

MODELACIÓN CON ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD

Editores:

Hugo Adán Cruz Suárez

Bulmaro Juárez Hernández

Francisco Solano Tajonar Sanabria

Hortensia Josefina Reyes Cervantes

Fernando Velasco Luna

José Dionicio Zacarías Flores

Víctor Hugo Vázquez Guevara.



CAPE FCFM
CUERPO ACADÉMICO DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

Modelación con Estadística y Probabilidad



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Dirección General de Fomento Editorial
2017

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

José Alfonso Esparza Ortiz

Rector

José Jaime Vázquez López

Secretario General

Ygnacio Martínez Laguna

Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado

Flavio Marcelino Guzmán Sánchez

E.D. Vicerrectoría de Extensión y Difusión de la Cultura

Ana María Dolores Huerta Jaramillo

Directora de Fomento Editorial

Martha Alicia Palomino Ovando

Director de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

Primera Edición, 2017

ISBN: 978-607-525-442-5

© Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dirección de Fomento Editorial

2 Norte 1404, C.P. 72000

Puebla, Puebla.

Teléfono y fax: 01 222 246 8559

Impreso y hecho en México

Printed and made in Mexico

Comité Editorial

Hugo Adán Cruz Suárez

Bulmaro Juárez Hernández

Francisco Solano Tajonar Sanabria

Hortensia Josefina Reyes Cervantes

Fernando Velasco Luna

José Dionicio Zacarías Flores

Víctor Hugo Vázquez Guevara.

PRÓLOGO

Esta obra recopila las investigaciones realizadas por investigadores y académicos de diferentes instituciones de Educación Superior, se abarcan distintas áreas del conocimiento relacionadas con temáticas diversas de la Probabilidad y Estadística.

En este libro tenemos 15 capítulos en los cuales se tratan temas de aplicaciones y trabajos teóricos, en particular hay cuatro de ellos en el área de Probabilidad y once en el área de Estadística. En el capítulo 1 se presenta una aplicación de los modelos de decisión de Markov, en el capítulo 2 se presenta una aplicación de la probabilidad a la mecánica cuántica, en el capítulo 3 está relacionado con los modelos de ecuaciones estructurales. En el capítulo 4 se presenta una aplicación de modelos de crecimiento a estudios económicos. Un estudio relacionado a la salud sexual y reproductiva y fecundidad de adolescentes es presentado en el capítulo 5. Un análisis de puntos de cambio en espacio tiempo es llevado a cabo en el capítulo 6, se presenta una revisión del punto de cambio tratado sobre el enfoque de máxima verosimilitud. En el capítulo 7 se realiza un análisis de regresión logística para estudiar las elaciones en relación con educación sexual y el conocimiento de preservativos. En el capítulo 8 se lleva a cabo un análisis de componentes principales para construir un indicador de calidad de viviendas. En el capítulo 9 se presenta la caracterización de los efectos aleatorios en términos del modelo lineal mixto. El capítulo 10 presenta el tema de la teoría de respuesta al Ítem aplicada n el análisis de un cuestionario de bienestar familiar. Una aplicación de modelos de ecuaciones estructurales es llevada a cabo en el capítulo 11, se estudian las principales características de la construcción de la satisfacción estudiantil. En el capítulo 12 e presenta una introducción a la estadística bayesiana y dos Aplicaciones en elecciones electorales en México. En el capítulo 13 se utiliza la técnica de credit scoring usando regresión logística para la evaluación del riesgo crediticio. Un estudio sobre sostenibilidad empresarial es llevado en el capítulo 14, este estudio se realiza a través de la implementación de la metodología Biplot. Finalmente, en el capítulo 15 una aplicación del modelo Weibull en el análisis de supervivencia es llevada a cabo.

Los trabajos fueron sometidos a un arbitraje coordinado por el Comité Editorial del Cuerpo de Probabilidad y Estadística. Se les agradece a los revisores el gran esfuerzo que hicieron para lograr a tiempo sus sugerencias que se incluyeron en el trabajo final de esta obra.

Los integrantes del Cuerpo Académico de Probabilidad y Estadística esperan que el presente libro logre evidenciar que el trabajo multidisciplinario es necesario a fin de abordar problemas reales.

Comité Editorial

Índice general

Índice general	I
1. Un Modelo de Inventario con Demanda Estocástica y Dinámica	
Tipo Lindley	3
1.1. Introducción	4
1.2. Modelo de Inventarios	4
1.3. Caminata de Lindley Controlada	5
1.4. Valor Óptimo y Política Óptima	6
1.4.1. Políticas	7
1.5. PDM Aplicado a la Caminata Controlada de Lindley	7
1.6. Aproximación a las Políticas Óptimas	13
1.6.1. Aproximación Numérica al Valor Óptimo	15
1.7. Conclusiones	16
2. Distribución Probabilística en el Oscilador Isotónico	19
2.1. Introducción	19
2.2. Factorización del Hamiltoniano del Oscilador Armónico	20
2.3. Oscilador Isotónico	22
2.4. Operadores de Segundo Orden	23
2.5. El Estado Base del Oscilador de Dongpei	24
2.6. La Factorización del Hamiltoniano	25
2.7. Las Funciones de Onda del Oscilador Isotónico	25
2.8. Densidad de Probabilidad	28
2.9. Conclusiones	29
3. Modelos de Ecuaciones Estructurales con Mínimos Cuadrados Parciales	31
3.1. Introducción	31
3.2. Modelos de Ecuaciones Estructurales	32
3.2.1. Indicadores Reflexivos y Formativos	33
3.3. Mínimos Cuadrados Parciales	33

3.3.1.	El Modelo	33
3.3.2.	Los Pesos	34
3.3.3.	El Algoritmo de MCP	35
3.4.	Evaluación del Modelo	35
3.4.1.	Evaluación del Modelo de Medición	35
3.4.2.	Evaluación del Modelo Estructural	36
3.5.	Modelo de Satisfacción INSPOCH	37
3.6.	Modelo de Satisfacción INSPOCH	37
3.6.1.	Ecuaciones del Modelo	39
3.6.2.	Cálculo del índice de Satisfacción	40
3.7.	Resultados	41
3.8.	Conclusiones	43
4.	Aplicación de la Función Secante Hiperbólica al Ajuste Numérico del Producto Interno Bruto	45
4.1.	Introducción	45
4.2.	Datos del Producto Interno Bruto de Brasil, México y China	48
4.2.1.	Ajuste Numérico de los datos del PIB de Brasil, México y China	49
4.3.	Conclusiones	57
5.	Salud Sexual y Reproductiva y Fecundidad de las Adolescentes según su Condición de Indigenismo en México	59
5.1.	Introducción	60
5.2.	Objetivos	61
5.3.	Metodología del Trabajo y Fuente de Datos	61
5.3.1.	Significancia Estadística: la ji-Cuadrada (χ^2)	61
5.3.2.	Fuente de Datos	62
5.4.	Resultados	63
5.5.	Conclusiones	68
6.	Análisis de Puntos de Cambio en Espacio Tiempo	73
6.1.	Introducción	73
6.2.	Formulación del Punto de Cambio	74
6.3.	Puntos de Cambio en Estadística Paramétrica, Proceso Basado en la Razón de Verosimilitud	75
6.4.	Distribución Nula Asintótica de la Estadística de Prueba usando Puentes Brownianos	78
6.5.	Puntos de Cambio en Regresión Lineal	82
6.6.	Problemas de Puntos de Cambio en Espacio Tiempo	83
6.6.1.	Estimación	86
6.6.2.	Aplicación	89
6.7.	Conclusiones	90
7.	Educación sexual y conocimiento del preservativo de los alumnos de Nuevo León	93
7.1.	Introducción	94
7.1.1.	Educación sexual	94
7.2.	Metodología	95
7.2.1.	Construcción del Indicador del Buen Conocimiento del Condón	95

7.3.	Resultados	96
7.3.1.	Algunas Características de Educación Sexual que Recibieron los Alumnos	96
7.3.2.	Educación Sexual y Buen Conocimiento del Condón. Análisis Bi-variado	97
7.3.3.	Educación Sexual y Buen Conocimiento del Condón. Modelos de Regresión Logística	98
7.4.	Conclusiones	100
8.	Componentes Principales. Análisis de datos sobre calidad de la vivienda en el estado de Morelos	103
8.1.	Introducción	103
8.2.	Especificaciones	105
8.2.1.	Objetivos	105
8.2.2.	Fuente de Información	105
8.3.	Metodología	105
8.3.1.	Unidad de Análisis	105
8.3.2.	Variables	105
8.4.	Análisis de Componentes Principales	106
8.4.1.	Descripción de la Metodología de Componentes Principales	106
8.4.2.	Historia	107
8.4.3.	Desarrollo Analítico	107
8.4.4.	Características de las Componentes Principales	109
8.4.5.	Pruebas de Significancia	109
8.5.	Resultados	110
8.6.	Conclusiones	113
9.	Efectos Aleatorios en el Modelo Lineal Mixto	115
9.1.	Introducción	115
9.2.	Modelo de un Criterio de Clasificación	116
9.2.1.	Modelo con Efectos Fijos	117
9.2.2.	Modelo con Efectos Aleatorios	118
9.3.	Modelo Lineal Mixto	118
9.3.1.	Modelos Lineales Jerárquicos	118
9.3.2.	Modelo Lineal Mixto	123
9.4.	Caracterización de Efectos Aleatorios del Modelo de un Criterio de Clasificación	123
9.4.1.	Efectos Fijos	124
9.4.2.	Efectos Aleatorios	124
9.5.	Conclusiones	125
10.	Teoría de Respuesta al Ítem en el Análisis de un Cuestionario de Bienestar Familiar	127
10.1.	Introducción	128
10.2.	Teoría de Respuesta al Ítem (TRI)	128
10.2.1.	Supuestos de la TRI	130
10.2.2.	Modelos de la TRI	131
10.2.3.	Estimación de los Parámetros de los Modelos de la TRI	132

10.2.4. Bondad del Ajuste de los Modelos de la TRI	132
10.2.5. Criterios para la Aplicación de la TRI	132
10.2.6. Posibles Softwares: el Paquete ltm	134
10.3. Aplicación de la TRI al Cuestionario de Bienestar Familiar	134
10.3.1. Presentación del Cuestionario y su Elaboración	134
10.3.2. Aplicación de la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI) a las Subescalas del Cuestionario Bienestar Familiar y Selección de los Mejores Ítems.	135
10.4. Conclusiones	141
10.5. Anexo: Cuestionario de Bienestar Familiar	144
11. Satisfacción Estudiantil: Análisis a través de Modelos de Ecuaciones Estructurales	145
11.1. Introducción	146
11.2. Metodología	147
11.2.1. Modelos de Ecuaciones Estructurales	147
11.3. Resultados	150
11.3.1. Diseño Muestral	151
11.3.2. Cuestionario Utilizado	151
11.3.3. Modelo Estructural	152
11.3.4. Modelo de Medida	154
11.4. Conclusiones	157
11.5. Anexo - Formulario	158
12. Inferencia Bayesiana Aplicada a las Elecciones Presidenciales del 2018	163
12.1. Introducción	164
12.2. Inferencia Bayesiana	165
12.3. Distribución beta a Priori	166
12.3.1. Ejemplo 1	167
12.4. Distribución Dirichlet a Priori	168
12.4.1. Ejemplo 2	169
12.5. Distribución Predictiva	170
12.6. Conclusiones	172
13. Evaluación del Riesgo Crediticio, a través de Credit Scoring mediante Regresión Logística: Un Caso de Estudio	175
13.1. Introducción	176
13.1.1. Modelo de Regresión Logística	176
13.2. Estimación	177
13.3. Selección de Variables	178
13.4. Evaluación del Modelo	178
13.4.1. Medidas de Confiabilidad del Modelo	178
13.4.2. Estadísticos Influenciales	179

13.4.3. Valoración de la Capacidad Predictiva del Modelo	179
13.5. Credit Score	181
13.5.1. Ventajas del Scoring	181
13.5.2. Desventajas del Scoring	182
13.6. Caso práctico: Análisis de Datos	183
13.7. Descripción de la Base	183
13.8. Estimación del Modelo en SPSS	185
13.8.1. Ajuste del Modelo	185
13.8.2. Poder Predictivo	185
13.8.3. Clasificación	186
13.8.4. Poder Discriminatorio	186
13.8.5. Interpretación	187
13.8.6. Validación	188
13.9. Conclusiones	189
14. Sostenibilidad Empresarial: Análisis desde una Perspectiva Multivariante a través de la Metodología HJ-Biplot	191
14.1. Introducción	192
14.2. Metodología	193
14.3. Resultados	196
14.3.1. Análisis Descriptivo	196
14.3.2. HJ-Biplot	201
14.4. Conclusiones	205
15. Una aplicación del modelo Weibull en el análisis de supervivencia	207
15.1. Introducción	208
15.2. Teoría	208
15.3. Modelo Weibull	211
15.3.1. Parte Experimental	212
15.4. Resultados	215
15.5. Conclusiones	216

CAPÍTULO 11

Satisfacción Estudiantil: Análisis a través de Modelos de Ecuaciones Estructurales

Ramón Alvarez-Vaz, Elena Vernazza-Mañan
Instituto de Estadística,
Facultad de Ciencias Económicas y de Administración,
Universidad de la República,
Eduardo Acevedo 1139, CP.11200, Montevideo, Uruguay.
ramon@iesta.edu.uy, evernazza@iesta.edu.uy

Resumen. En este trabajo se estudian las principales características de la construcción de la satisfacción estudiantil, en los cursos de grado de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República, Uruguay, realizando un análisis a partir de la utilización de Modelos de Ecuaciones Estructurales.

El modelo utilizado para caracterizar la satisfacción estudiantil considera relaciones de causa-efecto entre algunas variables que son consideradas como “antecedentes” y otras como “consecuencias” de la satisfacción. El primer subconjunto de variables considera las expectativas de los estudiantes al ingresar al centro de estudios, la imagen que tienen de éste, la calidad de la enseñanza recibida y de los servicios brindados y el valor percibido, mientras que como “consecuencias” de la satisfacción se encuentran la lealtad hacia la institución y el impacto en el boca a boca.

Los datos utilizados para la aplicación presentada en este trabajo provienen de una encuesta (cuestionario) aplicada sobre una muestra de estudiantes de grado de la Facultad, en el año 2009. Dicho cuestionario, presenta una estructura de 9 bloques de preguntas; el primero contiene las variables que permitirán realizar una caracterización sociodemográfica de los estudiantes. Por otra parte, se presentan las variables del modelo ECSI (European Customer Satisfaction Index) que serán las utilizadas como insumos para la caracterización de la satisfacción estudiantil.

Los resultados presentados surgen de un modelo con 22 variables observables y 7 constructos no observables, estimado por mínimos cuadrados parciales.

Abstract. The purpose of this paper is to examine the principal characteristics of the students satisfaction construct, in higher education at Facultad de Ciencias Económicas y de Administración (FCEA), UdelaR (Uruguay), by Structural Equation Modelling.

The indicator proposed to measure students satisfaction considers cause-effect relationship between a set of variables considered as “background” and another set of variables considered as a “consequences” of satisfaction. In the first set we find students’ expectations, their image of the FCEA, the quality of teaching and services, and their perceived value, while within satisfaction “consequences” we find students’ loyalty to the institution and the impact on the word-of-mouth.

The data used in this application come from a survey conducted on a random sample of students of the FCEA in 2009. The questionnaire applied, has 9 sets of questions; the first contains the variables that allow us to make a profile of the students according to their sociodemographic environment. On the other hand, the ECSI model variables (European Customer Satisfaction Index) which will be used as inputs for the student’s satisfaction characterization.

The results, presented for a model with 22 observable variables and 7 unobservable constructs were obtained by Partial Least Squares estimation.

Palabras clave: Satisfacción Estudiantil, Modelos de Ecuaciones Estructurales, Mínimos Cuadrados Parciales.

11.1. Introducción

Conocer el nivel de satisfacción de los clientes, con un determinado servicio que se está brindando, resulta fundamental al tomar decisiones orientadas a mantener o mejorar, en caso de que sea necesario, aquellos aspectos que se entiende determinan la construcción de la satisfacción. Resulta necesario, por lo tanto, contar con un mecanismo que mida de forma objetiva, y sin ambigüedades, este concepto.

Vinculando esta idea con la educación universitaria, en este trabajo se considera a los estudiantes universitarios de los cursos superiores de la Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República, Uruguay (FCEA) como “clientes” y se entiende que el “servicio” que se les brinda es el de la educación a nivel terciario.

En este sentido, lograr caracterizar y medir la satisfacción de los estudiantes con respecto a la FCEA, permitirá identificar aspectos tanto positivos como negativos, siendo estos últimos fundamentales a la hora de determinar estrategias de mejora de la educación en dicho centro de estudios.

La información necesaria para poder evaluar y entender por un lado, qué conceptos se asocian a la satisfacción y por otro, cómo se establecen la interrelaciones entre estos conceptos, se obtiene a través de la aplicación de un cuestionario que presenta la estructura del modelo ECSI (European Customer Satisfaction Index); sobre este instrumento y a partir de la utilización de los Modelos de Ecuaciones Estructurales se logra caracterizar la construcción de la satisfacción.

El presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en primera instancia se presenta y describe brevemente la metodología utilizada, a continuación se exponen los principales resultados obtenidos y, por último, las principales conclusiones.

11.2. Metodología

11.2.1. Modelos de Ecuaciones Estructurales

Este tipo de modelos pueden ser vistos, fundamentalmente, de dos maneras. Por un lado, pueden ser enmarcados en el ámbito de los modelos de regresión, con ciertas particularidades que los diferencian de los modelos de regresión clásicos y, por otro, pueden ser vistos como una técnica de análisis factorial que permite establecer relaciones entre los factores.

De modo simplificado, podría entenderse que en los modelos de ecuaciones estructurales se presentan relaciones causales entre, por un lado, un conjunto de variables observables y por otro, variables tanto observables como no observables. Esto da lugar a dos submodelos: modelo estructural y modelo de medida, respectivamente

Especificación

Modelo Estructural

El modelo estructural es el submodelo, dentro de los Modelos de Ecuaciones Estructurales (MES), que captura las relaciones existentes entre las variables no observables, también denominadas variables latentes, constructos o factores.¹

En formato matricial [5], podemos representar estos modelos de la siguiente manera:

$$\beta\eta = \Gamma\xi + \zeta \quad \Rightarrow \quad \eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (11.1)$$

donde, considerando un modelo con m variables latentes endógenas y k variables latentes exógenas, se tiene:

- β (beta) matriz, de dimensión (m, m) , de pesos β que determinan la relación entre dos variables latentes endógenas.
- η (eta) vector, de dimensión $(m, 1)$, de variables latentes endógenas.
- Γ (gamma) matriz, de dimensión (m, k) , de pesos γ que determinan la relación entre una variable endógena y una exógena, ambas latentes.
- ξ (xi) vector, de dimensión $(k, 1)$, de variables latentes exógenas.
- ζ (zeta) vector, de dimensión $(m, 1)$, de términos de error/perturbación.

También forman parte de este modelo, las matrices Φ (phi) y Ψ (psi), que representan la matriz de correlaciones entre las variables latentes exógenas (ξ) y la matriz de correlaciones entre los errores de las variables latentes endógenas (ζ), respectivamente.

Modelo de Medida

En el modelo de medida se establecen las relaciones que existen entre los factores y las variables observables. Se presentan, por separado, las relaciones entre las variables exógenas y las endógenas, lo que determina dos submodelos. La expresión matricial para el modelo de medida, para las variables exógenas, queda determinado por:

$$X = \Lambda_x\xi + \delta \quad (11.2)$$

¹De aquí en adelante, utilizaremos cualquiera de estos términos indistintamente

donde, considerando un modelo con k variables latentes y q variables observables, se tiene:

- X vector, de dimensión $(q, 1)$, de variables observables.
- Λ_x (lambda) matriz, de dimensión (q, k) , de pesos λ que determinan la relación entre cada x y cada ξ .
- ξ (xi) vector, de dimensión $(k, 1)$, de variables latentes exógenas.
- δ (delta) vector, de dimensión $(q, 1)$, de términos de error/perturbación.

La matriz Θ_δ también forma parte de este submodelo. Ésta es la matriz de covarianzas entre los errores de las variables exógenas observadas (δ). Los errores δ se suponen incorrelacionados, por lo que la matriz Θ_δ resulta una matriz diagonal.

Para las variables endógenas, la expresión matricial resulta análoga.

Identificación y Estimación

Una vez especificado el modelo, y previo a realizar las estimaciones de los parámetros, es necesario determinar si dichas estimaciones serán únicas, es decir, si el modelo está identificado.

Para esto, en este trabajo, se utilizará la denominada “regla de conteo”, que establece que para que el modelo esté identificado es necesario que la cantidad de parámetros a estimar sea menor que la cantidad de elementos no redundantes de la matriz de varianzas y covarianzas de las variables involucradas en el modelo (grados de libertad del modelo positivos) [3].

Una vez confirmado que el modelo está identificado, se procede a la estimación del modelo que implica obtener una estimación puntual para cada uno de los parámetros involucrados en los submodelos de medida y estructural. Existen varios métodos de estimación, entre los que se destacan: Máxima verosimilitud (MV), Mínimos cuadrados generalizados (MCG) y Mínimos cuadrados parciales (MCP).

En este trabajo se presentan los resultado de estimar con el método de MCP.

Mínimos cuadrados parciales

El método a presentar es el de mínimos cuadrados parciales (PLS - MCP). La principal ventaja de este método es que, al igual que los MCG, éste no presenta restricciones distribucionales.

Retomando la notación típica de los modelos de ecuaciones estructurales, y tratando de vincularla con la terminología propia de los PLS, se establecen las siguientes ecuaciones, con sus correspondientes parámetros a estimar:

- Modelo estructural (*Inner Model*): Los parámetros a estimar son los β 's y γ 's, también denominados *path coefficients*, de la ecuación $\beta\eta = \Gamma\xi + \zeta$.
- Modelo de medida (*Outer Model*): Los parámetros a estimar son los denominados *loadings* λ de las ecuaciones:
 - $X = \Lambda_x\xi + \delta$
 - $Y = \Lambda_y\eta + \epsilon$.

Otro elemento importante que se incorpora al considerar este método de estimación, es el hecho de que las variables latentes, justamente por su condición de no observables, deben ser presentadas/especificadas de forma tal que resulte posible introducirlas como variables

a explicar o explicadas tanto en el modelo de medida como en el modelo estructural. Es para esto que se introduce la idea de *score* y *outer weights* que determinan que las variables latentes son estimadas a través de una combinación lineal de las variables observadas con las que se vincula, tal como se presenta en las siguientes ecuaciones:

$$\hat{\eta}_j = \sum_k w_{jk} Y_{jk} \quad (11.3)$$

$$\hat{\xi}_l = \sum_m w_{lm} X_{lm} \quad (11.4)$$

donde las denominaciones *score* y *outer weights* hacen referencia a $\hat{\eta}_j$ y $\hat{\xi}_l$, y w respectivamente.

Siguiendo lo propuesto por Sanchez [6], una vez definidos todos estos elementos, se puede decir que el procedimiento de estimar un modelo por mínimos cuadrados parciales consiste fundamentalmente en:

- Obtener los pesos que permitan determinar $\hat{\eta}_j$ y $\hat{\xi}_l$.
- Estimar todos los elementos de β y Γ .
- Obtener los λ del los dos submodelos que determinan el modelo de medida.

El primer paso consiste en determinar los w , lo cual se logra implementando el siguiente proceso iterativo:

1. Se determinan valores arbitrarios para w , por lo general se inicia con $w = 1$.
2. Se realiza una aproximación “externa” para las variables latentes.
3. Se obtienen nuevos pesos.
4. Se realiza una aproximación “interna” para las variables latentes.
5. Se calculan nuevos valores para w .

Se repiten los pasos 2 a 5, hasta lograr convergencia.

A continuación se presenta en detalle cada uno de estos pasos. De manera de simplificar la notación, de acá en adelante, en esta subsección no se diferenciarán las variables endógenas y exógenas. Las variables latentes se denotarán como VL y las observadas como VO , sin importar su naturaleza.

El primer paso establece que, partiendo de $\tilde{w} = 1$, se obtendrá una estimación de las variables latentes a partir de combinar linealmente las variables observadas con las que se relaciona, lo cual puede ser representado en formato matricial como:

$$\widehat{VL}_k = VO_k \tilde{w}_k$$

En el paso siguiente se consideran las relaciones entre las variables latentes (por ejemplo VL_i y VL_j) y en función de éstas se generan nuevos pesos, por ejemplo, e_{ij} . Esta nueva estimación quedará determinada de la siguiente manera:

$$\widehat{VL}_j^* = \sum_i e_{ij} \widehat{VL}_i \quad (11.5)$$

donde VL_i son todas las variables latentes con las que se relaciona la variable latente VL_j .

Tal como establece Sanchez [6] existen tres posibles esquemas para determinar los pesos e_{ij} :

- **Centroide:** Considera únicamente el sentido de la correlación entre las variables latentes, es decir: $e_{ij} = \text{signo}(\text{cor}(\widehat{VL}_i, \widehat{VL}_j))$ si VL_i y VL_j se comunican, y 0 en otro caso.
- **Factorial:** Considera, además del signo, la magnitud de la correlación. En función de esto, los pesos e_{ij} se definen como: $e_{ij} = \text{cor}(\widehat{VL}_i, \widehat{VL}_j)$ si VL_i y VL_j se comunican, y 0 en otro caso.
- **De senderos:** Considerar la relación que existe entre las variables latentes, diferenciando a las variables en dependientes e independientes, según corresponda. Si la variable VL_i causa a la variable VL_j , entonces los pesos e_{ij} se corresponderán con los coeficientes de regresión que se obtienen al regresar VL_j sobre las VL_i que la causan. Si la relación de causalidad es la opuesta, es decir, VL_j causa a VL_i , este esquema coincide con el esquema **factorial**.

Una vez que se obtienen los pesos e_{ij} , se procede a obtener la estimación “interna” de las variables latentes, que consiste en sustituir los pesos obtenidos, en el paso anterior, en la ecuación (5).

Por último se calculan los pesos w , considerando que la variable latente VL_j satura en las variables observadas $X_{j1}, X_{j2} \dots X_{jk}$, siguiendo el siguiente criterio:

$$\tilde{w}_{jk} = ((\widehat{VL}_j^*)'(\widehat{VL}_j^*))^{-1}(\widehat{VL}_j^*)'X_{jk}$$

Estos pasos se repiten hasta lograr convergencia la cual, por lo general, se determina en función de la diferencia que existe en el valor de w en el paso S en relación al paso $S - 1$. Sanchez propone establecer como criterio de convergencia $|w_{jk}^{S-1} - w_{jk}^S| < 10^{-5}$.

Al finalizar este proceso iterativo, se pasa a las siguientes etapas que consisten en estimar los β 's, γ 's y λ 's que forman parte tanto del modelo estructural, como del de medida.

Las estimaciones de β se obtienen por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), tal como se establece a continuación:

$$\hat{\beta}_{ji} = ((\widehat{VL}_i)'(\widehat{VL}_i))^{-1}(\widehat{VL}_i)'(\widehat{VL}_j)$$

Los $\hat{\gamma}$ se estiman de manera análoga.

Por último, los λ 's se estiman como la correlación entre la variable latente y las indicadoras con las que se relaciona, es decir:

$$\hat{\lambda}_{jk} = \text{cor}(X_{jk}, \widehat{VL}_j)$$

11.3. Resultados

Previa presentación de los principales resultados obtenidos, se exponen en forma resumida, los datos utilizados para la aplicación (diseño muestral empleado y cuestionario utilizado).

11.3.1. Diseño Muestral

La aplicación que se presentará en este trabajo fue realizada sobre los datos obtenidos mediante la aplicación de un cuestionario sobre una muestra probabilística a estudiantes de los cursos superiores de la FCEA, en el año 2009.

La muestra fue seleccionada en base a un marco muestral que se construyó a partir de las inscripciones a cursos de FCEA en 2009. El diseño muestral usado fue estratificado por conglomerados en 2 etapas y presentó las siguientes características: en una primera instancia se formaron 6 estratos (en base a una clasificación desarrollada en conjunto por investigadores de la cátedra de Metodología de Investigación y del Instituto de Estadística, FCEA - UdelaR (IESTA)) que corresponden aproximadamente a cada uno de los 5 años en los que podía estar cada estudiante en el 2009. Adicionalmente, se propone un 6to estrato correspondiente a un grupo reducido de materias que corresponden únicamente a la Licenciatura en Administración. Una vez conformados los estratos, se determina que la muestra total se repartirá en forma proporcional a la matrícula de cada estrato. Al tener definidas las unidades de muestreo, se selecciona la muestra, en función de las siguientes etapas:

1. Sorteo de grupos prácticos de cada materia en cada estrato con probabilidad proporcional a la matrícula de cada grupo(conglomerado).
2. Selección (muestreo aleatorio simple) de la misma cantidad de estudiantes en cada grupo seleccionado en la primera etapa. La cantidad de estudiantes de cada grupo es la misma en los 6 estratos.

La muestra finalmente queda conformada por estudiantes que provienen de 60 grupos prácticos (repartidos en forma proporcional en los 6 estratos). Se sortean 12 estudiantes por grupo, lo que determina un tamaño de muestra de 720 estudiantes.

A continuación (ver el cuadro 1) se muestra como quedan repartidos los 60 grupos prácticos en los 6 estratos.

Estrato	1	2	3	4	5	6	Total
# grupos prácticos	21	15	9	9	4	2	60

Cuadro 11.1: Cantidad de grupos prácticos por estrato.

Con la muestra seleccionada, se realiza el relevamiento de los datos el cual culminó con 647 encuestas realizadas, que determina una tasa de cobertura de la muestra de 90% (647 en 720).

11.3.2. Cuestionario Utilizado

El cuestionario, aplicado sobre la muestra seleccionada, a partir del cual se obtuvieron los datos que resultan el insumo fundamental para el trabajo aquí presentado, resulta de una adaptación del cuestionario utilizado por los investigadores Alves y Raposo de la Universidad de Beira Interior (Portugal). Éste presenta la siguiente estructura: un primer bloque, claramente diferenciado de los demás, que contiene algunas variables de carácter sociodemográfico, como sexo, edad y algunas otras variables que caracterizan al estudiante dentro del ámbito de la facultad, como año de ingreso, año y cantidad de materias en curso, entre otras. Los restantes 8 bloques de preguntas (presentados como bloque A hasta bloque

H) presentan todos la misma estructura, se plantea una pregunta general que determina la esencia del bloque y a partir de ella, se establecen una serie de afirmaciones sobre las cuales el estudiante deberá expresar su posición, utilizando una escala Likert que toma valores en el intervalo [1 - 10], donde 1 indicará la mayor discrepancia con lo planteado en la pregunta y 10 el mayor acuerdo.

Los bloques A a H presentan las siguientes características:

- Bloque A - Contiene 12 afirmaciones referentes a las *expectativas* de los estudiantes, previo ingreso a facultad.
- Bloque B - Consta de 6 afirmaciones vinculadas a la *imagen* que tienen los estudiantes sobre la facultad.
- Bloque C - Conformado por 9 afirmaciones asociadas a la *calidad* del servicio que brinda la facultad.
- Bloque D - Contiene 9 afirmaciones asociadas a la *calidad* de los servicios que brinda la facultad con respecto a la biblioteca, bedelía y cafetería, entre otros.
- Bloque E - Conformado por las mismas 9 afirmaciones que el bloque C, pero asociadas a necesidades/deseos actuales
- Bloque F - Presenta 7 afirmaciones que indagan sobre el *valor percibido*.
- Bloque G - Contiene 6 afirmaciones que refieren a la *satisfacción* de los estudiantes con la facultad.
- Bloque H - Conformado por 5 preguntas que pueden dividirse en 2 subgrupos, las 3 primeras referentes a la *lealtad* de los estudiantes con la facultad, y las 2 últimas asociadas al *boca a boca* que se genera entre los estudiantes.

En este trabajo los bloques D y E no serán considerados y se presentarán resultados para un modelo con 22 de las 45 variables restantes.

Todas las preguntas del formulario se presentan en el Anexo.

Por último, para la estimación de los modelos en este trabajo solamente se presentan en detalle los resultados al estimar por MCP.

Los aspectos computacionales de la aplicación presentada en este trabajo fueron realizados con el software libre R - project [4]. Se utilizaron, en particular, las librerías [6] y [1], [2].

A continuación se presentan los resultados obtenidos para un modelo cuyo componente estructural propone 15 relaciones entre 7 constructos no observables, mientras que el submodelo de medida relaciona estos 7 constructos con 22 variables observadas.

11.3.3. Modelo Estructural

El modelo estructural a ser estimado propone las siguiente relaciones causales:

- La imagen repercute directamente sobre los restantes 6 constructos (expectativas, calidad, valor percibido, satisfacción, lealtad y boca a boca).
- Las expectativas determinan la percepción sobre la calidad, el valor percibido y la satisfacción.
- En función de la calidad del servicio recibido, se determinan tanto el valor percibido como la satisfacción.

- A partir del valor percibido se construye la satisfacción y el boca a boca.
- La satisfacción influye únicamente sobre la lealtad y ésta a su vez, determina el boca a boca.

Este modelo es estimado por mínimos cuadrados parciales. En el cuadro 2 se exponen las estimaciones puntuales (Original) para cada uno de los β 's y γ 's presentes en el modelo. Para ser validadas, estas estimaciones serán comparadas contra las obtenidas para 100 muestras *bootstrap*, reportando la media muestral, el error estándar, y los cuantiles empíricos para cada parámetro.

Relación	Original	\bar{x} .Boot	E.E.	$q(0.025)$	$q(0.975)$
I → E	0.61	0.62	0.04	0.55	0.68
I → C	0.53	0.53	0.03	0.46	0.59
I → V	0.42	0.41	0.05	0.32	0.52
I → S	0.23	0.22	0.04	0.15	0.31
I → L	0.16	0.15	0.05	0.06	0.25
I → BB	0.23	0.23	0.04	0.13	0.32
E → C	0.40	0.40	0.04	0.34	0.47
E → V	0.08	0.08	0.05	-0.02	0.18
E → S	-0.00	-0.01	0.04	-0.09	0.07
C → V	0.31	0.32	0.06	0.22	0.43
C → S	0.30	0.30	0.06	0.19	0.41
V → S	0.39	0.39	0.04	0.32	0.47
V → BB	0.30	0.30	0.05	0.21	0.39
S → L	0.62	0.63	0.04	0.54	0.70
L → BB	0.38	0.38	0.04	0.28	0.47

Cuadro 11.2: Modelo estructural - Estimaciones.

A partir de los resultados presentados en el cuadro 2 se concluye que de las 15 relaciones propuestas en el modelo estructural, hay 2 que no se confirman. Éstas refieren a la influencia que tienen las *expectativas* sobre la construcción de los conceptos de *valor percibido* ($E \rightarrow V$) y de *satisfacción* ($E \rightarrow S$).

Otra medida que resulta de interés al momento de evaluar el modelo estructural es la proporción de varianza de cada variable latente que logra ser explicada por las variables, también latentes, que la causan directamente. Esta proporción queda determinada a partir del coeficiente de determinación R^2 .

Variable	R^2
E	0.38
C	0.69
S	0.67
VP	0.56
L	0.55
BB	0.63

Cuadro 11.3: R^2 para el modelo estructural.

A partir del cuadro 3 puede concluirse que *calidad* (C) es el constructo que mejor queda explicado por las variables que lo preceden, las que logran explicar un 69% de la variabilidad total del constructo. En segundo lugar se encuentra aquella variable que refleja el grado de *satisfacción* (S) de los estudiantes, el 67% de la varianza total de este constructo queda explicado por las variables *expectativas*, *calidad*, *valor percibido e imagen* (E, C, VP, I). En el otro extremo, se encuentran las *expectativas* (E), las cuales se entiende quedan determinadas por la *imagen* (I) que tienen los estudiantes sobre la facultad, sin embargo ésta parece no resultar suficiente, ya que sólo logra captar un 38% de la variabilidad total.

Además del análisis de los efectos *directos* que tiene una variable latente sobre otra u otras, se pueden analizar las relaciones *indirectas* que se generan dentro del modelo estructural (ver figura 1).

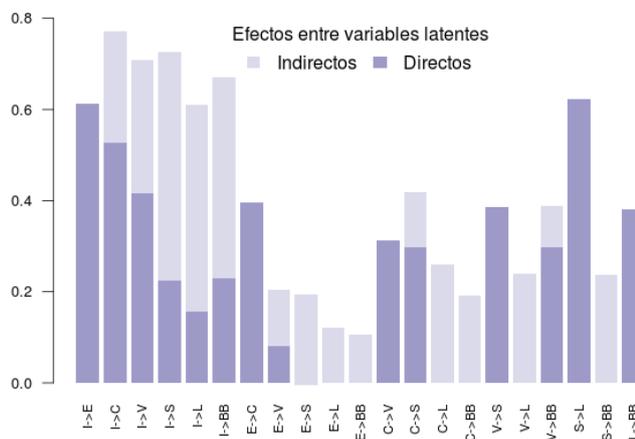


Figura 1. Modelo estructural - Efectos directos e indirectos.

11.3.4. Modelo de Medida

En lo que refiere, al modelo de medida estimado por mínimos cuadrados parciales, éste puede verse gráfica y numéricamente en la figura 2 y cuadro 4, respectivamente.

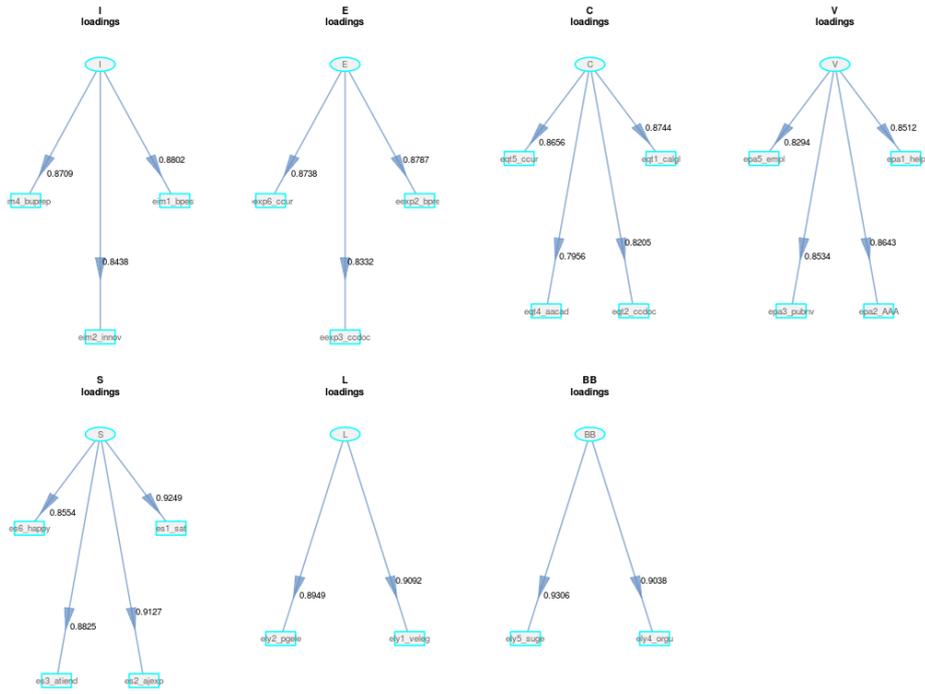


Figura 2. Modelo de medida - Estimado.

V.Obs	V.Lat.	λ	Comunalidad
eexp2_bprep	E	0.88	0.77
eexp3_ccdoc	E	0.83	0.69
eexp6_ccur	E	0.87	0.76
eim1_bpest	I	0.88	0.77
eim2_innov	I	0.84	0.71
eim4_buprep	I	0.87	0.76
ely1_veleg	L	0.91	0.83
ely2_pgele	L	0.89	0.80
ely4_orgu	BB	0.90	0.82
ely5_suge	BB	0.93	0.87
epa1_help	V	0.85	0.72
epa2_AAA	V	0.86	0.75
epa3_pubnv	V	0.85	0.73
epa5_empl	V	0.83	0.69
eqt1_calgl	C	0.87	0.76
eqt2_ccdoc	C	0.82	0.67
eqt4_aacad	C	0.80	0.63
eqt5_ccur	C	0.87	0.75
es1_sat	S	0.92	0.86
es2_ajexp	S	0.91	0.83
es3_atiend	S	0.88	0.78
es6_happy	S	0.86	0.73

Cuadro 11.4: Modelo de medida - Estimado.

Al observar las estimaciones obtenidas para cada uno de los λ 's presentes en el submodelo de medida, lo primero que cabe destacar es que, tal como puede verse en el cuadro 4, los parámetros estimados resultan todos mayores a 0.7 (valor mínimo aceptado para validar estas estimaciones).

Por otra parte, se debe recordar que este modelo se encuentra en el ámbito del análisis factorial donde el concepto de comunalidad resulta fundamental. Este concepto refiere a la proporción de varianza original de cada variable observada, que queda explicada por el factor que satura sobre ella.

En el cuadro 4 se observa que para el bloque que contiene las variables referentes a las *expectativas* (E) que tienen los estudiantes sobre la facultad, se tiene que el factor común logra explicar más del 69% de la varianza original de cada una de las 3 variables.

En cuanto a las variables que determinan la *imagen* (I) que tienen los estudiantes de la FCEA sobre ésta, puede verse que las comunalidades toman valores entre 0.71 y 0.77. La variable que mejor queda explicada por el constructo *imagen* es aquella que refiere a la visión general que tienen los estudiantes sobre la Universidad, como lugar donde estudiar (*eim1_bpest*).

Al considerar las variables que conforman el bloque referente a la evaluación que hacen los estudiantes sobre la *calidad* (C) del servicio brindado por la facultad se muestra que la variable observada que mejor queda explicada por la variable latente *calidad* es la que refiere a la calidad global de enseñanza (*eqt1_calgl*), ya que el 76% de su varianza original

es captada por el constructo. En el otro extremo, se encuentra la afirmación que hace referencia al ambiente académico (*eqt4_aacad*), donde el factor logra explicar el 63 % de la varianza original.

En lo que refiere al bloque de preguntas específicas sobre *satisfacción* (S), puede verse que este constructo logra captar una cantidad importante (entre un 73 % y un 86 %) de la varianza original de las variables observadas que lo conforman.

Considerando aquellas variables que son entendidas como causantes de la *satisfacción*, sólo resta presentar el bloque de preguntas que refiere al *valor percibido* (VP). Tal como puede verse en el cuadro 4, las cuatro variables observadas, aquí consideradas, que conforman el constructo *valor percibido* quedan bien explicadas por éste (comunalidad mayor a 0.68).

En cuanto a las variables consideradas como consecuencias de la *satisfacción*, en el cuadro 4, se presentan aquellas que conforman el constructo *lealtad* (L), donde se ve que la variable que mejor queda explicada por éste es “*Si tuviera que decidir nuevamente, volvería a elegir esta facultad*” (*ely1_veleg*).

Por último, puede verse que la varianza de aquellas variables que forman el constructo *boca a boca* (BB) resulta captada en gran proporción por este factor, sobre todo para la variable “*Recomendaría esta facultad a un amigo*” (*ely5_suge*).

11.4. Conclusiones

En cuanto al objetivo principal de este trabajo, éste apuntaba fundamentalmente al estudio de la construcción de la *satisfacción* estudiantil para los cursos de educación superior de la FCEA, a partir de la modelización de ésta a través de la aplicación de modelos de ecuaciones estructurales.

En lo que refiere al modelo estructural, el objetivo perseguido al plantearlo era ver si determinadas relaciones, tomadas en particular del Modelo ECSI, se confirmaban para el caso de la FCEA. De esto surgen conclusiones que apuntan, a la comparación directa con ese modelo, las cuales establecen que existen diferencias en cómo se elabora el constructo *satisfacción* ya que de las 15 relaciones propuestas, hay 2 que para el caso de la FCEA no se confirman.

Éstas refieren a la influencia que tienen las expectativas sobre la construcción de los conceptos de *valor percibido* y de *satisfacción* ($E \rightarrow V$, $E \rightarrow S$).

En cuanto a las relaciones que sí se confirman y que por lo tanto determinan la construcción de la *satisfacción* para el caso particular de la FCEA se concluye que:

- La imagen que tienen los estudiantes sobre la FCEA, repercute directamente sobre las expectativas, la percepción de la calidad del servicio educativo que reciben y el *valor percibido* sobre éste.
- La percepción de la calidad del servicio recibido queda determinado directamente por las expectativas.
- La *satisfacción* queda determinada directamente en función de la percepción de la calidad del servicio educativo y por el *valor percibido* sobre éste.
- El grado de *satisfacción* repercute directamente sobre la *lealtad* de los estudiantes con la FCEA.

Referencias

1. Fox, J., Structural Equation Modeling With the Package in R, STRUCTURAL EQUATION MODELING 13(3), 465-486, 2006.
2. Fox, J.; Nie, Z., Byrnes, J., sem: Structural Equation Models, R package versión 3.1-1, 2013.
3. Kline, R., Principles and Practice of Structural Equation Modeling, The Guilford Press, 2011.
4. R core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, 2013.
5. Ruiz, M., Modelos de ecuaciones estructurales. Tech. Report., Universidad Autónoma de Madrid, 2000.
6. Sanchez, G., PLS Path Modeling with R. Trowchez Editions. Berkeley. *http* : [//www.gastonsanchez.com/PLSPathModelingwithR.pdf](http://www.gastonsanchez.com/PLSPathModelingwithR.pdf), 2013.

11.5. Anexo - Formulario

Bloque	Pregunta
Bloque 1	Datos del estudiante
1	Área de estudio
2	Edad
3.1	Año de ingreso a facultad
3.2	Año en curso
4	Cantidad de materias en curso
5	Cantidad de materias en que se inscribió en 2009
6	Abandonó en algún momento la carrera?
7	Sexo
8	Trabaja actualmente?
Bloque A	Intente recordar el momento en que decidió ingresar a esta Facultad y en base a las informaciones que tenía a esa altura, clasifique sus expectativas acerca de esta Facultad, respecto a: Responda en la escala 1: Muy reducidas a 10: Muy elevadas
1	La calidad global de enseñanza (<i>eeexp1.calgl</i>).
2	La capacidad de esta Facultad para darle una buena preparación para la carrera (<i>eeexp2.bprep</i>).
3	La capacidad y el conocimiento de los docentes (<i>eeexp3.cdoc</i>).
4	El respeto e interés por los problemas de los estudiantes (<i>eeexp4.riest</i>).
5	El ambiente académico (<i>eeexp5.aacad</i>).
6	El contenido del curso (<i>eeexp6.ccur</i>).
7	El relacionamiento con los docentes (<i>eeexp7.reldc</i>).
8	La infraestructura de la Facultad (<i>eeexp8.inffac</i>).
9	La organización y funcionamiento de la Facultad (<i>eeexp9.offac</i>).
10	La probabilidad de que la Universidad se encuadre en sus necesidades personales (<i>eeexp10.necpers</i>).
11	La probabilidad de que las cosas pudieran ser diferentes de lo esperado (<i>eeexp11.dife</i>).
12	La comparación con otras Facultades (<i>eeexp12.otfac</i>).

Bloque	Pregunta
Bloque B	Clasifique la imagen que tiene de esta Facultad, expresando su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones Responda en la escala 1: Totalmente en desacuerdo a 10: Totalmente de acuerdo
1	En general pienso que esta es una buena Universidad para estudiar (<i>eim1.bpest</i>).
2	Es una Facultad innovadora y con visión al futuro (<i>eim2.innov</i>).
3	Es una Facultad con buena reputación académica (<i>eim3.burep</i>).
4	Es una Facultad que da una buena preparación a sus estudiantes (<i>eim4.buprep</i>).
5	Es una Facultad muy comprometida con la comunidad (<i>eim5.comp</i>).
6	Es una Facultad que los empleadores valoran (<i>eim6.empval</i>).
Bloque C	Clasifique la calidad del servicio prestado por esta Facultad respecto a: Responda en la escala 1: Muy mala a 10: Muy buena
1	La calidad global de enseñanza (<i>eqt1.calgl</i>).
2	El nivel de conocimiento de los docentes (<i>eqt2.cdoc</i>).
3	El respeto e interés por los problemas de los estudiantes (<i>eqt3.riest</i>).
4	El ambiente académico (<i>eqt4.aacad</i>).
5	El contenido del curso (<i>eqt5.ccur</i>).
6	El relacionamiento con los docentes (<i>eqt6.reldc</i>).
7	La infraestructura y capacidad locativa de la Facultad (<i>eqt7.inffac</i>).
8	La organización y funcionamiento (<i>eqt8.offac</i>).
9	La comparación con otras Facultades (<i>eqt9.otfac</i>).
Bloque D	Clasifique la calidad del servicio prestado por esta Facultad respecto a: Responda en la escala 1: Muy mala a 10: Muy buena
1	Biblioteca (<i>eqf1.bibl</i>).
2	Bedelia (<i>eqf2.bede</i>).
3	Cursos Prácticos (<i>eqf3.curpra</i>)
4	Oficina de apuntes y fotocopidora (<i>eqf4.ofap</i>).
5	Informes (<i>eqf5.infor</i>).
6	Cantina y Café (<i>eqf6.ccafe</i>).
7	PIL (Programa de Inserción Laboral) (<i>eqf7.pil</i>).
8	Sistema de Becas (<i>eqf8.beca</i>).
9	Mantenimiento e higiene de la infraestructura (<i>eqf9.higie</i>).

Bloque	Pregunta
Bloque 1	Datos del estudiante
1	Área de estudio
2	Edad
3.1	Año de ingreso a facultad
3.2	Año en curso
4	Cantidad de materias en curso
5	Cantidad de materias en que se inscribió en 2009
6	Abandonó en algún momento la carrera?
7	Sexo
8	Trabaja actualmente?
Bloque A	Intente recordar el momento en que decidió ingresar a esta Facultad y en base a las informaciones que tenía a esa altura, clasifique sus expectativas acerca de esta Facultad, respecto a: Responda en la escala 1: Muy reducidas a 10: Muy elevadas
1	La calidad global de enseñanza (<i>exp1_calgl</i>).
2	La capacidad de esta Facultad para darle una buena preparación para la carrera (<i>exp2_bprep</i>).
3	La capacidad y el conocimiento de los docentes (<i>exp3_ccdoc</i>).
4	El respeto e interés por los problemas de los estudiantes (<i>exp4_riest</i>).
5	El ambiente académico (<i>exp5_aacad</i>).
6	El contenido del curso (<i>exp6_ccur</i>).
7	El relacionamiento con los docentes (<i>exp7_reldc</i>).
8	La infraestructura de la Facultad (<i>exp8_inf fac</i>).
9	La organización y funcionamiento de la Facultad (<i>exp9_of fac</i>).
10	La probabilidad de que la Universidad se encuadre en sus necesidades personales (<i>exp10_necpers</i>).
11	La probabilidad de que las cosas pudieran ser diferentes de lo esperado (<i>exp11_dife</i>).
12	La comparación con otras Facultades (<i>exp12_ot fac</i>).

Bloque	Pregunta
Bloque B	Clasifique la imagen que tiene de esta Facultad, expresando su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones Responda en la escala 1: Totalmente en desacuerdo a 10: Totalmente de acuerdo
1	En general pienso que esta es una buena Universidad para estudiar (<i>im1_bpest</i>).
2	Es una Facultad innovadora y con visión al futuro (<i>im2_innov</i>).
3	Es una Facultad con buena reputación académica (<i>im3_burep</i>).
4	Es una Facultad que da una buena preparación a sus estudiantes (<i>im4_buprep</i>).
5	Es una Facultad muy comprometida con la comunidad (<i>im5_comp</i>).
6	Es una Facultad que los empleadores valoran (<i>im6_empval</i>).
Bloque C	Clasifique la calidad del servicio prestado por esta Facultad respecto a: Responda en la escala 1: Muy mala a 10: Muy buena
1	La calidad global de enseñanza (<i>eqt1_calgl</i>).
2	El nivel de conocimiento de los docentes (<i>eqt2_ccdoc</i>).
3	El respeto e interés por los problemas de los estudiantes (<i>eqt3_riest</i>).
4	El ambiente académico (<i>eqt4_aacad</i>).
5	El contenido del curso (<i>eqt5_ccur</i>).
6	El relacionamiento con los docentes (<i>eqt6_reldc</i>).
7	La infraestructura y capacidad locativa de la Facultad (<i>eqt7_inf fac</i>).
8	La organización y funcionamiento (<i>eqt8_of fac</i>).
9	La comparación con otras Facultades (<i>eqt9_ot fac</i>).
Bloque D	Clasifique la calidad del servicio prestado por esta Facultad respecto a: Responda en la escala 1: Muy mala a 10: Muy buena
1	Biblioteca (<i>eqf1_bibl</i>).
2	Bedelia (<i>eqf2_bede</i>).
3	Cursos Prácticos (<i>eqf3_curpra</i>)
4	Oficina de apuntes y fotocopidora (<i>eqf4_ofap</i>).
5	Informes (<i>eqf5_infor</i>).
6	Cantina y Café (<i>eqf6_ccafe</i>).
7	PIL (Programa de Inserción Laboral) (<i>eqf7_pil</i>).
8	Sistema de Becas (<i>eqf8_beca</i>).
9	Mantenimiento e higiene de la infraestructura (<i>eqf9_higie</i>).

información más completa sobre el proceso y por lo tanto, ayuda a resolver la pregunta inicial, como a plantear nuevas interrogantes.

15.5. Conclusiones

La fortaleza de la distribución Weibull es su versatilidad. Dependiendo de los valores de los parámetros, la distribución de Weibull puede aproximar una distribución exponencial, normal o sesgada.

La versatilidad prácticamente ilimitada de la distribución de Weibull es igualada por las innumerables capacidades de cálculo por distintas plataformas. Un analista de datos que entiende la teoría detrás de un análisis dado, a menudo puede obtener resultados que otros podrían asumir requieren análisis estadístico especializado. El análisis de Weibull pone al alcance de la mayoría, datos con un buen ajuste.

Un análisis profundo del modelo Weibull abre puertas a un trabajo más detallado y respaldado, a la solución a preguntas aún no planteadas, pero explotables gracias a la basta cantidad de información que se obtiene.

Referencias

1. Cox, D. R., Oaks, D., Analysis of Survival Data, Chapman and Hall, 1984.
2. Klein, P.J., Techniques for Censored and Truncated Data, Springer, 2003.
3. Mood, A. M., Introduction to theory of statistics, McGraw-Hill, 1974.
4. Lawless, F.J., Statistical Models and Methods for Lifetime Data, John & Wiley & Sons, Inc., 2011.

MODELACIÓN CON ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD

Editores

Hugo Adán Cruz Suárez
Bulmaro Juárez Hernández
Francisco Solano Tajonar Sanabria
Hortensia Josefina Reyes Cervantes
Fernando Velasco Luna
José Dionicio Zacarías Flores
Víctor Hugo Vázquez Guevara.

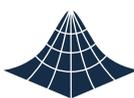
Fomento Editorial

2 Norte 1404, C.P. 72000

Puebla, Pue. México

Lugar de impresión: Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, con domicilio en Av. San Claudio y 18 sur, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria, Puebla, Pue., C.P. 72570, Tel. 2295500, ext. 7550, fax 2295636

Tiraje: 300 ejemplares



CAPE FCFM
CUERPO ACADÉMICO DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA