



Evaluación de proyectos de investigación mediante métodos de decisión multicriterios.

Evaluation of research projects by multicriteria decision methods.

Osberto Prieto Pérez ¹

Yankiel Blanco Zamora ²

¹ Departamento de Informatización. Universidad de Artemisa. Cuba

² Facultad de Ingeniería y Ciencias Empresariales. Universidad de Artemisa. Cuba

Resumen

En la siguiente investigación se presenta una metodología multicriterio para la toma de decisiones en la selección de proyectos de investigación en la Vicerrectoría de Desarrollo de la Universidad de Artemisa mediante la aplicación del Proceso Analítico de Jerarquización (AHP) y la Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud a la Solución Ideal (TOPSIS). Los criterios considerados en esta metodología son subjetivos en su totalidad, sus valoraciones fueron obtenidas mediante la colaboración de un especialista en el uso e implementación de proyectos de investigación donde los criterios considerados fueron: duración del proyecto, resultados esperados, presupuesto del proyecto CUP, presupuesto del proyecto CUC y disponibilidad de los recursos materiales e infraestructura; los cuales se integran en una jerarquía para evaluar 3 alternativas de solución. Para ilustrar el enfoque propuesto se utilizó como herramienta de soporte en la toma de decisiones MS Excel 2016. Como resultado de la evaluación se logró presentar una metodología multicriterio utilizando los métodos AHP y TOPSIS contribuyendo a la toma de decisiones en la adquisición de proyectos.

Palabras clave: toma de decisiones, TOPSIS, AHP, selección de proyectos de investigación.



Abstract

The following research presents a multicriteria methodology for decision making in the selection of research projects in the Vice-Rectorate of Development of the Artemisa University through the application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Technique to Order Preferences by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS). The criteria considered in this methodology are subjective in their entirety, their assessments were obtained through the collaboration of a specialist in the use and implementation of research project where the criteria considered were: duration of the project, expected results, the budget of the CUP project, the budget of the CUC project and availability of material resources and infrastructure; which are integrated into a hierarchy to evaluate 3 solution alternatives. To illustrate the proposed approach, it was used as a decision support tool in MS Excel 2016. As a result of evaluation, it was possible to present a multicriteria methodology using the AHP and TOPSIS methods contributing to the decision making in the acquisition of projects.

Keywords: decision making, TOPSIS, AHP, selection of research projects

Introducción

La educación superior cubana en su perfeccionamiento, como resultado del trabajo colectivo de su claustro desde los inicios de la década del 60 hasta la época actual, ha venido profundizando en los retos a asumir por las universidades para contribuir desde la colaboración y la ayuda mutua a elevar los estándares de calidad en cada uno de los procesos sustantivos que se dan a lo interno y externo de la comunidad universitaria, logrando en su integración mayor fortaleza y capacidad para responder a las demandas cada vez más complejas que la sociedad plantea.

El escenario actual impone a la nueva universidad mejore el perfil amplio (Horruitiner, 2006) y general del modelo de formación del profesional cubano, que priorice la utilización óptima de los recursos humanos en la actividad de investigación científica, tecnológica, innovación y la formación doctoral con la convicción de que es decisiva también en la formación integral del profesional, el posgrado, la extensión y el desarrollo de los profesores e investigadores que necesita la universidad cubana para lograr en la práctica pedagógica la concreción de las ideas rectoras principales que caracterizan hoy el proceso de formación en Cuba como son: la unidad entre los aspectos educativos e instructivos durante el proceso de formación y el vínculo con el estudio y el trabajo (Horruitiner, 2000).

Asumir la política educacional anterior, presupone reconocer que unos de los objetivos y prioridades de la Universidad de Artemisa es la búsqueda de alternativas para contribuir de manera decisiva a la construcción de posibilidades que permitan ampliar y fortalecer las estructuras de relaciones y que a su vez sirvan de puente de saberes entre la propia Universidad con otras. Para ello, es necesario la selección de proyectos que permitan fomentar lo antes expuesto.

El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología multicriterio para la toma de decisiones en la selección de proyectos de investigación en la Vicerrectoría de Desarrollo (VD) perteneciente a la Universidad de Artemisa (UA) mediante la aplicación de los métodos TOPSIS y el Proceso Analítico de Jerarquización (AHP); que permita al especialista de la VD, seleccionar el proyecto que satisfaga el



conjunto de criterios de evaluación, los cuales, según el análisis realizado de las principales necesidades de la VD son: duración del proyecto, resultados esperados, presupuesto del proyecto CUP, presupuesto del proyecto CUC y disponibilidad de los recursos materiales e infraestructura. El estudio se realizó a un conjunto de 3 proyectos de investigación

Materiales y métodos

Con el objetivo de establecer un orden de prioridad en la selección de proyectos de investigación se desarrolló un estudio donde se recopilaron y analizaron los proyectos propuestos que tiene la VD de la UA. Posteriormente se solicita al especialista de la VD que exponga las principales necesidades que tiene de los proyectos que desea iniciar, las cuales son importantes discernir con el fin de elevar la calidad en los procesos sustantivos que se dan a lo interno y externo de la comunidad universitaria. Después de analizar las necesidades el especialista proporciona los criterios mediante los que se van a evaluar los proyectos de investigación. Los nombres de los proyectos son omitidos para no dañar la integridad de los mismos y serán denotados como: P_1 , P_2 y P_3 . Con la información recopilada, se aplicaron los métodos AHP y TOPSIS respectivamente con el objetivo de analizar el orden de prioridad asignado por cada método.

En el desarrollo del presente artículo se expondrán los pasos del método AHP y TOPSIS en la sección 2.1 y 2.2 respectivamente; en la 3 se presentará el caso de estudio, en la 4 las conclusiones y en la 5 las referencias bibliográficas.

Proceso Analítico de Jerarquización (AHP)

El AHP desarrollado por Thomas L. Saaty, a diferencia de varios métodos de MCDM, provee un método jerárquico que, como técnica de ayuda a la toma de decisiones, ha sido, hasta el momento, aplicado a una extensa variedad de problemas de decisión (Della Spina, 2016). Es usado para obtener escalas de preferencia en base a la técnica de comparaciones pareadas entre elementos (Saaty, 1980); y es principalmente usado para determinar el peso de los criterios (dos Santos Vieira & Mendes Luna, 2016), (Tamošaitienė, Zavadskas, Šileikaitė, & Turskis, 2017), (Gogas, Adamos, & Nathanail, 2017). Está basado en una matriz cuadrada de comparaciones pareadas; con N elementos donde N es el número de criterios de decisión (Așchilean, Badea, Giurca, Naghiu, & Iloaie, 2017).

Para tomar una decisión de manera organizada y generar prioridades, se debe descomponer el problema de decisión en una serie de pasos propuestos por (Saaty, 2008):

1. Definir el problema y determinar el tipo de conocimiento que se genera.
2. Estructurar la jerarquía de decisión desde la parte superior con la meta que se busca alcanzar, luego los objetivos desde la perspectiva amplia, para seguir con los niveles intermedios, hasta niveles más bajos, los cuales usualmente son el conjunto de alternativas.
3. Construir el conjunto de matrices de comparaciones pareadas. Cada elemento en un nivel superior se usa para comparar los elementos en el nivel inmediatamente inferior con respecto a él.

Para establecer comparaciones pareadas se necesita una escala de números que indique cuántas veces más un elemento importante o dominante es sobre otro elemento con respecto al criterio o propiedad



con respecto a la cual están siendo comparados. En la Tabla 1 se muestra la escala propuesta por (Saaty, 2008).

- Utilizar las prioridades obtenidas de las comparaciones para pesar las prioridades finales en las alternativas en el nivel más bajo de la jerarquización.

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
3	Importancia moderada	Experiencia y juicio ligeramente a favor una actividad sobre otra
5	Fuerte importancia	La experiencia y el juicio son muy favorables una actividad sobre otra
7	Muy fuerte o importancia demostrada	Una actividad se ve favorecida muy fuertemente otro; su dominio demostrado en la práctica
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es de la mayor orden de afirmación posible
2,4,6,8	Valores intermedios	Son valores intermedios de decisión.
Valores recíprocos	Si la actividad i tiene uno de los números diferentes de cero ya nombrados, cuando se comparara con la actividad j, entonces la actividad j tiene el recíproco valor cuando se compara con i	

Tabla 1. Escala fundamental de números absolutos

- Una vez obtenida la matriz de comparaciones pareadas, se procede a obtener los pesos de importancia relativa de cada uno de los criterios utilizando la técnica de autovectores. Estos resultados se someten a un procedimiento propuesto por (Saaty, 2008) y esbozado por (Triantaphyllou y Mann, 1995) otros autores para determinar su razón de consistencia.

La razón de consistencia (RC) se calcula como el cociente entre el Índice de Consistencia (IC) de la matriz de comparaciones pareadas y el Índice de Consistencia Aleatorio (IA).

Donde IC se calcula como:

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



$\lambda_{m\acute{a}x}$ es el mayor valor propio de la matriz traspuesta de comparaciones pareadas y n el rango de la matriz. Mientras que el Índice de Consistencia Aleatorio es un índice de una matriz aleatoria como se muestra en la Tabla 2.

Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Tabla 2. Índice aleatorio.

6. Por último, se multiplican cada peso de cada alternativa con cada uno de los criterios correspondientes, para obtener la puntuación de cada alternativa y así proceder a la toma de decisiones.

Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud a las Solución Ideal (TOPSIS)

La Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud a las Solución Ideal (TOPSIS por sus siglas en inglés) fue desarrollada por Hwang y Yoon en 1981. Este método se basa en la idea de que es deseables que una alternativa determinada se ubique a la menor distancia respecto a una alternativa ideal que representa lo mejor y mayor distancia respecto a una alternativa anti-ideal que representa lo peor (Hwang y Yoon, 1981).

Ambas alternativas son soluciones ficticias. La Solución Ideal Positiva (SIP) es una solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores óptimos de cada atributo contenido en las alternativas; la Solución Ideal Negativa (SIN) es la solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores menos deseados de cada atributo contenido en las alternativas (Vásquez y Maldonado-Macías, 2015). El procedimiento principal del método TOPSIS puede ser descrito en los siguientes siete pasos (Santiago-Rodríguez, Romo-Lozano, Portillo-Vázquez y Borja-de la Rosa, 2015).

1. *Identificar la matriz de decisión y determinar los pesos de los criterios.*

Sea A un vector de alternativas $A = \{A_i, \text{ for } i=1, 2, 3, \dots, m\}$ y C un vector de criterios $C = \{C_j, \text{ for } j= 1, 2, 3, \dots, n\}$.

Estos criterios tienen un peso asociado representados por $W = \{W_j, \text{ for } j= 1, 2, 3, \dots, n\}$. La unidad de toma de decisiones debe poder asignar para cada alternativa y criterio la opción establecida, en este caso un valor numérico que toma el lugar de x_{ij} $\{i=1,2, 3, \dots, m; j= 1, 2, 3, \dots, n\}$; este valor expresa un juicio de la alternativa A_i con respecto al criterio C_j , como se muestra en la Figura 1.



	w_1	w_2	\dots	w_n
	C_1	C_2	\dots	C_n
A_1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
A_m	x_{m1}	x_{m2}	\dots	x_{mn}

Figura 1. Matriz de Decisión.

2. Normalización de la matriz de decisión

Este paso transforma las diversas dimensiones de los atributos en adimensionalidad, permitiendo comparaciones entre los criterios. La normalización utilizada por TOPSIS se calcula utilizando la expresión (2).

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

3. Cálculo de los pesos de la matriz de decisión ponderada

La matriz de decisión ponderada se obtiene al multiplicar cada valor de la columna de la matriz de decisión por su peso asociado, la cual genera la matriz V como se muestra en la Figura 2 siguiente:

$$V = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Figura 2. Matriz de Decisión Ponderada

4. Identificación de la solución ideal positiva y la solución ideal negativa.

La SIP puede ser expresada como

$$V^+ = [v_1^+, v_2^+, v_3^+, \dots, v_n^+] \quad (3)$$

y la SIN como

$$V^- = [v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, v_n^-] \quad (4)$$

V^+ indica el valor ideal del atributo considerado entre los valores de los atributos para las diferentes alternativas, mientras que V^- indica el peor valor del atributo considerado entre los valores de los atributos para las diferentes alternativas. Estas alternativas son ficticias, pero es razonable suponer que, en los criterios de beneficio, el que toma las decisiones quiere tener el valor máximo de todas las alternativas.

5. Calcular las distancias euclidianas de cada alternativa.

Las distancias se estiman con las siguientes expresiones:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^J (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (5)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^J (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (6)$$

6. Estimación de la distancia más cercana a la solución ideal

La distancia más cercana entre las alternativas, llamada índice de proximidad, se estima mediante el uso de los resultados del paso anterior, la cual se expresa mediante:

$$P_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (7)$$

7. Priorización de las alternativas

De acuerdo con el índice de proximidad P_i , el conjunto de alternativas se puede clasificar de las más preferidas para las soluciones factibles a las menos recomendadas. Por lo tanto, la mejor alternativa es la que tiene la distancia más corta a la solución ideal positiva.

Caso de estudio

La Vicerrectoría de Desarrollo (VD) de la Universidad de Artemisa se trazó como meta iniciar nuevos proyectos con otras universidades y organismos. Para ello es necesario establecer un orden de prioridad y seleccionar los proyectos de manera eficiente, contribuyendo a la mejora de los procesos sustantivos de la misma.

Para conocer las necesidades del especialista de la VD se realiza entrevistas al mismo con el fin de conocer las principales debilidades que necesitan ser fortalecidas con la ejecución de proyectos. Luego de 3 reuniones, se logró determinar los proyectos que se deben evaluar y la estructura jerárquica del problema (Figura 3). Se logró, además, realizar las comparaciones pareadas requeridas por los niveles de AHP, se obtuvieron las ponderaciones para los proyectos en evaluación y en base a la recopilación de la información, se obtuvo la matriz de decisión (Tabla 3) requerida para la aplicación del método TOPSIS. Es válido aclarar que se utilizó las ponderaciones del método AHP en el método TOPSIS.

Los criterios mediante los que se van a evaluar los proyectos son:

1. Duración del proyecto (C1): Se refiere a la duración del proyecto en meses. Este criterio es cuantitativo y un valor mínimo es óptimo.
2. Resultados esperados (C2): Se refiere a la cantidad de resultados que se esperan de las actividades principales a desarrollarse. Este criterio es cuantitativo y un valor máximo es óptimo.



3. Presupuesto del proyecto MN (C3): Se refiere a la cifra total aproximada que se requiere para ejecutar el proyecto, en moneda nacional. Este criterio es cuantitativo y un valor mínimo es óptimo.
4. Presupuesto del proyecto CUC (C4): Se refiere a la cifra total aproximada que se requiere para ejecutar el proyecto, en moneda nacional. Este criterio es cuantitativo y un valor mínimo es óptimo.
5. Disponibilidad de los recursos materiales e infraestructura (C5): Se refiere a la cantidad de recursos que se requiere para ejecutar el proyecto. Este criterio es cuantitativo y un valor máximo es óptimo

El primer paso en AHP es la construcción gráfica del problema donde se muestra el objetivo deseado, los criterios, los sub-criterios y las alternativas de decisión como se muestra en la Figura 3.

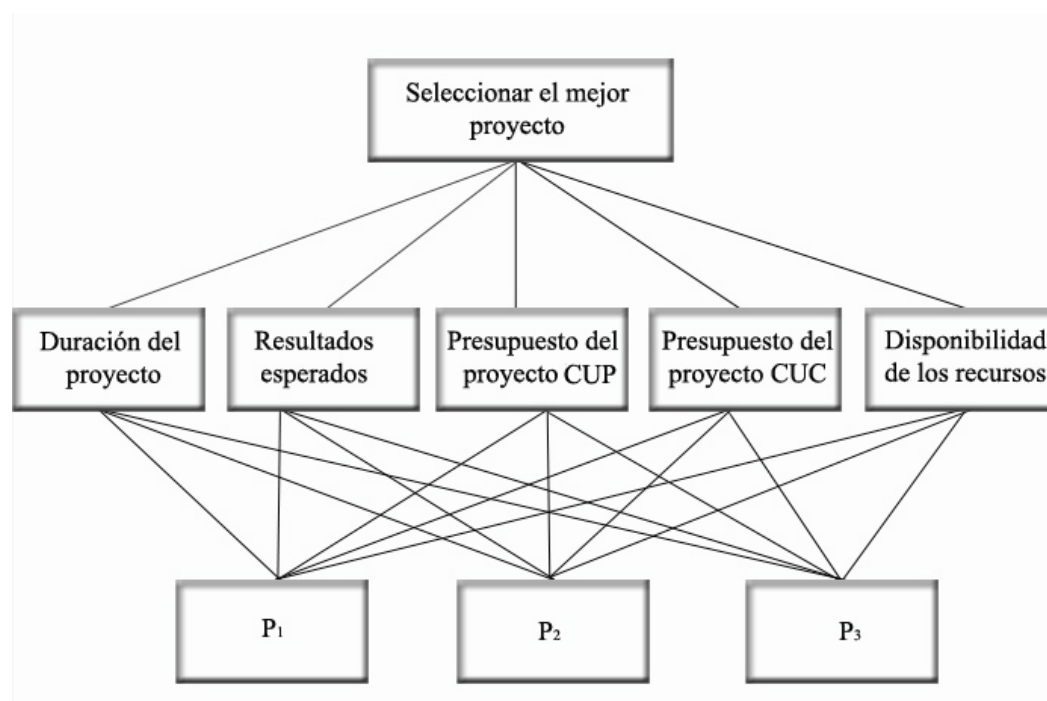


Figura 3. Jerarquías y niveles para el problema de selección de proyecto.

Según (Saaty, 2008) y (Triantaphyllou y Mann, 1995) para hacer comparaciones, necesitamos una escala de números que indique cuántas veces un elemento más importante o dominante es sobre otro elemento con respecto al criterio o propiedad con respecto al cual se comparan. La escala se muestra en la Tabla 1. La evaluación se debe realizar mediante preguntas; por ejemplo, dado el criterio X y el criterio Y, ¿cuál es más importante para la selección del mejor proyecto? Comparaciones similares se realizan para los demás criterios, generando así la matriz de comparaciones pareadas.

En correspondencia con la Figura 3, cada uno de los criterios seleccionados afecta la elección de cualquiera de las alternativas que se tienen por lo que se evalúa la importancia que tiene cada una de estas en el logro de cada criterio. Para comparar las alternativas en cada criterio se emplea la escala que se muestra en la Tabla 1. Las matrices se muestran a continuación en las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9; la última columna muestra los pesos o importancia que tiene cada alternativa con respecto al criterio que se está evaluando.

Proyectos	C1	C2	C3	C4	C5
P1	24	7	25865.00	658.10	10
P2	38	13	66138.00	890.00	9
P3	24	11	30925.00	496.40	11

Tabla 3. Información de cada Proyecto respecto a cada criterio.

Criterios	C1	C2	C3	C4	C5	Peso
C1	1	1	1/2	1/2	1/3	0.11405
C2	1	1	2	2	1/2	0.20286
C3	2	1/2	1	1/3	1/3	0.12192
C4	2	1/2	3	1	1/3	0.18354
C5	3	2	3	3	1	0.37763

Tabla 4. Comparación pareada de los criterios

Alternativas	A1	A2	A3	Peso
A1	1	3	1	0.443
A2	1/3	1	1/2	0.170
A3	1	2	1	0.387

Tabla 5. Comparación pareada de los proyectos con respecto a C1

Alternativas	A1	A2	A3	Peso
A1	1	1/3	1/3	0.142
A2	3	1	2	0.525
A3	3	1/2	1	0.334

Tabla 6. Comparación pareada de los proyectos con respecto a C2

Alternativas	A1	A2	A3	Peso
A1	1	3	2	0.525
A2	1/3	1	1/3	0.142
A3	1/2	3	1	0.334

Tabla 7. Comparación pareada de los proyectos con respecto a C3



Alternativas	A1	A2	A3	Peso
A1	1	3	2	0.334
A2	1/3	1	1/3	0.142
A3	1/2	3	1	0.525

Tabla 8. Comparación pareada de los proyectos con respecto a C4

Alternativas	A1	A2	A3	Peso
A1	1	3	2	0.334
A2	1/3	1	1/3	0.142
A3	1/2	3	1	0.525

Tabla 9. Comparación pareada de los proyectos con respecto a C5

La razón de consistencia en cada una de las comparaciones pareadas es menor que el 10% lo que indica que el experto consultado, con respecto a la importancia relativa de los criterios, opinó de manera consistente.

Finalmente, se obtiene la puntuación final de cada alternativa multiplicando los pesos de las alternativas por los pesos de cada uno de los criterios, así como el ranking que obtuvo cada proyecto de investigación. Los resultados se muestran en la Tabla 10 y Tabla 11.

Criterio	Proyectos			Producto		
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃
C1 (0.11405)	0.443	0.170	0.387	0.05052415	0.0193885	0.04413735
C2 (0.20286)	0.142	0.525	0.334	0.02880612	0.1065015	0.06775524
C3 (0.12192)	0.525	0.142	0.334	0.064008	0.01731264	0.04072128
C4 (0.18354)	0.334	0.142	0.525	0.06130236	0.02606268	0.0963585
C5 (0.37763)	0.334	0.142	0.525	0.12612842	0.05362346	0.19825575
Total				0.33076905	0.22288878	0.44722812

Tabla 10. Resumen de la información al aplicar método AHP.

Proyectos	Ranking
P ₁	2
P ₂	3
P ₃	1

Tabla 11. Puntuación final de los proyectos mediante el método (AHP)

El primer paso en el método TOPSIS es determinar la matriz de decisión (MD) (Tabla 3) la cual contiene toda la información de cada uno de los proyectos referente a cada uno de los criterios de selección. Una vez definida la MD se procede a normalizarla usando la fórmula 2. La MD normalizada se observa en la Tabla 12.

Proyectos	C1	C2	C3	C4	C5
P1	0.4710	0.3802	0.3339	0.5425	0.5754
P2	0.7458	0.7061	0.8539	0.7337	0.5179
P3	0.4710	0.5974	0.3993	0.4092	0.6330

Tabla 12. Matriz de Decisión Normalizada.

Una vez normalizada se procede a calcular la MD normalizada ponderada que no es más que multiplicar cada valor de la MD normalizada por el peso de cada criterio como se muestra en la Tabla 13.

Proyectos	C1	C2	C3	C4	C5
P1	0.0537	0.0771	0.0407	0.0996	0.2173
P2	0.0851	0.1432	0.1041	0.1347	0.1956
P3	0.0537	0.1212	0.0487	0.0751	0.2390

Tabla 13. Matriz de Decisión Normalizada Ponderada

Con la información de las Tablas 3, 12 y 13 y usando las formulas 5, 6 y 7, se muestra en la Tabla 14 el orden de prioridad de cada una de las alternativas.

Proyectos	Distancias a la Alternativa ideal	Distancias a la Alternativa Anti - Ideal	Proximidad relativa a la alternativa ideal	Orden
P1	0.07376	0.08188	0.52607	2
P2	0.10215	0.06611	0.39288	3
P3	0.02343	0.10692	0.82025	1

Tabla 14. Orden de prioridad de cada uno de los proyectos

Resultados y discusión

Al finalizar el proceso de decisión se logró desarrollar una metodología multicriterio para la evaluación de un conjunto de proyectos de investigación. Para los conjuntos de datos expuestos con anterioridad, se han aplicado los métodos multicriterios AHP y TOPSIS.



Proyectos	Ranking AHP	Ranking TOPSIS
P ₁	2	2
P ₂	3	3
P ₃	1	1

Tabla 15. Ranking de Alternativas mediante método AHP y TOPSIS

En la Figura 4 se presenta la puntuación final de cada uno de los proyectos donde se observa que hay cambios en los valores de éstas puntuaciones finales, esto viene dado por el uso de fórmulas matemáticas diferentes, sin embargo, no se presentan cambios en el ranking de los proyectos que se deriva de las mencionadas puntuaciones.

Una vez realizado todos los cálculos correspondientes a cada método se han cotejado los resultados que se han obtenido en ambos métodos. Como se muestra en la Tabla 15, ambos métodos arrojaron el mismo orden de prioridad por lo que elegir P₃ como primera opción para iniciar proyectos de investigación con otras Universidades y organismos es la mejor opción.

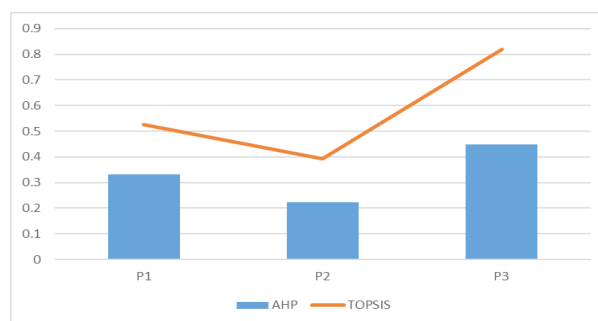


Figura 4. Puntuación final de los proyectos.

Al final del proceso de selección de los proyectos de investigación, el especialista demostró satisfacción con el resultado obtenido y el proyecto propuesto para iniciar convenios con otras universidades y organismos del país.

Es importante aclarar que el problema planteado en el caso de estudio solo satisface a las necesidades del especialista de la VD, ya que otro puede tener diferentes niveles de preferencia por los mismos criterios de evaluación que se emplearon y cada uno de los proyectos analizados satisface en forma diferentes dichos criterios lo cual es posible una solución diferente a la propuesta en este caso.

Conclusiones

La evaluación de proyectos de investigación en la Vicerrectoría de Desarrollo de la Universidad de Artemisa (UA) es muy compleja debido a la poca experiencia que tiene la dirección de la misma en ese ámbito por ser de joven creación. Seleccionar proyectos de investigación que satisfaga las necesidades de la UA es vital para el cumplimiento satisfactorio de los procesos sustantivos que se dan a lo interno y

externo de la comunidad universitaria. Se hace necesario utilizar herramientas que permitan al decisor seleccionar la mejor opción para iniciar los proyectos. Por lo antes expuesto se puede concluir que:

1. El Proceso Analítico de Jerarquización es una herramienta de toma de decisiones multicriterio que resulta sencilla de utilizar para la selección del mejor proyecto de investigación que dé inicio a los convenios con otras universidades y organismos del país.
2. La Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud a la Solución Ideal es una herramienta para la toma de decisiones multicriterios que es fácil de utilizar para la selección del mejor proyecto de investigación la cual no solo proporciona una solución hipotéticamente mejor, sino la más lejana a la solución hipotéticamente peor.
3. La puntuación final de los proyectos mostró diferencias en una técnica con respecto a la otra. Sin embargo, la jerarquización de las alternativas del caso de estudio al aplicar el método AHP, fue igual a la jerarquización de los proyectos al aplicar el método TOPSIS.
4. Para cada una de los métodos aplicados al caso de estudio, se obtuvo como resultado que el mejor proyecto de investigación correspondió a P_3 , seguido por P_1 y finalmente por P_2 .

Referencias

- Silva, P. H. (2006). El proceso de formación en la universidad cubana. *Pedagogía Universitaria*, 11(3).
- Silva, P. H. (2000). El modelo curricular de la educación superior cubana. *Pedagogía Universitaria*, 5(3).
- Della Spina, L. (2016). Evaluation decision support models: Highest and Best Use choice. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 223, 936-943.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation. *New York: McGraw*, 281.
- Vieira, C. L. D. S., & Luna, M. M. M. (2016). Models and methods for logistics hub location: A review towards transportation networks design. *Pesquisa Operacional*, 36(2), 375-397.
- Gürçan, Ö. F., Beyca, Ö. F., Arslan, Ç. Y., & Eldemir, F. (2016). Third party logistics (3PL) provider selection with AHP application. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 235, 226-234.
- Gogas, M., Adamos, G., & Nathanail, E. (2017). Assessing the performance of intermodal city logistics terminals in Thessaloniki. *Transportation research procedia*, 24, 17-24.
- Aşchilean, I., Badea, G., Giurca, I., Naghiu, G. S., & Iloaie, F. G. (2017). Choosing the optimal technology to rehabilitate the pipes in water distribution systems using the AHP method. *Energy Procedia*, 112, 19-26.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Triantaphyllou, E., & Mann, S. H. (1995). Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice. *Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges*, 2(1), 35-44.
- Kong, F. (2011). Rank reversal and rank preservation in TOPSIS. In *Advanced Materials Research* (Vol.



204, pp. 36-41). Trans Tech Publications.

Real, A., & Maldonado-Macías, A. (2015). Selección de fresadoras con TOPSIS usando ponderaciones de AHP. *CULCyT*, (45).

Santiago-Rodríguez, S., Romo-Lozano, J. L., & Portillo-Vázquez, M. (2015). Multicriteria Decision Methods as an Alternative for Evaluating the UACH Research System. *Education Journal*, 4(6), 343-351.

