

# Método jerárquico para el problema de selección de estudiantes de posgrado

Mario Aguilar Fernández  
Eduardo Gutiérrez González  
Juan Hernández Guerrero  
Donaldo Roberto Cristóbal Vázquez  
Ana Laura López Rueda  
Instituto Politécnico Nacional-UPIICSA

## **Resumen**

Históricamente, la educación en México ha presentado una serie de situaciones que se perciben como problemáticas (desde niveles básicos hasta el posgrado) donde, indudablemente, son necesarias acciones de mejora. Los estudios de posgrado tienen la intención fundamental de usar y generar nuevo conocimiento, con la idea de lidiar con distintos desequilibrios, en gran variedad de ámbitos de la sociedad. Para ello, es importante una apropiada selección de estudiantes, desde una perspectiva integral, buscando su desarrollo transdisciplinario. En el presente artículo se propone un método multiatributo para medir y establecer un orden jerárquico entre candidatos a ingresar en un posgrado. Para establecer las jerarquías, son empleados dos métodos de decisión multiatributo y se implementa un tercer método basado en componentes principales del análisis multivariado. Para esto, se propone un instrumento que se basa en la medida de la autopercepción de dos habilidades de los candidatos: búsqueda de información y metodología de la investigación. El instrumento propuesto consta de 39 ítems y se aplica a una muestra aleatoria de 48 candidatos para ingresar al posgrado del Instituto Politécnico Nacional (IPN) durante 2013-2019. La validación del instrumento se realiza con el coeficiente alfa de Cronbach, así como con la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin y la de Bartlett. Los tres métodos empleados se caracterizan por ponderar, objetivamente, la entropía de los ítems del instrumento. Se considera, como mejor método para la selección de candidatos, al que presente menor variación en las jerarquías de los candidatos al realizar todas las combinaciones posibles. Finalmente, es posible utilizar el método CRITIC para medir las habilidades de investigación y para seleccionar a los candidatos que deseen ingresar a un posgrado.

## **Palabras clave**

Metodología multiatributo, posgrado, selección de estudiantes, autopercepción, habilidades.

## **Hierarchy Method for Graduate Student Selection Problem**

### **Abstract**

Along history, education in Mexico has presented a series of situations perceived as problematic from basic to postgraduate level. Thus, improvement actions are undoubtedly required. Postgraduate studies

Recibido: 24/02/2020  
Aceptado: 11/05/2021

### Keywords

Multiattribute methodology, postgraduate, student selection, self-perception, skills.

are fundamentally intended to use and generate new knowledge that allow us dealing with different unbalanced situations within our society. To attain this goal, it is important to select proper postgraduate students from an integral perspective and look for their transdisciplinary development. This article proposes a multi-attribute method for measuring and establishing a hierarchical order among candidates to be elected for entering postgraduate programs. Established hierarchies were selected using two multi-attribute decision methods; and a third method based on the principal components of multivariate analysis was implemented. Our proposed instrument is based on auto perception measurement of two candidates' abilities: information search and research methodology. Proposed instrument includes 39 items that were applied to a random selected sample of 48 candidates to post graduate programs at Mexican National Polytechnical Institute (Instituto Politécnico Nacional: IPN) between 2013 and 2019. Cronbach's alfa coefficient and Kaiser-Meyer-Olkin & Bartlett test were used for validating this instrument. The three methods used in this article are able to objectively weight entropy among our instrument's items. The best candidates' selection method is the one that presents lower variation among candidates' hierarchies when evaluating all possible combinations. Finally, it is possible to apply the CRITIC method to measure candidates' research abilities and selecting those willing to enter to a postgraduate program.

### Introducción

Las decisiones han inspirado la reflexión de muchos pensadores desde la Antigüedad. Los grandes filósofos Aristóteles, Platón y Tomás de Aquino, por mencionar sólo algunos nombres, discutieron la capacidad de los humanos para decidir y, de alguna manera, afirmaron que esta posibilidad es lo que distingue a los humanos de los animales (Figueira, Greco y Ehrgott, 2005). La ciencia de la gestión y la ciencia de la decisión han crecido exponencialmente desde el siglo pasado (Dyer, Fishburn, Steuer, Wallenius y Zionts, 1992; Mustafa y Goh, 1996). La toma de decisiones racional es una tarea compleja e imposible de completar en un solo acto ya que es un proceso. La decisión es un conjunto de pasos que deben llevarse a cabo, secuencialmente, para alcanzar un objetivo (Gutiérrez, Panteleeva, Reyes y Jiménez, 2013).

La toma de decisiones con atributos múltiples (Multiple Attribute Decision-Making –MADM–, por sus siglas en inglés) se ha utilizado para clasificar o seleccionar una o más alternativas de un número finito, con respecto a múltiples criterios o atributos, en conflicto (Belton y Stewart, 2002; Koksalan, Wallenius y Zionts, 2011; Yoon y Hwang, 1995; Zeleny, 1981). De tal manera, un MADM involucra cuatro elementos importantes: el conjunto de alternativas, el conjunto de criterios, el resultado de cada elec-

ción, medido en términos de los criterios, y las estructuras de preferencia del tomador de decisiones (Yu, 1985).

Se han propuesto algunos métodos MADM para los problemas de selección y evaluación. Dyer *et al.* (1992) comentan la historia de la toma de decisiones con múltiples criterios y discuten temas que consideran importantes en el desarrollo continuo y la utilidad para la ciencia de la gestión. Su objetivo es identificar direcciones interesantes y áreas prometedoras para futuras investigaciones (los problemas de selección y evaluación son parte de esto) (Dyer *et al.*, 1992). Stewart (1992) revisa y contrasta las principales corrientes de pensamiento en la teoría y la práctica de la toma de decisiones con múltiples criterios (MCDM), sin intentar revisar todos los métodos de MCDM en detalle. El objetivo principal es identificar las dificultades en el uso de varios enfoques y sugerir que sean más robustos y efectivos, especialmente para los no expertos en metodología MCDM (Stewart, 1992). Kasanen, Wallenius, Wallenius y Zionts (2000) estudian seis decisiones estratégicas importantes del mundo real y discuten el papel que los modelos analíticos de toma de decisiones de múltiples criterios (MCDM) podrían desempeñar para ayudar a los tomadores de decisiones a estructurar y resolver tales problemas (Kasanen, Wallenius, Wallenius y Zionts, 2000). Yeh, Deng y Chang (2000) presentan un enfoque eficaz de análisis multicriterio difuso (MA) para la evaluación del desempeño de los sistemas de transporte público urbano que involucra múltiples criterios de jerarquías multinivel y evaluaciones subjetivas de alternativas de decisión. La subjetividad y la imprecisión del proceso de evaluación se modelan como números difusos mediante términos lingüísticos (Yeh, Deng y Chang, 2000). Las solicitudes de selección de personal fueron propuestas por Afshari, Mojahed y Yusuff (2010), quienes hacen una propuesta para la selección de personal, utilizando el método de ponderación aditiva simple (SAW). Su trabajo se caracteriza por considerar la base de la escala de comparación de Saaty (2008) para calcular los pesos de cada criterio y cada valor alternativo (Afshari, Mojahed y Yusuff, 2010; Saaty, 2008). Liang y Wang (1994), quienes aplicaron el método TOPSIS difuso en un problema de reclutamiento hipotético, propusieron otra aplicación de selección de personal mediante la técnica de preferencia de orden por similitud con la situación ideal (TOPSIS difusa) (Liang y Wang, 1994). Otra aplicación del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) se refiere a un problema de selección de personal presentado por Saaty, Peniwati y Shang (2007), quienes hicieron una aplicación del AHP en un problema de selección de personal en una pequeña empresa de biotecnología llamada Biological Detection Systems (BDS) para contratar a los empleados mejor calificados en el área de *marketing* de producción, investigación y desarrollo (Saaty, Peniwati y Shang, 2007).

Además, los MADM han demostrado efectividad en la evaluación del desempeño de las operaciones en los sectores de educa-

ción superior, en varios contextos de decisión. Saaty y Ramanujam (1983) proponen un enfoque de evaluación novedoso para la selección de candidatos para la promoción e ingreso. El problema de decisión se conceptualiza como un procedimiento matemático conocido como el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), se utiliza para, sucesivamente, “ponderar” o priorizar factores en cada nivel de la jerarquía con el fin de llegar a un conjunto compuesto final de pesos para cada candidato potencial, enumerados como alternativas en el nivel final de la jerarquía. El procedimiento, y su base matemática, se explican e ilustran utilizando datos hipotéticos (Saaty y Ramanujam, 1983). La complejidad de una decisión de reemplazar tres sistemas de información estudiantiles computarizados, separados con un sistema único e integrado, se manejó con un método multicriterio que Blanchard, Pierce y Hood (1989) utilizaron para evaluar sistemas alternativos. El método tuvo en cuenta las muchas y, a veces, conflictivas preocupaciones de las personas que usarían cualquier sistema finalmente seleccionado (Blanchard, Pierce, y Hood, 1989). Mustafa y Goh (1996) proporcionan una encuesta de las aplicaciones reportadas de los métodos MADM en la administración de la educación superior. Se observa que la asignación de recursos ha sido la razón más importante para las aplicaciones de MADM en la administración de la educación superior, seguida de la planificación, la evaluación y otros fines (Mustafa y Goh, 1996). Yeh (2003) formula el proceso de selección de estudiantes becados como un problema MADM y presenta métodos compensatorios adecuados para resolver el problema. Se desarrolla un nuevo procedimiento de validez empírica para tratar el problema de clasificación inconsistente, causado por diferentes métodos MADM. El procedimiento tiene como objetivo seleccionar un resultado de clasificación que tenga una pérdida de valor mínima esperada cuando no se conocen los pesos verdaderos de los atributos (Yeh, 2003). Altunok, Özpeynirci, Kazançoğlu y Yılmaz (2010) comparan el desempeño de diferentes métodos de toma de decisiones de criterios múltiples, desarrollados para clasificar alternativas para el problema de selección de estudiantes de posgrado. Según los resultados, el Proceso de Jerarquía Analítica es el mejor de los tres competidores (Altunok, Özpeynirci, Kazançoğlu y Yılmaz, 2010). Bore, Munro y Powis (2009) desarrollan y ofrecen una revisión crítica y, en última instancia, presentan, para su adopción por las escuelas de medicina, un modelo defendible y basado en evidencia para la selección de estudiantes. El modelo incluye los siguientes criterios de selección: autoselección informada, rendimiento académico, capacidad cognitiva general (ACG), aspectos de la personalidad y habilidades interpersonales. Un procedimiento, psicométricamente robusto, mediante el cual se pueden utilizar los puntajes de las pruebas cognitivas y no cognitivas para tomar decisiones de selección (Bore, Munro, y Powis, 2009). Además, Davey, Olson y

Wallenius (1994) investigan el proceso de cómo los individuos toman decisiones en un entorno de decisión determinista y de atributos múltiples. Los individuos eran tres miembros de la facultad, en una gran universidad de los Estados Unidos, que tomaron decisiones y recomendaciones sobre aceptar o rechazar solicitudes para el doctorado en su departamento. El análisis se usó para obtener protocolos verbales de los individuos, reflejando sus procesos de pensamiento, cuando se dedicaban a hacer recomendaciones y elecciones sobre los solicitantes (Davey, Olson y Wallenius, 1994).

Otros estudios han sido llevados a cabo para la toma de decisiones, relacionados con estudiantes de posgrado. Por ejemplo, cómo los estudiantes de posgrado toman decisiones de selección de cursos en la era digital (Towers y Towers, 2020); un modelo de evaluación de la enseñanza basado en la toma de decisiones de atributos múltiples difusos (Wang, Li y He, 2013); un método para evaluar los determinantes de la productividad de investigación de los estudiantes de posgrado (Obuku *et al.*, 2017); cómo identificar las características de los estudiantes de maestría para predecir el éxito en el programa en las fases didáctica y de pasantía (Clark, Cole y Funderburk, 2018); un estudio tiene como objetivo comprender mejor las preferencias laborales de los estudiantes de posgrado (Edwards, Baidoo y El-Gohary, 2021); un enfoque híbrido difuso de MCDM para la selección de temas de tesis para alumnos de doctorado (Aghdaie y Behzadian, 2010).

La selección de estudiantes de posgrado es un problema importante y complejo en el proceso de toma de decisiones, se puede definir como la selección de un subconjunto de estudiantes de los solicitantes para un programa dado. Claramente, este planteamiento es un problema de toma de decisiones de criterios múltiples, ya que cada solicitante tiene algunos atributos y éstos deben considerarse simultáneamente durante el proceso de selección (Altunok *et al.*, 2010; Yeh, 2003).

En relación con lo anterior, el objetivo del presente documento es proponer un método multiatributo para medir y establecer un orden jerárquico entre los candidatos a ingresar a un posgrado en el Instituto Politécnico Nacional.

## Método

El tipo de investigación llevada a cabo es esencialmente cuantitativa, con un alcance correlacional (Creswell y Creswell, 2018). La metodología se describe por tres momentos: teórico, metodológico y práctico (Polonsky y Waller, 2011). En el estudio se aplica un instrumento (Meerah *et al.*, 2012a, 2012b), pero con valores difusos para medir la autopercepción que se tiene respecto de las habilidades de investigación científica por parte de los candidatos a ingresar a

un posgrado en donde se comparan tres métodos de ponderación de los ítems para tomar una decisión de qué método es más propicio y adoptarlo como el método de jerarquización en la selección de candidatos a ingresar a un posgrado en el IPN-México.

- H1: El método CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) presenta menor variación en la jerarquización al compararse con los otros dos métodos.
- H2: Resulta más importante la habilidad para desarrollar metodologías de investigación que la habilidad para buscar información.

El instrumento se aplica a los candidatos para ingresar a un programa de posgrado y es utilizado para medir y comparar las habilidades sobre la búsqueda de información y propuestas de metodologías de investigación. El instrumento tiene la finalidad de establecer un orden jerárquico entre los candidatos al posgrado para poder tomar decisiones más racionales sobre la selección de los alumnos que ingresan a un posgrado, con esto se pretende no sólo elevar el nivel de eficiencia terminal de los alumnos en los posgrados del IPN, sino incrementar la productividad en publicaciones y desarrollos tecnológicos de los centros de investigación.

Con los resultados del instrumento aplicado, se procede a determinar el orden jerárquico de habilidades de investigación de los candidatos a ingresar a un posgrado. Para probar las hipótesis formuladas se comparan tres métodos de ponderación de los ítems del instrumento (Romero, Gutiérrez, Panteleeva y Jiménez, 2014). La investigación se desarrolla bajo las etapas que describiremos a continuación.

A manera de justificación, aunado a las propuestas de Meerah *et al.*, 2012a y 2012b, otras más emplean los dos grandes grupos de habilidades de investigación del presente estudio (Aguilar *et al.*, 2021; Carpio, Díaz, Rodríguez, Ferrer y Manso, 2015; Carrillo y Carnero, 2013; Araujo *et al.*, 2013; Herrera, 2014; Huamani, Alegría, López, Tarqui y Ormeño, 2011), por mencionar algunos para América Latina.

## Definición y aplicación del instrumento de estudio

Los métodos que se van a aplicar en el estudio están basados en ítems que miden las habilidades de los candidatos para realizar investigación en su campo de estudio. Entonces, las variables que se consideren para el instrumento deben estar restringidas a valores difusos de las habilidades que van a cuantificar el nivel de preparación de los candidatos.

Para aplicar el instrumento propuesto, se calcula el tamaño de la muestra aleatoria de candidatos que se van a encuestar y se define el método de muestreo.

## Construcción de la matriz de información y validación del instrumento

Para llevar a cabo el análisis de la información recabada en las encuestas, los datos se presentan en una matriz para su mejor reconocimiento. En la investigación, cada candidato es un caso observado y los valores que asigna a cada ítem del instrumento se ponen en la que llamaremos matriz de información. En las columnas se colocan los ítems propuestos para el estudio y en cada renglón aparecerán los valores asignados por cada candidato en forma difusa, divididos en 5 rangos de valores. De esta manera, la matriz de información se representa por:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix}$$

Donde  $\mathbf{X}$  = matriz de información de los datos originales,  $x_{ij}$  = valor de la evaluación del candidato  $i$ , al ítem  $j$ , con  $i = 1, 2, \dots, n$  cantidad de candidatos y  $j = 1, 2, \dots, m$  cantidad de ítems. Aquí las variables son evaluadas como variables difusas.

Cuando los cuestionarios son proporcionados para su llenado, es común que resulten ítems sin respuesta, es decir, tenemos datos faltantes. En esta situación existen diferentes formas de completar la información: utilizando el algoritmo EM (Expectation-Maximization) para datos faltantes o perdidos (Dempster, Laird y Rubin, 1977). La otra forma de completar la información, cuando ésta se encuentra en forma matricial y la variabilidad es pequeña, consiste en complementar la matriz con el promedio de los promedios de la fila y columna correspondiente al dato faltante. Los nuevos elementos de la matriz  $\mathbf{X}$  los podemos denotar por  $x_{ij}^*$ .

Al formular el instrumento, es posible que existan ítems con diferente sentido de aportación al fenómeno que se está midiendo; en estos ítems se tiene que cambiar su sentido de aportación con la ecuación de inversión (1).

$$x_{ij}^* = \max_j \{x_{ij}\} - x_{ij} \quad (1)$$

Combinando ambos casos, se obtiene la matriz de información:

$$\mathbf{X}^* = \begin{pmatrix} x_{11}^* & \cdots & x_{1m}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1}^* & \cdots & x_{nm}^* \end{pmatrix}$$

Antes de utilizar la matriz de información, es necesario validar la confiabilidad interna del instrumento de medición. En esta investigación se propone utilizar el coeficiente alfa de Cronbach

(Cronbach, 1951). Un instrumento se considera confiable cuando el coeficiente alfa de Cronbach es superior a 0.80.

## Ponderación de las variables

Uno de los problemas principales para proponer una medida comparativa de habilidades de investigación de los candidatos al posgrado reside en cuantificar, adecuadamente, la entropía de la información. Existen diferentes métodos que ponderan las variables de forma más objetiva y racional posible que algunos métodos tradicionales. Por ejemplo, Zhou, Fan, He y Qiu (2012) proponen un método para llevar a cabo la ponderación de entropía de los objetivos de estudio en donde consideran el promedio de las ponderaciones subjetivas de los decisores (Zhou *et al.*, 2012). Llamazares y Peña (2013) proponen otro método de ponderación de alternativas en un problema de decisiones multiatributo en donde los pesos son asignados teniendo en cuenta las ponderaciones más favorables de cada alternativa. Aunque estos métodos son recientes no son completamente objetivos (Llamazares y Peña, 2013).

En la presente investigación se propone un método estadístico, basado en componentes principales del análisis multivariado, y el uso de dos métodos de análisis de decisiones multiatributo que se describen a continuación. Los tres métodos tienen la particularidad de ser objetivos en las ponderaciones.

### 1. Método de componentes principales

En la parte estadística del Análisis multivariado se tiene una herramienta conocida como Análisis de Componentes Principales –ACP– (Hotteling, 1933; Pearson, 1901). Este método consiste en encontrar nuevas variables no correlacionadas, denominadas componentes principales (CP), mediante combinaciones lineales de los valores de las variables originales  $x_{ij}$ . El propósito de esta herramienta consiste en ordenar las variables de acuerdo con la magnitud en la que contribuyen a explicar el fenómeno que se está midiendo. En esta investigación se trata de cuantificar las habilidades de investigación por parte de los candidatos a ingresar a un posgrado en el IPN-México. El ACP está basado en dos aspectos:

1. Los componentes principales  $C_j$  deben ser no correlacionados, esto es  $\text{cov}(C_j, C_k) = 0$  para  $j \neq k$ , y en donde la covarianza se calcula con la ecuación (2).

$$\text{cov}(C_j, C_k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k) \quad (2)$$



2. Las componentes deben ordenarse de acuerdo con la magnitud de su varianza (3) en forma no creciente, es decir:  $\text{var}(C_1) \geq \text{var}(C_2) \geq \dots \geq \text{var}(C_m)$ , en donde

$$\text{var}(C_j) = \sigma_{C_j}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad (3)$$

Entonces, para una ponderación objetiva que permita reducir los sesgos existentes en un conjunto de datos, se utiliza el ACP de la matriz de varianzas y covarianzas (cuando los datos son conmensurables) o la matriz de correlaciones (cuando los datos no son conmensurables). Esta matriz se denota por  $\mathbf{V}$  y las correlaciones se calculan con (4).

$$\rho(C_j, C_k) = \frac{\text{cov}(C_j, C_k)}{\sigma_{C_j} \sigma_{C_k}} \quad (4)$$

Donde  $\rho(C_j, C_k)$  y  $\sigma_{C_j}$  representan al coeficiente de correlación y desviación estándar, respectivamente, de los datos correspondientes a los ítems de la matriz de información  $\mathbf{X}$  o  $\mathbf{X}^*$ .

3. Después de aplicar el ACP, se obtienen los valores propios de la matriz  $\mathbf{V}$  que se denotan por  $m_j$ . Los valores propios se ordenan en forma no creciente y los más altos serán los elegidos como aquellos de mayor representación. Para esto, se ponderan los valores propios con (5).

$$w_j = \frac{m_j}{\sum_{j=1}^m m_j} \quad (5)$$

Donde  $m_j$  es el valor propio de la variable  $V_j$  y  $w_j$  su peso.

El método de CP se ha utilizado en varios trabajos con diferentes enfoques y en todos ellos se han obtenido resultados satisfactorios (Romero *et al.*, 2014).

## 2. Método CRITIC

El método CRITIC (Diakoulaki, Mavrotas y Papayannakis, 1992) es un proceso objetivo de ponderación de criterios. Su principio consiste en calcular las ponderaciones de manera objetiva, basándose únicamente en los datos de los ítems. Los aspectos que considera son las correlaciones entre cada par de ítems y la variabilidad de cada una de ellos por medio de su desviación estándar. Además, asigna ponderaciones menores a los ítems que están fuertemente correlacionados y a los que presentan una va-

riabilidad menor y viceversa. Este método se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Reescalar los valores entre 0 y 1 utilizando la ecuación (6).

$$I_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j\{x_{ij}\}}{\max_j\{x_{ij}\} - \min_j\{x_{ij}\}} \quad (6)$$

2. Calcular las ponderaciones  $q_j$  con la ecuación (7).

$$q_j = \sigma_{C_j} \sum_{k=1}^m [1 - \rho(C_j, C_k)] \quad (7)$$

3. Calcular las ponderaciones definitivas  $w_j$  de cada ítem  $C_j$  con la ecuación (5), aplicada a  $q_j$ .

### 3. Método de entropía

El método de entropía (Zeleny, 1981) también es objetivo en la ponderación que se basa únicamente en la variabilidad de los datos y no considera las correlaciones entre ellos. A diferencia de CRITIC y ACP, que utilizan la desviación estándar y los vectores propios, respectivamente, este método utiliza la entropía de los datos como medida de variación. Las etapas para llevarlo a cabo son las siguientes.

1. Con la ecuación (8) se obtienen los datos transformados a proporciones.

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (8)$$

Donde  $z_{ij}$  es el valor estandarizado del candidato  $i$  correspondiente al ítem  $j$ ,  $x_{ij}$  los valores de  $\mathbf{X}$  o  $\mathbf{X}^*$ .

2. El valor de entropía  $e_j$  del ítem  $j$ , se calcula con la ecuación (9).

$$e_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n z_{ij} \ln(z_{ij}) \quad (9)$$

3. El grado de divergencia  $f_j$  de cada ítem, se calcula con la ecuación (10).

$$f_j = 1 - e_j \quad (10)$$

4. Los pesos  $w_j$  de los grados de divergencia (10) se calculan con la ecuación (5), aplicada a  $q_j=f_j$ .

Este proceso pierde aplicabilidad cuando se cuenta con datos iguales a cero debido a que no existe el logaritmo de cero.

## Construcción de la función de valor

En cada método de ponderación se propone aplicar una función aditiva para los valores  $v_{ij}=y_{ij}w_j$ , en donde  $y_{ij}$  se obtiene de los valores originales  $x_{ij}$ , transformados según lo aplicado, y  $w_j$  representa al peso del ítem  $j$  para  $i=1, 2, \dots, n$  y  $j=1, 2, \dots, m$ , entonces el valor total de cada candidato se obtiene con la ecuación (11).

$$V_i = \sum_{j=1}^m v_{ij} \text{ para } i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Donde  $V_i$  es el valor total del candidato  $i$ .

Finalmente, para poder comparar los diferentes métodos, es posible reescalar estos valores con la ecuación (6) donde un valor próximo a cero indica que ese candidato representa la menor habilidad, mientras que el valor cercano o igual a 1 representa mayor habilidad para realizar investigación. Para una interpretación más simple es posible ranquear a los candidatos en donde mayor *ranking* representa mayor habilidad para realizar investigación y se considera como mejor candidato para ingresar al posgrado.

## Resultados

En el estudio son aplicados los métodos de ponderación objetiva propuestos con el objetivo de medir el nivel de preparación de los candidatos para ingresar a un posgrado y con esto poder probar las hipótesis. La información que se va a utilizar fue obtenida a través de un estudio de campo por medio de encuestas aplicadas a una muestra de la población de candidatos a ingresar a los posgrados del IPN en México. Cada uno de los **ítems** del instrumento propuesto está evaluado por los candidatos de forma difusa en uno de cinco rangos posibles.

Al momento del diseño del estudio, se definió como población a los candidatos a ingresar al posgrado en los periodos corrientes comprendidos en las convocatorias correspondientes; se consideran tres programas académicos donde se incluía el total de los elementos que ya habían realizado su registro y se encontraban cursando sus materias propedéuticas requeridas como parte del proceso de selección.

## Definición del instrumento e ítems para medir el nivel de preparación de los candidatos

Para medir la autopercepción en las habilidades de los candidatos a ingresar a un posgrado, en el instrumento se proponen dos estratos de ítems. En el primero se mide la habilidad del candidato para realizar búsquedas de información y en el segundo estrato se mide la habilidad del candidato para proponer metodologías de investigación.

### Habilidades de búsqueda de información

- SS1. Premedito el tipo de información que necesito, como libros, artículos/revistas de investigación u otros.
- SS2. Estoy consciente que la información encontrada en artículos es más revisada, editada y criticada, en comparación con la información encontrada en revistas de divulgación.
- SS3. Estoy consciente que la información puede ser obtenida a través de varias maneras (medios electrónicos, imágenes, audio y video).
- SS4. Estoy consciente que la principal fuente es el primer recurso (recurso original), aquellos trabajos relacionados con la literatura.
- SS5. Estoy consciente que la segunda fuente es aquella que se discute en el trabajo de otros.
- SS6. Uso otros recursos, además de la biblioteca de mi institución, como es el servicio de préstamo interbibliotecario.
- SS7. Identifico y busco sinónimos, temas o palabras clave que pueden ser usados para encontrar información sobre mi tema.
- SS8. Con el fin de encontrar información, leo textos generales como diccionarios o enciclopedias, para obtener más entendimiento en las terminologías usadas en mi tema.
- SS9. Necesito ampliar mi búsqueda usando palabras clave dado que la fuente de información existente indica que mi tema de investigación es demasiado estrecho.
- SS10. Estoy consciente que puedo usar atajos en mi búsqueda o puedo usar palabras raíz para empezar mi búsqueda.
- SS11. Estoy consciente que puedo encontrar un libro basado en el título.
- SS12. Tengo que conducir la búsqueda en relación con el tema a fin de identificar los títulos, de acuerdo al tema en particular.
- SS13. Busco una estrategia para encontrar información otra vez para obtener exactamente lo que quiero, si no fue exitosa la primera vez.
- SS14. Usualmente, evalúo la experiencia de los escritores para ver si es calificado en el escrito encontrado.

- SS15. Evaluó la exactitud del contenido al leer otros recursos mencionados por el escritor.
- SS16. Entiendo que el efecto contextual como las diferentes culturas, la historia y la geografía pueden influir en la perspectiva de la información.
- SS17. Me doy cuenta de que el tiempo es un factor que influye en la relevancia de la información en mi tema de investigación.
- SS18. Tengo la confirmación de mi comprensión sobre un tema determinado para conseguir una opinión o punto de vista de un experto (a través de entrevistas individuales, correo electrónico, teléfono y otros).
- SS19. Durante la búsqueda de información, arreglo cada elemento de forma sistemática.
- SS20. Soy capaz de ajustar los diferentes estilos de cita usados.
- SS21. Durante la búsqueda de información a través de una base de datos, sé cómo almacenar en mi disco o cómo enviarla a mi dirección de correo electrónico.
- SS22. Puedo guardar citas con el fin de buscar información.
- SS23. Registro los conceptos importantes para mí, utilizando mis propias palabras.
- SS24. Uso las ideas principales obtenidas de la información investigada con el fin de apoyar mi tema.
- SS25. Combino las ideas principales de una misma fuente o más, con el fin de formar una nueva idea.
- SS26. Puedo construir mi propia conclusión sobre la base de la información recogida.

## Habilidades de metodología de investigación

- MS1. Habilidad para planificar una investigación
- MS2. Desarrollo de una pregunta de investigación
- MS3. Buscar un problema de investigación
- MS4. Hacer una revisión de literatura
- MS5. Diseñar un estudio experimentado
- MS6. Seleccionar un instrumento
- MS7. Desarrollar un instrumento
- MS8. Recolectar datos de encuesta
- MS9. Escribir un *abstract*
- MS10. Preparar un manuscrito de publicación
- MS11. Seleccionar un apropiado método de investigación
- MS12. Escoger un apropiado método de análisis de datos
- MS13. Interpretar el resultado de un estudio de investigación

El tamaño de la muestra aleatoria determinada corresponde a 48 candidatos de tres maestrías: Administración (50%), Ingeniería Industrial (30%) e Informática (20%), de los cuales el 52% son mujeres y 48% son hombres, utilizando un nivel de confianza

del 95 % y 5% de error. Para conocer la homogeneidad de los elementos en estudio, se realiza un análisis descriptivo de los valores de las variables. Debido a que el llenado de encuestas no es inmediato, se decidió que los candidatos fueran elegidos a través de un muestreo sistemático con iniciación aleatoria ( $k=3$  subgrupos, con  $m=10$  candidatos registrados), considerando un candidato de cada 10 que se registran. El instrumento definido para el estudio se aplicó al total de la muestra.

### Matriz de información y coeficiente alfa de Cronbach

Después de definir el instrumento de medición de las habilidades de los candidatos, establecidos los ítems y recolectada la información a través de un muestreo sistemático, se acomodan los datos en una matriz de información  $\mathbf{X}$ , de orden  $n \times m$ , en donde las columnas representan a los ítems  $m=39$  y las filas a los candidatos  $n=48$ .

En la matriz de información resultaron 15 datos faltantes que fueron llenados con el promedio de los promedios por candidato y por ítem. La matriz resultante se muestra en la *tabla A1* del anexo.

Con la matriz de información, se valida el instrumento aplicado para ambas habilidades y cada habilidad por separado. Se calcula el coeficiente alfa de Cronbach para toda la matriz de información, la matriz de habilidades de búsqueda de información y la matriz de habilidades de metodologías de investigación, resultando  $\alpha_T=0.87061$ ,  $\alpha_S=0.81105$  y  $\alpha_M=0.80632$ , respectivamente. Por lo tanto, se concluye que el instrumento total o por cada una de las dos habilidades es válido.

### Ponderación de variables para medir la habilidad de investigación

Se van a utilizar los tres métodos de ponderación para calcular los valores de habilidades reescalados entre 0 y 1. Después, los valores encontrados serán ranqueados.

#### *1. Método de componentes principales para medir la habilidad de investigación*

Ahora son calculados los valores propios de la matriz de información proporcionada en A1. Como parte del análisis de componentes principales (ACP), se realiza con la intención de conocer la unicidad entre las variables (habilidades de búsqueda de información-S y habilidades de metodología de investigación-M), el cálculo de la matriz de correlaciones entre variables usando SPSS 25,

donde el valor del determinante de dicha matriz fue  $1.665 \times 10^{-15}$  que, al ser muy pequeño, indica que el grado de intercorrelación entre las variables es muy alto, lo que es propicio para el estudio. Con la idea de justificar el uso del ACP, en el marco de los métodos multivariantes de reducción de la dimensión en escalas de medidas de variables cuantitativas (López y Gutiérrez, 2019), se realiza el test de esfericidad de Bartlett que permite contrastar, formalmente, la existencia de correlación entre las variables, obteniéndose un p-valor de 0.000, lo que implica que existe correlación significativa entre las variables en estudio. Aunado a esto, para discriminar el uso del análisis factorial como técnica de reducción, se determina la medida de adecuación muestral KMOT (total) que para las variables en estudio es de 0.261, lo que indica una inaceptable adecuación de la muestra a la prueba de análisis factorial, pero no así al ACP.

Posteriormente, los valores se reescalan entre 0 y 1 con la ecuación (6), obteniendo el vector de pesos  $\mathbf{W}$ . Véase *tabla 1*.

A partir del vector de pesos (*tabla 1*) se calcula la función de valor aditivo para cada candidato y sus valores se resumen en  $\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{w}$ . Finalmente, se reescalan estos valores entre 0 y 1 con la ecuación (6) y los valores resultantes se ranquean asignando 1 para el menor valor y que corresponde al candidato con menor habilidad para realizar investigación, 2 para el valor subsecuente y así hasta el candidato 48 que corresponde al de mayor habilidad para realizar investigación. Los resultados se exponen en la columna C.P. de la *tabla 4* en donde se muestran los valores de la función de valor aditiva para cada candidato y su *ranking* correspondiente.

## 2. Método CRITIC para medir la habilidad de investigación

A partir de la matriz  $\mathbf{X}$  y utilizando la ecuación (6), se reescalan los valores de cada variable entre 0 y 1. A partir de la nueva matriz reescalada, y aplicando la ecuación (3), es calculada la desviación estándar de cada variable. Con estos valores y la ecuación (7), se calcula la ponderación de las variables  $q_p$ , posteriormente, son

**Tabla 1.** Pesos de los ítems por el método de componentes principales

Ítem	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	SS10	SS11	SS12	SS13
$w_i$	0.2232	0.1634	0.0985	0.0853	0.0704	0.0529	0.0491	0.0431	0.0386	0.0281	0.0226	0.0222	0.0196
Ítem	SS14	SS15	SS16	SS17	SS18	SS19	SS20	SS21	SS22	SS23	SS24	SS25	SS26
$w_i$	0.015	0.0117	0.0105	0.0081	0.0075	0.0065	0.0053	0.0044	0.0029	0.0025	0.0018	0.0016	0.0014
Ítem	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	MS10	MS11	MS12	MS13
$w_i$	0.0012	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0001	0.0001	6E-05	4E-05	2E-05	5E-06	0	0

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Pesos de los ítems por el método CRITIC

Ítem	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	SS10	SS11	SS12	SS13
$w_i$	0.034	0.024	0.03	0.028	0.025	0.026	0.024	0.031	0.027	0.027	0.033	0.02	0.021
Ítem	SS14	SS15	SS16	SS17	SS18	SS19	SS20	SS21	SS22	SS23	SS24	SS25	SS26
$w_i$	0.026	0.02	0.027	0.025	0.028	0.026	0.023	0.03	0.023	0.028	0.022	0.022	0.021
Ítem	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	MS10	MS11	MS12	MS13
$w_i$	0.027	0.021	0.022	0.039	0.031	0.025	0.02	0.023	0.025	0.026	0.02	0.027	0.022

Fuente: Elaboración propia.

calculados los pesos de cada ítem con la ecuación (5). Los resultados se muestran en la *tabla 2*.

A partir del vector de pesos (*tabla 2*) se calcula la función de valor aditivo para cada candidato. Finalmente, se reescalan estos valores entre 0 y 1 (con la ecuación 6) y los valores resultantes se ranquean, de la misma forma que se hizo en componentes principales. Los resultados se exponen en la columna CRITIC de la *tabla 4* en donde se muestran los valores para cada candidato de la función de valor aditiva y su *ranking* correspondiente.

### 3. Método de Entropía para medir la habilidad de investigación

A partir de la matriz  $\mathbf{X}$  y utilizando la ecuación (8) se calcula,  $z_{ij}$ , el valor estandarizado del candidato  $i$ , correspondiente al ítem  $j$ . Posteriormente, con la ecuación (9) se calcula la entropía,  $e_j$ , por ítem, y con la ecuación (10) la divergencia de la entropía  $f_j$ . Estos valores se ponderan con la ecuación (5). Los pesos se muestran en la *tabla 3*.

A partir del vector de pesos (*tabla 3*) se calcula la función de valor aditivo para cada candidato. Finalmente, se reescalan estos valores entre 0 y 1 con la ecuación (6) y los valores resultantes se ranquean, de la misma forma que se hizo en componentes principales. Los resultados se exponen en la columna Entropía de la *tabla 4* en donde se muestran los valores, de cada candidato, de la función de valor aditiva y su *ranking* correspondiente.

**Tabla 3.** Pesos de los ítems por el método de Entropía

Ítem	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	SS10	SS11	SS12	SS13
$w_i$	0.0111	0.0316	0.0085	0.0392	0.0371	0.0348	0.0151	0.0225	0.0224	0.0173	0.0275	0.0136	0.0310
Ítem	SS14	SS15	SS16	SS17	SS18	SS19	SS20	SS21	SS22	SS23	SS24	SS25	SS26
$w_i$	0.0542	0.0313	0.0267	0.0204	0.0319	0.0219	0.0242	0.0288	0.0357	0.0189	0.0169	0.0152	0.0106
Ítem	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	MS10	MS11	MS12	MS13
$w_i$	0.0199	0.0183	0.0130	0.0163	0.0423	0.0292	0.0316	0.0172	0.0225	0.0479	0.0318	0.0306	0.0310

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 4.** Valores y ranking de habilidades de los candidatos para ingresar al posgrado

Candidato	CRITIC		Entropía		C.P.		Diferencia en valor absoluto		
	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	C-E	C-CP	E-CP
A1	0.6908	34	0.6714	28	0.6481	24	6	10	4
A2	0.7496	42	0.8232	41	0.5910	16	1	26	25
A3	0.7029	35	0.6903	32	0.7516	34	3	1	2
A4	0.7069	36	0.7347	36	0.7761	35	0	1	1
A5	0.7456	40	0.8004	38	0.9247	46	2	6	8
A6	0.5614	12	0.6039	18	0.6435	23	6	11	5
A7	0.7749	43	0.8053	40	1.0000	48	3	5	8
A8	0.5925	17	0.6473	26	0.5268	13	9	4	13
A9	0.4770	4	0.3780	4	0.3014	5	0	1	1
A10	0.5520	10	0.4972	10	0.5619	15	0	5	5
A11	0.6514	30	0.5873	17	0.6148	17	13	13	0
A12	0.6468	29	0.6391	23	0.8405	43	6	14	20
A13	0.8094	47	0.9663	47	0.9131	45	0	2	2
A14	0.7929	45	0.9434	46	0.8458	44	1	1	2
A15	0.7137	37	0.7316	35	0.8111	42	2	5	7
A16	0.6155	21	0.6505	27	0.7088	31	6	10	4
A17	0.6160	22	0.6180	21	0.7359	33	1	11	12
A18	0.5680	13	0.5709	13	0.6268	20	0	7	7
A19	0.6673	32	0.6468	25	0.3864	7	7	25	18
A20	0.5549	11	0.5745	14	0.4537	8	3	3	6
A21	0.5684	14	0.5820	16	0.6654	27	2	13	11
A22	0.7983	46	0.9093	43	0.7939	40	3	6	3
A23	0.7235	38	0.8044	39	0.7818	37	1	1	2
A24	0.4813	5	0.4355	7	0.4843	10	2	5	3
A25	0.6390	27	0.6853	31	0.6905	28	4	1	3
A26	0.6061	19	0.6143	19	0.7786	36	0	17	17
A27	0.4470	2	0.3241	3	0.1268	2	1	0	1
A28	0.4638	3	0.3187	2	0.9719	47	1	44	45
A29	0.6405	28	0.6227	22	0.5087	12	6	16	10
A30	0.6349	25	0.6423	24	0.6996	30	1	5	6
A31	0.7337	39	0.9374	45	0.7867	39	6	0	6
A32	0.7915	44	0.9195	44	0.6214	19	0	25	25
A33	0.6110	20	0.5808	15	0.3276	6	5	14	9
A34	0.5718	15	0.4794	9	0.6607	26	6	11	17
A35	0.6179	23	0.5445	11	0.7304	32	12	9	21
A36	0.6722	33	0.7469	37	0.6302	21	4	12	16
A37	0.5845	16	0.6172	20	0.5444	14	4	2	6

(continúa)

**Tabla 4.** Valores y *ranking* de habilidades de los candidatos para ingresar al posgrado (Continuación)

Candidato	CRITIC		Entropía		C.P.		Diferencia en valor absoluto		
	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	C-E	C-CP	E-CP
A38	0.6610	31	0.7199	34	0.7855	38	3	7	4
A39	0.8984	48	1.0000	48	0.6951	29	0	19	19
A40	0.5121	7	0.4517	8	0.4857	11	1	4	3
A41	0.3161	1	0.0000	1	0.0000	1	0	0	0
A42	0.6350	26	0.6825	30	0.6593	25	4	1	5
A43	0.5244	8	0.5638	12	0.4842	9	4	1	3
A44	0.5929	18	0.6769	29	0.6380	22	11	4	7
A45	0.5279	9	0.3964	5	0.2100	4	4	5	1
A46	0.4943	6	0.4303	6	0.1660	3	0	3	3
A47	0.6338	24	0.7151	33	0.6167	18	9	6	15
A48	0.7489	41	0.8552	42	0.8039	41	1	0	1
							<b>164</b>	<b>392</b>	<b>412</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Medida de habilidades de investigación por estratos

Para tener una comparación más objetiva referente al método y al *ranking* de los candidatos para ingresar a un posgrado, se realiza un comparativo adicional, considerando los dos estratos de habilidades definidos en el instrumento.

En cada uno de los estratos se repiten los cálculos realizados para la matriz de información, obteniendo los pesos mostrados en las *tablas 5, 6 y 7*.

Con los pesos encontrados, se calculan las funciones aditivas de valor de cada candidato para cada una de las dos habilidades. Con los dos valores obtenidos, se forma una matriz de información y se repiten los cálculos anteriores para obtener un valor para cada candidato. Finalmente, se reescalan estos valores entre 0 y 1 con la ecuación (6) y los valores resultantes se ranquean, obteniendo las jerarquías de los candidatos para cada método. Los resultados se muestran en la *tabla 8*.

**Tabla 5.** Pesos de los ítems por el método de componentes principales para las dos habilidades

Ítem	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	SS10	SS11	SS12	SS13
$w_i$	0.2248	0.1844	0.0949	0.0837	0.0697	0.0668	0.0529	0.0384	0.0346	0.0268	0.0264	0.0211	0.0166
Ítem	SS14	SS15	SS16	SS17	SS18	SS19	SS20	SS21	SS22	SS23	SS24	SS25	SS26
$w_i$	0.0129	0.0103	0.0092	0.0062	0.0051	0.0048	0.0038	0.0026	0.0017	0.0012	0.0007	0.0005	0.0002
Ítem	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	MS10	MS11	MS12	MS13
$w_i$	0.4687	0.1548	0.1231	0.069	0.0588	0.0326	0.0294	0.0229	0.0161	0.0108	0.0072	0.0044	0.0022

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6.** Pesos de los ítems por el método CRITIC para las dos habilidades

Ítem	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	SS10	SS11	SS12	SS13
$w_i$	0.053	0.037	0.043	0.043	0.038	0.038	0.036	0.047	0.039	0.038	0.046	0.029	0.031
Ítem	SS14	SS15	SS16	SS17	SS18	SS19	SS20	SS21	SS22	SS23	SS24	SS25	SS26
$w_i$	0.040	0.031	0.040	0.038	0.044	0.039	0.035	0.044	0.034	0.042	0.033	0.032	0.030
Ítem	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	MS10	MS11	MS12	MS13
$w_i$	0.087	0.067	0.073	0.117	0.093	0.073	0.054	0.077	0.088	0.080	0.057	0.076	0.058

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.** Pesos de los ítems por el método de Entropía para las dos habilidades

Ítem	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	SS10	SS11	SS12	SS13
$w_i$	0.0171	0.0487	0.0131	0.0605	0.0572	0.0537	0.0233	0.0347	0.0346	0.0267	0.0424	0.0209	0.0479
Ítem	SS14	SS15	SS16	SS17	SS18	SS19	SS20	SS21	SS22	SS23	SS24	SS25	SS26
$w_i$	0.0836	0.0483	0.0411	0.0314	0.0491	0.0338	0.0374	0.0445	0.0550	0.0291	0.0260	0.0235	0.0164
Ítem	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	MS10	MS11	MS12	MS13
$w_i$	0.0567	0.0520	0.0369	0.0465	0.1202	0.0832	0.0899	0.0488	0.0639	0.1362	0.0904	0.0869	0.0882

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.** Valores y ranking de habilidades, por estratos, de los candidatos para ingresar al posgrado

Candidato	CRITIC		Entropía		C.P.		Diferencia en valor absoluto		
	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	C-E	C-CP	E-CP
A1	0.6273	35	0.5714	31	0.4418	19	4	16	12
A2	0.7308	43	0.8032	42	0.4854	21	1	22	21
A3	0.5998	34	0.5489	27	0.5521	30	7	4	3
A4	0.5971	33	0.5111	21	0.7859	44	12	11	23
A5	0.6563	36	0.6291	34	0.6233	37	2	1	3
A6	0.4269	15	0.4839	17	0.6345	38	2	23	21
A7	0.7214	42	0.6505	37	0.7292	43	5	1	6
A8	0.5122	22	0.6466	36	0.4104	17	14	5	19
A9	0.3224	5	0.2546	6	0.2324	5	1	0	1
A10	0.4176	12	0.4304	14	0.3445	13	2	1	1
A11	0.5513	27	0.4556	16	0.5245	26	11	1	10
A12	0.5130	23	0.4192	13	0.5312	28	10	5	15
A13	0.8790	47	1.0000	48	1.0000	48	1	1	0
A14	0.8229	46	0.9040	46	0.8949	46	0	0	0
A15	0.6838	39	0.6967	39	0.8132	45	0	6	6
A16	0.4726	20	0.4548	15	0.3437	12	5	8	3
A17	0.5037	21	0.5423	25	0.5276	27	4	6	2
A18	0.4068	9	0.3451	9	0.2952	9	0	0	0

(continúa)

**Tabla 8.** Valores y *ranking* de habilidades, por estratos, de los candidatos para ingresar al posgrado (Continuación)

Candidato	CRITIC		Entropía		C.P.		Diferencia en valor absoluto		
	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	f-valor	Ranking	C-E	C-CP	E-CP
A19	0.5674	32	0.5065	20	0.2531	7	12	25	13
A20	0.4131	11	0.4928	18	0.4334	18	7	7	0
A21	0.4541	19	0.5197	22	0.5529	31	3	12	9
A22	0.8119	45	0.9024	45	0.6406	40	0	5	5
A23	0.6928	40	0.7395	40	0.6433	41	0	1	1
A24	0.3004	4	0.3365	8	0.2222	4	4	0	4
A25	0.5541	28	0.5536	28	0.5601	32	0	4	4
A26	0.4412	17	0.3951	11	0.4569	20	6	3	9
A27	0.2295	3	0.1806	4	0.0957	2	1	1	2
A28	0.2254	2	0.0000	1	0.6183	36	1	34	35
A29	0.5607	30	0.5198	23	0.5188	25	7	5	2
A30	0.5595	29	0.6092	32	0.5713	33	3	4	1
A31	0.7006	41	0.8762	43	0.6147	35	2	6	8
A32	0.8040	44	0.8954	44	0.6368	39	0	5	5
A33	0.5436	25	0.5586	30	0.5138	24	5	1	6
A34	0.3506	7	0.1345	3	0.0000	1	4	6	2
A35	0.4183	13	0.2293	5	0.2874	8	8	5	3
A36	0.6763	38	0.7656	41	0.6989	42	3	4	1
A37	0.4514	18	0.5296	24	0.3339	11	6	7	13
A38	0.5622	31	0.6227	33	0.5775	34	2	3	1
A39	0.9458	48	0.9325	47	0.9044	47	1	1	0
A40	0.3593	8	0.3816	10	0.1235	3	2	5	7
A41	0.1448	1	0.0114	2	0.2393	6	1	5	4
A42	0.5141	24	0.5424	26	0.4895	23	2	1	3
A43	0.4225	14	0.5563	29	0.4873	22	15	8	7
A44	0.4358	16	0.5030	19	0.4021	16	3	0	3
A45	0.4104	10	0.3160	7	0.3476	14	3	4	7
A46	0.3385	6	0.4170	12	0.3488	15	6	9	3
A47	0.5468	26	0.6380	35	0.5495	29	9	3	6
A48	0.6655	37	0.6784	38	0.3201	10	1	27	28
							<b>198</b>	<b>312</b>	<b>338</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Comparativos en las jerarquías de los candidatos al posgrado

Con los resultados obtenidos en las *tablas* 4 y 8 se hace una comparación en pares sobre las jerarquías obtenidas con los tres métodos: resultado del método CRITIC con el de Entropía (C-E), CRITIC

**Tabla 9.** Comparaciones del ranking, con el mismo método, de los candidatos para ingresar al posgrado

Cand.	C-C	E-E	CP-CP	Cand.	C-C	E-E	CP-CP	Cand.	C-C	E-E	CP-CP	Cand.	C-C	E-E	CP-CP
A1	1	3	5	A13	0	1	3	A25	1	3	4	A37	2	4	3
A2	1	1	5	A14	1	0	2	A26	2	8	16	A38	0	1	4
A3	1	5	4	A15	2	4	3	A27	1	1	0	A39	0	1	18
A4	3	15	9	A16	1	12	19	A28	1	1	11	A40	1	2	8
A5	4	4	9	A17	1	4	6	A29	2	1	13	A41	0	1	5
A6	3	1	15	A18	4	4	11	A30	4	8	3	A42	2	4	2
A7	1	3	5	A19	0	5	0	A31	2	2	4	A43	6	17	13
A8	5	10	4	A20	0	4	10	A32	0	0	20	A44	2	10	6
A9	1	2	0	A21	5	6	4	A33	5	15	18	A45	1	2	10
A10	2	4	2	A22	1	2	0	A34	8	6	25	A46	0	6	12
A11	3	1	9	A23	2	1	4	A35	10	6	24	A47	2	2	11
A12	6	10	15	A24	1	1	6	A36	5	4	21	A48	4	4	31
												Total	110	212	432

Fuente: Elaboración propia.

con Componentes Principales (C-CP) y Entropía con Componentes Principales (E-CP). Las comparaciones se llevan a cabo, en ambos casos, con una sola matriz de información y estratificando por ambas habilidades. Las diferencias se consideran en valor absoluto y se muestran en las *tablas* 4 y 8, en las columnas de diferencia en valor absoluto.

Por último, con los resultados obtenidos en las *tablas* 4 y 8 se hace una comparación similar a la anterior, pero con el mismo método para ambos casos, con una sola matriz de información y estratificando por ambas habilidades. Las diferencias se consideran en valor absoluto y se muestran en la *tabla* 9.

## Discusión y conclusiones

Después de realizar todas las comparaciones probables ( $C_1^3 + 2C_2^3 = 9$ ), es posible probar la Hipótesis 1. Con los resultados obtenidos de las comparaciones de los métodos de ponderación que se muestran en las *tablas* 4, 8 y 9, se puede apreciar que el método CRITIC presenta menor variabilidad; en la *tabla* 4 se tiene un valor de 164 C-E y 392 C-CP por 412 de E-CP; en la *tabla* 8 se tiene el valor de 198 para C-E y 312 para C-CP por 338 de E-CP y, finalmente, en la *tabla* 9 se muestra el valor de 110 para C-C por 212 de E-E y 432 de CP-CP.

Para probar la Hipótesis 2, se emplean los cálculos realizados por estratos para las jerarquías de los candidatos en donde son

**Tabla 10.** Pesos de las dos habilidades para calcular las jerarquías de los candidatos

Habilidad	CRITIC	Entropía	CP
Búsqueda de información	0.4462	0.3156	0.3327
Metodología	0.5538	0.6844	0.6673

Fuente: Elaboración propia.

obtenidos los pesos mostrados en la *tabla 10* para cada habilidad, y con esto se comprueba la Hipótesis 2.

El instrumento propuesto, con valores difusos, para medir las habilidades de investigación de los candidatos a un posgrado, resultó ser confiable tanto en forma total como por estratos. Como se observa, es posible utilizar el método CRITIC con el propósito de medir las habilidades de investigación para seleccionar a los candidatos que deseen ingresar a un posgrado. Este método tiene la particularidad de eliminar la subjetividad en sus decisiones debido a que pondera a los ítems del instrumento de manera objetiva y es mejor que los otros dos métodos, ya que presenta menor variabilidad en las jerarquías con todas las combinaciones posibles de comparación que se pueden formar con los tres métodos.

Una de las limitaciones principales de los modelos matemáticos que se aplican a esta investigación tiene que ver con la suposición misma en el paradigma de la multicausalidad de los fenómenos, pues se debe considerar que problemáticas de este tipo no deben ser trabajadas desde un área solamente ni tampoco suponer que los fenómenos son totalmente explicables por medio de ellos, lo cual, hasta cierto punto, puede ser peligroso dado que siempre existirá la probabilidad de un efecto, tal vez mínimo, de interpretación o de confusión entre la interrelación de las variables en estudio o, inclusive, en su propia definición.

A partir de la presente propuesta, es posible dilucidar un método alternativo objetivo y fiable (de innovación educativa), pensado en función de satisfacer una demanda específica que es, sin duda, complementario al proceso educativo común de selección de estudiantes que desean incorporarse a un posgrado, que parte de un panorama distinto donde como elemento principal se contempla la autopercepción en las habilidades más importantes requeridas en la investigación y que busque la mejora continua sustancial de su aprovechamiento a lo largo de su paso por una universidad. Dicha propuesta podría ser un auxiliar importante para ayudar a los tomadores de decisiones en la elección de los candidatos.

Una de las acciones que debe considerarse como futuro trabajo corresponde a la revisión sistemática de la población, del cálculo del tamaño de la muestra, de la aplicación del instrumento, así como su posterior adecuación y uso con la idea de generar

elementos estadísticos para conocer con cercanía la homogeneidad y heterogeneidad de los individuos participantes en la presente investigación. Por ejemplo, se podría usar una prueba de Levene, definida a partir de la hipótesis nula de que las varianzas de la población son iguales.

Además, sería útil plantear un nuevo trabajo en el que se incluya un análisis multivariable exploratorio de reducción factorial para conocer si es posible agrupar, con la idea de reducir o redefinir el número de variables que intervienen en el estudio, y comprobar hasta qué punto los ítems que los conforman representan adecuadamente los constructos de interés o sus diferentes dimensiones (Mavrou, 2015).

Otro futuro trabajo consistiría en conocer las correlaciones entre autopercepciones de aptitudes y otros indicadores obtenidos, con base en pruebas tales como exámenes de admisión en el proceso de selección.

## Agradecimientos

Al grupo de investigación y trabajo académico de matemáticas, GITAM, de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales (UPIICSA) del IPN. A la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la UPIICSA, así como a la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN. De igual forma, al Programa de Estímulo al Desempeño Docente (PEDD). A la memoria del Dr. Eduardo Gutiérrez González.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

## Referencias

- Afshari, A., Mojahed, M. y Yusuff, R. M. (2010). Simple Additive Weighting Approach to Personnel Selection Problem. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 1(5), 511-515.
- Aghdaie, M. H. y Behzadian, M. (2010). A Hybrid Fuzzy MCDM Approach to Thesis Subject Selection. *Journal of Mathematics and Computer Science*, 1(4), 355-365. doi:10.22436/jmcs.001.04.13
- Aguilar, M., Monroy, A., García, B., Tinoco, A. I., Álvarez, J. A. y Álvarez, T. (2021). Habilidades de investigación científica en los alumnos de nivel superior, estudio de caso. *Revista educ@rnos*, 11(42), 61-82.

- Altunok, T., Özpeynirci, Ö., Kazançoğlu, Y. y Yılmaz, R. (2010). Comparative Analysis of Multicriteria Decision Making Methods for Postgraduate Student Selection. *Eurasian Journal of Educational Research* 10(40), 1-15.
- Araujo, M., Pérez, J. I., Pasamontes, M., González, O. B., Castellanos, C. M. y Ávalos, N. F. (2013). *Talleres para el desarrollo de habilidades investigativas desde la asignatura Metodología de la Investigación*. *Edumecentro* 5(3), 167-182.
- Belton, V. y Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston: Springer.
- Blanchard, W., Pierce, G. A. y Hood, S. M. (1989). Multicriteria Analysis: Managing Complexity in Selecting a Student-Information System. *Research in Higher Education*, 30(1).
- Bore, M., Munro, D. y Powis, D. (2009). A Comprehensive Model for the Selection of Medical Students. *Medical Teacher*, 31(12), 1066-1072.
- Carpio, A., Díaz, C., Rodríguez, R., Ferrer, B. A. y Manso, E. (2015). Habilidades investigativas en estudiantes de medicina. Universidad de Ciencias Médicas de Sancti Spiritus. Curso 2013-2014. *Gaceta Médica Espirituana*, 17(3), 103-117.
- Carrillo, R. M. y Carnero, A. M. (2013). Autoevaluación de habilidades investigativas e intención de dedicarse a la investigación en estudiantes de primer año de medicina de una universidad privada en Lima, Perú. *Revista Médica Herediana*, 24(1), 17-25.
- Clark, H. L., Cole, R. E. y Funderburk, L. K. (2018). US Military Dietetic Internship and Graduate Program: Retrospective Analysis of Selection Criteria and Student Success. *J Acad Nutr Diet*, 118(6), 1057-1064. doi:10.1016/j.jand.2017.12.002
- Creswell, J. W. y Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California, EUA: Sage Publications.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Davey, A., Olson, D. y Wallenius, J. (1994). The Process of Multiattribute Decision Making: A case study of selecting applicants for a Ph.D. program. *European Journal of Operational Research*, 72(3), 469-484.
- Dempster, A. P., Laird, N. M. y Rubin, D. B. (1977). Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society*, 39(1), 1-38.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. y Papayannakis, L. (1992). A multicriteria approach for evaluating the performance of industrial firms. *Omega*, 20(4), 467-474.
- Dyer, J. S., Fishburn, P. C., Steuer, R. E., Wallenius, J. y Zionts, S. (1992). Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: The Next Ten Years. *Management Science*, 38(5), 645-654.
- Figueira, J., Greco, S. y Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Boston: Springer.
- Gutiérrez, E., Panteleeva, O. V., Reyes, J. M. y Jiménez, V. I. (2013). Recruitment Model in a Service Company. *Pensee Journal*, 75(11), 407-431.
- Gyarteng, H., Owusu, D., Edwards, D., Baidoo, I. y El-Gohary, H. (2021). An assessment of students' job preference using a discrete choice experiment: a postgraduate case study. *Journal of Humanities and Applied Social Sciences*. doi:10.1108/JHASS-02-2020-0025.
- Herrera, G. L. (2014). Concepción pedagógica del proceso de formación de habilidades investigativas. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 18(4), 14.
- Hotteling, H. (1933). Analysis of a Complex of Statistical Variables Into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*, 24(6), 417-441.
- Huamani, M., Alegría, D., López, M., Tarqui, C. B. y Ormeño, L. (2011). Conocimientos, prácticas y habilidades sobre la búsqueda bibliográfica y percepción estudiantil



- sobre la capacitación universitaria en investigación, en estudiantes de obstetricia. *Educación Médica*, 14(4), 235-240.
- Kasanen, E., Wallenius, H., Wallenius, J. y Zionts, S. (2000). Study of high-level Managerial Decision Processes, with Implications for MCDM Research. *European Journal of Operational Research*, 120(3), 496-510.
- Koksalan, M., Wallenius, J. y Zionts, S. (2011). *Multiple Criteria Decision Making: From Early History to the 21st Century*. Singapur: World Scientific Publishing Company.
- Liang, G-S. y Wang, M-J. (1994). Personnel Selection Using Fuzzy MCDM Algorithm. *European Journal of Operational Research*, 78(1), 22-33.
- López, M. y Gutiérrez, L. (2019). Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(2), 1-14. doi:http://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057.
- Llamazares, B. y Peña, T. (2013). Aggregating preferences rankings with variable weights. *European Journal of Operational Research*, 230(2), 348-355.
- Mavrou, I. (2015). Análisis factorial exploratorio: Cuestiones conceptuales y metodológicas. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada a la Enseñanza de Lenguas*, (19), 71-80.
- Meerah, T. S., Osman, K., Zakaria, E., Ikhsan, Z. H., Krish, P., Lian, D. K. y Mahmud, D. (2012a). Developing an Instrument to Measure Research Skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 60, 630-636.
- Meerah, T. S., Osman, K., Zakaria, E., Ikhsan, Z. H., Krish, P., Lian, D. K. y Mahmud, D. (2012b). Measuring Graduate Students Research Skills. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 60, 626-629.
- Mustafa, A. y Goh, M. (1996). Multi-criterion Models for Higher Education Administration. *Omega*, 24(2), 167-178.
- Obuku, E. A., Lavis, J. N., Kinengyere, A., Mafigiri, D. K., Sengooba, F., Karamagi, C. y Sewankambo, N. K. (2017). Where is students' research in evidence-informed decision-making in health? Assessing productivity and use of postgraduate students' research in low- and middle-income countries: a systematic review. *Health Research Policy and Systems*, 15(1), 18. doi:10.1186/s12961-017-0169-9.
- Pearson, K. (1901). On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. *Philosophical Magazine*, 2(11), 559-572.
- Polonsky, M. y Waller, D. (2011). *Designing and Managing a Research Project: A Business Student's Guide*. California, EUA: Sage Publications.
- Romero, M. E., Gutiérrez, E., Panteleeva, O. y Jiménez, S. R. (2014). Poverty Measures with Entropy Weight Methods. *European Journal of Social Sciences*, 44(4), 404-421.
- Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L., Peniwati, K. y Shang, J. S. (2007). The Analytic Hierarchy Process and Human Resource Allocation: Half the story. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7-8), 1041-1053.
- Saaty, T. L. y Ramanujam, V. (1983). An Objective Approach to Faculty Promotion and Tenure Analytic Hierarchy Process. *Research in Higher Education*, 18(3), 311-331.
- Stewart, T. J. (1992). A Critical Survey on the Status of Multiple Criteria Decision Making Theory and Practice. *Omega*, 20(5-6), 569-586.
- Towers, A. y Towers, N. (2020). Re-evaluating the postgraduate students' course selection decision making process in the digital era. *Studies in Higher Education*, 45(6), 1133-1148. doi:10.1080/03075079.2018.1545757.
- Wang, M. L., Li, L. L. y He, D. J. (2013). A Teaching Evaluation Model Based on Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. *Applied Mechanics and Materials*, 333-335, 2197-2201. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.333-335.2197.

- Yeh, C. H. (2003). The Selection of Multiattribute Decision Making Methods for Scholarship Student Selection. *International Journal of Selection and Assessment*, 11(4), 289-296.
- Yeh, C. H., Deng, H. y Chang, Y. H. (2000). Fuzzy Multicriteria Analysis for Performance Evaluation of Bus Companies. *European Journal of Operational Research*, 126(3), 459-473.
- Yoon, K. P. y Hwang, C-L. (1995). *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*. California, EUA: SAGE Publications.
- Yu, P-L. (1985). *Multiple-Criteria Decision Making: Concepts, Techniques, and Extensions*. Nueva York, EUA: Springer.
- Zeleny, M. (1981). *Multiple Criteria Decision Making*. Nueva York, EUA: McGraw Hill.
- Zhou, R., Fan, F., He, D. y Qiu, W. (2012). Integrated entropy weight method based on data stability and subjective preference in multi-attribute group decision-making. *Kongzhi yu Juece/Control and Decision*, 27(8), 1169-1174.

Anexos

**Tabla A1.** Primera parte de los valores del instrumento aplicado a los 48 candidatos a ingresar a un posgrado

	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9	SS10	SS11	SS12	SS13	SS14	SS15	SS16	SS17	SS18	SS19	SS20
A1	4.0	4.0	5.0	2.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	4.0
A2	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	2.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	3.0
A3	5.0	4.0	5.0	1.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	5.0
A4	4.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	5.0	5.0	3.0	4.0	3.0
A5	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0
A6	4.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	4.0	2.0	4.0	3.0	2.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0
A7	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	5.0	3.0	4.0	3.0	5.0	4.0	5.0	4.0
A8	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	5.0	5.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	2.0	2.0	4.0
A9	4.0	5.0	3.0	2.0	1.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	2.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0
A10	3.0	4.0	5.0	5.0	3.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	5.0	2.0	4.0	3.0
A11	4.0	3.0	5.0	5.0	3.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	5.0	4.0	3.0	1.0	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	3.0
A12	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	3.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	4.0	3.0
A13	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0
A14	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0
A15	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	2.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0
A16	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0
A17	4.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	2.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0
A18	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0
A19	3.0	4.0	4.0	1.0	1.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	2.0	4.0	4.0
A20	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0	2.0	3.0	4.0
A21	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0
A22	5.0	4.0	4.0	3.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	2.0	5.0	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
A23	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0
A24	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.6	4.0	5.0	4.0	5.0	3.6	5.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0
A25	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0
A26	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0
A27	3.0	2.0	5.0	3.0	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	4.0	2.0	3.0	4.0	3.0	5.0	5.0	4.0	4.0
A28	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	2.0	4.0	2.0	5.0	2.0
A29	5.0	3.0	4.0	3.0	2.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.9	2.0	4.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0
A30	5.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0
A31	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
A32	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	2.0	3.0
A33	3.0	3.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	2.0	2.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
A34	4.0	3.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
A35	5.0	3.0	5.0	2.0	4.0	5.0	5.0	5.0	3.8	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	1.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0
A36	4.1	4.0	5.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	4.0	4.0	3.0	3.0
A37	4.0	3.0	4.0	3.8	3.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0
A38	5.0	4.0	4.0	3.9	3.0	5.0	5.0	3.9	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
A39	5.0	1.0	5.0	4.0	5.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
A40	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	3.0	2.0	4.0	4.0	3.6	2.0	2.0	4.0	4.0	3.0	4.0	2.0
A41	5.0	2.0	3.0	2.0	3.0	1.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0
A42	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0
A43	4.0	3.7	3.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	2.0	3.0	2.0	4.0	3.0	4.0	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0	3.0
A44	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
A45	3.0	2.0	5.0	4.0	4.0	2.0	5.0	2.0	2.0	5.0	5.0	4.0	4.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0
A46	3.0	2.0	5.0	3.0	3.0	5.0	2.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	1.0	2.0	5.0	4.0	3.0	3.0	2.0
A47	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0
A48	4.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A1.** Segunda parte de los valores del instrumento aplicado a los 48 candidatos a ingresar a un posgrado

	SS21	SS22	SS23	SS24	SS25	SS26	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7	MS8	MS9	MS10	MS11	MS12	MS13
A1	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.0	2.0
A2	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0
A3	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0
A4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	2.0	3.0	3.0	2.0	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0
A5	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	<b>4.1</b>	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0
A6	2.0	4.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0
A7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	2.0	5.0	2.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0
A8	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
A9	2.0	3.0	4.0	3.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	2.0	2.0	3.0
A10	3.0	3.0	4.0	2.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	2.0	2.0	4.0	5.0	4.0
A11	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	5.0	1.0	4.0	3.0	5.0
A12	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	1.0	4.0	3.0	4.0
A13	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
A14	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
A15	5.0	3.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	<b>3.8</b>	3.0	4.0	3.0	3.0	5.0	5.0
A16	3.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0
A17	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
A18	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0
A19	5.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	5.0	2.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0
A20	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0
A21	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0
A22	5.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0
A23	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
A24	4.0	2.0	3.0	3.0	2.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0
A25	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0
A26	3.0	4.0	3.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0
A27	4.0	1.0	4.0	4.0	3.0	5.0	3.0	3.0	5.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0
A28	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	4.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0
A29	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0
A30	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
A31	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0
A32	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0
A33	3.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0
A34	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0	2.0	1.0	4.0	4.0	4.0	2.0	2.0	1.0
A35	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	<b>3.9</b>	<b>3.8</b>	2.0	2.0	2.0	1.0
A36	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	3.0	4.0	5.0
A37	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0
A38	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0
A39	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
A40	3.0	2.0	3.0	5.0	4.0	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0
A41	3.0	2.0	5.0	3.0	3.0	2.0	4.0	2.0	5.0	5.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0
A42	3.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0
A43	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	5.0
A44	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0
A45	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	5.0	2.0	4.0	3.0	4.0	5.0	3.0	2.0	2.0	4.0
A46	2.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0
A47	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0
A48	3.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	3.0	2.0	5.0

Fuente: Elaboración propia.