

APLICACIÓN DEL MÉTODO CYBERSIN CON LÓGICA DIFUSA EN UN SISTEMA DE CONTROL DE GESTIÓN*

Miguel Rojas**
Daniel López***
Carolina Rincón****

Recibido: 15/03/2011

Aceptado: 25/05/2012

RESUMEN

El modelo propuesto plantea un sistema de control para los ejecutivos de ventas de las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP). Con ayuda del método Cybersin se calcularon los indicadores: desempeño, logro y latencia que, a su vez, componen las variables, ventas y acompañamiento. Variables valiosas en el funcionamiento de este tipo de organizaciones y usadas en la medición del desempeño de los ejecutivos de ventas. Se construyó un sistema de inferencia difusa con el apoyo del software MATLAB, para simular la productividad de los ejecutivos; este considera las posibles combinaciones de las variables de entrada y compara el resultado con las metas establecidas por la organización.

Palabras clave: cibernética, lógica difusa, pensiones, cesantías.

* Este trabajo es el resultado de una investigación del grupo CINCO en el tema de lógica difusa aplicando Cybersin y financiado por fondos de extensión de la Universidad Nacional.

** Ph. D en Ingeniería Universidad Nacional de Colombia. E-mail: mdrojas@unal.edu.co.

*** Ingeniero Administrador Universidad Nacional de Colombia. E-mail: dlopezp@unal.edu.co.

**** Estudiante Ingeniería de Sistemas e Informática Universidad Nacional de Colombia. E-mail: carinconlo@unal.edu.co.

CYBERNETIC AND FUZZY LOGIC SYSTEM APPLICATION IN MANAGEMENT CONTROL SYSTEM

ABSTRACT

The proposed model presents a control system for sales executives of Pension Fund Administrators. Using the Cybersin method, performance, achievements and latency indicators were calculated. Based on this indicators variables sales and support were defined, which are valuable variables in the functioning of these type of organizations and are used in measuring the performance of sales executives. A fuzzy inference system was desingned with the help of MATLAB software to simulate the productivity of executives, using possible combinations of input variables to finally compare the result with stablished targets of the organization.

Key Words: cybernetic, fuzzy logic, Retirement Funds.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las organizaciones buscan evaluar la gestión de sus funcionarios para conocer si cumplen con metas de ventas y satisfacen las necesidades del cliente. Se busca realizar la evaluación integral.

Para implementar sistema de control con las características descritas, es posible utilizar un sistema de inferencia difusa para valorar la gestión del ejecutivo de ventas (EV) partiendo de dos variables medibles que reflejan el rendimiento real de los vendedores. Apoyados en el método Cybersin se identifican los parámetros adecuados para realizar dicha gestión, luego se definen los conjuntos difusos y valores de pertenencia de cada conjunto. Por último, se infieren las variables, las cuales son acompañamiento y ventas.

Para desarrollar el modelo, primero es necesario explicar el tipo de industria a la que pertenece el ejecutivo de ventas, en este caso Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP). Luego, se analizan las variables a medir para cada ejecutivo de ventas y posteriormente, utilizando el método Cybersin, se estudia cada indicador. Tras conocer los valores críticos, se construyen los conjuntos difusos que definen cada una de las variables de entrada al sistema de inferencia difusa (FIS).

Se debe precisar la variable de salida, en este caso es rendimiento del ejecutivo, y cómo se agregan las dos variables de entrada para obtener la variable de salida del sistema; esto se logra por medio de la base de conocimiento.

1 MARCO TEÓRICO

Las Administradoras de Fondos de Pensiones y Cesantías son entidades de servicios financieros constituidas por el aporte de varios accionistas como sociedades anónimas o instituciones solidarias.

Nacieron por los cambios en la legislación laboral generados con la expedición de la Ley 50 de 1990, por la Constitución de 1991 y las modificaciones planteadas por la Ley 100 de 1993 en

términos de Seguridad Social, que establecieron cómo administrar en forma correcta y transparente los dineros aportados por concepto de pensiones o cesantías [1].

Los aportes administrados conforman un patrimonio autónomo denominado Fondo de Pensiones o Cesantías, que es independiente del patrimonio de la sociedad encargada de administrarlo. Estas organizaciones ofrecen a sus clientes prestaciones sociales como cesantías, pensión obligatoria y pensión voluntaria.

Las cesantías son una prestación social establecida por ley, las cuales corresponden a un mes de salario por cada año laborado, y aplican a organizaciones públicas y privadas. Cada año, estas son consignadas a un fondo de cesantía el cual es escogido libremente por el afiliado. Este tipo de cesantías son ordinarias ya que aplican al régimen de liquidación anual. Además, pueden ser retiradas parcialmente para vivienda o educación superior.

La pensión obligatoria tiene como objetivo amparar a las personas contra riesgos derivados de vejez, invalidez y muerte.

Las pensiones voluntarias tienen la posibilidad de reducir la base gravable de los impuestos y gozar de beneficios tributarios que otorga la ley; este ahorro permite complementar su pensión obligatoria y así conservar la misma calidad de vida durante su retiro.

Las AFP en Colombia emplean EV que visitan organizaciones con el objetivo de vincular personas a su administradora en alguno de los productos explicados anteriormente. Estas afiliaciones son por vinculación inicial o por traslado. Los EV son los encargados de mantener e incrementar el valor depositado en cada uno de los fondos de los tres productos.

Adicionalmente, estos EV dan asesoría a empleadores y afiliados de cada administradora. Para afiliados, corresponde a solucionar inquietudes, a los empleadores, se ofrece acompañamiento en la liquidación mensual de prestaciones y solución de inconsistencias en el ejercicio.

El modelo propuesto para medir la gestión de los vendedores de las AFP, incluye variables de ventas y acompañamiento como variables de entrada al sistema de inferencia difusa.

Para establecer la forma de medir variables por medio de indicadores se propone el método Cybersin que se explicará posteriormente.

El concepto de lógica difusa fue concebido por Lofti Zadeh profesor de la Universidad de California en Berkley, quien inconforme con los conjuntos clásicos que solo permiten dos opciones, la pertenencia o no de un elemento a dicho conjunto, la presentó como una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos que en contraposición a los clásicos los denominó conjuntos difusos [2]. El concepto fue expuesto en el año de 1965, en “Fuzzy Sets”, artículo publicado en la revista *Information and Control*. Luego en 1971 fue publicado, “Quantitative Fuzzy Semantics”, introduciendo los elementos formales que componen el cuerpo de la doctrina de la lógica difusa y sus aplicaciones como se conocen en la actualidad [3].

La lógica difusa es una metodología que proporciona una forma simple y refinada de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta. Una ventaja es la posibilidad de implementar lógica difusa en hardware y en software o, en combinación de ambos [4].

1.1 Conjuntos difusos

Dado un posible rango de valores llamados Universo de Discurso, el cual se denominará U , por ejemplo $U=R^n$, donde R^n es un espacio de n dimensiones. En U se tendrá un conjunto difuso de valores llamado f , el cual es caracterizado por una función de pertenencia $u(f)$ tal que $u(f):U:[0,1]$, donde $u(f)$ representa el grado de pertenencia de un u que pertenece a U en el conjunto difuso f [5].

1.2 Fuzzificador

Normalmente es un valor numérico; para que este valor pueda ser procesado por el sistema es necesario convertirlo a un “lenguaje”. Esta es la función del fuzzificador, toma los valores numéricos provenientes del exterior y los convierte en valores “difusos” para ser procesados por el mecanismo de inferencia. Estos valores difusos son los niveles de pertenencia de los valores de entrada a los diferentes conjuntos difusos en los cuales se ha dividido el universo de discurso de las diferentes variables de entrada al sistema [6].

1.3 Mecanismo de inferencia difusa

Teniendo los diferentes niveles de pertenencia arrojados por el fuzzificador, los mismos deben ser procesados para generar una salida difusa. La tarea del sistema de inferencia es tomar los niveles de pertenencia y generar la salida del sistema difuso apoyado en las bases de reglas difusas [7].

1.4 Base de reglas difusas

Es la manera que tiene el sistema difuso de guardar el conocimiento lingüístico permitiendo resolver el problema para el cual fue diseñado. Estas reglas son del tipo IF-THEN. Una regla de la base de reglas o base de conocimiento tiene dos partes: el antecedente y la conclusión, como se observa en la figura 1 [8]:

<p style="text-align: center;">IF la <i>ENTRADA</i> es <i>baja</i> THEN la <i>SALIDA</i> es <i>alta</i> Antecedente - Consecuente</p>

Figura 1. Base de reglas difusas

Fuente: los autores.

1.5 Defuzzificador

La salida que genera el mecanismo de inferencia es una salida difusa, significa que no puede ser interpretada por un elemento externo que solo

manipule información numérica. Para interpretar la salida del sistema difuso es necesario convertir la salida difusa de mecanismo de inferencia; este proceso lo realiza el defuzzificador. La salida es un conjunto difuso resultante [8].

2 METODOLOGÍA

El método Cybersin ayuda a determinar la eficiencia en la gestión de la organización mediante el uso de índices. En este caso se evalúa el desempeño de los ejecutivos de ventas en las AFP [9].

Inicialmente se determina para cada variable, *ventas y acompañamiento*, los valores actuales, de capacidad y potenciales. El valor actual es el medido por el indicador; el valor de capacidad es el máximo valor, aceptando las restricciones actuales de la organización, y el valor potencial es el máximo valor que tomaría si el director de la organización invierte para reducir restricciones actuales. Estos valores ayudan a determinar los conjuntos difusos de cada una de las variables.

Después de definir los indicadores se calculan los índices, esta es una medida diseñada para mostrar los límites de cambios en las variables relacionadas. Ver figura 2 [10].

$$\text{Índice de logro} = \text{Actualidad} / \text{Capacidad}$$

$$\text{Índice de latencia} = \text{Capacidad} / \text{Potencialidad}$$

$$\text{Índice de desempeño} = \text{Actualidad} / \text{Potencialidad}$$

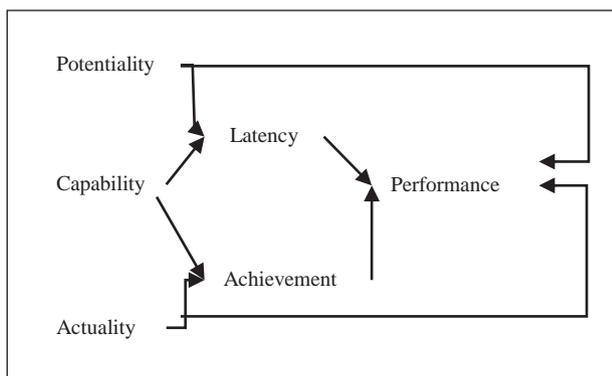


Figura 2. Cálculo de índices

Fuente: [10]

Por definición, cada índice se encuentra en un rango entre 0 y 1.

Índice de logro: un valor bajo de logro indica problemas en la gerencia o gestión de recursos; su dimensión temporal se refiere al presente.

Índice de latencia: un valor bajo indica un nivel de inversión bajo, o no está causando los efectos esperados sobre el indicador respectivo; su dimensión temporal es el futuro.

Índice de desempeño: mide el balance entre la gestión del presente y la inversión futura; este índice tiende a uno cuando simultáneamente el índice de logro y latencia tienden a uno.

Estos dos conceptos son diferentes: el indicador brinda información sobre el comportamiento de la variable, y el índice define el límite que indica al gerente saber si la gestión está en el rango permitido.

Con el valor del indicador se podrán conocer las dificultades y el responsable de la gestión.

Aplicando el método Cybersin a la evaluación de los EV se obtienen los siguientes indicadores para cada una de las dos variables. La variable *ventas* se mide como el total de ventas realizadas por un EV en número por mes. Las ventas totales serán las vinculaciones iniciales y traslados hechos para los tres productos que ofrecen las AFP. La variable de acompañamiento se mide como la cantidad de visitas a los afiliados y empleadores en el mes [10].

Para desarrollar el modelo e ilustrar cómo realizar la medición del ejecutivo de ventas de una AFP, se asume la posición del administrador de la organización que conoce los valores de medición y define el modelo según su conveniencia. El modelo es aplicado según las necesidades para este caso.

El indicador ventas es fácil de medir por los administradores de las AFP. Se encontró que los EV realizaban 60 afiliaciones al mes, en promedio, y 80 afiliaciones los que **más** realizaban. Sin embargo, el administrador conoce que al eliminar procesos complementarios, los ejecutivos podrán vender hasta 100 afiliaciones. Estos valores coinciden con

los actuales, de capacidad y de potencialidad del indicador.

En el caso de la variable *acompañamiento*, los valores actuales, de capacidad y de potencialidad del indicador, pueden ser los mismos para simplificar el modelo.

Estos valores servirán para definir los conjuntos difusos.

Se definen tres conjuntos de pertenencia para cada variable así:

Ventas

Venta baja: realiza 50 o menos. Si las ventas oscilan entre 30 y 50 su valor de pertenencia a este conjunto varía así: 50 ventas tendrá un valor de pertenencia de 0; y 30 ventas un valor de pertenencia de 1. Es decir, que entre **más** ventas realice menos pertenencia tendrá a este conjunto. Entre 0 y 30 afiliaciones en el mes tiene un nivel de pertenencia 1 a este conjunto, ya que para el administrador es lo mismo que el ejecutivo realice de 0 a 30 ventas.

Venta media: realiza entre 40 y 80 ventas, donde el mayor valor de pertenencia (1) a este conjunto se alcanza cuando las ventas son cercanas a 60. Este es la medida actual; si un ejecutivo logra ventas al mes de 60 afiliaciones pertenecería al nivel de ventas media. Si las ventas son menores a 60 afiliaciones, deja de pertenecer al conjunto de venta media y empieza a pertenecer al conjunto de venta baja. Si por el contrario, el ejecutivo empieza a aumentar su número de afiliaciones a más de 60, deja de pertenecer al conjunto de venta media y empieza a pertenecer al conjunto de venta alta.

Venta alta: está definida para valores mayores de 70 mensuales en adelante y su nivel de pertenencia sube hasta alcanzar el máximo cuando se logran 100 ventas en el mes. Nótese que este valor de 100 fue basado en el valor potencial del indicador de ventas. Ver figura 3.

En este caso existen valores que pueden pertenecer a dos conjuntos a la vez. Cuando las

ventas se encuentren entre 40 y 50, pertenecen a los conjuntos de ventas bajas y media a la vez con diferentes valores de pertenencia a excepción de el punto de intersección entre los dos conjuntos, es decir, tendría el mismo valor de pertenencia para los dos conjuntos. Es precisamente este fenómeno la razón para utilizar un modelo de inferencia difusa ya que estos puntos grises son igualmente modelados y permite que un valor intermedio perteneciente a dos conjuntos tenga ambos valores de pertenencia.

Los conjuntos difusos definidos para la variable “*acompañamiento*” son: acompañamiento bajo, acompañamiento medio y acompañamiento alto. Teniendo la misma definición que los conjuntos de venta baja, media y alta. Ver figura 4.

Luego de definir la variable de entrada (ventas y acompañamiento), se definió la variable de salida que es ejecutivo. Esta variable tendrá tres conjuntos de salida que son rendimiento bajo, medio y alto. La escala es entre 0 y 100 puntos donde a mayor rendimiento más próximo estará a los 100 puntos.

Rendimiento bajo: está entre 0 y 50 puntos. Según este rango, al administrador de la AFP le interesa un rendimiento superior a 50 puntos para el ejecutivo.

Rendimiento medio: está definido entre 40 y 80 puntos, donde el punto de mayor pertenencia se presenta cuando el ejecutivo obtiene 60 puntos. De igual forma, cuando se aleja de 60 puntos dejará de pertenecer a este conjunto y empezará a pertenecer a rendimiento bajo si es menor, y a rendimiento alto si es mayor.

Rendimiento alto: para valores de 70 puntos en adelante y alcanzando el máximo valor de pertenencia cuando se acerca a 100 puntos. Ver figura 5.

En la figura 6 se observa el sistema donde se identifican las variables de entrada, las reglas y la variable de salida. Luego de definir las variables de entrada y salida del sistema se procede a definir las reglas o la matriz de conocimiento, la cual establece cómo se relacionan las variables de entrada para obtener el valor de la variable de salida.

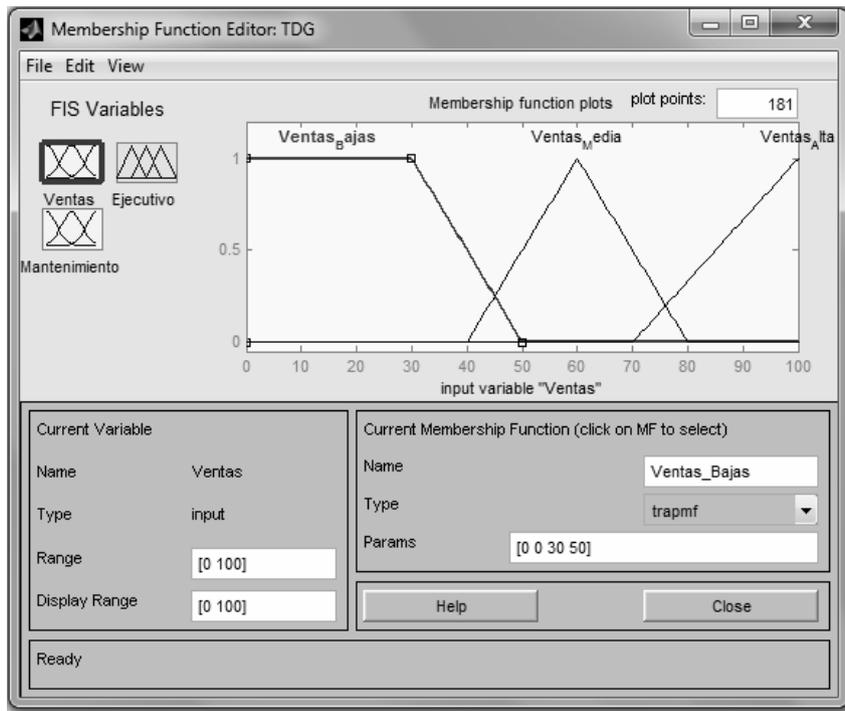


Figura 3. Variable Ventas y conjuntos difusos.

Fuente: los autores usando MATLAB®.

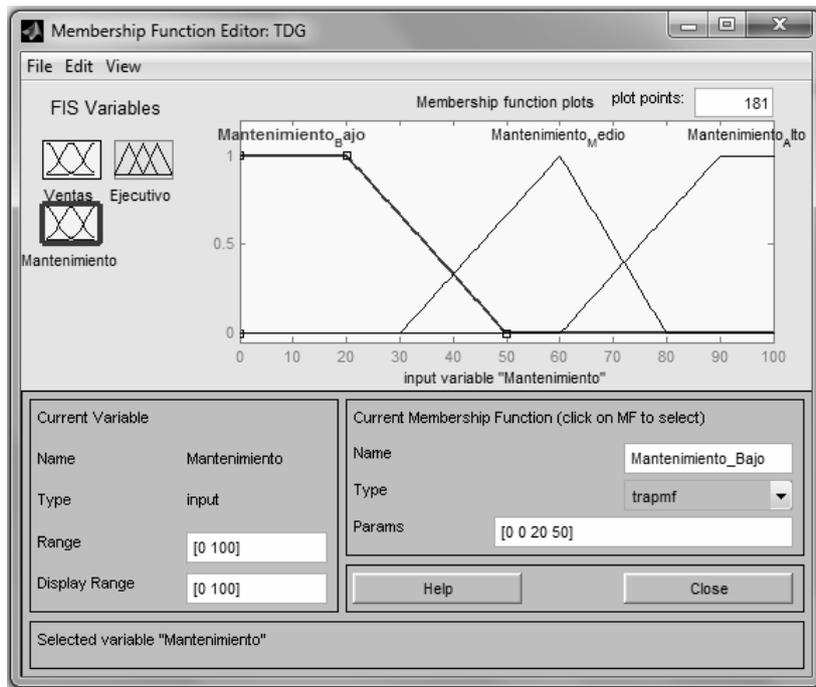


Figura 4. Variable Acompañamiento y sus conjuntos difusos

Fuente: los autores usando MATLAB®.

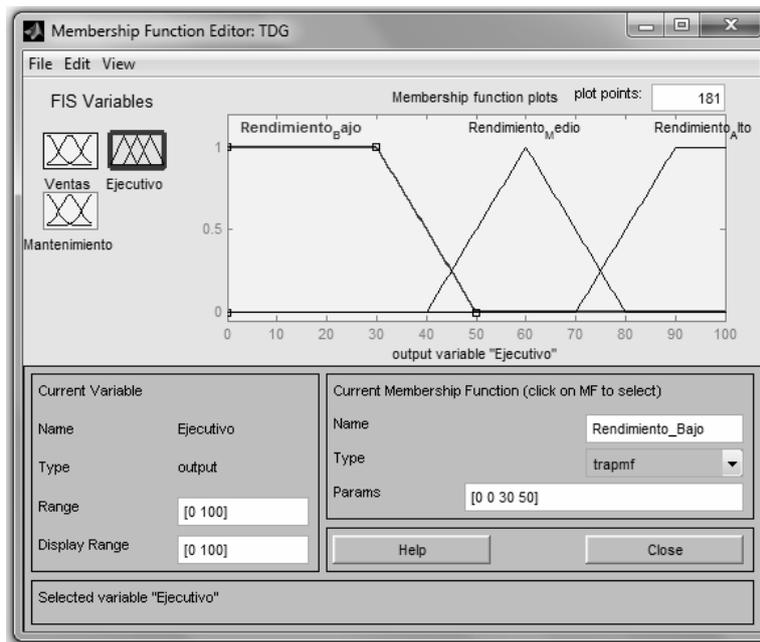


Figura 5. Variable de Salida Ejecutivo y sus conjuntos difusos

Fuente: los autores usando MATLAB®.

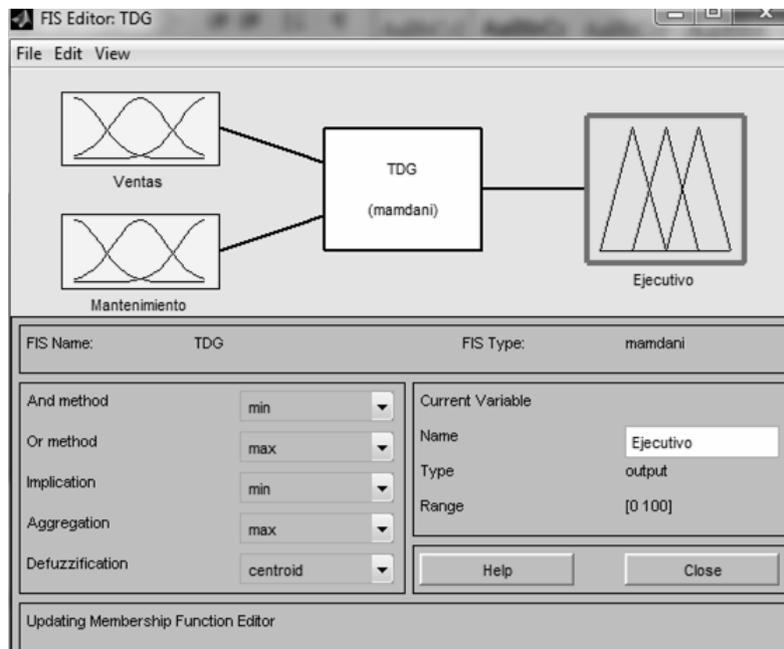


Figura 6. Sistema de Inferencia Difusa para la medir la gestión del ejecutivo de ventas

Fuente: los autores usando MATLAB®.

Inicialmente, se define para cada una de las relaciones de los conjuntos difusos de las variables de entrada, luego, se define a qué conjunto difuso de la variable de salida pertenece. Cuando un ejecutivo obtenga *ventas* medias y *acompañamiento* alto, la variable de salida será rendimiento medio. El criterio para definir la relación entre las variables de entrada y salida es responsabilidad del administrador de la AFP, y da mayor importancia a la variable que él considere relevante para la organización. Así, aunque el ejecutivo logra *acompañamiento* alto y *ventas* medias, el rendimiento es medio. Se observa que al administrador le interesan más las ventas que el acompañamiento.

Todas las reglas fueron definidas según el criterio del administrador de la AFP, a quien le interesa más vender que acompañar.

En la figura 7 se observa cada una de las reglas y una simulación con resultados aleatorios de las variables de entrada de los EV y la variable de salida. Se observa para un valor de 50 ventas y 50 visitas mensuales, un ejecutivo tendría un rendimiento de 60 puntos. Gráficamente se puede apreciar cómo los valores que obtuvo el ejecutivo en el mes cortan cada una de las 9 reglas formando el conjunto difuso de salida que por el método del centroide se obtiene el valor desfusificado de 60 puntos.

La herramienta utilizada *MATLAB*, muestra la superficie con todos los posibles valores que podrían tomar las variables de entrada y su respectiva variable de salida. La figura 8 permite a los ejecutivos conocer la combinación de las variables que más rendimiento otorgan.

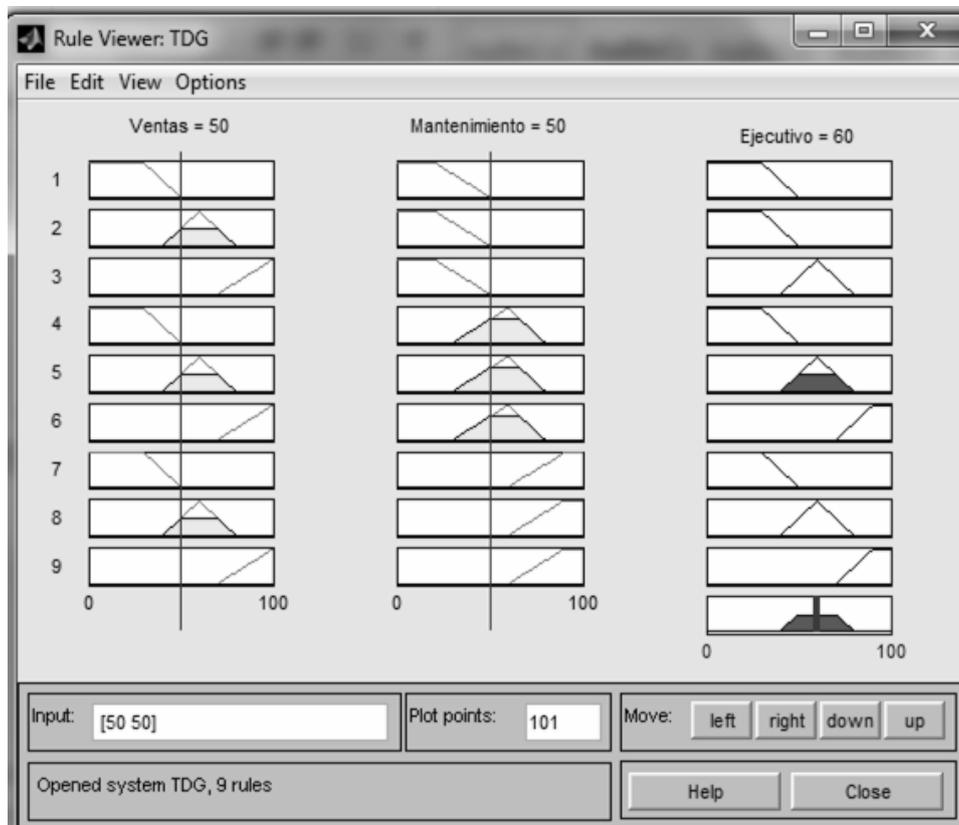


Figura 7. Matriz de conocimiento o Reglas y un valor de prueba

Fuente: los autores usando *MATLAB*®.

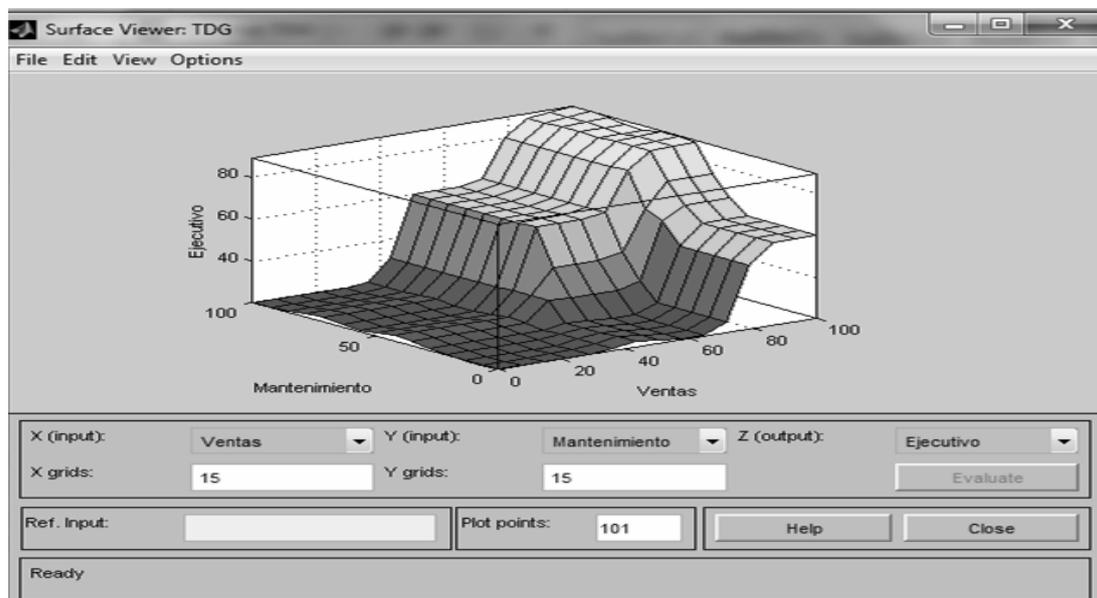


Figura 8. Superficie Difusa

Fuente: los autores usando MATLAB®.

3 CONCLUSIONES

Un ejecutivo de ventas EV de una Administradora de Fondos de Pensiones se evalúa de forma integral, por las ventas que realiza y el acompañamiento; la complejidad del servicio que se ofrece y la normativa que rige la industria hace de esa evaluación una herramienta objetiva para el director de los EV. El afiliado requiere un acompañamiento constante en las diferentes etapas de la vida y el EV es el encargado de ofrecerlo.

El método Cybersin es un sistema de control de gestión mediante indicadores que ayuda a definir parámetros y generar los valores límite de los conjuntos difusos para cada variable de entrada.

Un sistema de inferencia difuso responde a las necesidades de medición que tenga el administrador del sistema; él es quien define las variables de entrada y salida, los conjuntos difusos y la forma de relacionar las variables de entrada para obtener la de salida mediante la base de conocimiento. El valor agregado que ofrece el sistema es la adaptabilidad a la medición y la modelación de los puntos grises o valores que pertenecen a dos conjuntos a la vez.

El uso de la herramienta informática *MATLAB* permite definir el sistema de inferencia difusa y observarlo gráficamente. De esta forma el modelo de todos los posibles valores de entrada con su respectivo valor de salida es más comprensible para personas que no están familiarizados con el tema. Este tipo de modelo se adapta cuando se trabajan variables cuantitativas y cualitativas, ampliando el espectro de la medición que las organizaciones hacen para evaluar el rendimiento del EV.

El modelo de control es tan complejo como el administrador desee y mide los parámetros que se establezcan. Aunque el modelo propuesto tenía solo dos variables de entrada, se puede aumentar la cantidad de variables, solo que representa mayor trabajo para el administrador del sistema al definir las bases de conocimiento. Este sistema puede ser parte de un sistema más grande que lo contenga; por ejemplo, si adicionalmente de medir un ejecutivo se midiera el rendimiento del jefe de varios ejecutivos partiendo del rendimiento individual de cada uno de ellos, el sistema actual sería una parte del sistema definido para un jefe de ejecutivos, donde las variables de entrada para

el jefe de ejecutivos serían las variables de salida de los ejecutivos.

REFERENCIAS

- [1] Pensiones y cesantías Protección S A. "Presentación institucional," [En línea], acceso febrero 2011; Disponible: <http://www.proteccion.com.co>, 2011.
- [2] L. Wang, "Fuzzy systems are universal approximators," presentado en IEEE International Conference on Fuzzy Systems, San Diego (CA), 1992.
- [3] J.Jang et al., Neurofuzzy and softcomputing: A computational approach to learning and machine intelligence, New York: Prentice Hall, 1997, 238 p.
- [4] S. Medina et al., "Aproximación a la medición del capital intelectual organizacional aplicando sistemas de lógica difusa," Cuadernos de Administración, vol. 23, no. 40, pp. 35-68, 2010.
- [5] T. Wang, y T. Chang, "Application of consistent fuzzy preference relations in predicting the success of knowledge management implementation," European Journal of Operational Research, vol. 183, no. 3, pp. 1313-1329, 2007.
- [6] E. Mandani, "Application on Fuzzy Logic to approximate reasoning using linguistic synthesis," presentado en IEEE Transactions on computers, C26: pp. 1182-1191, 1977.
- [7] L. Zadeh, "Fuzzy sets," Inform Control, vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- [8] H. Zimmermann, Fuzzy Set Theory-and Applications, 4 ed., Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001, 158 p.
- [9] M. Rojas, Administración para Ingenieros, 2 ed., Bogotá: Ecoe Ediciones, 2004, 218 p.
- [10] M. Rojas, "Método Cybersin," presentado en 17va CИСCI, 2006.