

Aplicación de la Lógica Difusa en la Elección del Mejor Sustituto en un Equipo de Fútbol

LUIS ANTONIO SÁNCHEZ ARRIAGA, MARÍA DEL CARMEN LOZANO ARIZMENDI

Resumen— El proceso de selección de personal, debe ser llevado a cabo, bajo un exhaustivo análisis y observación que permitan obtener al mejor empleando acorde a las necesidades requeridas. En este trabajo se pretende mostrar una aplicación de las matemáticas a la selección de personal, concretamente a la selección del mejor sustituto para un miembro de una selección nacional de fútbol. Abordaremos esta problemática desde el enfoque formal de la matemática combinado con técnicas conocidas de selección de jugadores de fútbol. La lógica difusa, junto con la distancia de Hamming, son las grandes herramientas matemáticas que permitirán determinar al jugador que posee las características más cercanas a un ideal.

I. INTRODUCCIÓN

En cualquier deporte, la correcta selección de los miembros de un equipo es fundamental para el éxito del equipo. Este proceso de selección se debe desarrollar de forma tal que se satisfagan las necesidades que el equipo requiere acorde al deporte que se practica.

Indudablemente, el deporte más popular a nivel mundial es el fútbol. Además de ser uno de los vehículos más importantes para la publicidad y la mercadotecnia, tiene gran impacto en la economía, política, sociedad, cultura, etc., de un país. Según datos de la FIFA (Fédération Internationale de Football Association) las fases finales de las últimas dos Copas del Mundo atrajeron la atención de 3,200 millones de personas en 213 países [1].

En consecuencia, elegir a los integrantes que formarán la selección nacional que representará a un país en una Copa del Mundo es sumamente importante. Un equipo de seleccionados en una copa mundial puede considerarse una empresa. Uno de los objetivos primordiales de una empresa es maximizar recursos con la menor cantidad de costos a fin de obtener mayores ganancias. En toda empresa se deben considerar las amenazas o riesgos a los que su personal se encuentra expuesto.

En el caso de una selección de jugadores de fútbol las lesiones pueden anticipar el final de una copa del mundo para sus miembros. Situación que genera gran preocupación e incertidumbre para los directivos técnicos. Surge la cuestión de cómo determinar al mejor sustituto para jugar en la copa del mundo. Un claro ejemplo de esta situación lo fue la selección colombiana de fútbol que en 2014 volvió a clasificar a un mundial después de dieciséis años, desafortunadamente para ellos, su estrella Radamel Falcao sufrió una grave lesión. Representando una pérdida enorme y a la vez una oportunidad para que alguien más pudiera destacar en esa selección de fútbol.

El director técnico de la selección colombiana de fútbol, José Pékerman, se vio obligado a buscar al mejor sustituto de Falcao, dado que se sabía que el equipo no iba a poder contar con él para la Copa del Mundo Brasil 2014.

Encontrar un sustituto para un jugador tan hábil y potente como Falcao, es una tarea bastante complicada, más aún, tomando en cuenta el gran momento que vivía Radamel Falcao con su club (Mónaco FC), y propiamente en su selección durante las eliminatorias para el mundial. De entre varios delanteros colombianos, los más cercanos a poder suplir a Radamel fueron: Jackson Martínez, Teófilo Gutiérrez, y Adrián Ramos. El objetivo de este trabajo es analizar, usando conceptos de lógica difusa y distancia de Hamming, quién era el jugador óptimo para suplir a Radamel Falcao. Se pretende mostrar una aplicación de las matemáticas a la selección de personal, concretamente a la selección del mejor sustituto para un miembro de la selección nacional de fútbol. Como en cualquier proceso de selección de personal existe imprecisión y ambigüedad en el proceso, es por ello que la lógica difusa es una herramienta de suma utilidad en el tratamiento de estos problemas. Esto es, abordaremos esta problemática desde el enfoque formal de la matemática combinado con técnicas conocidas de selección de jugadores de fútbol. Utilizaremos esta herramienta en un caso concreto a fin de determinar al mejor jugador sustituto.

II. CONCEPTOS BÁSICOS

Como se explicó anteriormente, se espera encontrar al sustituto que posea las cualidades más cercanas a las de Radamel Falcao. Es por esto que se parte del supuesto que este jugador es el “ideal”. Posteriormente se determinará, utilizando la distancia de Hamming, al jugador que más se parece a Radamel Falcao, es decir, aquel cuya distancia de Hamming sea mínima. Se denotará al jugador ideal por la letra I , a Teófilo Gutiérrez por G_1 , Jackson Martínez por G_2 , y a Adrián Ramos por G_3 .

A continuación, se proporcionarán las cualidades y sus definiciones, que se considerarán para el análisis del mejor sustituto [2]:

Finishing: Habilidad de un jugador para conseguir anotación, una vez que tiene el balón.

Flair: Talento nato, e intuición de un jugador al desarrollar una jugada.

Off the Ball: Habilidad de un jugador de moverse a través de la cancha y participar en una jugada, sin tocar el balón.

Anticipation: Habilidad de un jugador de predecir la trayectoria del balón y robarla del rival, o pasarla a sus compañeros.

Technique: Habilidad de un jugador de ejecutar acciones mecánicas como patear, recibir, o conducir el balón, de forma adecuada.

Balance: Habilidad de un jugador de controlar los movimientos de su cuerpo bajo presión del rival.

Decisions: Habilidad de un jugador de ejecutar una acción inteligente en una jugada.

First Touch: Habilidad de un jugador de pasar la pelota, o tirar a gol, sin detener la bola.

Heading: Habilidad de un jugador de impactar la pelota con su cabeza, en el aire.

Acceleration: Habilidad de un jugador de alcanzar su máxima velocidad con rapidez.

Agility: Habilidad de un jugador de hacer cambios de velocidad, manteniendo el balance en su cuerpo.

Work Rate: Disciplina, o espíritu de lucha de un jugador.

Existen diferentes métodos empleados en la selección de personal tales como regresión lineal múltiple, psicología, programas computacionales [3-5]. En general, estos modelos consideran datos ciertos, datos estadísticos o datos obtenidos a partir de la aplicación de leyes probabilísticas. Cuando no se cuenta con esta información es útil recurrir a otro tipo de herramientas matemáticas: la lógica difusa [6]. El término difuso se refiere a la incertidumbre determinística y está relacionado con el grado con el cual los eventos ocurren sin importar la probabilidad en su ocurrencia.

La técnica que se propone es utilizada frecuentemente en el proceso de toma de decisiones. Ésta consiste en determinar el parecido de los jugadores sujetos de evaluación (usando etiquetas lingüísticas [7]), con el "jugador ideal". Este parecido está en términos de la distancia de Hamming entre conjuntos [8-9]. Se representará el perfil de cada jugador por medio de un conjunto difuso.

Los conjuntos difusos son generalizaciones de los conjuntos clásicos [10]. En lógica clásica un elemento pertenece o no a un conjunto. En lógica difusa un elemento puede tener grados de pertenencia a un conjunto. En lenguaje matemático, se asigna 0 si no pertenece y 1 si pertenece al conjunto. El grado de pertenencia de un elemento x en un conjunto difuso A está determinado por una función de pertenencia $\mu_A(x)$ que devuelve valores en el intervalo $[0,1]$ ([10]). Cuanto más cerca se encuentre $\mu_A(x)$ del 1, mayor será la pertenencia del elemento x en el conjunto A . Considérese un conjunto referencial X , un conjunto difuso tiene la siguiente representación

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X\}.$$

Para operar con los conjuntos difusos se suelen emplear funciones de pertenencia de distintos tipos; las funciones utilizadas frecuentemente son las del tipo triangular, campana de Gauss o distribución normal, trapezoidal, y exponencial, entre otras. Un número triangular difuso está determinado por tres parámetros definidos en una terna $A = (a_1, a_2, a_3)$, donde $a_1 < a_2 < a_3$, con $x = a_2$ como el pico del triángulo. Su función de membresía se representa por:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3 \end{cases}$$

La gráfica de la función de membresía para el número triangular difuso aparece en la Figura 1.

Cuando los valores de $\mu_A(x)$ han sido dados por uno o varios expertos, se puede generalizar el conjunto difuso tomando una función de pertenencia intervalo-valorada. Sea $\mathcal{L}([0,1])$ el conjunto de todos los subintervalos cerrados en $[0,1]$. Un conjunto difuso intervalo-valorado es un conjunto de la forma $\tilde{A}^\phi = \{(x, \mu^\phi(x)) : x \in X\}$, donde la función de membresía, $\mu^\phi: X \rightarrow \mathcal{L}([0,1])$, es de la forma $\mu^\phi(x) = [a_x^1, a_x^2]$.

Observe que un número triangular difuso puede escribirse como el conjunto difuso intervalo-valorado

$$\tilde{A}^\phi = \{(x, [\mu_A(x), \nu_A(x)]) : x \in X\},$$

donde $\mu_A, \nu_A: X \rightarrow [0,1]$:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3. \end{cases}$$

$$\nu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3. \end{cases}$$

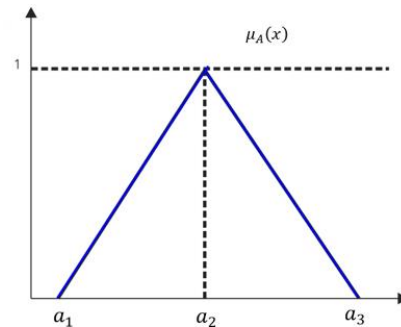


Figura 1. Gráfica de $\mu_A(x)$

Como se mencionó anteriormente, se utilizará una función distancia entre conjuntos difusos, que representen a los perfiles de cada jugador, para determinar al jugador más cercano al ideal. Una distancia d es una función no negativa con las siguientes propiedades:

1. $d(x, y) \geq 0$ y $d(x, y) = 0$ si y sólo si $x = y$.
2. $d(x, y) = d(y, x)$
3. $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$,

para todo $x, y, z \in X$. Existe una infinidad de distancias entre elementos y conjuntos. Sin embargo, para este trabajo se empleará la distancia de Hamming [8-9].

Definición. Dado un conjunto referencial discreto $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ y dos conjuntos ϕ -difusos: \tilde{A}^ϕ y \tilde{B}^ϕ , con funciones de pertenencia $\mu_{\tilde{A}}^\phi(x) = [a_x^1, a_x^2]$ y $\mu_{\tilde{B}}^\phi(x) = [b_x^1, b_x^2]$ respectivamente. La distancia de Hamming se define como

$$d(\tilde{A}^\phi, \tilde{B}^\phi) := \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (|a_{x_i}^1 - b_{x_i}^1| + |a_{x_i}^2 - b_{x_i}^2|). \quad (1)$$

III. METODOLOGÍA

Para el análisis de cada jugador se seguirá el siguiente procedimiento:

- Definir los rangos de valores de las variables lingüísticas o difusas para cada uno de los jugadores. Se utilizarán las etiquetas lingüísticas que aparecen frecuentemente en la literatura [7]: *perfecto, muy bueno, bueno, apenas bueno, casi bueno, más o menos bueno, casi malo, apenas malo, malo, muy malo, terrible* para evaluar las cualidades presentadas por cada jugador en la Sección II. En el Cuadro I se muestran los intervalos que corresponden a cada etiqueta lingüística.
- Construir los números difusos triangulares. Esto es, los intervalos que corresponden a cada una de las etiquetas lingüísticas, es decir, usando $\mu_A(x)$, mostrada en Figura 1, se califica cada cualidad de los tres candidatos, con las etiquetas lingüísticas mostradas en el Cuadro I.
- Obtener la evaluación del jugador ideal. Esto es, con los criterios del jugador I construir el conjunto difuso

$$\tilde{I} = \{I, \mu(I)\}$$

que permitan hacer una comparación con los otros jugadores.

CUADRO I
INTERVALOS CORRESPONDIENTES A SUS ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS

Etiqueta	Intervalo
<i>perfecto</i>	(83.3, 100)
<i>muy bueno</i>	(74.97, 91.63)
<i>bueno</i>	(66.64, 83.3)
<i>apenas bueno</i>	(58.31, 74.97)
<i>casi bueno</i>	(49.98, 66.64)
<i>más o menos bueno</i>	(41.65, 58.31)
<i>casi malo</i>	(33.32, 49.98)
<i>apenas malo</i>	(24.99, 41.65)
<i>malo</i>	(16.66, 33.32)
<i>muy malo</i>	(8.33, 24.99)
<i>terrible</i>	(0, 16.66)

- Construir los conjuntos difusos para los otros jugadores \tilde{G}_i . Es decir,

$$\tilde{G}_i = \{G_i, \mu(G_i): i = 1,2,3.\}$$

- Calcular la distancia de Hamming $d(\tilde{G}_i, \tilde{I}), i = 1,2,3$.

Una vez calculada la distancia de Hamming, se podrá concluir, de entre los tres candidatos (G_1, G_2, G_3), quién es el que posee la distancia mínima con respecto al ideal (I). Quien, en conclusión, será la mejor opción para suplir a Radamel Falcao. Se considera el supuesto que las evaluaciones de cada jugador están por debajo del ideal.

IV. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados que se obtuvieron. Se construyen las variables lingüísticas triangulares, en la Figura 2, se proporciona la función $\mu_A(x)$ triangular, donde cada triángulo de diferente color, representa

un intervalo, que corresponde a una etiqueta lingüística diferente. Claramente $Dom(\mu_A(x)) = [0,100]$ e $Im(\mu_A(x)) = [0,1]$.

Como es conocido el nivel de exigencia de las características (habilidades) de cada jugador dependen de muchos factores. Se consideraron tres niveles de exigencia. Para el primer caso, se tomó la información que aparece en [2] y se realizó un ajuste para el caso de interés. En el segundo caso se consideraron las características con el mismo nivel de exigencia y en tercer caso con nivel de exigencia propuesto por el autor. Con estos datos se tienen los niveles de exigencia en porcentajes dados en el Cuadro II.

CUADRO II
NIVELES DE EXIGENCIA PARA CADA CUALIDAD

Criterio	PRIMER CASO	SEGUNDO CASO	TERCER CASO
Finishing	13.14	8.33	20
Heading	11.47	8.33	15
Technique	11.35	8.33	12
Off the ball	11.23	8.33	11
Anticipation	9.08	8.33	10
Flair	8.60	8.33	8
First Touch	6.93	8.33	6
Acceleration	6.21	8.33	5
Agility	6.21	8.33	5
Decisions	5.62	8.33	4
Balance	5.38	8.33	2
Work Rate	4.78	8.33	2

La evaluación del jugador "ideal" y de los candidatos (I, G_1, G_2, G_3), están dadas en los Cuadros III.1, III.2, III.3 Y III.4, respectivamente. Los intervalos correspondientes a las calificaciones de cada futbolista, fueron construidas considerando el sitio Sofifa [11], sitio especializado en valuación de diversas cualidades de jugadores de fútbol, y por la experiencia de los autores.

CUADRO III.1
CALIFICACIONES CORRESPONDIENTES AL IDEAL

Criterio	I: Falcao	
<i>Finishing</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Heading</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Technique</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Off the ball</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Anticipation</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Flair</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>First Touch</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Acceleration</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Agility</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Decisions</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Balance</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Work Rate</i>	Bueno	(66.64, 83.3)

CUADRO III.2
CALIFICACIONES CORRESPONDIENTES A G₁

criterio	G ₁ : Teófilo Gutiérrez	
<i>Finishing</i>	Casi Bueno	(49.98, 66.64)
<i>Heading</i>	Casi Bueno	(49.98, 66.64)
<i>Technique</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Off the ball</i>	Casi Bueno	(49.98, 66.64)
<i>Anticipation</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Flair</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>First Touch</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Acceleration</i>	Apenas Bueno	(58.31, 74.97)
<i>Agility</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Decisions</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Balance</i>	Casi Malo	(33.32, 49.98)
<i>Work Rate</i>	Casi Bueno	(49.98, 66.64)

74.97	83.3	91.63	74.97	83.3	91.63
66.64	74.97	83.3	49.98	58.31	66.64
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.30
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.30
74.97	83.3	91.63	66.64	74.97	83.30
74.97	83.3	91.63	58.31	66.64	74.97
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.30
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.30
66.64	74.97	83.3	33.32	41.65	49.98
66.64	74.97	83.3	49.98	58.31	66.64

CUADRO III.3
CALIFICACIONES CORRESPONDIENTES A G₂

criterio	G ₂ : Jackson Martínez	
<i>Finishing</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Heading</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Technique</i>	Apenas Bueno	(58.31, 74.97)
<i>Off the ball</i>	Apenas Bueno	(58.31, 74.97)
<i>Anticipation</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Flair</i>	Apenas Bueno	(58.31, 74.97)
<i>First Touch</i>	Casi Bueno	(49.98, 66.64)
<i>Acceleration</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Agility</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Decisions</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Balance</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Work Rate</i>	Bueno	(66.64, 83.3)

VARIABLES DIFUSAS CORRESPONDIENTES A G₂, G₃

G ₂			G ₃		
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.3
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.3
58.31	66.64	74.97	49.98	58.31	66.64
58.31	66.64	74.97	66.64	74.97	83.3
74.97	83.3	91.63	66.64	74.97	83.3
58.31	66.64	74.97	58.31	66.64	74.97
49.98	58.31	66.64	74.97	83.3	91.63
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.3
66.64	74.97	83.3	49.98	58.31	66.64
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.3
74.97	83.3	91.63	58.31	66.64	74.97
66.64	74.97	83.3	66.64	74.97	83.3

CUADRO III.4
CALIFICACIONES CORRESPONDIENTES A G₃

criterio	G ₃ : Adrián Ramos	
<i>Finishing</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Heading</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Technique</i>	Casi Bueno	(49.98, 66.64)
<i>Off the ball</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Anticipation</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Flair</i>	Apenas Bueno	(58.31, 74.97)
<i>First Touch</i>	Muy Bueno	(74.97, 91.63)
<i>Acceleration</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Agility</i>	Casi Bueno	(49.98, 66.64)
<i>Decisions</i>	Bueno	(66.64, 83.3)
<i>Balance</i>	Apenas Bueno	(58.31, 74.97)
<i>Work Rate</i>	Bueno	(66.64, 83.3)

Obsérvese que para cada jugador y cada característica se obtuvo un número triangular difuso determinado por las filas del Cuadro IV.

Tomando en cuenta los tres niveles de exigencia mostrados en el Cuadro II, se construyó para cada jugador un conjunto difuso:

PRIMER CASO

$$\begin{aligned} \tilde{I} &= \{I, (70.73, 79.06, 87.39)\} \\ \tilde{G}_1 &= \{G_1, (58.51, 66.84, 75.17)\} \\ \tilde{G}_2 &= \{G_2, (64.09, 72.42, 80.75)\} \\ \tilde{G}_3 &= \{G_3, (63.12, 71.45, 79.78)\} \end{aligned}$$

SEGUNDO CASO

$$\begin{aligned} \tilde{I} &= \{I, (70.11, 78.44, 86.77)\} \\ \tilde{G}_1 &= \{G_1, (58.31, 66.64, 74.97)\} \\ \tilde{G}_2 &= \{G_2, (64.56, 72.89, 81.22)\} \\ \tilde{G}_3 &= \{G_3, (63.17, 71.50, 79.83)\} \end{aligned}$$

TERCER CASO

$$\begin{aligned} \tilde{I} &= \{I, (71.47, 79.80, 88.13)\} \\ \tilde{G}_1 &= \{G_1, (58.56, 66.89, 75.22)\} \\ \tilde{G}_2 &= \{G_2, (64.06, 72.39, 80.72)\} \\ \tilde{G}_3 &= \{G_3, (63.47, 71.80, 80.13)\} \end{aligned}$$

Dadas las calificaciones mostradas en Cuadro III.1, III.2, III.3, III.4, a continuación, se construyeron las siguientes variables difusas que se muestran en el Cuadro IV.

CUADRO IV
NÚMEROS TRIANGULARES DIFUSOS CORRESPONDIENTES A I, G₁

I			G ₁		
74.97	83.3	91.63	49.98	58.31	66.64
74.97	83.3	91.63	49.98	58.31	66.64

Por último, se calcularon las distancias de Hamming, ecuación (1), entre los conjuntos difusos I , G_1 , G_2 , y G_3 . Los resultados se muestran a continuación:

PRIMER CASO

$$\begin{aligned}d(\tilde{I}, \tilde{G}_1) &= 0.12 \\d(\tilde{I}, \tilde{G}_2) &= 0.066 \\d(\tilde{I}, \tilde{G}_3) &= 0.076\end{aligned}$$

SEGUNDO CASO

$$\begin{aligned}d(\tilde{I}, \tilde{G}_1) &= 0.12 \\d(\tilde{I}, \tilde{G}_2) &= 0.06 \\d(\tilde{I}, \tilde{G}_3) &= 0.07\end{aligned}$$

TERCERO CASO

$$\begin{aligned}d(\tilde{I}, \tilde{G}_1) &= 0.13 \\d(\tilde{I}, \tilde{G}_2) &= 0.07 \\d(\tilde{I}, \tilde{G}_3) &= 0.08\end{aligned}$$

Para los diferentes niveles de exigencia tenemos que la distancia mínima es $d(\tilde{I}, \tilde{G}_2)$, lo que significa que el mejor sustituto para Radamel Falcao es Jackson Martínez.

Contrastando este resultado con lo ocurrido en Brasil 2014 podemos observar que la decisión tomada por el Director Técnico José Pékerman difiere del resultado obtenido, puesto que de los cinco partidos que disputó la Selección Colombiana de Fútbol en el mundial, Martínez sólo inició dos, dos entró de cambio, y en el último, contra Brasil, el delantero se quedó en la banca. Pese a esto, Martínez anotó dos goles (siendo, después de James Rodríguez el jugador con más anotaciones de la Selección Colombiana durante el mundial), y en el partido contra la Selección de Japón, fue elegido jugador del partido.

Quizá, si Pékerman hubiese conocido este resultado el jugador Martínez podría haber sido la diferencia, para mejorar la marca goleadora del equipo.

V. CONCLUSIONES

La selección de personal es de gran importancia para cualquier empresa. La principal aportación de este trabajo es la aplicación de las matemáticas (lógica difusa) al proceso de selección del mejor sustituto para un jugador en una selección nacional. Para fines ilustrativos se consideraron ciertas restricciones que pueden ser omitidas en trabajo futuro, como son, el adversario, los juegos anteriores, alineación, etc. Por último, se menciona que se pueden utilizar más o menos etiquetas lingüísticas, diferentes funciones de membresía (trapezoidales, gaussianas, entre otras).

El caso tratado en este trabajo (selección de jugadores) puede ser extendido a otros ámbitos donde también se requiera seleccionar personal, llámese empleo, alumnado, clientela, etc. Lo más valioso de esta técnica es que pretende dejar a un lado puntos de vista, o percepciones subjetivas a la hora de escoger al elemento más apto, dado que los apropiados criterios de calificación, y su ponderación, disminuyen ambigüedades, y se estará más cerca de la decisión correcta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Mtro. Roberto Pozos por su impulso para participar en el Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación "Hno. Salvador González".

REFERENCIAS

- [1] FIFA. URL: <http://www.fifa.com/worldcup/news/y=2015/m=12/news=2014-fifa-world-cuptm-reached-3-2-billion-viewers-one-billion-watched--2745519.html> revisado el 31/09/2017
- [2] E. Ozceylan, (2016). A mathematical model using AHP priorities for soccer player selection: a case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 27(2), pp 190-205. Recuperado desde: <https://dx.doi.org/10.7166/27-2-1265>
- [3] Canós L. and Liern V., (2008). Soft computing-based aggregation methods for human resource management. *European Journal of Operational Research*. Vol. 189, pp. 669-681. Recuperado desde <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011498001614>
- [4] W.F Cascio, (1982). Applied psychology in personnel management, 2nd ed., Reston, VA: Reston Publishing, a Prentice Hall Company.
- [5] Cuadra A., Un modelo matemático de selección de personal basado en validez concurrente. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*. Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid.
- [6] J.J. Buckley, Y. Aimin, (2000). Fuzzy functional analysis (I): *Basic concepts, Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 115, pp 393-402, ISSN 0165-0114, Recuperado desde: [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00161-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00161-4).
- [7] Gil-Lafuente J., (2016). An Initial Basis for Optimize the Selection of Athletes Depending on the Needs of Sport Organization, *International Journal of Business Policy and Economics*, No.9, pp 57-67.
- [8] Hamming R. W., (1950). Error detecting and error correcting codes, *Bell System Technical Journal*, No. 29, pp 148-161
- [9] Jeffrey S., (2009). Hamming distances for conjugates, *Discrete Mathematics*, No. 309, pp 4197-4189.
- [10] Zadeh L.A., (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, No. 8, pp 338-353.
- [11] SoFIFA. URL: <https://sofifa.com>, revisado el 31/09/2017.

Anexos

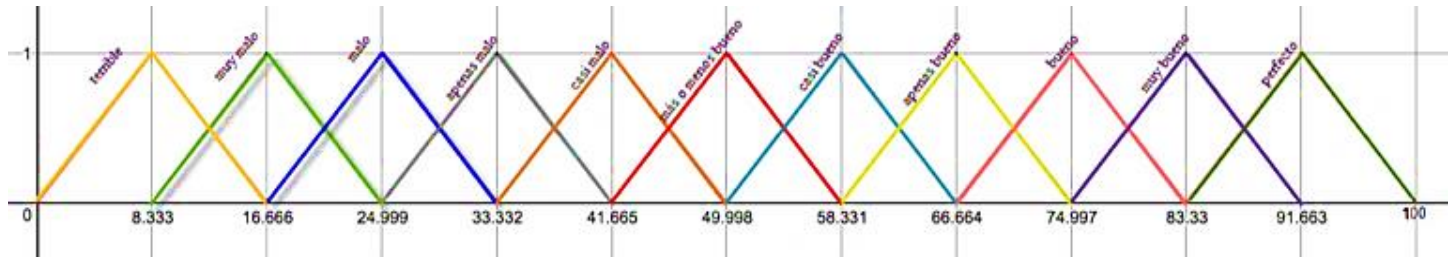


Figura 2. Gráfica de $\mu_A(x)$, con las etiquetas del Cuadro I