

SISTEMA EXPERTO PARA EL RAZONAMIENTO JURIDICO BASADO EN CASOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN DELITOS PENALES EN ECUADOR

Carlos Alfredo Medina Riofrio¹, Edmundo Pino Andrade, Juan Alberto Rojas Cárdenas
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Puyo, Pastaza, Ecuador.

ABSTRACT

Frequently making a fair decision about a crime becomes an arduous task for the jurists who are part of the process. This is because this decision is subjective, where there exists partial clarity of the fact that is judged, there may be a lack of information, contradictory opinions, among other characteristics that may leave doubts about the fairness of the decision to be made. The present investigation proposes the design of an Expert System that supports and does not replace the final decision of the jurists on a criminal act. For this end, the method of Artificial Intelligence known as Case-Based Reasoning (CBR) is proposed, which mimics the ability of human beings to solve new problems that arise from similar some ones previously resolved. In the present investigation, the Neutrosophic AHP technique is applied to determine the importance of each of the evaluation criteria, if a particular case should to be quantitatively evaluated. There will be a Case Base to compare the new case with previous ones and the probability of winning it. Measurement scales will be used in form of linguistic terms.

KEYWORDS: Expert System, Case-Based Reasoning, Neutrosophic Set, Neutrosophic AHP.

MSC: 62C99, 68T35, 68T37

RESUMEN

Frecuentemente tomar una decisión justa sobre un delito penal se convierte en una tarea ardua para los juristas que forman parte del proceso. Esto se debe a que esta decisión es subjetiva, donde no existe claridad total del hecho que se juzga, puede existir falta de información, opiniones encontradas, entre otras características que pueden dejar margen a dudas sobre la justeza de la decisión que se ha de tomar. En la presente investigación se propone el diseño de un Sistema Experto que apoye y no sustituya, la decisión final de los juristas sobre un hecho criminal. Para ello se propone el método de la Inteligencia Artificial conocido como Razonamiento Basado en Casos (RBC) que imita la capacidad de los seres humanos para resolver nuevos problemas que se le presentan a partir de algunos parecidos resueltos con anterioridad. En la presente investigación se aplica la técnica de AHP Neutrosófico para determinar la importancia de cada uno de los criterios de evaluación, si se quisiera evaluar cuantitativamente un caso en particular. Se tendrá una Base de Casos para comparar el caso nuevo con otros anteriores y la probabilidad de ganarlo. Se utilizarán escalas de medición en forma de términos lingüísticos.

PALABRAS CLAVES: Sistema Experto, Razonamiento Basado en Casos, Conjunto Neutrosófico, AHP Neutrosófico.

1. INTRODUCCIÓN.

Tomar una decisión penal justa puede convertirse en una tarea ardua para los que imparten justicia ante crímenes penales. Esto se debe a que estamos ante un proceso subjetivo, donde las partes tienen puntos de vista contradictorios, y el que imparte la justicia debe de ser imparcial ante los hechos, para determinar el grado de culpabilidad del acusado. A esto se adiciona la posible falta de información sobre los hechos, la naturaleza multidisciplinar de las investigaciones, pues contiene componentes de las ciencias naturales, psicológicas, sociales, penales, entre otras. Es por ello que un Sistema Experto podría servir de apoyo para la toma de esta decisión, aunque no la sustituye.

Un Sistema Experto es un programa automático que imita el comportamiento de un experto en un tema determinado. Estos surgen por la incapacidad de los expertos humanos de explicar las reglas que siguen para emitir un criterio, véase [9][11].

En este artículo se aplicará la Teoría de conjuntos neutrosóficos. La Neutrosofía es la rama de la filosofía que aborda todo lo relacionado con la neutralidad. Específicamente, por primera vez los conjuntos neutrosóficos contienen funciones de pertenencia de indeterminación independientes, que incluye la información desconocida, las contradicciones, las inconsistencias entre otras causas de indeterminación. Es por ello que los conjuntos neutrosóficos generalizan otros como los conjuntos difusos, los conjuntos intuicionistas difusos, los

¹ Email: up.carlosmedina@uniandes.edu.ec

conjuntos difusos en forma de intervalo, entre otros, véase [6][13][14].

La técnica AHP (*Analysis Hierachical Process*) de Saaty por sus siglas en inglés ([12]), es una técnica de Decisión Multicriterio, que se utiliza para evaluar un conjunto de alternativas basadas en criterios por parte de un grupo de expertos en el tema. Esta técnica parte de un árbol, donde la hoja del nivel superior representa el objetivo, las hojas en el nivel inmediato inferior representan los criterios para evaluar tal objetivo, en el nivel aún más inferior están las hojas que representan los sub-criterios sobre los criterios y así sucesivamente. El nivel más bajo contiene las hojas que representan las alternativas.

En este método los elementos del mismo nivel dentro del árbol, se comparan por pares, en cuanto a la importancia de uno sobre otro, esto le da una puntuación a cada criterio y sub-criterio con respecto a sus similares. Estas puntuaciones influyen en la evaluación de las alternativas. En el presente artículo se utiliza el AHP Neutrosófico, véase [2], donde se aplica la técnica AHP dentro del marco de los conjuntos neutrosóficos. En especial esta técnica se aplicará para medir el peso de los criterios de los expertos en el tema.

Los pesos calculados con el AHP neutrosófico se utilizan dentro de un Sistema Experto bajo el método de Razonamiento Basado en Casos (RBC), véase [1][3][4][5][7][8][10]. El RBC imita el aprendizaje de los seres humanos, donde la solución de problemas con anterioridad se utiliza como experiencia para resolver nuevos problemas parecidos.

El Sistema Experto propuesto utiliza la técnica AHP Neutrosófico para determinar los pesos de cada criterio de evaluación sobre la gravedad de los hechos que se evalúan. Este paso es opcional. Por otra parte se comparan las evaluaciones de los hechos en términos lingüísticos con los más parecidos guardados en una Base de Casos anteriores. Estos términos lingüísticos se evalúan y agregan cuantitativamente se acuerdo a una escala de números neutrosóficos, además de compararse con ayuda de funciones de similaridad entre números neutrosóficos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta sección contiene las principales definiciones, técnicas, teorías y métodos que se utilizarán para el diseño que se propone. Para ello se comenzará con las principales definiciones de la teoría de conjuntos neutrosóficos, luego se expone la técnica de AHP Neutrosófico y finalmente se aborda el método de Razonamiento Basado en Casos.

Definición 1. 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 $]^{-0}, 1^+[$, véase [6].

Definición 2. 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 satisface $0 \leq a + b + c \leq 3$, véase [6].

Definición 3. ([6]) 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. ([6]) 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.

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

$O(a,b) \leq O(c,d)$ si $a \leq c$ y $b \leq d$ (Monotonía)

$O(a,b) = O(b,a)$ (Conmutatividad)

$O(a,O(b,c)) = O(O(a,b),c)$ (Asociatividad)

Adicionalmente la t-norma $T(x,y)$ satisface: $T(0,0) = 0$, $T(a,1) = a$, mientras que la t-conorma $S(x,y)$ satisface: $S(1,1) = 1$, $S(a,0) = a$.

El método AHP se inicia con la identificación del objetivo que se desea alcanzar, véase [2][12]. Luego se seleccionan los criterios de evaluación sobre el objetivo, estos criterios pueden descomponerse a su vez en sub-criterios de evaluación y así sucesivamente. Finalmente se determinan las alternativas que se evaluarán. Esto se representa en un árbol, donde la primera hoja en el nivel superior representa el objetivo de evaluación, en un nivel más bajo se representan los criterios, aún más bajo están los sub-criterios y así sucesivamente. Mientras que el nivel inferior representa las alternativas.

En este artículo se utiliza una escala en NNTVU, véase Tabla 1 tomada de [2].

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 llevada a una Escala de NNTVU.

A continuación, aparecen otros conceptos necesarios para aplicar el método AHP Neutrosófico: Una matriz neutrosófica de comparación de pares se define en la Ecuación 5.

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

Tal que \tilde{A} satisface la condición $\tilde{a}_{ji} = \tilde{a}_{ij}^{-1}$, según la operación de inversión que aparece en la Definición 4. Adicionalmente, se 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. Esto implica que deben 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

Una función que será útil en el presente artículo es la función de similitud S_i entre n NNVU, $A_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} \rangle$ ($i = 1, 2, \dots, m$) ($j = 1, 2, \dots, n$) y un vector de valores $B_j^* = \langle a_j^*, b_j^*, c_j^* \rangle$, véase [6].

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (a_{ij} - a_j^*)^2 + (b_{ij} - b_j^*)^2 + (c_{ij} - c_j^*)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (9)$$

El Razonamiento Basado en Casos es una técnica de la Inteligencia Artificial, cuyo principio básico es la imitación de la capacidad de los seres humanos para resolver nuevos problemas a partir de las soluciones encontradas a problemas anteriores similares.

Una ventaja del uso de los conjuntos neutrosóficos consiste en que es posible utilizar términos lingüísticos para realizar las evaluaciones. Esto facilita a los expertos, usuarios y decisores la comunicación. Es por ello que se adiciona la Tabla 3 que relaciona términos lingüísticos con números neutrosóficos. Esta es una modificación de la Tabla que aparece en [6] donde se sustituye el término “Bien” por “Leve” y “Mal” por “Grave”.

El RBC consiste en las siguientes fases, véase Figura 1.

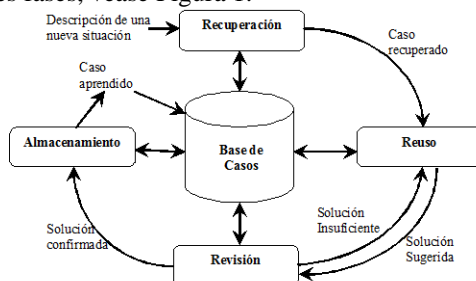


Figura 1. Esquema de las fases de un Razonamiento Basado en Casos, véase [8].

1. **Recuperación:** Se definen los elementos del problema actual para buscar en la Base de Casos aquellos casos que más se parezcan y después de seleccionados se estima el grado de similitud.
2. **Reuso:** después de determinar el caso más similar al problema actual, el sistema lo utiliza ajustándolo a las particularidades de la situación a resolver. Esta fase también es conocida como la fase de adaptación y es altamente relevante en procesos complejos.
3. **Revisión:** Este paso se realiza después de haber aplicado la solución del problema y consiste en la revisión de los resultados obtenidos. Se verifica el éxito de la solución, en caso de que esta haya fallado se intenta explicar las causas y se repara el plan.
4. **Almacenamiento:** En esta última fase, el sistema almacena en la Memoria de Casos la nueva experiencia a través de un caso que incorpora el problema actual, la solución y sus resultados. Si la solución fracasó, se almacena la información necesaria para prevenir fracasos similares.

Término lingüístico	NNVU
Extremadamente leve (EL)	(1;0;0)
Muy muy leve (MML)	(0,9; 0,1; 0,1)
Muy leve (ML)	(0,8;0,15;0,20)
Leve (L)	(0,70;0,25;0,30)
Medianamente leve (MDL)	(0,60;0,35;0,40)
Medio (M)	(0,50;0,50;0,50)
Medianamente grave (MDG)	(0,40;0,65;0,60)
Grave (G)	(0,30;0,75;0,70)
Muy grave (MG)	(0,20;0,85;0,80)
Muy muy grave (MMG)	(0,10;0,90;0,90)
Extremadamente grave (EG)	(0;1;1)

Tabla 3. Términos lingüísticos empleados

3. RESULTADOS

En esta sección se explica la definición y el funcionamiento del Sistema Experto que se propone. La Base de Casos parte de Hipótesis Semillas sobre casos reales, véase [10], esto puede ser: “Robo”, “Hurto”, “Homicidio”, entre otros. Además de varios tipos de restricciones que se clasifican en:

1. Restricciones generales: Aquellas que afectan el tiempo, lugar, actor, o generalidades.
2. Restricciones retóricas: Aquellas que afectan la prominencia y otras hipótesis.
3. Restricciones pedagógicas: Aquellas con casos extremos.
4. Restricciones de sentido común: Aquellas concernientes a personas, ocupaciones, dueños de propiedades.
5. Restricciones doctrinales de dominio específico: aquellos de dominio específico como contextos legales, jurisdicción personal, entre otros.

Una Base de Casos genérica se puede apreciar en la Tabla 4.

Caso	R ₁		R ₂		R ₃		R ₄		R ₅		Prob.
A Hurto	Simple	G	-	-	-	-	-	-	-	-	Alta
B Hurto	Con menores	MG	-	-	Con violencia	MG	-	-	-	-	Muy Alta

Tabla 4. Base de Casos genérica que contiene dos casos posibles. Se reflejan cada una de las cinco restricciones posibles con la evaluación correspondiente más la probabilidad de la Fiscalía de ganar el caso. En la Tabla 4 se muestra que para casos de hurtos simples la probabilidad de ganar es “Alta” por parte de la fiscalía. Esto se calcula por el porcentaje de casos ganados de este tipo. En el caso de que el hurto se realice utilizando menores de edad y con violencia, la probabilidad de ganar la Fiscalía es “Muy Alta”. El símbolo “-” significa vacío, en cuyo caso el cálculo se sustituye por (1;0;0).

El RBC consiste en comparar el vector en forma de NNVU, $B_j^* = \langle a_j^*, b_j^*, c_j^* \rangle$ con $j = 1, 2, 3, 4, 5$, donde cada j representa una de las restricciones antes expuestas. Se compara B_j^* con cada uno de los vectores A_{ij} contenidos en la Base de Casos mediante la función de similaridad dada en la Ecuación 9, se devuelve la probabilidad expresada en la última columna de la o las filas de la tabla que den mayores valores de S_i . En caso de tener más de un resultado de probabilidad para un mismo caso, se toma la probabilidad mayor. Adicionalmente se recomienda utilizar el método AHP Neutrosófico para establecer los pesos de cada una de las restricciones, de manera que $\sum_{i=1}^5 w_i = 1$, donde w_i es el peso asignado a la restricción i mediante el método AHP Neutrosófico.

Se utiliza el operador definido por la Ecuación siguiente para calcular el NNVU que representa la gravedad del hecho:

$$\bar{A} = \left(\sum_{j=1}^5 w_j a_j, \sum_{j=1}^5 w_j b_j, \sum_{j=1}^5 w_j c_j \right) \quad (10)$$

Ejemplo 1. Supóngase que se desea determinar la probabilidad de ganar una causa penal por parte de la Fiscalía, donde se tiene que es un hurto con menores y con violencia. Se tiene en este caso $B_1^* = (0,20; 0,85; 0,80)$; $B_2^* = (1; 0; 0)$; $B_3^* = (0,20; 0,85; 0,80)$; $B_4^* = (1; 0; 0)$; $B_5^* = (1; 0; 0)$.

Los cálculos dan como resultado $S_1 = 0,17690$ y $S_2 = 1$, por lo tanto, se selecciona el segundo caso y la probabilidad de que la Fiscalía lo gane es “Muy Alto”.

Supóngase ahora que después de aplicar AHP Neutrosófico con ayuda de los expertos, se concluyó que $w_j = 1/5$ para todo $j = 1, 2, \dots, 5$. Al aplicar la fórmula dada en la Ecuación 10 sobre los elementos de $B^* = \{B_1^*, B_2^*, B_3^*, B_4^*, B_5^*\}$ se obtiene un valor de gravedad del delito igual a (0,68;0,34;0,32).

4. CONCLUSIONES

En este artículo se propuso el diseño de un Sistema Experto donde se utiliza la técnica conocida como Razonamiento Basado en Casos. Este Sistema Experto parte de una Base de Casos, que contiene casos

almacenados y sus variaciones en cuanto a cinco restricciones. Cuando ocurre un caso no analizado, se compara con los casos almacenados en la Base de Casos. Todos los elementos de la Base de Casos se representan en forma de términos lingüísticos, lo que ayuda a una mejor comunicación y comprensión por parte de todos los elementos que forman parte del proceso. Los términos lingüísticos tienen como escalas de números neutrosóficos de valor único equivalentes que permiten el cálculo cuantitativo. Por otra parte, se provee de términos lingüísticos que reflejan la probabilidad de ganar el caso. Se propone además la técnica de AHP Neutrosófico para calcular los pesos de los criterios que se miden y para proponer un valor final de la gravedad del caso.

RECEIVED: NOVEMBER 2019.
REVISED: APRIL, 2020.

REFERENCIAS

- [1] AAMODT, A., PLAZA, E. (1994) Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches, **AI Communications**, 7, 39-59.
- [2] 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.
- [3] BISWAS, S. K., SINHA, N., PURKAYASTHA, B. (2014) A review on fundamentals of case-based reasoning and its recent application in different domains, **International Journal of Advanced Intelligence Paradigms**, 6, 235-254.
- [4] CHAMORRO VALENCIA, D., MOLINA GUTIÉRREZ, T. J., BURBANO GARCÍA, L. H. y CADENA POSSO, A. A. (2019) Cased-based reasoning and neutrosophic logic to identify the employment limitations for Law School graduates at UNIANDES Ibarra, **Neutrosophic Sets and Systems**, 26, 84-91.
- [5] GONZÁLEZ BENÍTEZ, N. (2016) Sistema Experto basado en casos para el diagnóstico de la Fasciola Hepática en el ganado bovino, **Revista electrónica de Veterinaria**, 17, 1-11.
- [6] LEYVA VÁZQUEZ, M. y SMARANDACHE, F. (2018) **Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre**, Pons, Bruselas.
- [7] MONTOYA QUINTERO, D. M. (2015) **Modelo para la extracción de conocimiento de un experto humano en un sistema basado en conocimientos usando razonamiento basado en casos**, Tesis Doctoral en Ingeniería de Sistemas e Informática, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- [8] MORENO, R., JOYANES, L., GIRALDO, L. M., DUQUE, N. D. y TABARES, V. (2015) Modelo para personalización de actividades educativas aprovechando la técnica de Razonamiento Basado en Casos (RBC), **Campus Virtuales**, 4, 118-127.
- [9] RICH, E. y KNIGHT, K. (1994) **Inteligencia Artificial**, Segunda Edición, McGraw-Hill/Interamericana de España S.A., Madrid.
- [10] RISSLAND, E. (1983) Examples in legal reasoning: Legal hypotheticals. In: **Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence**, IJCAI, Karlsruhe.
- [11] RUSSELL, S. y NORVIG, P. (1995) **Artificial Intelligence A Modern Approach**, Upper Saddle River, New Jersey.
- [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**. Infinite Study.
- [14] SMARANDACHE, F. (2005) **A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability**, Infinite Study.