

Modelo multicriterio para la propensión a la permanencia en la educación superior

Sandra Patricia Barragán-Moreno

*Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.
Sandra.barragan@utadeo.edu.co*

Resumen—

La permanencia estudiantil en las Instituciones de Educación Superior es un reto que trasciende a las Universidades y a las políticas públicas de los Ministerios de Educación. El propósito de este documento es mostrar el proceso analítico jerárquico (AHP) como modelación multicriterio de la retención estudiantil, con la meta de priorizar los estudiantes en la propensión a permanecer en la educación superior, teniendo como criterios los determinantes de la deserción estudiantil formulados por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia. En un caso de estudio se ejecutaron los algoritmos tanto del proceso como de la estimación de consistencia para las matrices de comparación pareada y para criterios. Se jerarquizaron los estudiantes en la propensión a permanecer en la institución por cada determinante, así como los determinantes de acuerdo a la importancia subjetiva. Se hizo una clasificación general de los estudiantes en la propensión a permanecer respecto a los determinantes.

Palabras Clave— AHP, calidad de la educación, clasificación general, determinantes de la deserción, lineamientos para acreditación, proceso jerárquico analítico, retención estudiantil.

Recibido: 1 de marzo de 2016. Revisado: 29 de marzo de 2016.
Aceptado: 31 de marzo de 2016.

Multi-criteria model for propensity to stay on higher education

Abstract—

Student retention in higher education institutions is a challenge that transcends universities and public policies of Ministries of Education. The complexity of the phenomenon of student dropout as complementary to student retention requires several modeling techniques. The aim of this paper is to show the analytic hierarchical process (AHP) as multi-criteria model with the goal of prioritizing students according to the propensity to stay in higher education, considering as criteria the determinant factors related to dropout formulated by the Ministry of National Education of Colombia. A case study was used to illustrate the process and the consistency test for pairwise comparison matrices and criteria. Subsequently, students were ranked in propensity to stay in each factor according to vectors of priority, also determinant factors were ordered depending on their subjective importance and a general classification of students according to propensity to stay on all determinant factors was obtained.

Keywords— AHP, analysis hierarchy process, factor for accreditation, factors related to dropout, general classification, quality of education, student retention.

1. Introducción

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) en la política pública para la educación superior en su libro publicado

en 2009 con el título *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención* [1] ha incluido directrices para tratar la deserción estudiantil. Allí el MEN indica que un desertor es aquel individuo que siendo estudiante de una institución superior no presenta actividad académica durante dos semestres académicos consecutivos, lo cual equivale a un año de inactividad académica [1, p. 23]. Además, en el año 2013, el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) renovó los Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado en donde estipula las características de alta calidad. En esta política para evaluación de la calidad de la educación, el CNA detalla características y aspectos a evaluar relacionados con la deserción estudiantil en los que se propende por sistemas y estudios que hagan seguimiento a la retención y permanencia estudiantil [2, pp. 32, 44]. Por otro lado, en la comprensión de la deserción, el proyecto Gestión Universitaria Integral del Abandono (GUIA) ha explicitado:

«... que se reafirma el empleo del término abandono y la comprensión del mismo como un evento relacional, de interacción y dinámico, en el que se presenta un acto individual, institucional y social que modifica las interacciones entre los distintos agentes educativos, efecto de la valoración construida en lo formativo a partir de expectativas, ofertas, y demandas de tipo intrínseco y extrínseco. Un evento contextualizado y complejo que debe ser abordado interdisciplinariamente, a partir de estrategias múltiples y complementarias» [3, pp. 13-14]

Con estos referentes se observó que la estadística que describe la evolución de la retención estudiantil o del abandono es un peldaño en el análisis propiciando la modelación matemática desde diversos frentes y técnicas puesto que: 1) el fenómeno del abandono es multifactorial y complejo; 2) el alcance impacta a la persona, su familia, su entorno y en últimas a la sociedad y 3) las posibles variables explicativas son dinámicas. En ese orden, el objetivo del presente documento es aplicar el proceso jerárquico analítico (AHP) con el ánimo de aproximarse al abandono escolar priorizando los estudiantes de acuerdo a la propensión a permanecer en la Institución de Educación Superior (IES).

Como citar este artículo: Barragán-Moreno, S.P., Modelo multicriterio para la propensión a la permanencia en la educación superior, Rev. Educación en Ingeniería, 11 (22), 52-56, Julio, 2016.

Se eligió este método cuantitativo ya que en la teoría de la decisión multicriterio discreta, el AHP permite introducir factores subjetivos en la toma de una decisión lo que resulta adecuado en los estudios de retención estudiantil en las IES puesto que el proceso requiere que quien hace el análisis aporte juicios sobre la importancia relativa de cada objetivo y que especifique una preferencia sobre el objetivo para cada alternativa de decisión [4, p. 746]. Esta es una gran ventaja ya que pueden incluirse juicios subjetivos basados en las características particulares de la población de la IES considerando por ejemplo: el perfil del aspirante, los distintivos que le imprime el Proyecto Educativo Institucional a cada estudiante, las características particulares y el clima social del campus.

La modelación propuesta en este documento resulta novedosa desde el punto de vista de la priorización de los estudiantes a permanecer en la IES debido a que no se localizó ningún trabajo con esa orientación, lo que puede considerarse un aporte a la discusión sobre el abandono escolar. Se encontraron algunos trabajos relacionados con la implementación de AHP en educación, pero en otros aspectos:

1. En Asia estudiaron cómo determinar la mejor herramienta de evaluación para estudiantes de escuela vocacional con alto riesgo de desertar [5], [6], [7].
2. En Colombia hubo un reporte de caso en el que ponderaron los factores en procesos de autoevaluación para programas de pregrado con fines de acreditación de alta calidad [8].

1.2. Descripción del proceso AHP

El AHP fue presentado por Thomas Saaty en 1980 usando una escala de números que indica cuántas veces un elemento es más importante sobre otro respecto al criterio de comparación [8, p. 29]. La escala de Saaty aparece en la Tabla 1.

Tabla 1.
Descripción de la escala de Saaty.

Intensidad de preferencia	Definición	Explicación
1	Indiferencia	Las dos opciones son igualmente importantes para el experto
3	Importancia débil	La experiencia del experto determina que una alternativa es ligera o débilmente más importante que la otra
5	Importancia esencial o fuerte	El experto tiene una preferencia clara o marcada de una alternativa sobre otra
7	Importancia demostrada	El experto tiene una fuerte preferencia de una alternativa sobre la otra y esta dominancia está demostrada en la práctica
9	Importancia absoluta	La evidencia para favorecer una alternativa sobre otra es la máxima posible
2,4,6,8	Valores intermedios entre juicios sucesivos	Cuando es necesaria una mayor definición o precisión en la formulación de los juicios
Valores recíprocos de los anteriores		Si la comparación de la alternativa <i>i</i> con la alternativa <i>j</i> tiene uno de los valores anteriores, entonces la comparación de la alternativa <i>j</i> con la alternativa <i>i</i> tendrá el valor recíproco

Fuente: [9, p. 20].

La descripción general del algoritmo del proceso AHP se compendia de Munier [10, p. 78] y Anderson et al [4, pp. 749-752] así:

- Paso 1: Identificar los criterios a evaluar usando diferentes alternativas.
- Paso 2: Construir una matriz cuadrada usando los mismos criterios en filas y columnas. Se registran las prioridades en una matriz cuadrada *A* llamada matriz de comparación por pares o pareada. Las entradas a_{ii} son iguales a 1 pues compara un criterio con el mismo, las demás entradas satisfacen que $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$ en donde a_{ij} es una de las intensidades de preferencia de la escala de Saaty.
- Paso 3: Calcular los eigenvectores para la matriz de comparación pareada normalizada. Este proceso se repite tantas veces como criterios haya.
- Paso 4: Multiplicar el valor de cada alternativa por el peso de cada criterio.
- Paso 5: Sumar todos los valores para una alternativa.
- Paso 6: Calcular la consistencia de los juicios.

El paso 2 se escribió como una interpretación propia de lo descrito en [4, pp. 749-750]. En algunos textos, los eigenvalores del paso 3 son estimados con la media geométrica, en este documento se obtuvieron directamente dada la capacidad de cálculo del software empleado.

Para llevar a cabo el proceso AHP descrito tuvo en cuenta una metodología en la que se observaron las recomendaciones del MEN en términos de los determinantes de la deserción y sus variables explicativas. Además, con ayuda de un diagrama de flujo se detallaron los pasos del proceso en los que se vinculó una verificación de la consistencia de los juicios subjetivos emitidos para el caso de estudio.

2. Metodología

Para iniciar el AHP, se observaron las pautas dadas por el MEN abarcando las variables explicativas en los determinantes de la deserción [1, p. 27] (ver Fig. 1).

El AHP puede ejecutarse para un *n* cualquiera de estudiantes, no obstante, para evidenciar la validez del proceso y pasar de lo teórico a lo práctico con ayuda de software, se usó un caso de estudio basado en un conjunto de 5 estudiantes con variadas características inscritos en la asignatura de Álgebra Lineal de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Utadeo).

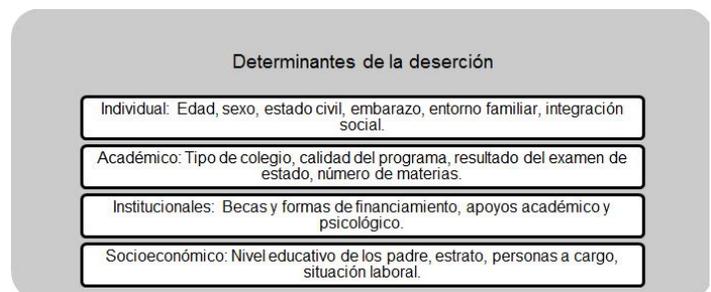


Figura 1. Determinantes de la deserción estudiantil.

Fuente: La autora con base en [1, p. 17].

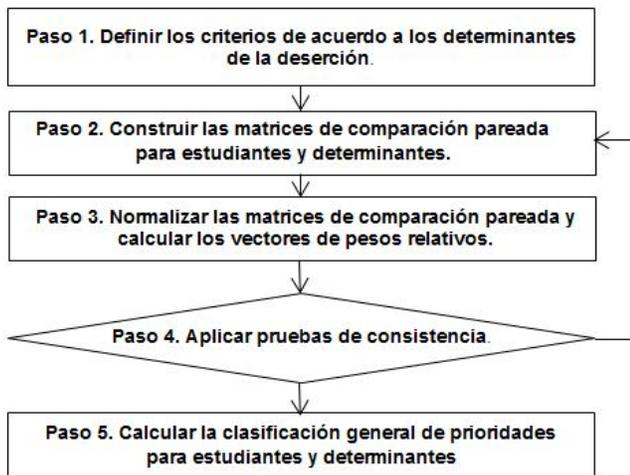


Figura 2. Diagrama para priorización de estudiantes.
Fuente: La autora con base en [8, p. 31] y [4, pp. 746-757]

Como ruta general a seguir para la clasificación general se implementó el diagrama de flujo planteado en la Fig. 2.

Para llevar a cabo el paso 4 del diagrama de flujo se estimó la relación de consistencia mediante el algoritmo presentado en Anderson et al [4, pp. 752-753]. Esta prueba de consistencia permite al investigador cerciorarse de la validez de sus juicios subjetivos.

El algoritmo de consistencia queda resumido como sigue:

Paso 1: Calcular el vector de sumas ponderadas pre-multiplicando el vector de prioridad por la matriz de comparación pareada correspondiente.
 Paso 2: Dividir las entradas del vector de sumas ponderadas entre el valor de prioridad correspondiente.
 Paso 3: Calcular $\lambda_{m\acute{a}x}$ entendido como el promedio de los valores encontrados en el Paso 2.
 Paso 4: Calcular el índice de consistencia CI , considerando n como el número de elementos que se están comparando.

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Paso 5: Calcular la relación de consistencia CR

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

RI es el índice de consistencia de una matriz de comparación por pares generada al azar.

Para el presente estudio se empleó el RI que aparece en la Tabla 2. Un CR inferior a 0,10 se considera aceptable. Si el valor de CR excede 0,10 Mendoza recomienda examinar de nuevo los juicios o tomar un nivel de inconsistencia mayor [8, p. 37].

Para la clasificación general de las prioridades se combinaron las prioridades tanto de los criterios (determinantes de la deserción) como de las alternativas (estudiantes). El método inició

Tabla 2. Índice de consistencia de una matriz generada al azar.

n	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,6	1	1,1	1,2	1,3	1,41	1,45

Fuente: [8, p. 37].

conformando una matriz de prioridades en la que las columnas son los vectores de prioridad por cada determinante y las filas son las entradas propias a cada estudiante. Para continuar se premultiplica el vector de prioridad de los criterios con la matriz de prioridades.

Finalmente las entradas del vector de prioridad obtenido se organizan de mayor a menor para obtener la priorización deseada. Este vector se interpreta como una lista de valores asignados a los estudiantes en la que el primero es el que tiene la mejor oportunidad de permanecer en la IES y por tanto el menor de los riesgos, a medida que se desciende en la lista se aumenta el riesgo de abandonar la IES, lo que puede pensarse como una alerta temprana. Los estudiantes que se encuentren en la parte final de la lista pueden rastrearse identificando cuál es el determinante que más lo afecta.

El procesamiento de las matrices fue hecho con Matlab 2014b y la tabulación de la información se realizó con EXCEL de la suite de Microsoft Office.

Con la intención de corroborar la metodología y exhibir cálculos efectivos, se dispuso de información real de cinco estudiantes con la que se ilustraron los procedimientos y algoritmos del AHP con la anotación de que estos algoritmos se pueden reproducir para el número n de estudiantes que se necesite.

3. Muestra

3.1. Participantes

Las características de los estudiantes identificados con E_i donde $i = 1,2,3,4$ y 5 se extrajeron de la base de los 233 inscritos a los cursos de Álgebra Lineal de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Utadeo para el tercer periodo de 2014 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Características de los estudiantes a priorizar.

	Categoría	E1	E2	E3	E4	E5
Individual	Estado civil	S	S	C	C	C
	Edad	19	23	37	28	28
	Sexo	M	F	M	M	F
Académicos	Resultado del examen de estado	501	416	456	450	501
	Número de créditos en el periodo inmediatamente anterior	16	18	15	14	17
	Tipo de colegio	O	O	O	NO	NO
	Becario	Si	No	Si	No	No
Institucional	Apoyo académico	Si	Si	No	No	Si
	Apoyo psicológico	No	No	No	No	Si
Socio económico	Nivel educativo de la madre	B	P	B	U	P
	Estrato	3	2	3	5	2
	Personas a cargo	1	0	2	1	0

Convenciones: Estado civil: C=Casado, S=Soltero. Sexo: F=Femenino, M=Masculino. Tipo de colegio: O=Oficial, NO=No Oficial. Nivel educativo de la madre: P=Primaria, B=Bachillerato, U=Universidad.

Fuente: La autora.

3.2. Instrumentos

La información se obtuvo del Sistema de Información Académica de la Utadeo sin instrumentos especiales para acceder a ellos. Se usaron datos que reposan en casi todas las hojas de matrícula o de actualización de datos que una IES solicita a sus estudiantes, lo que permitiría en el futuro su reproducibilidad sin mayor dificultad.

3.3. Procedimiento

La jerarquía del problema de priorización de los estudiantes de acuerdo a la propensión de permanecer en la IES se esquematiza en la Fig. 3. La meta general es priorizar los estudiantes en la propensión a permanecer en la IES. Los criterios son los determinantes de la deserción estudiantil: individuales, académicos, socioeconómicos e institucionales (ver Fig. 1) y las alternativas de decisión son los estudiantes E_i a priorizar.

Se utilizó AHP para establecer las medidas de prioridad sobre los determinantes y sobre los estudiantes [4, p. 748], para establecer en la selección de los estudiantes la prioridad de:

1. Los cuatro determinantes en función de la meta de priorizar los estudiantes de acuerdo a la propensión a permanecer en la IES.
2. Los estudiantes en función de los determinantes individuales, académicos, institucionales y socioeconómicos.

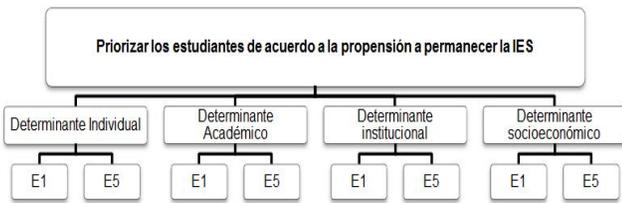


Figura 3. Jerarquía de la propensión a permanecer en la IES. Fuente: La autora.

Tabla 4. Matriz de comparación pareada para el determinante individual.

	E1	E2	E3	E4	E5
E1	1	0,333	0,125	0,167	0,111
E2	3	1	0,143	0,143	0,111
E3	8	7	1	0,500	0,167
E4	6	7	2	1	0,500
E5	9	9	6	2	1

Fuente: La autora.

Tabla 5. Matriz de comparación pareada para el determinante académico.

	E1	E2	E3	E4	E5
E1	1	3	5	8	1
E2	0,333	1	0,500	2	0,200
E3	0,200	2	1	2	0,167
E4	0,125	0,500	0,500	1	0,200
E5	1	5	6	5	1

Fuente: La autora.

Tabla 6. Matriz de comparación pareada para el determinante institucional.

	E1	E2	E3	E4	E5
E1	1	3	7	9	1
E2	0,333	1	1	8	0,125
E3	0,143	1	1	4	0,200
E4	0,111	0,125	0,250	1	0,111
E5	1	8	5	9	1

Fuente: La autora.

Tabla 7. Matriz de comparación pareada para el determinante Socioeconómico.

	E1	E2	E3	E4	E5
E1	1	8	1	0,125	9
E2	0,125	1	0,250	0,111	1
E3	1	4	1	0,143	7
E4	8	9	7	1	9
E5	0,111	1	0,143	0,111	1

Fuente: La autora.

Tabla 8. Matriz de comparación pareada para los determinantes.

	Socioeconómico	Institucional	Académico	Individual
Socioeconómico	1	0,125	0,111	0,2
Institucional	8	1	0,25	0,5
Académico	9	4	1	0,25
Individual	5	2	4	1

Fuente: La autora.

Las matrices de comparación pareada se estructuraron para los determinantes: individual (Tabla 4), académico (Tabla 5), institucional (Tabla 6) y socioeconómico (Tabla 7). La entrada encuadrada en la matriz de la Tabla 4 indicaba que en los juicios subjetivos, el segundo estudiante era tres veces más propenso a permanecer en la IES que el primero. Estos juicios subjetivos se basaron en la información que se tenía de dichos estudiantes en el determinante individual.

Luego, del procesamiento de las matrices de comparación pareada mediante los algoritmos expuestos como resultados se encontraron los vectores de prioridad para los estudiantes en los determinantes cuyas entradas ordenadas de mayor a menor ofrecieron un ranking respecto a la propensión a permanecer. Las entradas del vector de prioridad para los determinantes mostraron una ordenación de dichos determinantes conforme a la relevancia.

4. Resultados y discusión

Para las matrices de comparación por pares de las Tablas 3-7 se calcularon las matrices normalizadas y los eigenvectores correspondientes. Los vectores de prioridad para los estudiantes E_i con $i = 1,2,3,4$ y 5 para los determinantes socioeconómico v_1 , institucional v_2 , académico v_3 e individual v_4 y el vector de prioridades v para los determinantes quedaron calculados como

$$v_1 = \begin{pmatrix} 0,117 \\ 0,057 \\ 0,111 \\ 0,656 \\ 0,056 \end{pmatrix}; v_2 = \begin{pmatrix} 0,385 \\ 0,092 \\ 0,072 \\ 0,038 \\ 0,410 \end{pmatrix}; v_3 = \begin{pmatrix} 0,375 \\ 0,095 \\ 0,082 \\ 0,058 \\ 0,388 \end{pmatrix};$$

$$v_4 = \begin{pmatrix} 0,046 \\ 0,049 \\ 0,121 \\ 0,257 \\ 0,525 \end{pmatrix}; v = \begin{pmatrix} 0,062 \\ 0,189 \\ 0,240 \\ 0,506 \end{pmatrix}$$

Las entradas del vector v_2 indicaron que en el determinante institucional, el quinto estudiante era el más fuerte y el cuarto era el más débil era, lo que le agudiza el riesgo de abandonar por causas asociadas a este determinante.

Con el algoritmo de consistencia para cada una de las matrices de comparación por pares, tanto para los estudiantes en cada uno de los determinantes como para los determinantes mismos, se encontró lo que resume la Tabla 9 (ver ec. (1)-(2)).

La clasificación general se obtuvo con la multiplicación de la matriz $(v_1|v_2|v_3|v_4|v_5)$ y el vector de prioridad resultante como en ec. (3).

$$\begin{pmatrix} 0,117 & 0,385 & 0,375 & 0,046 \\ 0,057 & 0,092 & 0,095 & 0,049 \\ 0,111 & 0,072 & 0,082 & 0,121 \\ 0,656 & 0,038 & 0,058 & 0,257 \\ 0,056 & 0,410 & 0,388 & 0,525 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,062 \\ 0,189 \\ 0,240 \\ 0,506 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,194 \\ 0,069 \\ 0,102 \\ 0,193 \\ 0,441 \end{pmatrix} \quad (3)$$

5. Conclusiones

El AHP presenta una alternativa cuantitativa para la priorización de los estudiantes en la permanencia en la IES proporcionando una jerarquización de los estudiantes de mayor a menor, lo cual indica que el primero de la lista es quien tiene mayor arraigo en la institución y el último es el que tiene menos, de acuerdo a los determinantes de la deserción estudiantil del MEN.

La priorización también puede leerse de menor a mayor lo que se puede constituir en una alerta temprana. Los estudiantes al final de la ordenación pueden ser rastreados en los determinantes de la deserción estudiantil para identificar cuál es el que más afecta a cada uno.

Para el caso de estudio, las relaciones de consistencia para las matrices de comparación pareada para los estudiantes en los determinantes: institucional, académico e individual están en un rango aceptable. Las correspondientes a los estudiantes en los determinantes socioeconómico y para los determinantes en sí mismos son susceptibles de revisión o de ampliación del punto de corte. La clasificación general para la priorización de los estudiantes en la permanencia en la Utadeo quedó estimada de manera que el estudiante E_5 es el de mayor oportunidad de permanecer, seguido en orden por E_1, E_4, E_3 ; finalizando con el estudiante E_2 que sería el de mayor riesgo de abandonar.

Los rasgos del estudiante E_5 en el determinante individual le proporcionan la mejor de sus valoraciones. Por consiguiente, la fortaleza del estudiante E_5 radicó principalmente rasgos individuales. En contraste, la mayor debilidad del estudiante E_2 se encuentra en ese mismo determinante.

Tabla 9.

Parámetros encontrados en la estimación de la consistencia.

	λ_{\max}	CI	RI	CR
Estudiantes en socioeconómico	6,4929	0,373		0,333
Estudiantes en institucional	5,581	0,145	1,1	0,129
Estudiantes en académico	5,242	0,060		0,054
Estudiantes en individual	5,806	0,201		0,180
Determinantes	5,005	0,335	1	0,335

Fuente: La autora.

El AHP puede ser ejecutado con las variables que se encuentren disponibles en la hoja de matrícula o en la información que repose en las bases de datos institucionales. Los juicios para la comparación tanto de los estudiantes como de los criterios están sometidos a la subjetividad institucional atada a la misión y visión, al Proyecto Educativo Institucional y a las características que el personal de la IES dedicado al seguimiento de la retención lo considere adecuado. Esta versatilidad es una ventaja del AHP que podría beneficiar a la IES de acuerdo a sus políticas privadas en lo que refiere a sus particularidades.

El AHP contribuye al análisis requerido en las políticas públicas de aseguramiento de la calidad de la educación en lo que concierne a la retención y a la deserción estudiantil. La implementación sistemática del AHP requeriría un esfuerzo moderado en cálculos y en capacidad de cómputo.

Bibliografía

- [1] Ministerio de Educación Nacional, Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención, Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2009.
- [2] Ramírez, D.M., Gartner, M.L., Bernal, J., Zapata, E.Á., Vallejo F.A., Prieto, P.A. y Langebaek, C.H., Consejo Nacional de Acreditación - CNA, 2013. [En línea]. [Último acceso: 14 Octubre de 2013]. Disponible en: http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf.
- [3] Proyecto ALFA GUIA DCI-ALA/2010/94, Marco conceptual sobre el abandono, 2013. [En línea]. [Último acceso: 14 Mayo de 2014]. Disponible en: <http://www.alfagua.org/www-alfa/images/resultados/S%C3%ADntesis-del-Marco-Conceptual.pdf>.
- [4] Anderson, D., Sweeny, D. y Williams, T., Métodos cuantitativos para los negocios, Séptima ed., International Thomson Editores, México, 1998.
- [5] Chen-Feng, W., Chun-Ta, L. y Pei-Min, W., Applying multicriteria method to the decision of assesment tools for high-care students groups, International Journal of Hybrid Information Techonology, 6(3), pp. 1-13, 2013.
- [6] Chen-Feng, W., Chun-Ta, L. y Pei-Min, W., Evaluation of assessment tools for high-care student groups in vocational high schools, 2012. [En línea]. [Último acceso: 24 Noviembre de 2015]. Disponible en: http://onlinepresent.org/proceedings/vol5_2012/15.pdf.
- [7] Li, J., Xie, J. Liu, J. y Wang, H., The application of analytic hierarchy process in higher education tuition model, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://58.205.208.126/meeting/UploadPapers/1281516397828.pdf>. [Último acceso: 24 Noviembre 2015].
- [8] D. Mendoza, Aplicación de la teoría de decisión multicriterio discreta para ponderar factores en procesos de acreditación de alta calidad, INGE CUC, 9(1), pp. 25-41, 2013.
- [9] Ruiz-Tagle, J., Algoritmos de cálculo de vectores a prioridad a partir de matrices de comparación por pares imprecisos, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2011.
- [10] Munier, N., A strategy for using multicriteria analysis in decision-making. A guide for simple and complex environmental projects, New York: Springer, 2011. DOI: 10.1007/978-94-007-1512-7

S.P Barragán-Moreno, recibió el título de MSc. en Ciencias Matemáticas en 2001, en la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. Desde 2001 se desempeña como profesora asociada II de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Sus intereses investigativos incluyen la modelación matemática para la política y la gestión pública en el ámbito de la evaluación de la calidad de la educación y la deserción estudiantil.
ORCID: 0000-0001-6503-4445