 del D.C.A.

ALGUNOS RESULTADOS

S.C.Filas = $\Sigma (\bar{Y}i. - \bar{Y}..)^2$ = 51.30

S.C.Cols. = $\Sigma (\bar{Y}.j - \bar{Y}..)^2$ = 14.20

S.C.T. = $\Sigma (\bar{Y}.k - \bar{Y}..)^2$ = 7.92

S.C.E. (por diferencia) = 28.75

S.T.C. = $\Sigma \Sigma (Yij - \bar{Y}..)^2$ = 102.17

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
FILAS	6	51.30	8.55		
COLUMS.	6	14.20	2.37		
TRAT.	6	7.92	1.32	1.38	0.255294
ERROR	30	28.75	0.96		
TOTAL	48	102.17			

Según la tabla de Anova, no hay diferencia significativa en la producción de las 7 variedades de maíz. No obstante, para la investigación en particular interesaba efectuar varias comparaciones, las que se presentan más adelante utilizando la técnica de contrastes. Primero hay que invocar la opción 4 del menú del C. Latino:

C U A D R A D O   L A T I N O .

1.- PROPOSITOS Y SUPUESTOS.

2.- SOBRE LA LECTURA DE DATOS.

3.- EJECUCION DEL MODELO.

4.- C O N T R A S T E S. (*)

5.- MENU PRINCIPAL.

6.- FIN DEL PROGRAMA.

* : Se debe llamar después de la ejecución del modelo.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 4

C O N T R A S T E S .

```
Se pueden hacer  6  contrastes.
Se debe teclear cada coeficiente seguido por un <CR>
Escribe los contrastes:
5
5
-2
-2
-2
-2
-2    Corresponde al contraste [ 1 ]

1
-1
0
0
0
0
0    Corresponde al contraste [ 2 ]

0
0
-2
-2
-2
3
3     Corresponde al contraste [ 3 ]

0
0
0
0
1
-1     Corresponde al contraste [ 4 ]

0
0
-2
1
1
0
0     Corresponde al contraste [ 5 ]
0
0
0
-1
1
0     Corresponde al contraste [ 6 ]
```

Los coeficientes leídos son:

	T(1)	T(2)	T(3)	T(4)	T(5)	T(6)	T(7)
contraste [1]	5.0	5.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0
contraste [2]	1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
contraste [3]	0.0	0.0	-2.0	-2.0	-2.0	3.0	3.0
contraste [4]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0
contraste [5]	0.0	0.0	-2.0	1.0	1.0	0.0	0.0
contraste [6]	0.0	0.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
TRAT.	6	7.92	1.32	1.38	0.26
Cont[1]	1	0.13		0.14	0.71
Cont[2]	1	3.50		3.65	0.06
Cont[3]	1	0.93		0.97	0.33
Cont[4]	1	0.00		0.00	-9.99
Cont[5]	1	3.04		3.17	0.08
Cont[6]	1	0.31		0.33	0.58
ERROR	30	28.75	0.96		
TOTAL	48	102.17			

En general se puede comentar que no se encontraron diferencias entre las variedades de maíz que se consideraron en el estudio.

2.4.3 DOS FACTORES EN VARIOS NIVELES:

Una compañía de alimentos que ofrece pan italiano a cierto número de supermercados en el área metropolitana,realizó un estudio experimental sobre el efecto de la presentación de su producto considerando el peso (alto, medio, bajo) y el ancho (angosto y ancho) de los panes en las ventas del mencionado alimento durante el período experimental.

Se utilizaron en el estudio 12 supermercados similares en volúmenes de ventas y clientela. A cada uno de los 6 tratamientos se le asignaron aleatoriamente dos supermercados. Se registraron las ventas del producto y los resultados se presentan en la tabla siguiente, tal cual aparecen en el archivo 'dosfac.dat'.

Se quiere analizar si hay interacción entre los factores, estudiar efectos principales del peso y el ancho a través de un análisis de varianza que utilice un diseño de dos factores. Los resultados obtenidos por HERMUT se presentan en la página siguiente:

Y_{ijk} :

i = 1, 2, 3 niveles del factor A
j = 1, 2 niveles del factor B
k = 1, 2 repeticiones

3	--> Número de niveles del factor A.	
2	--> Número de niveles del factor B.	
2	--> Número de repeticiones.	
peso	--> Nombre del factor A.	
ancho	--> Nombre del factor B.	
47 43	--> Y(1,1,1)	Y(1,1,2)
46 40	--> Y(1,2,1)	Y(1,2,2)
62 68	--> Y(2,1,1)	Y(2,1,2)
67 71	--> Y(2,2,1)	Y(2,2,2)
41 39	--> Y(3,1,1)	Y(3,1,2)
42 46	--> Y(3,2,1)	Y(3,2,2)

FUENTE: Neter, p.: 570.

D I S E Ñ O   D E   E X P E R I M E N T O S

M E N U   P R I N C I P A L .

1.- D. COMPLETAMENTE ALEATORIZADO.

2.- BLOQUES AL AZAR.

3.- CUADRADO LATINO.

4.- CUADRADO GRECO - LATINO.

5.- EXPERIMENTOS FACTORIALES.

6.- F I N.

SELECCIONA LA OPCION <CR>: 5

Seleccionada la opcion 5, aparece el siguiente menú:

EXPERIMENTOS FACTORIALES

1.- DOS FACTORES, VARIOS NIVELES.

2.- TRES FACTORES, VARIOS NIVELES.

3.- EXPERIMENTOS 2^k

4.- MENU PRINCIPAL.

5.- FIN DEL PROGRAMA.

SELECCIONA LA OPCION: 1

Se seleccionó la opción 1 para correr el diseño de dos factores:

```
DOS  FACTORES,  VARIOS NIVELES.

 1.- PROPOSITO Y SUPUESTOS.
 2.- SOBRE ENTRADA DE DATOS.
 3.- E J E C U C I O N .
 4.- M E N U   EXP.  FACTORIALES.
 5.- M E N U   P R I N C I P A L.
 6.- F I N   D E L   P R O G R A M A.

SELECCIONA LA OPCION: 3


CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ? dosfac.dat
¿ EN EL ARCHIVO ESTAN LOS NOMBRES DE LOS FACTORES ? <S/N>: s

     LOS DATOS LEIDOS FUERON:
FACTORES       : 2
NIVELES DE A : 3
NIVELES DE B : 2
REPETICIONES : 2

      Los nombres de los factores son:
  A -->  peso
  B -->  ancho
```

TABLA DE CONCENTRACION DE DATOS :

47.00	43.00
46.00	40.00
62.00	68.00
67.00	71.00
41.00	39.00
42.00	46.00

A L G U N O S   R E S U L T A D O S:

Y i j .

90.00
86.00
130.00
138.00
80.00
88.00

Y i . .	Y . j .
176.00	300.00
268.00	312.00
168.00	0.00

NOTA: Si aparecen ceros, se debe al diferente tamaño de cada uno de los arreglos y no a errores de cómputo.

.... A L G U N O S   R E S U L T A D O S:

$\Sigma\Sigma\Sigma$ Y (i,j,k) = 612.00

$\Sigma\Sigma\Sigma$ Y^2(i,j,k) = 32854.00

$\Sigma\Sigma$ Y^2 ij. = 65584.00

Σ Y^2 i. = 131024.00

Σ Y^2 .j = 187344.00

Llegado a este punto el programa presenta las siguientes opciones para obtener la tabla de A. de V. correspondiente.Para los otros experimentos factoriales estas opciones no existen, pues sólo se considera el caso de los efectos fijos.

SE CONSIDERAN CUATRO TIPOS DE OPCIONES :

1.- A y B FIJOS.

2.- A : aleatario B: fijo

3.- B : aleatorio A: fijo

4.- A y B aleatorios

SELECCIONE LA OPCION:< 1,2,3,4 > 1

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
TRAT.	5	1580.00	316.00	30.58	0.0006
A	2	1544.00	772.00	74.71	0.0002
B	1	12.00	12.00	1.16	0.3239
AB	2	24.00	12.00	1.16	0.3759
ERROR	6	62.00	10.33		
TOTAL	11	1642.00			

De la tabla de A. de V. se puede concluir que tanto los efectos de la interacción como el efecto principal de B no son significativos: no hay evidencia suficiente para rechazar las respectivas Ho.

2.4.4 TRES FACTORES A VARIOS NIVELES:

Un consultor de investigación de mercados desea evaluar los efectos de ciertos factores de interés sobre la calidad del trabajo realizado por contrato por agencias independientes de investigación de mercados. El consultor clasificó un cierto número de tales agencias de acuerdo a los siguientes factores:

FACTOR		NIVELES DEL FACTOR
A : NIVEL DE CUOTA	i:	1.- alto. 2.- medio. 3.- bajo.
B: ALCANCE	j:	1.- realiza todo el trabajo en casa 2.- subcontrata parte del trabajo
C: CONTROL DEL CAMPO DE TRABAJO	k:	1.- con supervisores locales 2.- con agentes viajeros.

Se tienen 12 combinaciones de niveles del factor.

El consultor seleccionó de manera aleatoria 4 agencias (del conjunto inicial) pertenecientes a cada combinación de interés. Posteriormente promedió la calidad de sus contratos de acuerdo a un sistema en el cual se otorgan puntos en consonancia con varios atributos. Estos promedios o puntajes se presentan en la tabla siguiente, obtenida directamente del archivo creado, denominado tresfac2.dat.

Al considerar todas las combinaciones de los niveles del factor, el consultor utilizó un diseño factorial de tres factores para estudiar los efectos de las interacciones y los efectos principales.

Y_{ijkm} :

i = 1, 2, 3	niveles de A
j = 1, 2	niveles de B
k = 1, 2	niveles de C
m = 1, 2, 3, 4	repeticiones

```
3             --> Número de niveles del factor A.
2             --> Número de niveles del factor B.
2             --> Número de niveles del factor C.
4             --> Número de repeticiones.
CUOTA         --> Nombre del factor A.
ALCANCE       --> Nombre del factor B.
CONTROL       --> Nombre del factor C.
58 62 61 59   --> Y(1,1,1,1)  Y(1,1,1,2)  ...  Y(1,1,1,4)
54 52 53 50   --> Y(1,1,2,1)  Y(1,1,2,2)  ...  Y(1,1,2,4)
63 55 66 57   --> Y(1,2,1,1)  Y(1,2,1,2)  ...  Y(1,2,1,4)
50 53 51 60   --> Y(1,2,2,1)  Y(1,2,2,2)  ...  Y(1,2,2,4)
56 59 64 57   --> Y(2,1,1,1)  Y(2,1,1,2)  ...  Y(2,1,1,4)
45 51 46 53   --> Y(2,1,2,1)  Y(2,1,2,2)  ...  Y(2,1,2,4)
62 59 61 56   --> Y(2,2,1,1)  Y(2,2,1,2)  ...  Y(2,2,1,4)
48 53 51 47   --> Y(2,2,2,1)  Y(2,2,2,2)  ...  Y(2,2,2,4)
59 61 58 62   --> Y(3,1,1,1)  Y(3,1,1,2)  ...  Y(3,1,1,4)
52 49 47 45   --> Y(3,1,2,1)  Y(3,1,2,2)  ...  Y(3,1,2,4)
63 56 57 62   --> Y(3,2,1,1)  Y(3,2,1,2)  ...  Y(3,2,1,4)
55 45 54 53   --> Y(3,2,2,1)  Y(3,2,2,2)  ...  Y(3,2,2,4)
```

Fuente: Neter, página 657 y ss.

Después de teclear la opción 3 del menú de tres factores, el programa pregunta por el nombre del archivo y continúa su ejecución. Los resultados se presentan en la pàgina siguiente:

CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ? tresfac2.dat

¿ EN EL ARCHIVO ESTAN LOS NOMBRES DE LOS FACTORES ? <S/N>: s

LOS DATOS LEIDOS FUERON:

FACTORES : 3

NIVELES DE A : 3

NIVELES DE B : 2

NIVELES DE C : 2

REPETICIONES : 4

Los nombres de los factores son:

A --> CUOTA
B --> ALCANCE
C --> CONTROL

TABLA DE CONCENTRACION DE DATOS :

58.00	62.00	61.00	59.00
54.00	52.00	53.00	50.00
63.00	55.00	66.00	57.00
50.00	53.00	51.00	60.00
56.00	59.00	64.00	57.00
45.00	51.00	46.00	53.00
62.00	59.00	61.00	56.00
48.00	53.00	51.00	47.00
59.00	61.00	58.00	62.00
52.00	49.00	47.00	45.00
63.00	56.00	57.00	62.00
55.00	45.00	54.00	53.00

A L G U N O S   R E S U L T A D O S:

Y [i j k .] :

240.00	209.00
241.00	214.00
236.00	195.00
238.00	199.00
240.00	193.00
238.00	207.00

Y [i j . .] :

449.00	455.00
431.00	437.00
433.00	445.00

Y [i . k .] :

481.00	423.00
474.00	394.00
478.00	400.00

Y [. j k .]

716.00	597.00
717.00	620.00

Y i . . .	Y . j . .	Y . . k .
904.00	1313.00	1433.00
868.00	1337.00	1217.00
878.00	0.00	0.00

NOTA: si aparecen ceros, se debe al diferente tamaño de cada uno de los arreglos y no a errores de cómputo.

Esta información es necesaria para obtener las sumas de cuadrados de la tabla de A. de V.Debe leerse respetando el rango de cada uno de los índices. El punto indica el índice sobre el cual se suma. Como se observa, en todas se han sumado las repeticiones. Tomando Yij.., el Y(1,1) = 449.00, Y(1,2) = 455.00, Y(2,1) = 431.00, Y(2,2) = 437.00, Y(3,1) = 433.00, Y(3,2) = 445.00.

. . . ALGUNOS RESULTADOS:

ΣΣΣΣ Y (i j k m) = Y....	=	2650.00
ΣΣΣΣ Y^2 (i j k m)	=	147788.00
Y^2	=	7022500.00
ΣΣΣ Y^2 i j k .	=	589466.00
ΣΣ Y^2 i j . .	=	1170870.00
ΣΣ Y^2 i . k .	=	1178686.00
ΣΣ Y^2 . j k .	=	1767554.00
Σ Y^2 i . . .	=	2341524.00
Σ Y^2 . j . .	=	3511538.00
Σ Y^2 . . k .	=	3534578.00

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
TRAT	11	1064.42	96.77	8.26	0.0000
A	2	43.17	21.58	1.84	0.1710
B	1	12.00	12.00	1.02	0.3195
C	1	972.00	972.00	83.02	0.0000
AB	2	1.50	0.75	0.06	0.9288
AC	2	18.50	9.25	0.79	0.4651
BC	1	10.08	10.08	0.86	0.3626
ABC	2	7.17	3.58	0.31	0.7419
ERROR	36	421.50	11.71		
TOTAL	47	1485.92			

De la tabla anterior se concluye que no hay evidencia suficiente para rechazar Ho. sobre la nulidad de efectos de las interacciones de los factores; tampoco se puede rechazar Ho. sobre la nulidad de los efectos (principales) de los factores A y B. Lo que sí se puede rechazar es la nulidad de efectos del factor C (control del campo de trabajo mediante supervisores.) y la nulidad de efectos de los tratamientos.

2.4.5 EXPERIMENTOS 2^k

Una ilustración de este tipo de análisis se encuentra en Anderson (p.:232 y ss.). El autor reseña un experimento que se genera en la terminación de láminas metálicas en un proceso metalúrgico. La variable respuesta se refiere a la suavidad de la superficie terminada, a la cual se le asigna un cierto puntaje. Valores grandes de este puntaje indican que la superficie terminada es muy áspera; valores pequeños reflejan gran suavidad en la superficie. Los factores -cada uno a dos niveles- en consideración son los siguientes:

FACTOR	NIVELES.	
A: Temperatura de la solución	bajo	alto
B: Concentración de la solución	bajo	alto
C: Tamaño del rollo	1	2
D: Tensión del rollo	bajo	alto

Interesa obtener la tabla de A. de V. La tabla de concentración de datos,tomada tal cual está en el archivo 'dosalak.dat', es la siguiente:

i = 1,2, .. , 16 combinaciones o trat.
j = 1,2 repeticiones

```
4           --> Número de factores.
2           --> Número de repeticiones.
Temperat    --> Nombre del factor A.
Concentr    --> Nombre del factor B.
Tamaño      --> Nombre del factor C.
Tensión     --> Nombre del factor D.
18 16       --> (1)  :  Y ( 1, 1)    Y ( 1, 2)
10 12       -->  A   :  Y ( 2, 1)    Y ( 2, 2)
10 12       -->  B   :  Y ( 3, 1)    Y ( 3, 2)
8 19        -->  AB  :  Y ( 4, 1)    Y ( 4, 2)
9 7         -->  C   :  Y ( 5, 1)    Y ( 5, 2)
9 7         -->  AC  :  Y ( 6, 1)    Y ( 6, 2)
8 10        -->  BC  :  Y ( 7, 1)    Y ( 7, 2)
14 10       -->  ABC :  Y ( 8, 1)    Y ( 8, 2)
12 16       -->  D   :  Y ( 9, 1)    Y ( 9, 2)
21 14       -->  AD  :  Y (10, 1)    Y (10, 2)
15 15       -->  BD  :  Y (11, 1)    Y (11, 2)
21 21       -->  ABD :  Y (12, 1)    Y (12, 2)
17 15       -->  CD  :  Y (13, 1)    Y (13, 2)
24 18       -->  ACD :  Y (14, 1)    Y (14, 2)
4 4         -->  BCD :  Y (15, 1)    Y (15, 2)
13 13       -->  ABCD : Y (16, 1)    Y (16, 2)
```

Cuando se invocó la opción 3 del menú de experimentos 2^k, el programa preguntó por el nombre del archivo y luego presentó los resultados:

CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO ? dosalak.dat

¿ EN EL ARCHIVO ESTAN LOS NOMBRES DE LOS FACTORES ? <S/N>: s

LOS DATOS LEIDOS FUERON :

F A C T O R E S : 4

REPETICIONES : 2

Los nombres de los factores son:

A --> Temperat
B --> Concentr
C --> Tamaño
D --> Tensión

TABLA DE CONCENTRACION DE DATOS :

1	18.00	16.00
a	10.00	12.00
b	10.00	12.00
ab	8.00	19.00
c	9.00	7.00
ac	9.00	7.00
bc	8.00	10.00
abc	14.00	10.00
d	12.00	16.00
ad	21.00	14.00
bd	15.00	15.00
abd	21.00	21.00
cd	17.00	15.00
acd	24.00	18.00
bcd	4.00	4.00
abcd	13.00	13.00

LOS CUADRADOS MEDIOS OBTENIDOS SON :

66.125
24.500
40.500
105.125
15.125
32.000
2.000
128.000
72.000
36.125
3.125
0.500
0.500
136.125
6.125

(valores obtenidos según el algoritmo de Yates.)

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

F.V.	GL	SUMA CUADRADOS	C. MEDIO	FCAL.	PROB.
REP.	1	0.50	0.50		
TRAT	15	667.87	44.52	5.04	0.0018
a	1	66.12	66.12	7.49	0.0148
b	1	24.50	24.50	2.77	0.1133
ab	1	40.50	40.50	4.58	0.0470
c	1	105.12	105.12	11.90	0.0036
ac	1	15.12	15.12	1.71	0.2083
bc	1	32.00	32.00	3.62	0.0735
abc	1	2.00	2.00	0.23	0.6449
d	1	128.00	128.00	14.49	0.0018
ad	1	72.00	72.00	8.15	0.0117
bd	1	36.12	36.12	4.09	0.0589
abd	1	3.13	3.13	0.35	0.5671
cd	1	0.50	0.50	0.06	0.8005
acd	1	0.50	0.50	0.06	0.8005
bcd	1	136.12	136.12	15.41	0.0014
abcd	1	6.13	6.13	0.69	0.4228
ERROR	15	132.50	8.83		
TOTAL	31	800.87			

Una mirada a la columna de la probabilidad nos indica cuàles Ho. se deben rechazar.

2.5 LIMITACIONES.

En el paquete HERMUT las limitaciones se pueden considerar de tres tipos:

1.- sobre la cantidad de datos que se puede manejar;
2.- sobre la lectura de datos del teclado ;
3.- sobre la lectura de datos de un archivo;

1.- En cuanto al primer tipo, HERMUT acepta un máximo de doce (12) tratamientos para los primeros cuatro diseños. Este número es bastante aceptable para la mayoría de los ejercios didácticos y experimentos reales.

Para los diseños factoriales, particularmente para los experimentos 2^k, el máximo número de factores que pueden emplearse es de 6, número suficiente para un experimento real o un ejercicio didáctico.

En cuanto a las repeticiones o replicaciones, el máximo que acepta es de doce (12). En el caso del DCA y de los experimentos factoriales, el número de repeticiones no debe ser menor que dos (2).

En referencia a los nombres de los tratamientos o factores, los caracteres no deben exceder de 8. En cuanto a los nombres de los archivos, deben respetar los requisitos del sistema operativo.

2.- En cuanto al segundo tipo de restricciones, la lectura de datos desde el teclado, la restricción más importante se refiere a los coeficientes para la ejecución de contrastes. Es necesario subrayar que los coeficientes que se le tecleen a HERMUT deben ser números reales. De no hacerse esto, cesa la ejecución y habría que volver a invocar a HERMUT si se desea comenzar de nuevo.

3.- Cuando HERMUT lea de un archivo, la manera como está organizada la información debe corresponder al tipo de diseño que se quiere obtener. Por ejemplo, cuando HERMUT espera leer un número real debe leer un real, y no una letra...etc... Es muy importante tener en cuenta la conformación de los archivos según se explica en el Manual de Operacion y en el menú de ayuda de HERMUT.

A P E N D I C E A.

MANEJO DEL EDITOR DE TURBO PASCAL

PARA LA CREACION DE ARCHIVOS.

En este apéndice se explica cómo crear un archivo utilizando el editor de Turbo-pascal. Los pasos para lograrlo son los siguientes:

1.- Encender o darle 'RESET' a la microcomputadora e introducir el programa HERMUT en la ranura que corresponde a A.

2.- Después de leer los mensajes que aparecen, teclear TURBO, como se indica en la lectura de la pantalla.

Inmediatamente aparecen en pantalla unos mensajes dentro de los cuales destaca la pregunta de si se incluyen los mensajes de error:

```
Include error messages (Y/N) ? _
```

Para el caso que nos interesa es preferible contestar N (no) ya que estos mensajes de error tienen importancia sólo cuando se compilan programas en lenguaje pascal.

Después de recibir la respuesta (Y/N), aparece en pantalla un menú como el siguiente:

```
Logged Drive: A
-
Active Directory :
 -

Workfile:
-
Main file:
-

Edit      Compile     Run       Save
-         -           -         -

Dir       Quit           compile Options
-         -                      -
```


Las letras subrayadas aparecen en la pantalla con una tonalidad distinta y corresponden al nombre del comando respectivo.

3.- Teclear la letra W, para indicarle al turbo-pascal el nombre del archivo que se quiere crear. A continuación aparece un mensaje que dice:

```
Work file name:_
```

A este mensaje se debe responder con el nombre del archivo que se desea crear. El nombre debe respetar los atributos para nombres de archivo del sistema operativo. Para el caso que nos ocupa, supóngase que se bautiza el archivo con el nombre BLOQUES.DAT:

Work file name:BLOQUES.DAT <CR>

4.- Teclear la letra E, para informarle al turbo-pascal que se quiere entrar a modo de edición. Hecho esto se puede crear el archivo como se explica en la sección 2.3 de este material.

Algunos comandos de edición útiles dentro del editor del turbo-pascal son los siguientes:

<Home>	Coloca el cursor en el comienzo del archivo.
<End>	Coloca el cursor al final del archivo.
--> <--	Las teclas marcadas con una flecha mueven el cursor en la dirección indicada por la flecha.
<Back Space>	Borra el caracter anterior.
^D	Borra el caracter bajo el cursor.
^K	Borra el renglón desde la posición del cursor.
<Del>	Borra el renglón completo.
<Insert>	Inserta un renglón en la posición indicada por el cursor.
^X--^C	Salida del modo de edición. (^ : es la tecla 'Ctrl')

5.- Creado el archivo, se teclea ^X--^C para salir de modo de edición. Esto significa mantener hundida la tecla de <control> y simultáneamente teclear X y después C.

6.- Teclear S para salvar el archivo.

7.- Teclear Q para salir del turbo-pascal.

8.- Si se quiere entrar a HERMUT, teclear HERMUT.

A P E N D I C E B

ESTRUCTURA DE LA PROGRAMACION DEL PAQUETE HERMUT

En este apéndice se presenta de manera esquemática la organización y jerarquías de los distintos procedimientos y funciones de los que está dotado HERMUT, con un comentario mínimo de la mayoría de ellos.

B.-1. ARCHIVOS NECESARIOS Y PROCEDIMIENTOS.

Para que el paquete corra es necesario que estén presentes en el disco los siguientes archivos:

COMMAND	COM	
HERMUT	COM	
TURBO	COM	
AUTOEXEC	BAT	
LEEME	HOY	
ROLLITO	HOY	
MODELO1	ROL	Estos cuatro últimos archivos contienen el texto que debe leer HERMUT referente a la ayuda sobre los PROPOSITOS Y SUPUESTOS y sobre la ENTRADA DE DATOS que se pueden correr desde HERMUT.
MODELO2	ROL	
ENTRADA1	ROL	
ENTRADA2	ROL	

Dentro de HERMUT.COM están los archivos W, ORDENALE, NORMAL, LEEFACTO, SUMAFACTO, ElMinimo y BARTLETT.

W.: Contiene los procedimientos W, Ww, Raya, Mensaje, Musica, Adios y Ojo.

W: salta una línea.

Ww: salta dos líneas.

Raya: Obtiene una línea horizontal de longitud especificada según el parámetro invocado. Se utiliza en la construcción de la tabla de Anova, fundamentalmente por el procedimiento Tanova.

Mensaje: permite elaborar comentarios y/o reportes dentro de la ejecución de HERMUT.

Musica: da ciertos tonos, además ayuda a reconocer cuando se está obteniendo la distribución F.

Adios: uno de los procedimientos para salir del programa.

Ojo: uno de los procedimientos que controla errores en el tecleo de datos. Otros tipos de control están distribuidos a lo largo del paquete, pero como grupo de instrucciones.

ORDENALE: Contiene los procedimientos Ordena Letras, Asciende y Tanova.

OrdenaLetras: define la combinación de letras -de acuerdo a la notación de Yates- para usarse en la tabla de Anova en los experimentos factoriales 2 a la k. Genera automáticamente cualquier combinación invocada.

Asciende: ordena ascendentemente los primeros k elementos de un arreglo de enteros. Se utiliza como mecanismo de control.

Tanova: realiza los encabezamientos para la tabla de Anova.

NORMAL: Contiene las funciones Normal, Fprob, Lngamma y Jicuadrada.

Normal : obtiene la función de distribución normal estándard. Se usa en la función Fprob.

Fprob: obtiene la función de distribución F de Snedecor con k1 y k2 grados de libertad. Hace uso de la función normal y se utiliza en el procedimiento que obtiene la tabla de Anova.

LnGamma: obtiene la función logaritmo natural gamma. Es útil para poder obtener la distribución Ji cuadrada.

Jicuadrada: obtiene la distribución ji cuadrada con k grados de libertad. Se usa en la prueba de Bartlett.

LEEFACTO: es un procedimiento de lectura y verificación de la entrada de información que involucra a los experimentos factoriales. Contiene a los procedimientos VerificaRepeticiones y Nombre Factores, los cuales controlan posibles errores en el archivo de datos.

SUMAFACT: Distribuye (junto con el SubMenuFActores) las tareas que se deben efectuar según los distintos modelos factoriales. Obtiene las sumas parciales e intermedias en los experimentos factoriales.Contiene a los procedimientos Yates, Yatess, SumasdeCuadrados. El procedimiento Yates encuentra,de manera recursiva, las sumas de cuadrados cuando se consideran dos factores a distintos niveles. Utiliza el procedimiento OrdenaLetras. Se usa en el procedimiento Anova para obtener la tabla de Anova.

ELMINIMO: compara el código ASCII de variables caracter y obtiene el caracter cuyo código sea menor. Se utiliza para obtener las sumas de cuadrados y datos intermedios en el C. latino y el C. greco-latino.

BARTLETT: es el procedimiento que obtiene la prueba de Bartlett sobre homogeneidad de varianzas. Hace uso de la función JiCuadrada y corre por omisión para los experimentos no factoriales.

MODELO : es un procedimiento que permite leer texto y reproducirlo en pantalla. Concretamente, lee los cuatro archivos mencionados anteriormente.

Otros procedimientos importantes son los siguientes:

Anova: obtiene la tabla de Anova de acuerdo a los parámetros con los cuales se le llama.

HazContrastes: es un procedimiento que lee los coeficientes para contrastes, verifica la ortogonalidad y obtiene la sumas de cuadrados a través de la técnica de contrastes ortogonales. Es útil en el procedimiento Anova.

Ejecuta1234: distribuye las tareas para los primeros cuatro diseños. (D.C.A., B.C.A., C.L., C.G-L). Organiza y verifica la lectura de archivos, obtiene y presenta las sumas parciales y finales obtenidas y parametriza de distinta manera para utilizar los mismos procedimientos con diferentes valores de entrada.

Menu, MenuChico, MenuFactores, SubMenuFactores: como sus nombres lo indican, permiten realizar las diversas opciones que se presenen la pantalla. Cada uno de estos procedimientos es responsable de la distribución más general de los diferentes procedimientos e instrucciones.

B.-2 E S Q U E M A G E N E R A L.

```
MENU ---MenuChico----- LeeRollo(Modelo1,Modelo2,Entrada1, Entrada2.)
  |          |
  |          |--------- ejecuta 1234 ---leedisco---NombreDelArchivo
  |          |                |
  |          |                |---------- Confirma---LasLetras
  |          |                |---------- Sumas---SumasLatinas---ElMinimo
  |          |                |---------- Bartlett---JiCuadrada---LnGamma
  |          |                |---------- CMedioFcal---Sumas
  |          |                |---------- Anova---Fprob---Normal
  |          |                                 |
  |          |                                 |----Scontrastes
  |          |
  |          |----- HazContrastes---Contrastes---PruebaCcontrastes
  |                       |
  |                       |-----SSContrastes
  |                       |
  |                       |-----Anova---Fprob---Normal
  |
  |--- MenuFactores---SubMenufactores---LeeRollo(Modelo1, modelo2,
                          |                        entrada1, entrada2)
                          |
                          |---LeeFactores---VerificaRepeticiones
                          |         |
                          |         |---NombreFactores
                          |
                          |---SumaFactores---Yates---SumasDeCuadrados
                                                |
                                                |--- Yates
                                                |
                                                |---Cmediofactores--Anova
                                                         |
                                                         |---OrdenaLetras
```

Las líneas punteadas indican la comunicación y jeraraquía de los diferentes procedimientos y funciones. Por ejemplo,el procedimiento Yates utiliza los procedimientos SumasDeCuadrados, Yates (se llama a sí mismo) y CmedioFactores. A su vez este último hace uso de los procedimientos Anova y OrdenaLetras . Anova tiene que acudir a Fprob (como se ve más arriba) y Fprob tiene que llamar a la función Normal.

B I B L I O G R A F I A.

ANDERSON, V.L. and R. McLEAN. (1974). DESIGN OF EXPERIMENTS. New York: Marcel Dekker, Inc.

BORLAND INT. (1985). TURBO PASCAL. Reference Manual. Scotts Valley: Borland International.

COCHRAN, W. G. and G. M. COX. (1957). EXPERIMENTAL DESIGNS. (2d. edition). New York: Wiley.

COOKE, D., CRAVEN, A. and CLARKE, G. (1985). STATISTICAL COMPUTING IN PASCAL. London: Edward Arnold.

GIL, S. I. y ZARATE, G. P. (1986). METODOS ESTADISTICOS. Un enfoque interdisciplinario. Segunda reimpresión. México:Trillas.

LI, C.C. (1964). INTRODUCTION TO EXPERIMENTAL STATISTICS. New York: McGraw-Hill.

MENDEZ, I. (1980). Lineamientos Generales para la Planeación de Experimentos. (3a. Reimpresión). México: I.I.M.A.S., Comunicaciones Técnicas.

MENDEZ, I. (1977). Modelos Mixtos y Aleatorios en el Diseño y Análisis de Experimentos. México: I.I.M.A.S., C. Técnicas.

MENDEZ, I. (1976). Las Hipótesis que se prueban en Modelos Lineales con dos criterios de clasificación. México: I.I.M.A.S., C. Técnicas.

MONTGOMERY, D.C. (1984). DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS. (Second Edition). New York: Wiley.

NETER, J. and W. WASSERMAN. (1974). APPLIED LINEAR STATISTICAL MODELS. Illinois: Richard D. Irwin, Inc.

OGAWA, J. (1974). STATISTICAL THEORY OF THE ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DESIGNS. New York: Dekker.

OSTLE, B. (1979). ESTADISTICA APLICADA. México: Limusa.

REYES C., P. (1978) DISEÑO DE EXPERIMENTOS AGRICOLAS. México: Trillas.

STEEL, R.G.D. and J.H. TORRIE. (1960). PRINCIPLES AND PROCEDURES OF STATISTICS. New York: McGraw-Hill.

WINER, B.J. (1971). STATISTICAL PRINCIPLES IN EXPERIMENTAL DESIGN. (2d. edition). New York: McGraw-Hill.