

EVALUACIÓN DE LA EMPRESA SOBRE EL CONTROL INTERNO APLICANDO AHP NEUTROSÓFICO

Raúl Comas Rodríguez^{1*}, Lenny Campaña Muñoz^{**}, José María Beltrán Ayala^{**}

*Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Tungurahua, Ecuador.

**Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador

ABSTRACT

The internal control is a kind of audit, which contributes to improve enterprise situation on their more fundamental aspects. This paper aims to determine if EPMAPA-T, the municipal public enterprise of potable water and sewer system, in Tulcán, Ecuador, has overcome the deficiencies indicated in an internal control carried out during a previous period. For this end, the so-called Neutrosophic AHP technique was used. This is a variation of the crisp AHP designed by Saaty, so that when the neutrosophic sets are incorporated, then, it is taking into account the uncertainty proper of decision making, as well as the computing with linguistic terms and the inclusion of an indeterminate element. This technique shall be applied to choose between two alternatives, either the enterprise improved its performance or not, specifically in the financial area. This is not a simple task; it needs for a mathematical tool of this kind for the many aspects that must be assessed.

KEYWORDS: audit, internal control, decision making, Neutrosophic AHP.

MSC: 62C99, 90B50, 91B06.

RESUMEN

El control interno es una forma de auditoría que ayuda a mejorar la situación de una empresa en sus aspectos fundamentales. Este artículo tiene como objetivo determinar si la empresa pública municipal de agua potable y alcantarillado EPMAPA-T de Tulcán, en Ecuador, ha superado las deficiencias que se le señaló en el control interno realizado en un período anterior. Para ello se aplicó la técnica conocida por *AHP* neutrosófico. Esta es una variante del *AHP* numérico diseñado por Saaty, que al incorporársele los conjuntos neutrosóficos, se tiene en cuenta la incertidumbre propia de la toma de decisiones, además del cálculo con términos lingüísticos y la inclusión del elemento de indeterminación. Esta técnica se aplicará para elegir entre dos alternativas, si mejoró o no mejoró la empresa, específicamente en el área financiera. No es una tarea simple y necesita de una herramienta matemática de este tipo por el número de aspectos que se deben evaluar.

PALABRAS CLAVES: auditoría, control interno, toma de decisiones, *AHP* Neutrosófico.

1. INTRODUCCIÓN

La auditoría constituye una herramienta de control y supervisión que contribuye a la creación de una cultura de la disciplina de la organización y permite descubrir fallas en las estructuras o vulnerabilidades existentes en la organización, véase [14]. La Auditoría es la evolución o la etapa superior de la contabilidad que es practicada por Contadores Públicos y se define como un proceso sistemático para obtener evidencia y evaluar de manera objetiva respecto de las afirmaciones respecto actos o hechos para determinar el grado de cumplimiento y comunicar los resultados a terceros interesados, [7].

La Auditoría Gubernamental se puede definir como una auditoría de cuentas que tiene que ser realizada por un auditor de cuentas o sociedad de auditoría, mediante la emisión del correspondiente informe y con sujeción a los requisitos y formalidades establecidos, véase [11]. La actividad de auditar debe ser eficaz y eficiente para generar un valor agregado a la organización de manera que se cumpla con los objetivos de cobertura de riesgo a lo que está expuesta esta revisión, [5].

La importancia de tener un buen sistema de control interno en las organizaciones, se ha incrementado en los últimos años, esto es debido a lo práctico que resulta al medir la eficiencia y la productividad al momento de implantarlos; en especial si se centra en las actividades básicas que se realizan, pues de ello dependen para mantener una contabilidad confiable, véase [10].

Según el artículo "Los sistemas de control interno en los entes descentralizados estatales y municipales desde la perspectiva de COSO", [2], se indica que en el ámbito del sector público, el sistema de control interno es fundamental para garantizar el cumplimiento de los objetivos, la protección y conservación del patrimonio, el acatamiento de la normativa legal prevista y la transparencia y oportunidad en la rendición

¹ua.raulcomas@uniandes.edu.ec

de cuentas. El control interno es una herramienta útil mediante la cual la administración logra asegurar la conducción ordenada y eficiente de las actividades de la empresa, véase [9].

La importancia de evaluar con el control interno permite tomar decisiones con respecto a salvaguardar los recursos, el cumplimiento de la normativa, la evaluación del grado de eficacia, eficiencia y efectividad, de las operaciones administrativas y financieras de la entidad para medir la calidad del servicio que presta a la sociedad en el cumplimiento de la misión, visión y objetivos estratégicos.

Alvin Randal en [3] relaciona las responsabilidades de los controles internos de la administración y el auditor, la administración es responsable de establecer y conservar los controles internos que la entidad requiere y que la administración informe públicamente de la eficacia de la operación de esos controles. En contraste, el auditor es responsable de entender y comprobar la eficacia y eficiencia del sistema de control interno por ello es preciso que el auditor prepare un informe de auditoría referente a la evaluación de los controles internos de la administración, incluyendo la opinión del auditor acerca de la eficacia operativa de esos controles.

La auditoría es un proceso y tiene insumos o requisitos para iniciar el procesamiento de datos y hechos que son evidencias y obtiene resultados que es un informe, el control interno no es el fin en sí mismo, es una serie de acciones que se desarrollan en la entidad; Yanel Blanco Luna, dice que el sistema de control interno es un entretreído de actividades y operaciones construidas dentro de la infraestructura de la entidad y son la esencia de la empresa, véase [4].

En el presente artículo se utilizará la neutrosofía como herramienta de cálculo. La neutrosofía es la rama de la filosofía que estudia el origen, naturaleza y alcance de las neutralidades. La lógica y los conjuntos neutrosóficos, constituyen generalizaciones de otras teorías, como los conjuntos difusos, los conjuntos difusos intuicionistas, los conjuntos difusos en forma de intervalos, entre otros, véase [13]. El uso de los conjuntos neutrosóficos permite, además de la inclusión de funciones de pertenencia de veracidad y falsedad, también funciones de pertenencia de indeterminación. Esta indeterminación se debe a que existen contradicciones, ignorancia, inconsistencias, entre otras causas con respecto al conocimiento.

Por otro lado la técnica conocida por *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*): por sus siglas en inglés es un método fácil de aplicar y eficaz, que permite ordenar alternativas, según un orden calculado a partir de la evaluación de un grupo de expertos, véase [12]. Esta evaluación se realiza utilizando una escala donde se evalúan las relaciones relativas entre criterios, sub-criterios y finalmente las alternativas.

El *AHP* neutrosófico tiene varias ventajas con respecto al *AHP* clásico, por ejemplo, presenta al usuario con un marco de estructura más rico que el *AHP* clásico, el *AHP* difuso y el *AHP* difuso intuicionista. Describe los valores de juicio del experto manejando de manera eficiente la vaguedad y la incertidumbre sobre el *AHP* difuso y el *AHP* difuso intuicionista porque considera tres grados diferentes: grado de membrecía, grado de indeterminación y grado de no membrecía. Otra ventaja es que se calcula a partir de términos lingüísticos, lo que permite una comunicación más natural con los expertos, [1][13].

La empresa pública municipal de agua potable y alcantarillado EPMAPA-T de Tulcán, en Ecuador, fue motivo de un control interno en un período anterior. En la actualidad se nombró un grupo de auditores estatales para determinar si la empresa se encuentra de manera general en mejores condiciones con respecto a la auditoría realizada en el periodo previo. El objetivo de este artículo es determinar si la empresa superó las deficiencias antes señaladas.

Debido a la complejidad de esta tarea se decidió utilizar una herramienta matemática para realizar la comparación, específicamente el *AHP* neutrosófico. Se seleccionó esta técnica, además de por su sencillez y eficacia, porque usualmente los auditores evalúan de manera cualitativa en forma de términos lingüísticos los aspectos. En este caso, se evaluarán solo dos alternativas, Período 1 y Período 2, que es la manera simbólica en que se utilizará para determinar si la empresa estaba mejor durante la primera auditoría que en la actual. Se estableció evaluar solo el área financiera que es donde más dificultades se encontraron durante el control interno del período anterior.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se resumen las definiciones, teorías y métodos que se utilizarán para alcanzar el objetivo propuesto en este artículo.

En primer lugar, para aplicar la técnica conocida como *AHP* es necesario partir de la evaluación de un grupo de expertos para resolver un problema específico, que tiene un objetivo principal. Esta técnica se suele representar gráficamente con un árbol, véase la Figura 1, donde el nodo de nivel más alto es único y representa el Objetivo de la tarea, los hijos de este nodo en el nivel inmediatamente inferior representan los criterios que se usarán para medir el cumplimiento del objetivo. En el nivel inferior, se pueden representar los sub-criterios usados para detallar los criterios anteriores, más abajo se pueden representar otros sub-criterios y así sucesivamente. El último nivel contiene los nodos que representan las alternativas que se evaluarán con respecto a cada uno de los criterios y sub-criterios de los niveles superiores.

Véase que el árbol que se muestra en la Figura 1 representa un *AHP* con cuatro niveles, aunque pudiera aumentarse el número de niveles adicionando más sub-criterios o se pudiera reducir un nivel al eliminarse el tercero que representa sub-criterios.

Como en el presente artículo se desarrollará el método *AHP* Neutrosófico, a continuación aparecen las principales definiciones de la lógica neutrosófica y su aplicación en el *AHP* neutrosófico.

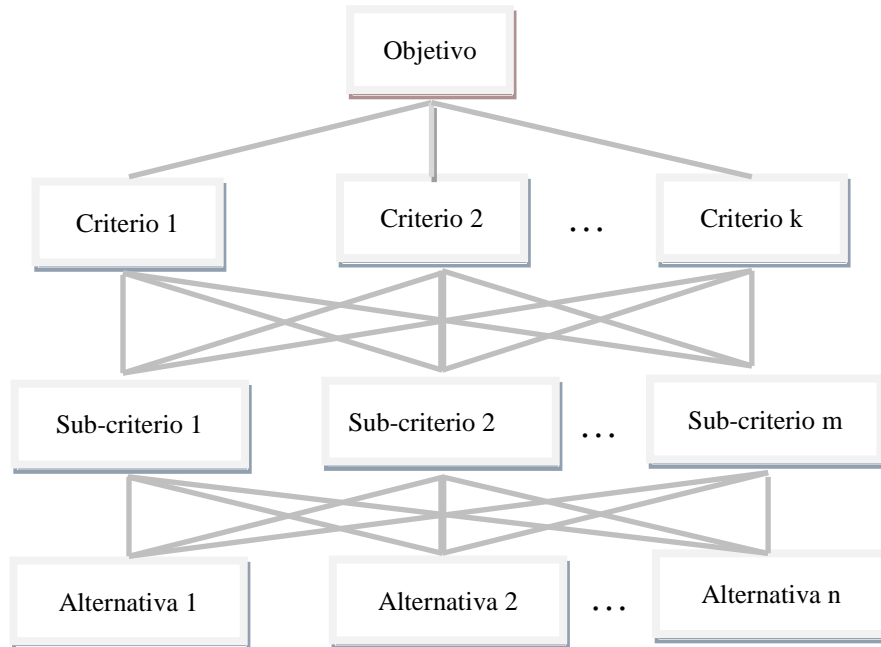


Figura 1. Esquema en forma de árbol sobre los elementos necesarios para aplicar la técnica *AHP*.

Definición 1. ([13]): Sea X un universo de discurso. Un *Conjunto Neutrosófico* (CN): está caracterizado por tres funciones de pertenencia, $u_A(x), r_A(x), v_A(x) : X \rightarrow]^{-0}, 1^+[$, que satisfacen la condición $-0 \leq \inf u_A(x) + \inf r_A(x) + \inf v_A(x) \leq \sup u_A(x) + \sup r_A(x) + \sup v_A(x) \leq 3^+$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$: denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente, y sus imágenes son subconjuntos estándares o no estándares de $]^{-0}, 1^+[$.

Para poder aplicar los CN a problemas de toma de decisiones entre otros, surgieron los *Conjuntos Neutrosóficos de Valor Único*, que a continuación se define formalmente.

Definición 2. ([1]): Sea X un universo de discurso. Un *Conjunto Neutrosófico de Valor Único* (CNVU): A sobre X es un objeto de la forma:

$$A = \{(x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)) : x \in X\} \quad (1)$$

Donde $u_A, r_A, v_A : X \rightarrow [0,1]$, satisfacen la condición $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) \leq 3$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$: denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un *Número Neutrosófico de Valor Único* (NNVU): será expresado como $A = (a, b, c)$, donde $a, b, c \in [0,1]$ y que satisface $0 \leq a + b + c \leq 3$.

Definición 3. Un *Número Neutrosófico Triangular de Valor Único* (NNTVU):, que se denota por: $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, es un CN sobre \mathbb{R} , cuyas funciones de pertenencia de veracidad, indeterminación y falsedad se definen a continuación:

$$T_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{x-a_1}{a_2-a_1} \right), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}, & x = a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{a_3-x}{a_3-a_2} \right), & a_2 < x \leq a_3 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

$$I_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2 - x + \beta_{\tilde{a}}(x - a_1))}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \beta_{\tilde{a}}, & x = a_2 \\ \frac{(x - a_2 + \beta_{\tilde{a}}(a_3 - x))}{a_3 - a_2}, & a_2 < x \leq a_3 \\ 1, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (3)$$

$$F_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2 - x + \gamma_{\tilde{a}}(x - a_1))}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \gamma_{\tilde{a}}, & x = a_2 \\ \frac{(x - a_2 + \gamma_{\tilde{a}}(a_3 - x))}{a_3 - a_2}, & a_2 < x \leq a_3 \\ 1, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4)$$

Donde $\alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \in [0, 1]$, $a_1, a_2, a_3 \in \mathbb{R}$ y $a_1 \leq a_2 \leq a_3$.

Definición 4. Dados $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ y $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ dos NNTVU y λ es cualquier número real no nulo. Entonces se definen las siguientes operaciones:

Adición: $\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$

Substracción: $\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$

Inversión: $\tilde{a}^{-1} = \langle (a_3^{-1}, a_2^{-1}, a_1^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, donde $a_1, a_2, a_3 \neq 0$.

Producto por un escalar:

$$\lambda \tilde{a} = \begin{cases} \langle (\lambda a_1, \lambda a_2, \lambda a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, & \lambda > 0 \\ \langle (\lambda a_3, \lambda a_2, \lambda a_1); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, & \lambda < 0 \end{cases}$$

División de dos NNTVU:

$$\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \begin{cases} \langle (\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1}); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 > 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle (\frac{a_3}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle (\frac{a_3}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_3}); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 < 0 \end{cases}$$

Multiplicación de dos NNTVU:

$$\tilde{a}\tilde{b} = \begin{cases} \langle (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 > 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle (a_1 b_3, a_2 b_2, a_3 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle (a_3 b_3, a_2 b_2, a_1 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 < 0 \end{cases}$$

Donde, \wedge es una t-norma y \vee es una t-conorma, véase [8].

Una t-norma es un operador $T: [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ tal que cumple con los axiomas siguientes para todo a, b, c y d en $[0, 1]$:

1. $T(0,0) = 0, T(a,1) = a$, (Condiciones de frontera):,
2. $T(a,b) \leq T(c,d)$: si $a \leq c$ y $b \leq d$ (Monotonía):
3. $T(a,b) = T(b,a)$: (Conmutatividad):
4. $T(a,T(b,c)) = T(T(a,b),c)$: (Asociatividad):

Una t-conorma es un operador $S: [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ tal que cumple con los axiomas siguientes para todo a, b, c y d en $[0, 1]$:

1. $S(1,1) = 1, S(a,0) = a$, (Condiciones de frontera):,
2. $S(a,b) \leq S(c,d)$: si $a \leq c$ y $b \leq d$ (Monotonía):
3. $S(a,b) = S(b,a)$: (Conmutatividad):
4. $S(a,S(b,c)) = S(S(a,b),c)$: (Asociatividad):

Para la aplicación del AHP Neutrosófico, es posible realizar las evaluaciones con ayuda de términos lingüísticos, lo que le resulta más natural a los expertos, comparado con evaluaciones numéricas. Es por ello que se adapta la escala numérica de Saaty original a una escala lingüística como se puede apreciar en la Tabla 1.

Escala de Saaty	Definición	Escala Neutrosófica Triangular
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle (1, 1, 1); 0,50; 0,50; 0,50 \rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle (2, 3, 4); 0,30; 0,75; 0,70 \rangle$

5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle (4, 5, 6); 0,80; 0,15; 0,20 \rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle (6, 7, 8); 0,90; 0,10; 0,10 \rangle$
9	Absolutamente influyente	$\tilde{9} = \langle (9, 9, 9); 1,00; 0,00; 0,00 \rangle$
2, 4, 6, 8	Valores esporádicos entre dos escalas cercanas entre las anteriores	$\tilde{2} = \langle (1, 2, 3); 0,40; 0,65; 0,60 \rangle$ $\tilde{4} = \langle (3, 4, 5); 0,60; 0,35; 0,40 \rangle$ $\tilde{6} = \langle (5, 6, 7); 0,70; 0,25; 0,30 \rangle$ $\tilde{8} = \langle (7, 8, 9); 0,85; 0,10; 0,15 \rangle$

Tabla 1. Escala de Saaty traducida a una Escala Neutrosófica Triangular.

Otras definiciones que se necesitan para aplicar el *AHP* neutrosófico se expresan a continuación:

Una *matriz neutrosófica de comparación de pares* se define en la Ecuación 5.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Tal que \tilde{A} satisface la condición $\tilde{a}_{ji} = \tilde{a}_{ij}^{-1}$, según el operador de inversión que aparece en la Definición 4. Abdel-Basset y otros en [1] definen dos índices para convertir un NNTVU en un valor numérico real. Estos índices son los de Puntuación en la Ecuación 6 y de Precisión en la Ecuación 7:

$$S(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3] (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} - \gamma_{\tilde{a}}) \quad (6)$$

$$A(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3] (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} + \gamma_{\tilde{a}}) \quad (7)$$

El *AHP* Neutrosófico consiste en aplicar los pasos siguientes:

1. Seleccionar un grupo de expertos que sean capaces de realizar el análisis.
2. Los expertos deben diseñar un árbol *AHP*, como el que se muestra en la Figura 1. Esto implica que debe especificarse los criterios, sub-criterios y las alternativas para realizar la evaluación.
3. Crear las matrices por cada nivel del árbol *AHP* para los criterios, sub-criterios y alternativas, según las evaluaciones de los expertos expresados en forma de escalas de NNTVU, como se especifica en la Ecuación 5.

Estas matrices se forman comparando la importancia de cada par de criterios, sub-criterios y alternativas, siguiendo las escalas que aparecen en la Tabla 1.

4. Verificar la consistencia de las evaluaciones por cada matriz. Para ello es suficiente convertir \tilde{A} en una matriz numérica $M = (a_{ij})_{n \times n}$, tal que $a_{ij} = A(\tilde{a}_{ij})$: o $a_{ij} = S(\tilde{a}_{ij})$., definidas en una de las Ecuaciones 6 y 7, para luego aplicar los métodos usados en el *AHP* original. Que consiste en lo siguiente:

- Calcular el *Índice de Consistencia* (IC): que depende de λ_{\max} , el máximo valor propio de la matriz M y que se define por:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

Donde n es el orden de la matriz.

- Calcular la *Proporción de Consistencia* (PC): con ecuación $PC = IC/IR$, donde IR se toma de la Tabla 2.

Orden (n):	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Tabla 2. IR asociado al orden de la matriz

- Si $PC \leq 10\%$ se considera que es suficiente la consistencia de la evaluación por los expertos y se puede aplicar el método *AHP*. En caso contrario se recomienda que los expertos reconsideren sus evaluaciones.

5. De aquí en adelante las matrices \tilde{A} se sustituyen por sus matrices numéricas equivalentes M , calculadas en el paso anterior. Entonces se procede como sigue:

- Normalizar las entradas por columna, dividiendo los elementos de la columna por la suma total.
- Calcular el total de los promedios por filas, cada uno de estos vectores se conoce como *vector de prioridad*.

- Se procede a calcular las puntuaciones finales comenzando desde el nivel superior (Objetivo);, hasta el nivel más bajo (Alternativas);, donde se tienen en cuenta los pesos obtenidos para el vector de prioridad correspondiente al nivel inmediatamente superior. Este cálculo se realiza multiplicando cada fila de la matriz de vectores de prioridad del nivel inferior por el peso obtenido por cada uno de estos respecto a los del nivel superior, luego se suma por fila y este es el peso final del elemento de esta matriz.

3. RESULTADOS

En esta sección se aplicará la técnica *AHP* Neutrosófico para determinar si la empresa que se estudia superó los problemas que se le indicaron en un control interno llevado a cabo anteriormente, específicamente en su Departamento Financiero. Para ello, primeramente se diseñó un árbol *AHP* donde el objetivo es “Evaluar si hubo o no mejora en la empresa” con respecto a los siguientes criterios:

- La organización tiene conocimiento sobre la misión y visión de la empresa.
- Existe cultura organizacional de la documentación de los procesos del departamento financiero de la empresa.
- La organización considera el Manual de Control Interno como una herramienta necesaria para el desarrollo de las actividades administrativas.
- Los procesos para cada una de las actividades se han dado a conocer mediante Manuales, Capacitación u otros medios.
- La organización conoce si se le da seguimiento, se miden y se controlan los diferentes procesos de la empresa.
- Se realizan auditorías externas al sistema de control interno.
- Se da seguimiento a las recomendaciones emitidas por la Contraloría General del Estado en su última auditoría.

Las alternativas que se evalúan son:

- Período 1, que significa los resultados en el período anterior.
- Período 2, que significa los resultados en el período actual.

El árbol *AHP* diseñado se puede apreciar en la Figura 2, donde se ubican los números correspondientes a los criterios, en lugar de los términos exactos por motivos de espacio.

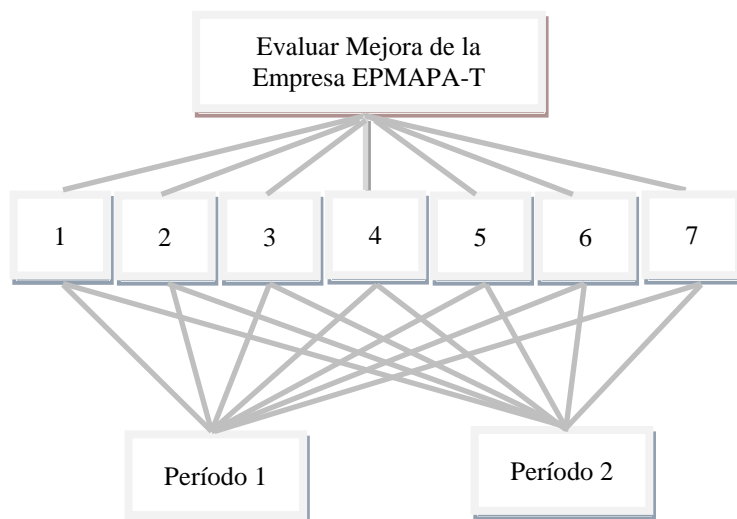


Figura 2. Árbol *AHP* diseñado sobre problema del Control Interno de la empresa EPMAPA-T.

El algoritmo *AHP* neutrosófico se explica a continuación en forma de pseudocódigo:

Pseudocódigo para el cálculo de los pesos de los criterios o alternativas basado en *AHP* neutrosófico

Entrada: Criterios (C_j): $j = 1, 2, \dots, 7$ o alternativas (P_k): $k = 1, 2$ para evaluar

Se compara cada par $C_r C_s$ ($r, s = 1, 2, \dots, 7$): o $P_r P_s$ ($r, s = 1, 2$): de acuerdo a la escala neutrosófica triangular de la Tabla 1 dando lugar a una matriz como la que aparece en la Ecuación 5.

Para todo par r, s

Si $r = s$

$\tilde{M}(r, s) = \tilde{1}$
 $M(r, s) = 1$
 Si $r \neq s$
 $\tilde{M}(r, s) = \tilde{a}$, donde $\tilde{a} \in \{\tilde{1}, \tilde{2}, \dots, \tilde{9}, \tilde{2}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \dots, \tilde{9}^{-1}\}$
 $M(r, s) = a$, donde $a = A(\tilde{a})$ y $A(\cdot)$ es el índice de precisión dado en la Ecuación 7.
 Si $\tilde{M}(r, s) = \tilde{a}$
 $M(s, r) = 1/A(\tilde{a})$
 Fin de condicional
 Calcular el $PC = IC/IR$, donde IC se calcula por la Ecuación 8 e IR se calcula por la Tabla 2. Si se estudian los criterios se toma $n = 7$, si se estudian las alternativas se toma $n = 2$.
 Si $PC > 10\%$ existen inconsistencias en las evaluaciones. Los expertos deben reconsiderar sus evaluaciones y se recomienza el algoritmo.
 Si $PC \leq 10\%$
 Se normaliza M por cada columna.
 Se halla la media aritmética de M por cada fila, obteniéndose w_i , donde $i = 1, 2, \dots, 7$ si se trata de los criterios e $i = 1, 2$, si se trata de las alternativas.
 Fin de condicional
 Se devuelven los w_i , obteniéndose el vector de prioridad.
 Finalizar

Pseudocódigo para aplicar el AHP neutrosófico en general

Entrada: Criterios (C_j): $j = 1, 2, \dots, 7$, alternativas (P_k): $k = 1, 2$ para evaluar

Se obtienen los pesos de los criterios (\bar{w}_i , con $i = 1, 2, \dots, 7$): según el algoritmo anterior.

Se inicializa $j = 1$

Mientras $j \leq 7$

Calcular los Vectores de Prioridad de las alternativas comparadas respecto al criterio j -ésimo.

Se llamarán $\{\bar{w}_{j1}, \bar{w}_{j2}\}$

$j := j+1$

Finalizar Mientras

El peso de la alternativa 1 se calcula como: $p_1 = \sum_{j=1}^7 \bar{w}_j \bar{w}_{j1}$.

El peso de la alternativa 2 se calcula como: $p_2 = \sum_{j=1}^7 \bar{w}_j \bar{w}_{j2}$.

Si $p_1 > p_2$, se prefiere la alternativa Período 1 sobre Período 2.

Si $p_1 < p_2$, se prefiere la alternativa Período 2 sobre Período 1.

Si $p_1 = p_2$, ambas alternativas tienen igual preferencia.

Finalizar

En la Tabla 3 se muestra la evaluación de los expertos sobre los criterios para medir la situación del control interno. Se hace referencia al número asignado al criterio y no a la descripción con palabras de estos.

Criterio	1	2	3	4	5	6	7
1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
2	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$
3	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
4	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
5	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$
6	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
7	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$

Tabla 3. Matriz de la evaluación de los criterios según los expertos, usando valores lingüísticos.

Luego los valores dados en forma de términos lingüísticos se convierten en valores numéricos, como se expresa en la Tabla 4, usando la función $a(\cdot)$: dada en la Ecuación 7. Además se añade el valor de IC y PC véase Ecuación 5 y λ_{max} , calculado con la función eig del software Octave 4.2.1. Para el resto de los cálculos se utilizó este software, [6]. Finalmente se puede apreciar el cálculo del vector de prioridad.

Criterio	1	2	3	4	5	6	7	Vector de Prioridad
1	0,9375	5,1562	5,1562	5,1562	2,6437	2,6437	2,6437	0,334410
2	0,2120	0,9375	5,1562	2,6437	0,3182	0,9375	0,3182	0,096940
3	0,2120	0,2120	0,9375	2,6437	0,3182	0,2120	0,2120	0,050220
4	0,2120	0,3182	0,3182	0,9375	0,2120	0,2120	0,2120	0,035719
5	0,3182	2,6437	2,6437	5,1562	0,9375	2,6437	2,6437	0,208733
6	0,3182	0,9375	5,1562	5,1562	0,3182	0,9375	0,9375	0,127504
7	0,3182	2,6437	5,1562	5,1562	0,3182	0,9375	0,9375	0,146474

$$\lambda_{\max} = 7,46869; IC = 0,078115; PC = 5,7863\% \leq 10\%$$

Tabla 4. Matriz de la evaluación de los criterios según los expertos, usando valores numéricos. Se añaden IC, PC, λ_{\max} y el vector de prioridad.

Luego se resume la comparación entre ambas alternativas por cada uno de los criterios del 1 al 7, véase Tabla 5-11. Por cada celda se dan los valores en forma de términos lingüísticos dados en la escala de la Tabla 1 y su correspondiente valor numérico calculado por la Ecuación 7. Se debe resaltar que no es necesario calcular el PC, por el orden de la matriz que solo es de 2.

Criterio 1			
	Período 1	Período 2	Vector de Prioridad
Período 1	$\tilde{1}$ (0,9375):	$\tilde{1}$ (0,9375):	0,5
Período 2	$\hat{1}$ (0,9375):	$\hat{1}$ (0,9375):	0,5

Tabla 5. Comparación de las alternativas respecto al Criterio 1 y su vector de prioridad.

Criterio 2			
	Período 1	Período 2	Vector de Prioridad
Período 1	$\tilde{1}$ (0,9375):	$\tilde{2}$ (1,8375):	0,64380
Período 2	$\tilde{2}^{-1}$ (0,56146):	$\hat{1}$ (0,9375):	0,35620

Tabla 6. Comparación de las alternativas respecto al Criterio 2 y su vector de prioridad.

Criterio 3			
	Período 1	Período 2	Vector de Prioridad
Período 1	$\hat{1}$ (0,9375):	$\tilde{3}$ (2,6437):	0,74240
Período 2	$\tilde{3}^{-1}$ (0,3182):	$\hat{1}$ (0,9375):	0,25760

Tabla 7. Comparación de las alternativas respecto al Criterio 3 y su vector de prioridad.

Criterio 4			
	Período 1	Período 2	Vector de Prioridad
Período 1	$\hat{1}$ (0,9375):	$\tilde{3}^{-1}$ (0,3182):	0,25760
Período 2	$\tilde{3}$ (2,6437):	$\hat{1}$ (0,9375):	0,74240

Tabla 8. Comparación de las alternativas respecto al Criterio 4 y su vector de prioridad.

Criterio 5			
	Período 1	Período 2	Vector de Prioridad
Período 1	$\hat{1}$ (0,9375):	$\tilde{3}^{-1}$ (0,3182):	0,25760
Período 2	$\tilde{3}$ (2,6437):	$\hat{1}$ (0,9375):	0,74240

Tabla 9. Comparación de las alternativas respecto al Criterio 5 y su vector de prioridad.

Criterio 6			
	Período 1	Período 2	Vector de Prioridad
Período 1	$\hat{1}$ (0,9375):	$\tilde{5}$ (5,1562):	0,83087
Período 2	$\tilde{5}^{-1}$ (0,21198):	$\hat{1}$ (0,9375):	0,16913

Tabla 10. Comparación de las alternativas respecto al Criterio 6 y su vector de prioridad.

Criterio 7			
	Período 1	Período 2	Vector de Prioridad
Período 1	$\hat{1}$ (0,9375):	$\tilde{3}$ (2,6437):	0,74240
Período 2	$\tilde{3}^{-1}$ (0,3182):	$\hat{1}$ (0,9375):	0,25760

Tabla 11. Comparación de las alternativas respecto al Criterio 7 y su vector de prioridad.

A continuación se refleja el resultado de la evaluación de las alternativas con respecto a los criterios, donde entre paréntesis se especifican los valores del vector de prioridad de los criterios.

Criterio Alternativa	1 (0,334) :	2 (0,097) :	3 (0,050) :	4 (0,036) :	5 (0,209) :	6 (0,128) :	7 (0,146) :	
Período 1	0,5	0,6438	0,7424	0,2576	0,2576	0,8309	0,7424	0,54455
Período 2	0,5	0,3562	0,2576	0,7424	0,7424	0,1691	0,2576	0,45545

Tabla 12. Matriz de la evaluación de las alternativas respecto a los 7 criterios. Se pueden apreciar entre paréntesis los pesos calculados para estos.

Por los resultados obtenidos en la Tabla 12 se puede concluir que se prefiere los resultados obtenidos en el Período 1 respecto a los del Período 2. Esto significa que hubo un empeoramiento de los resultados históricos en el desempeño de la empresa.

4. CONCLUSIONES

En el presente artículo se aplicó la técnica conocida por *AHP* Neutrosófico, para determinar si la empresa pública municipal de agua potable y alcantarillado EPMAPA-T de Tulcán, en Ecuador se encuentra en una mejor situación en cuanto a situación financiera respecto a una auditoría del control interno realizada en un período previo. El resultado fue que la empresa empeoró en sus resultados generales. El método aplicado permitió realizar un análisis suficientemente profundo de la situación de la empresa en el tiempo, lo que sirve de ejemplo para ser aplicado en casos similares.

RECEIVED: NOVEMBER, 2019.
REVISED: MARCH, 2020.

REFERENCIAS

- [1] ABDEL-BASSET, M., MOHAMED, M. y SMARANDACHE, F. (2018): An Extension of Neutrosophic AHP–SWOT Analysis for Strategic Planning and Decision-Making, *Symmetry*, 10, 116-134.
- [2] ABLAN BORTONE, N. C., MÉNDEZ ROJAS, Z. E. (2010): Los Sistemas de Control Interno en los entes descentralizados estatales y municipales desde la perspectiva de COSO, *Visión Gerencial*, enero-junio, 5-17.
- [3] ALVIN RANDAL, A. (2012): **Auditoría un Enfoque Integral**, Pearson, México.
- [4] BLANCO LUNA, Y. (2012): **Normas y Procedimientos de la Auditoría Integral**, Ediciones Ecoe, Bogotá.
- [5] CAMPO, R. (2012): **Manual práctico de Auditoría Interna**, Edicon, Buenos Aires.
- [6] EATON, J. W., BATEMAN, D., HAUBERG, S. y WEHBRING, R. (2017): **GNU Octave: A high-level interactive language for numerical computations**, versión 4.2.1. url: <http://www.gnu.org/software/octave/doc/interpreter>.
- [7] GONZÁLEZ COLCERA, L. (2012): **Compendio de Auditoría**, Edicon, Buenos Aires.
- [8] JANG, J.-S. R., SUN, C.-T. y MIZUTANI, E. (1997): **Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence**, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- [9] MAZARIEGOS, SÁNCHEZ, A. (2013): El Control Interno en una Organización Productora de Café Certificado, *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33, 460-470.
- [10] PAIVA ACUÑA, F. (2013): Control interno y su incidencia en la rentabilidad, *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 7, 34-42.
- [11] PALLEROLA COMAMALA, J. (2013): **Auditoría Enfoque Teórico Práctico**, Ediciones de la U, Bogotá.
- [12] SAATY, T. L. (1990): How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- [13] SMARANDACHE, F. (2002): Neutrosophy, a new Branch of Philosophy. *Multiple-Valued Logic / An International Journal*, 8, 297-384.
- [14] VILLAR DE FRANCOS ÁLVAREZ, M. C. y RIVERA, Z. (2006): La Auditoría como proceso de Control: Concepto y Tipología, *Ciencias de la Información*, 37, 53-59.