

Llobell, J. P., Pérez, J. F. G., & Navarro, M. D. F. (1996). *El diseño y la investigación experimental en psicología* [Design of experimental research in psychology] (2nd ed.). Valencia, Spain: Cristóbal Serrano Villalba.

Tipo de Referencia:	Libro, Entero
Tipo de fuente:	Impreso
Autores:	Llobell, Juan Pascual; Pérez, José Fernando García; Navarro, María Dolores Frías
Título del libro:	El diseño y la investigación experimental en psicología
Año de Publicación:	1996
No. Total de Páginas:	828
Descriptores:	Applied research; experimental designs; experimental methods; experimental psychology
Notas:	Depósito legal: V-3846-1996
Título de la Colección:	Psicología Experimental
Edición:	2
Editorial:	Cristóbal Serrano Villalba
Lugar de Publicación:	Valencia, Spain
ISSN/ISBN:	84-89596-12-3
No. de Acceso:	BNE19971812237
Idioma:	spa
Título Original/Traducido:	Design of experimental research in psychology
Signatura:	C_L_0016

J. PASCUAL
J. F. GARCIA
M. D. FRIAS

EL DISEÑO
Y LA
INVESTIGACION
EXPERIMENTAL
EN PSICOLOGIA



1996

EL DISEÑO Y LA INVESTIGACIÓN
EXPERIMENTAL EN PSICOLOGÍA

CRISTOBAL SERRANO VILLALBA

EL DISEÑO Y LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL EN PSICOLOGÍA

(2ª edición revisada)

© J. Pascual Llobell • J.F. García Pérez • M.D. Frías Navarro

C. S. V. Cristóbal Serrano Villalba
✍ *Gascó Oliag, 10 b; 46010 Valencia (Spain)*
☎ 34 - (9)6 - 362 22 48

I.S.B.N.: 84-89596-12-3

Depósito legal: V-3846-1996

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro puede ser impresa, o reproducida por cualquier otro procedimiento, sin el permiso escrito de los propietarios del "Copyright".

Índice General

INTRODUCCIÓN	15
2ª EDICIÓN	19

PARTE I: MODELO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS

CAPÍTULO I

HIPÓTESIS, MODELOS Y AJUSTE.....	23
Formulación de un modelo y error de estimación	23
Modelo de la hipótesis nula o restringido	24
Modelo de la hipótesis alternativa o completo.....	26
Medida del ajuste de los datos al modelo	29
Suma de cuadrados.....	29
Suma de productos.....	31
Matrices de sumas de cuadrados	34
Varianza generalizada	35
Comparación de modelos: tamaño del efecto experimental	37
Estimación del tamaño del efecto.....	39
Ejercicios resueltos	41

CAPÍTULO II

PRUEBA DE LA HIPÓTESIS PARA LA ELECCIÓN DE UN MODELO.....	49
Error de <i>Tipo I</i> y prueba de la hipótesis	49
ANOVA y prueba <i>F</i>	52
Grados de libertad	53
Medias cuadráticas.....	54
Razón <i>F</i>	54
Relación entre el tamaño del efecto y la razón <i>F</i>	56
MANOVA: Prueba de la hipótesis en diseños multivariados.....	58
Valores propios o autovalores.....	60
Propiedades de los autovalores	62
Valores propios y otros índices multivariantes	64
MANOVA vs. ANOVA.....	67
Ejercicios resueltos	74

CAPÍTULO III

ERROR DE TIPO I, ERROR DE TIPO II Y POTENCIA	85
Fisher y la hipótesis nula.....	85
El modelo de Neyman y Pearson: La hipótesis alternativa.....	88
La potencia de la <i>prueba F</i>	91
Parámetros asociados con la Potencia.....	94
Error de Tipo I.....	95
Tamaño del efecto y Potencia.....	99
El número de observaciones o tamaño de la muestra.....	101
Cálculo de la potencia y planificación experimental.....	105
Determinación del número de observaciones.....	106
Estimación del tamaño del efecto.....	111
Ejercicios resueltos.....	113

CAPÍTULO IV

CONTRASTE DE MEDIAS Y PRUEBAS POST HOC.....	129
Diferencias de medias y prueba F.....	129
Contraste de medias.....	132
Contrastes ortogonales.....	135
Propiedades de los contrastes ortogonales.....	138
Contrastes no ortogonales.....	140
Tasa de Error de Tipo I y contrastes.....	142
Control de la Tasa de Error de Tipo I.....	145
Corrección de Bonferroni.....	146
Rango crítico entre pares de medias.....	149
Procedimiento DHS de Tukey.....	150
Procedimiento de Dunnett.....	152
Procedimiento de Scheffé.....	154
Elección del procedimiento.....	154
Contraste de hipótesis en diseños multivariados.....	159
Ejercicios resueltos.....	167

CAPÍTULO V

LA FUNCIÓN DISCRIMINANTE.....	183
Funciones discriminantes y autovalores.....	183
Autovectores y función discriminante.....	188
Las puntuaciones en la función discriminante.....	192
La clasificación de los sujetos a partir de las funciones.....	194
Propiedades de las puntuaciones en las funciones discriminantes.....	197

Relación entre las variables y las <i>funciones discriminantes</i>	200
Coeficientes canónicos tipificados	200
Correlaciones de las funciones discriminantes con las variables discriminantes: las saturaciones canónicas	202
Ejercicios resueltos	204

PARTE II: PLANIFICACIÓN Y VALIDEZ

CAPÍTULO VI

PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	219
Aspectos a planificar	222
Variable independiente y dependiente	225
Manipulación de la variable independiente	226
Relación entre variable independiente y dependiente.....	229
Medición de la variable dependiente	231
Tamaño del efecto, potencia y número de observaciones.....	233
Técnicas de control	235
Control de la varianza sistemática secundaria.....	236
Constancia	236
Apareamiento.....	237
Aleatorización.....	238
Otras técnicas.....	238
Control de la varianza de error.....	240
Elección del Diseño	242
Validez de la investigación.....	246
Validez interna.....	246
Amenazas a la validez interna.....	248
Validez externa	255
Amenazas a la validez externa.....	256
Validez de constructo.....	258
Amenazas a la validez de constructo	259

CAPÍTULO VII

SENSIBILIDAD DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	261
El cumplimiento de los supuestos y los errores de Tipo I y de Tipo II	262
Normalidad en la distribución de las observaciones	264
Pruebas de la normalidad	265
Pruebas no paramétricas.....	267
Transformaciones de la variable dependiente	271

Homogeneidad de las varianzas	273
Comprobación de la homogeneidad	275
Prueba de Hartley	276
Prueba de Cochran.....	277
Prueba de Bartlett	278
Prueba de Levene	279
Procedimientos para corregir la heterocedasticidad	281
Corrección de la variable dependiente por el procedimiento de O'Brien	282
La prueba <i>F</i> conservadora	285
Independencia de las observaciones.....	286
Independencia de las observaciones y diseño	289
Otras amenazas que afectan a la validez de conclusión estadística.....	291
Potencia	292
Número de observaciones	292
Magnitud del efecto experimental.....	293
Variabilidad	294
Comparaciones múltiples.....	295
Puntuaciones 'outliers'.....	296
Valores 'missing'	297
Ejercicios resueltos	299

PARTE III: METODOLOGÍAS

CAPÍTULO VIII

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	313
Metodología experimental	315
¿Para qué hacemos experimentos?	319
Para comprobar teorías	320
Para estimar efectos	324
Distintos diseños experimentales	326
Diseño unifactorial de dos grupos	327
Diseño multigrupo unifactorial	328
Diseño factorial	329
Diseños intrasujetos o de medidas repetidas.....	332
Diseños mixtos o de medidas parcialmente repetidas.....	334
Metodología cuasi-experimental	337
Método experimental versus método cuasi-experimental.....	338
Distintos diseños cuasi-experimentales.....	340
Diseños con grupo de control no equivalente.....	341
Diseño de cuatro grupos de Solomon	343

Diseño con grupo de control no equivalente y doble pre-test.....	344
Diseño de cohortes	347
Diseño de discontinuidad en la recta de regresión.....	350
Metodología observacional	355
Estimación de la fiabilidad de datos observacionales	357
Coeficientes de fiabilidad.....	358
Cómputo de los coeficientes de fiabilidad	364
Diseños de N = 1.....	368
Distintos diseños de N = 1	371
Metodología de análisis	373
Pruebas de aleatorización	376
Metodología no experimental.....	381
Ejercicios resueltos	384

PARTE IV: DISEÑOS

CAPÍTULO IX

EL DISEÑO FACTORIAL	397
Ecuación estructural.....	401
Efectos principales y modelo aditivo	401
Efectos de interacción y modelo no aditivo	406
Tipos de interacción	411
Plan factorial	412
Diseño factorial vs. unifactorial	414
Reducción de la varianza de error	414
Interacción ordinal	420
Contrastes planificados.....	422
Comparaciones simples entre pares de medias	424
Interacción cruzada	425
Contrastes específicos para el término de interacción	429
Efectos Simples.....	429
Error de Tipo I y Efectos Simples.....	441
Análisis de la interacción ordinal	442
Comparación de procedimientos	446
Efecto de interacción ordinal presente	447
Efecto de interacción ordinal ausente	450
El diseño factorial multivariado	451
La función discriminante en los diseños factoriales multivariados	456
Autovalores.....	456
Autovectores.....	458
Interpretación.....	459

Ejercicios resueltos	461
----------------------------	-----

CAPÍTULO X

DISEÑO DE BLOQUES	475
Modelos del diseño	475
Modelo de la hipótesis nula	475
Modelo de la hipótesis alternativa.....	477
Supuestos del bloqueo	479
Diseño de Cuadrados latinos	481
Modelo del diseño de cuadrados latinos	484
Ejercicios resueltos	488

CAPÍTULO XI

DISEÑO CON VARIABLES ANIDADAS	507
Diseño anidado con dos factores.....	509
Estimación de efectos.....	510
Diseño anidado con tres factores, uno anidado.....	515
Estimación de efectos.....	516
Diseño jerárquico completo.....	521
Estimación de efectos.....	522
Análisis del término de error	526
Ejercicios resueltos	534

CAPÍTULO XII

DISEÑO CON VARIABLES COVARIADAS	543
La ecuación estructural del diseño covariado	543
Modelo de la hipótesis nula	544
Modelo de la hipótesis alternativa.....	549
Prueba de la hipótesis.....	551
ANOVA	551
ANCOVA	552
Supuestos básicos del análisis de la covarianza	554
Relación entre la variable dependiente y la covariada.....	556
Independencia de la covariada y el tratamiento.....	557
Nulidad de la interacción entre los tratamientos y la variable covariada.....	558
Ajuste de las medias y pruebas post hoc.....	562
Contraste de medias y pruebas post hoc.....	568
Ejercicios resueltos	571

CAPÍTULO XIII

DISEÑO DE MEDIDAS REPETIDAS.....	581
Diseño con un factor	583
Ecuación estructural	583
Prueba de la hipótesis.....	586
Diseño con dos factores de medidas repetidas	587
Diseño mixto.....	589
Ajuste de los grados de libertad.....	593
Interpretación multivariada.....	595
Diseño con un factor de tratamiento	595
Modelo restringido	597
Modelo completo.....	598
Comparación de modelos	600
Diseño con dos factores de tratamiento.....	601
Ejercicios resueltos	607

PARTE V: APÉNDICES

APÉNDICE I

EVALUACIÓN.....	615
Ejercicios de autoevaluación.....	615
Capítulo I	615
Capítulo II.....	618
Capítulo III.....	621
Capítulo IV	623
Capítulo V.....	626
Capítulo VI	629
Capítulo VII.....	641
Capítulo VIII.....	644
Capítulo IX	648
Capítulo X.....	654
Capítulo XI	656
Capítulo XII.....	658
Capítulo XIII.....	660
Solución de los ejercicios de autoevaluación.....	663
Capítulo I	663
Capítulo II.....	669
Capítulo III.....	674
Capítulo IV	678
Capítulo V.....	682

Capítulo VI	689
Capítulo VII	706
Capítulo VIII	710
Capítulo IX	716
Capítulo X	731
Capítulo XI	737
Capítulo XII	741
Capítulo XIII	749

APÉNDICE II

ÁLGEBRA DE MATRICES	755
Suma, resta y producto	757
Multiplicación de matrices	758
El determinante de una matriz	760
Menor complementario	761
Adjunto	761
Cálculo del determinante por la adjunta	762
Inversa de una matriz	763
Cálculo de la inversa de una matriz por la adjunta	763
Ejercicios resueltos	766

APÉNDICE III

PROBABILIDAD	771
Función de probabilidad binomial	771
Sucesos dependientes e independientes	772
Fórmula de Bayes	774
Ejercicios resueltos	775

APÉNDICE IV

PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE LA POTENCIA	783
Algoritmo de cálculo	783
Precisión	784
Listado de instrucciones	785

APÉNDICE V

TABLAS ESTADÍSTICAS	789
Distribución Normal	789
Distribución <i>Chi-Cuadrado</i>	792

Distribución <i>t</i> de Student	794
Distribución <i>F</i>	795
Prueba de Dunnett	801
Distribución <i>F</i> de Bonferroni.....	803
Estadístico del rango estandarizado	805
Prueba de Bryant-Paulson	806
$F_{máxima}$ para la homogeneidad de las varianzas	808
Prueba de Cochran para la homogeneidad de las varianzas	809
Prueba de Lilliefors para el ajuste a la distribución normal.....	810
Coefficientes de Correlación	811

PARTE VI: BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA	815
ÍNDICE DE AUTORES.....	825

Introducción

LA investigación en Psicología y la aplicación de diseños experimentales es una tarea importante tanto para los profesionales que se dedican al ámbito aplicado como para aquellos que realizan su trabajo desde el estudio, elaboración y/o aplicación de distintos modelos de diseño. La lectura crítica que todo profesional realiza de los resultados y avances publicados sobre su temática de trabajo, solamente puede ser realizada cuando se posee una visión clara y coherente de las diferentes fases de la investigación así como de las características y propiedades que cada diseño experimental posee. El libro que aquí presentamos tiene ese doble objetivo. En primer lugar abordar los puntos clave relativos a la planificación y elaboración de los estudios y, en segundo lugar, analizar de forma exhaustiva los diferentes diseños de investigación.

La técnica de presentación del material ha tratado de ser formativa y didáctica. En cada capítulo se presentan los fundamentos que apoyan la temática de estudio junto con el desarrollo de los modelos y diseños, para abordar al final del mismo un epígrafe de *Ejercicios resueltos*. Se han resuelto de forma detallada **264** ejercicios. El lector dispone así de un instrumento objetivo de medida y repaso de su aprendizaje. Además, se ha realizado un apéndice de Evaluación (*Apéndice I*) con **484** ejercicios formulados con el sistema de diferentes alternativas, dando solución razonada a cada uno de ellos. La presentación de estos ejercicios es semejante a la adoptada por los sistemas de evaluación de exámenes oficiales *tipo test* de la Universidad así como de diferentes oposiciones relativas a la licenciatura de Psicología. La elaboración y desarrollo de los ejercicios ha tratado de acercarse a la realidad del propio trabajo de los profesionales, utilizando *Supuestos* que reflejan de algún modo posibles situaciones tanto de carácter aplicado como de investigación y reflexión metodológica. Con un sistema de aprendizaje progresivo, el lector abordará cada tema con un nivel de conocimiento, proporcionado por el capítulo anterior, que le facilitara el aprendizaje

y asimilación de cada uno de los contenidos de los capítulo siguientes.

El libro consta de trece capítulos y cinco apéndices. En el primer capítulo, *Hipótesis, modelos y ajuste*, se presenta la formulación de los modelos nulo o restringido y alternativo o completo junto con la medida del ajuste de los datos a cada modelo. La comparación de los modelos se aborda utilizando como punto de referencia el concepto de tamaño del efecto o varianza explicada. En el segundo capítulo, *Prueba de la hipótesis para la elección de un modelo*, se introduce el concepto de *Error de Tipo I* unido a la garantía de generalización de los resultados a otras situaciones. El control del riesgo de rechazar la hipótesis nula siendo cierta junto con el estudio del Análisis de la Varianza y la prueba *F* es abordado. Además, se presenta el Análisis Multivariado de la Varianza y diferentes pruebas de contraste de hipótesis. En el capítulo tercero, *Error de Tipo I, Error de Tipo II y potencia*, se analizan conjuntamente dichos conceptos junto con otros parámetros asociados como tamaño del efecto y número de observaciones, introduciendo al lector en la planificación experimental.

En el capítulo cuarto, *Contraste de medias y pruebas post hoc*, se presentan una serie de procedimientos, aplicables en unos casos a priori y en otros tras el rechazo de la hipótesis nula, que permiten plantear hipótesis específicas — *univariadas* o *multivariadas* —, acerca de la interpretación de los resultados. La problemática de la utilización de estos contrastes y el control tasa de *Error de Tipo I* es analizada en detalle. En el capítulo quinto, *La función discriminante*, el lector dispone de un procedimiento alternativo al análisis de hipótesis específicas univariadas tras rechazar la hipótesis nula multivariada: las funciones discriminantes. La realización exhaustiva de cada uno de los pasos de cálculo así como la interpretación clara y sencilla que se realiza de los resultados obtenidos hacen que el capítulo resulte coherente y fácilmente abordable.

En los capítulos sexto, *Planificación de la investigación*, y séptimo, *Sensibilidad del diseño de investigación*, se pone el énfasis en la calidad metodológica de las investigaciones dado el nivel de planificación y control llevado a cabo. Sólo la reflexión y planificación previa sobre diferentes parámetros y variables así como

el cumplimiento de los supuestos que subyacen a las pruebas aplicadas, permitirá obtener resultados fiables y válidos, asegurando con ello un nivel aceptable de certeza en las conclusiones así como su generalización. En el capítulo octavo, *Métodos de investigación*, se analizan diferentes tipos de metodología, desde la experimental a la no experimental, pasando por la metodología cuasi-experimental, la observacional y los diseños de $N = 1$. Sus características, diferencias y método de análisis son estudiados tratando de dar una visión clara sobre la situación de cada metodología dentro del ámbito de la investigación.

A partir del capítulo noveno se sucede la presentación y análisis de diferentes diseños. La ubicación teórica de las características del diseño, la formulación de la ecuación estructural así como ciertas consideraciones específicas para cada diseño son analizadas de forma sistemática en cada uno de los capítulos. Comenzamos con el *Diseño factorial* abordando las implicaciones del modelo aditivo y no aditivo así como diferentes contrastes de hipótesis para el término de interacción. En el capítulo décimo, *Diseño de bloques*, se desarrolla la técnica de bloqueo como procedimiento de control experimental de ciertas variables extrañas relacionadas con la variable dependiente. En el diseño de Cuadrados Latinos se analiza el caso de dos variables bloqueadas. En el capítulo undécimo, *Diseño con variables anidadas*, se analizan los diseños con variables anidadas como técnica de control de variables extrañas, especialmente relacionadas con la pertenencia a un determinado grupo. Diseños con una sola variable anidada y diseños jerárquicos completos son estudiados. En el capítulo duodécimo, *Diseño con variables covariadas*, el control de las variables extrañas se realiza a través de la medición de variables continuas, ajustando la varianza de la variable dependiente al sustraer el efecto de la covariada. Los supuestos básicos del análisis de la covarianza son analizados e interpretados. En el último capítulo se estudia el *Diseño de medidas repetidas*. La utilización de diseños basados en la medida repetida de los sujetos bajo diferentes condiciones permite utilizar al sujeto como técnica de control de las diferencias individuales. Se analiza tanto la solución univariada, con un factor y bifactorial, como la solución de perfiles multivariados. Este último modelo permitirá abordar este tipo de diseños sin los

2- Edición

LA nueva edición del libro *El diseño y la investigación experimental en Psicología* supone la consolidación de los materiales presentados después de ser manual de trabajo de varios grupos que han cursado las asignaturas de Psicología Experimental, Fundamentos del diseño experimental y Diseños experimentales. La práctica docente y las sugerencias de alumnos y profesores han permitido corregir y ampliar ciertos contenidos. En esta segunda edición se han corregido los errores que se detectaron en la primera y se ha ampliado el capítulo trece de la obra, dedicado a los diseños de medidas repetidas. Dada la acogida tan favorable que ha recibido este libro se ha mantenido la estructura inicial de trece capítulos que se presentó en la primera edición. El orden en el que se imparten estos capítulos puede variar en función de cómo se plantee la didáctica de la asignatura, dependiendo del nivel previo de los alumnos y del temario concreto que se imparta.

Los capítulos se han reunido en cuatro grandes apartados, para facilitar la estructuración de la docencia. El primer apartado, ***Modelo estadístico y análisis***, recoge los cinco primeros, en ellos se amplían los contenidos básicos que ya deben conocer los alumnos que han recibido formación de estadística: la formulación de modelos, el ajuste de los datos a los modelos, la prueba de la hipótesis y las comparaciones a posteriori. También se incluye la perspectiva del análisis multivariado y se detalla el uso del análisis discriminante. La aproximación multivariada permite afrontar con mayores garantías los diseños de medidas repetidas y el análisis de la covarianza. Este apartado temático es una revisión ampliada y adaptada a la metodología de conceptos y técnicas que ya se dominan.

El segundo bloque, ***Planificación y validez***, corresponde a los capítulos seis y siete, en ellos se trata los aspectos de la planificación metodológica tales como técnicas de control y validez. El capítulo siete se dedica por completo a la validez de conclusión estadística.

Este apartado constituye el punto de partida de la investigación, especialmente el capítulo de planificación, una vez que el alumno conoce los conceptos que se han tratado en el apartado anterior puede afrontar el estudio de estos dos temas sin grandes dificultades.

El tercer apartado, *Metodologías*, cuenta con un solo capítulo—el ocho— en él se realiza una descripción de los principales métodos de investigación que se siguen en Psicología.

En el último bloque se exponen los principales *Diseños*: el factorial, bloques, anidado, covarianza y medidas repetidas. En todos ellos se ha seguido un mismo modelo de análisis para facilitar la comprensión.

Valencia, Septiembre de 1996

María Dolores Frías Navarro

José Fernando García Pérez

Juan Pascual Llobell

Universitat de Valencia

Facultat de Psicologia

Àrea de Metodologia de las Ciencias del Comportamiento