

# DISEÑO DE UN SISTEMA EXPERTO DIFUSO: EVALUACIÓN DE RIESGO CREDITICIO EN FIRMAS COMISIONISTAS DE BOLSA PARA EL OTORGAMIENTO DE RECURSOS FINANCIEROS\*

SANTIAGO MEDINA HURTADO

Profesor EIO Universidad Nacional de Colombia, PhD. Facultad de Minas, Medellín, Colombia.  
smedina@unal.edu.co

OSCAR OSWALDO MANCO

Ingeniero Administrador, MsT. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Medellín, Colombia.  
osmalo@gmail.com

Fecha de recepción: 05-01-2007

Fecha de corrección: 12-06-2007

Fecha de aceptación: 13-08-2007

## RESUMEN

Esta investigación estudia y modela un sistema de asignación de recursos financieros a compañías comisionistas de bolsa, con el fin de que dichos recursos sean invertidos a nombre de la empresa (inversionista), de tal forma que se disminuya el riesgo de impago del capital asignado y además; que estos capitales generen rendimientos adicionales para la empresa. El modelo planteado basado en Sistemas Expertos Difusos permite soportar estas decisiones de asignación de recursos financieros. Inicialmente se describe el marco conceptual necesario para el poste-

rior entendimiento del sistema; seguidamente se aborda la descripción general del sistema de inferencia, considerando la elección de variables de entrada y el establecimiento de tres macro – evaluaciones integradas (análisis de riesgo, análisis fundamental y análisis financiero), que posteriormente permitirán calcular el recurso financiero o cupo asignado a cada firma comisionista de bolsa. Por último se hace un estudio para diez firmas elegidas de manera aleatoria, con el fin de probar y validar el modelo, de tal modo que éste entregue resultados consistentes con la evaluación que haría un experto,

\*

La investigación hace parte del proyecto Aplicación de la Inteligencia Artificial en la solución de problemas de economía de la empresa del Grupo de Investigación en Finanzas Computacionales.

los cuales se puedan utilizar a posteriori en la evaluación cotidiana de las firmas comisionistas.

### **PALABRAS CLAVE**

Sistema de inferencia difuso, riesgo crediticio, cupo de contraparte, análisis de riesgo.

### **ABSTRACT**

*Design of a fuzzy expert system: Credit risk assessment of stock brokerage firms in granting financial resources.*

This research work reviews and describes the model of a system to allocate financial resources to stock brokerage companies and ensure that resources are invested for the benefit of the company (investor) in such a way that it not only mitigates the risk of not receiving equity payments, but also generates additional yields to the company from the equity investment.

The model based on fuzzy expert systems allows sustaining these

decisions of allocating financial resources. The paper initially provides a description of the necessary conceptual framework to ensure proper understanding of the system. Then it discusses a general description of the inference system, thereby taking into account the selection of entry variables and the creation of 3 integrated macro-assessments (risk analysis, fundamental analysis, and financial analysis). These assessments allow calculating the financial resources or credit limits allocated to each stock brokerage firm.

The last section provides a review of 10 randomly selected firms to prove and validate the model and ensure that it yields results that are consistent with an expert assessment. The results can then be used in the everyday assessment of brokerage firms.

### **KEY WORDS**

Fuzzy Inference System, risk analysis, tally quota, credit risk.

## I. INTRODUCCIÓN

Los problemas del mundo real pueden ser demasiado complejos para ser considerados en un modelo formal, esto se hace más palpable en el ámbito de la economía de negocios donde la mayoría de los empresarios toman sus decisiones basados en esquemas no “cuantitativos” o “subjetivos” y consideran el conocimiento que tienen del fenómeno. En este sentido, las investigaciones llevadas a cabo en este ámbito sugieren modelos que permitan capturar estos esquemas y sistemas de razonamiento experto, y que puedan ser aplicados con éxito en la toma de decisiones. Precisamente, dándole validez a esta concepción, se presenta la Lógica Difusa, en la cual se utilizan conceptos relativos de la realidad, definiendo grados, variables de pertenencia y siguiendo patrones de razonamiento similares a los del pensamiento humano. Los sistemas de lógica difusa permiten abordar el problema de decisión en un sentido riguroso y a la vez admiten el tratamiento de la incertidumbre y la vaguedad.

Con la Lógica Difusa se abre la posibilidad de dar solución a problemas expresados desde la perspectiva humana y que, por esta simple condición, no pueden tener una solución única desde lo “falso” o “verdadero” sino que pueden tomar condiciones intermedias para dar soluciones satisfactorias a los problemas presentados. Por estas razones, la lógica difusa abre actualmente un campo de amplia investigación en temas relacionados con las ciencias sociales como la administración, la economía, la sociología, la psicología, entre otras.

El desarrollo de la aplicación de tecnologías como la lógica difusa, las redes neuronales, los sistemas expertos y los algoritmos genéticos en la solución de problemas industriales, económicos y financieros, ha producido un sinnúmero de cambios en las organizaciones, las cuales pueden contar actualmente con una diversidad de modelos que controlan diferentes tipos de información y por lo tanto ser más flexibles que los modelos basados en la lógica formal. Los retos del cambio tecnológico obligan a las organizaciones a estar en una constante revisión de paradigmas, de tal manera que les permita mantener su competitividad y su consolidación en el mercado.

Debido a los limitantes empresariales asociados a la normatividad legal, el presupuesto, la especialización y/o experiencia que se requiere para actuar en el mercado público de valores, se presenta el problema de la asignación de recursos provenientes de los excesos de liquidez en las empresas (inversores) y con lo cual se busca aumentar sus niveles de rentabilidad asociados a niveles adecuados de riesgo. El problema de decisión anterior puede modelarse mediante técnicas de lógica difusa. Las decisiones gerenciales buscan establecer cuál es el plazo y la cantidad de capital que se otorgará a las firmas comisionistas de bolsa como una función del nivel de riesgo con el fin de que tomen posiciones en el mercado público de valores. Con lo anterior se busca garantizar la rentabilidad y la seguridad de los recursos otorgados.

Las empresas que destinan sus recursos a terceros, deben disminuir su riesgo realizando un análisis adecua-

do de las compañías comisionistas de bolsa, de manera que se conozca en qué condiciones se están delegando responsabilidades. Dentro del contexto anterior, durante mucho tiempo la selección de la firma comisionista, se realizaba solamente teniendo en cuenta la calificación de riesgo crediticio entregada por la Superintendencia Financiera, y efectuada por entidades dedicadas a ello. Sin embargo, es conocido por los expertos que esta escala de valoración se queda corta al momento de medir los riesgos de las firmas comisionistas; por lo que de manera intuitiva y asociada a la experiencia y conocimiento del sistema, se empezaron a desarrollar esquemas de valoración de las firmas que incorporaban otro tipo de información, tanto cuantitativa como cualitativa y ampliaba el panorama de análisis a otros niveles. Sin embargo, no se contaba con un esquema formal que permitiera realizar las conexiones entre las variables hasta llegar a la conclusión. La complejidad al momento de minimizar niveles de riesgo, maximizando rentabilidad a través de la asignación de excesos de liquidez, estimula a desarrollar una investigación con el fin de aportar al perfeccionamiento de los métodos actuales.

El surgimiento de nuevas corrientes académicas basadas en la inteligencia artificial, otorgó un espacio de grandes consideraciones y adelantos en todas las áreas del conocimiento, y específicamente la lógica difusa es actualmente utilizada como herramienta que permite la modelación e interacción entre las variables de difícil entendimiento; para la toma de decisiones gerenciales en el área de la economía empresarial y respecto

al problema que se intenta resolver, nos permitirá evaluar las firmas comisionistas con el fin de determinar el recurso financiero que debe otorgarse.

El resultado final es una mezcla poco común dentro de los procesos financieros, y que adopta elementos que históricamente no habían sido considerados o que se habían tenido en cuenta desde una perspectiva subjetiva en las decisiones finales, tales como juicios lingüísticos y el desempeño fundamental de las firmas; es decir, lo que se entrega con este estudio es la posibilidad de reducir las equivocaciones eventuales debidas a la subjetividad en un proceso administrativo, sin obviar la opinión del director de la organización, además permite abreviar el trabajo, dar explicaciones coherentes de la decisiones tomadas y reducir el error debido a fallos humanos. Lo que se pretende a fondo no es reemplazar el juicio de la decisión que proviene de los dirigentes, sino permitir un mejor nivel de certeza sobre la decisión final.

El presente estudio se enmarca en la evaluación de firmas comisionistas de bolsa, con el objetivo de determinar su solvencia basándose en criterios técnico financieros, fundamentales y de riesgo; los cuales están representados por variables que incorporan diferente tipo de incertidumbre. Se propone el uso de sistemas de inferencia difusos interconectados que definen una red difusa, la cual evalúa cada uno de los criterios mencionados hasta llegar a la evaluación final.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección dos se presenta el marco teórico básico relacionado con la lógica difusa, que da

una idea muy general del tema; en la sección tres se muestra el desarrollo del modelo. Las variables seleccionadas para este propósito deberán calificar tres aspectos, el primero relacionado con el análisis técnico financiero, el segundo relacionado con el análisis fundamental y el último que se refiere a los niveles de riesgo, cubriendo el carácter operativo y de incumplimiento. De esta agrupación se obtendrán tres macroevaluaciones con las cuales se determinará el nivel de cupo otorgado. En la sección cuatro

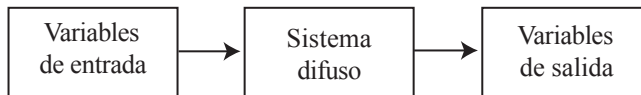
se presenta el análisis de algunos casos y en la sección cinco las conclusiones obtenidas de la realización del modelo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Lógica Difusa

Un sistema de inferencia difuso se puede definir como un sistema que modela funciones no lineales teniendo unas variables lingüísticas de entrada las cuales convierte en variables de salida mediante la lógica borrosa y grupos de reglas (Figura 1).

**Figura 1.** Esquema general



Fuente: Jang, Sun y Mizutani (1997)

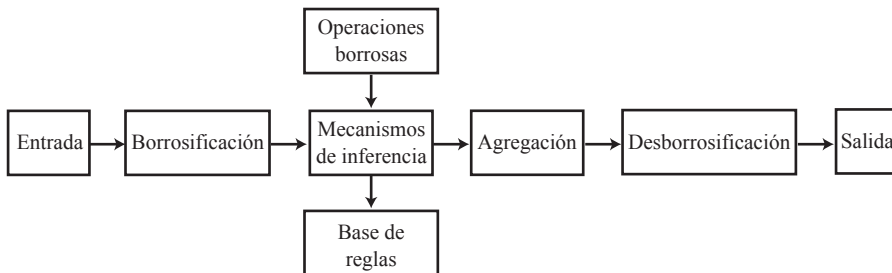
La lógica difusa se fundamenta en los conjuntos difusos basados en reglas de la forma “SI... ENTONCES...”, donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos borrosos, es así como las reglas siempre convierten un conjunto borroso en otro. La Lógica Difusa (llamada también Lógica Borrosa por otros autores) o Fuzzy Logic es básicamente una lógica con múltiples valores, que permite definir valores en las áreas oscuras entre las evaluaciones convencionales de la lógica precisa: Sí / No, Cierto / Falso, Blanco / Negro, etc. Con la Lógica Difusa las proposiciones pueden ser representadas con grados de certeza o falsedad.

Es importante, a la hora del desarrollo de un sistema difuso, tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificación de variables de entrada y salida.
- Determinación de conjuntos difusos.
- Selección de método para agregación y desborrosificación o concreción.
- Creación de base de conocimiento utilizando reglas del tipo Si-Entonces.
- Diseño de mecanismo de inferencia.
- Evaluación y uso del sistema.

Una forma general de representación de un modelo de lógica difusa se presenta en la Figura 2.

**Figura 2.** Modelo de Lógica Difusa



Fuente: Jang, Sun y Mizutani (1997)

### 3. DESARROLLO DEL MODELO

#### 3.1. Variables

La selección y posterior categorización de las variables para el cálculo del cupo otorgado a firmas comisionistas, deberá calificar tres aspectos, a saber; un primer aspecto, compuesto por la evaluación técnico – financiera de las firmas, el segundo aspecto, enfatizado en las consideraciones fundamentales en las mismas y el último grupo que relaciona los niveles de riesgo cubriendo el carácter operativo y de incumplimiento. Tal agrupación arrojará tres macroevaluaciones de salida, con las cuales se espera tener una evaluación integral de las firmas comisionistas y posteriormente una asociación adecuada del recurso financiero otorgado.

##### 3.1.1. Análisis técnico-financiero

Se fundamentará en la consideración de algunos índices que permitan realizar un diagnóstico inicial de las compañías y posteriormente se seleccionarán las variables que alimentarán el sistema de inferencia difuso para la primera macroevaluación.

Para lograr resultados integrales es indispensable considerar componentes cualitativos y cuantitativos de

las firmas, para este caso los estados financieros proporcionados de las 38 firmas comisionistas de bolsa aportaron información de índices financieros sujetos de ser modelados; estos índices permiten emitir juicios financieros de las firmas, de su situación y su desempeño financiero.

##### 3.1.1.1 Mecanismo de selección de indicadores

Dado que existen varios indicadores que miden el ejercicio de las compañías en relación con diferentes aspectos (liquidez, rentabilidad, endeudamiento cobertura), fue necesario realizar un proceso de selección entre los indicadores propuestos, con el ánimo de no ingresar información redundante al modelo.

Inicialmente se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores y seguidamente la prueba de significancia (valor p) para obtener un primer criterio de discriminación que eliminara la redundancia en la evaluación final, es decir, si una correlación es positiva y cercana a uno (1) (correlación directa) implica que los dos índices pueden explicar variaciones similares. Si la correlación es negativa y cercana a -1 las variables explican relaciones de la misma magnitud pero en sentido inverso.

La segunda fase consistió en calcular nuevamente el coeficiente de correlación de cada índice pero esta vez frente al nivel de solvencia ya que este indicador resume el comportamiento financiero (desempeño y capacidad de respuesta) de las firmas, y además se verificó de nuevo la significancia de las correlaciones. El criterio de

elección es el que presenta correlaciones cercanas a 0 ya que en este caso los índices no aportan información redundante al modelo acerca del desempeño de las compañías. A su vez, correlaciones cercanas a 1 o -1 pueden conllevar la eliminación de un índice (Tabla 1).

**Tabla 1.** Correlaciones frente al nivel de solvencia y significancia de las mismas.

	<b>Solvencia</b>	<b>P – Value</b>	<b>Prueba de hipótesis</b>
Razón corriente	0,524370661	0,007	Significativa
KW	-0,365218954	0,0242	Significativa
Rotación activo	0.068588091	0,6824	No Significativa
RIF	-0,441994635	0,0055	Significativa
Proporción P y E	-0,395416988	0,014	Significativa
Endeudamiento	-0,755247969	0	Significativa
Propiedad socios	0,755247969	0	Significativa
Deuda a patrimonio	-0,692959235	0	Significativa
Margen neto	-0,622022679	0	Significativa
Margen operativo	-0,636089023	0	Significativa
Rendi Activo	-0,432334333	0,0067	Significativa
Rendi Patrimonio	-0,455997142	0,004	Significativa
Rendi KW	-0,414808858	0,0096	Significativa
Cobertura de intereses	-0,020124973	0,9046	No Significativa
Solvencia	1	-	

Fuente: Elaboración de los autores.

Una vez calculado el coeficiente de correlación, se realiza una prueba de hipótesis para valorar la significancia del mismo y confirmar si existe o no una asociación estadísticamente significativa entre ambos índices. En la Tabla 1 se observan los resultados. Para los valores p menores que 0.05 la prueba de hipótesis es significativa, lo cual indica que es igual a cero.

Finalmente, la composición matemática de los indicadores fue el último criterio a considerar y que arrojó la decisión referente a las variables técnico – financieras; es decir, si para el cálculo del índice fuese necesario utilizar cuentas similares, por ejemplo utilidad neta, total de activos, entre otros, entonces se procedió a eliminar un indicador con el fin de

evitar repeticiones en los elementos que alimentarán el modelo, lógicamente dando peso a las correlaciones calculadas con anterioridad.

Con base en los criterios anteriores, los indicadores seleccionados fueron: Razón corriente, Margen neto, Rendimiento del activo total, Rendimiento del patrimonio, Evolución de la utilidad operativa, Solvencia, Endeudamiento y Razón de influencia.

*3.1.1.2 FIS (Sistema de inferencia difuso) “Análisis Técnico – Financiero”*

La estructura final de la macroevaluación de salida “Análisis Técnico – Financiero” se muestra en la Figura 3, para la cual las variables de entrada son las descritas anteriormente.

*3.1.1.3 Rangos difusos para los indicadores seleccionados*

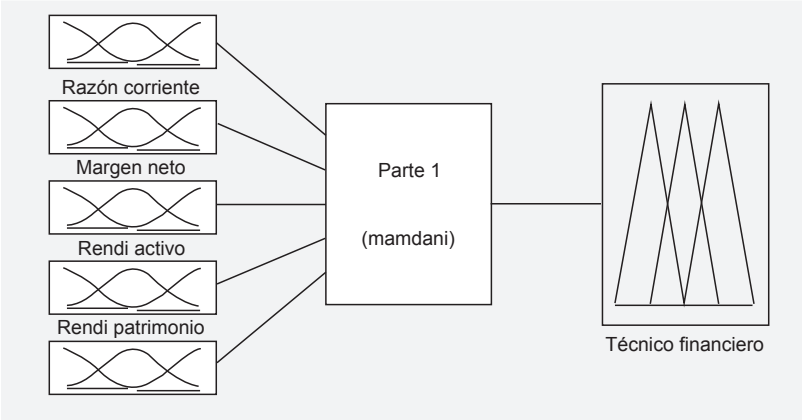
A continuación se establecen los rangos difusos para los cinco indicadores seleccionados. En términos generales cuando existe información histórica

de la variable de interés (series de tiempo) ésta permite determinar el rango o “universo del discurso” para la variable, determinando los valores mínimo y máximo a partir de la serie. Se establecen luego, con ayuda de expertos, los valores lingüísticos o conjuntos difusos para la variable de interés los cuales deberán ubicarse en el rango definido. La ubicación de los conjuntos difusos se realiza a partir del histograma de frecuencias haciendo una división en terciles o cuartiles, etc., lo que depende del número de conjuntos difusos definidos. Lo anterior permite encontrar la ubicación de los conjuntos en función de las frecuencias.

**a) Razón corriente**

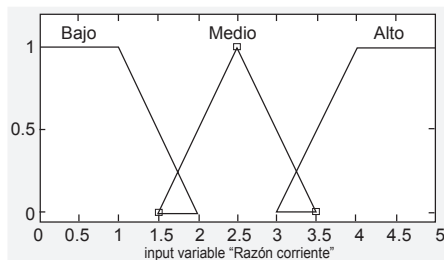
La razón corriente es un índice de liquidez que muestra en qué situación se encuentra la empresa para responder con las obligaciones inmediatas, es decir, la disponibilidad de dinero para cubrir las operaciones o deudas de corto plazo (Figura 4).

**Figura 3.** FIS para el Análisis Financiero





**Figura 4.** Función de pertenencia razón corriente



Fuente: Elaboración de los autores.

Valores altos del índice indican que la empresa cuenta con recursos suficientes para cubrir obligaciones de corto plazo. Las empresas deben presentar resultados superiores a 2 o 2.5, para demostrar esta disponibilidad.

Los conjuntos difusos fueron ubicados en el rango (0-5). Aunque existen valores de liquidez mayores que 5, el modelo inmediatamente los reconoce como valores altos. Se establecen tres niveles de respuesta a obligaciones de corto plazo: Nivel Bajo (0-2), Nivel Medio (1.5 - 3.5) y Nivel Alto (3 - 5).

### b) Margen neto

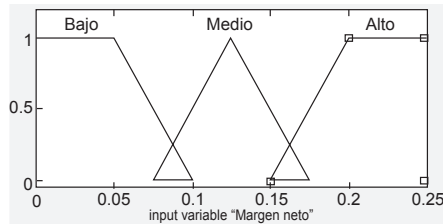
Presenta la capacidad de la empresa para generar utilidades por cada operación que realiza, después de cubrir los gastos operativos y restar los recursos que se utilizan en el pago de impuestos y otros. Presenta la proporción de utilidad que queda por cada unidad monetaria de ingreso.

$$\text{Margen Neto} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Ingresos Netos}} \quad (1)$$

La representación de los conjuntos difusos se puede apreciar en la Figura 5.

Los conjuntos difusos fueron ubicados en el rango (0 - 0.25), dado que

**Figura 5.** Función de pertenencia margen neto



Fuente: Elaboración de los autores.

el 74% de los datos se encuentra en este rango. Los valores negativos son reconocidos inmediatamente como bajos.

Se establecieron tres niveles de capacidad para generar utilidades a través de su operación en el mercado: Bajo (0 - 0.1), Medio (0.075 - 0.175), Alto (0.15 - 0.25).

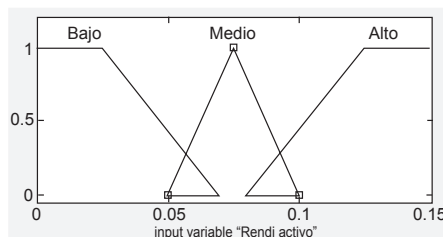
### c) Rendimiento activo total

Es la tasa de interés que ganan los activos invertidos en el negocio. Este es el rendimiento de la inversión, que determina la efectividad total de la administración para producir utilidades con los activos disponibles.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Activo Total}} \quad (2)$$

Las composiciones difusas se capturan en la Figura 6.

**Figura 6.** Función de pertenencia rendimiento del activo



Fuente: Elaboración de los autores.

Los conjuntos difusos fueron ubicados en rango (0 – 0.15) ya que el 65% de los datos se encuentra en niveles comprendidos entre 0 y 0.08. Se establecieron tres niveles para el rendimiento de los activos de la compañía: Bajo (0 – 0.07), Medio (0.05 – 0.1) y Alto (0.8 – 0.15).

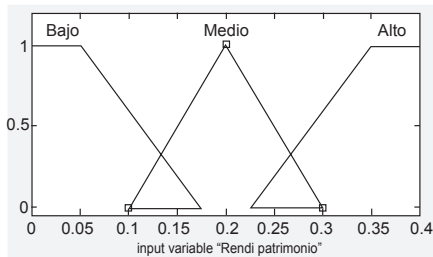
#### d) Rendimiento del patrimonio

Es la tasa interna que ganan los recursos que invierten los socios. Evalúa las ganancias de la empresa con respecto al nivel dado de patrimonio, es importante asumir estos datos para la toma de decisiones administrativas.

$$\text{Rendimiento del Patrimonio} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Patrimonio}} \quad (3)$$

La representación de los conjuntos difusos se puede apreciar en la Figura 7.

**Figura 7.** Función de pertenencia rendimiento del patrimonio



Fuente: Elaboración de los autores.

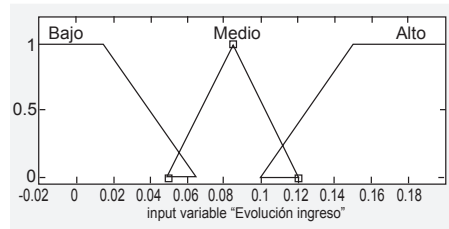
Los conjuntos difusos fueron ubicados en el rango (0 – 0.4), dado que el análisis de los datos indica que el 81% de los datos se encuentra entre 0 y 0.38. Se establecieron tres niveles para el rendimiento del patrimonio de los socios de la compañía: Bajo (0 – 0.175), Medio (0.1 – 0.3) y Alto (0.225 – 0.4).

#### e) Evolución de la utilidad operativa

Para cada periodo contable se presentan los estados financieros. La evolución del ingreso operativo busca obtener la variación porcentual (términos relativos) entre los periodos, con el fin de conocer las fluctuaciones en el funcionamiento de la organización registradas en el tiempo (Figura 8)

$$\text{Evolución Ingreso} = \frac{\text{Utilidad Actual} - \text{Utilidad Anterior}}{\text{Utilidad Anterior}} \quad (4)$$

**Figura 8.** Función de pertenencia evolución del ingreso operativo



Fuente: Elaboración de los autores.

Los conjuntos difusos fueron ubicados en el rango (-0.02 – 0.2). Los niveles negativos en la variación porcentual de la utilidad operativa son resultados que afectan la evaluación final de la firma comisionista. Las consideraciones debieron ser asumidas ya que no se poseía información financiera histórica de las compañías.

Se establecieron tres niveles para el crecimiento porcentual de la utilidad operativa: Nivel Bajo (-0.02 – 0.065), Nivel Medio (0.05 – 0.12), Nivel Alto (0.1 – 0.2).

#### 3.1.1.4 Variable de salida “Análisis Técnico- Financiero”

Esta variable es el resultado de la consideración de las cinco variables

anteriores, y será utilizada en el establecimiento final del cupo como una de las tres macroevaluaciones. La evaluación financiera permitirá conocer la solidez de la empresa en términos financieros al considerar elementos de entrada que acogen

aspectos relacionados con la liquidez y la rentabilidad.

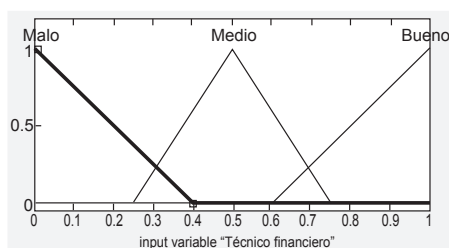
El rango se asume entre 0 y 1 para efectos de facilidad en la interpretación de los resultados, la composición se aprecia en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composiciones lingüísticas y funciones de pertenencia, análisis técnico - financiero.

Variable lingüística	Valor lingüístico	Función de pertenencia	Parámetros
Análisis	Desfavorable	Triangular	
Técnico-	Medio	Triangular	(0 0 0.4)
Financiero	Favorable	Triangular	(0.25 0.5 0.75)
Fuente: Elaboración de los autores.			(0.6 1 1)

- Desfavorable (Malo): (0 – 0.4). El diagnóstico financiero de la compañía es malo.
- Medio: (0.25 – 0.75). El diagnóstico financiero de la compañía es medio.
- Favorable (Bueno): (0.6 – 1). El diagnóstico financiero de la compañía es Bueno.

**Figura 9.** Función de pertenencia para el análisis técnico- financiero



Fuente: Elaboración de los autores.

El análisis anterior permite realizar la evaluación técnico – financiera de la firma que posteriormente se integrará con los otros dos aspectos macro para la asignación final del cupo.

En la Figura 9 se observa la representación de los conjuntos difusos.

### 3.1.1.5 Base de conocimiento para el análisis técnico-financiero

En la Tabla 3 se indican las reglas Si – Entonces para la variable de salida análisis técnico – financiero. Cabe anotar que para su construcción se requirió el conocimiento y experiencia de los especialistas que evalúan

periódicamente la información financiera de las empresas. La base de conocimiento es obtenida haciendo particiones de la matriz y estableciendo las relaciones entre las variables de entrada y salida del sistema hasta cubrir todo el abanico de combinaciones. Es decir, a juicio de los expertos, responsables del análisis financiero, si encuentran una razón corriente baja, un rendimiento del activo bajo, rendimiento del patrimonio bajo, un margen neto bajo y la evolución del ingreso operativo es baja; entonces el resultado del análisis financiero es

**Tabla 3.** Base de conocimiento para el análisis técnico-financiero

R. Cte.	Rend. Activo	Evo. Ingr. Opera. Margen neto Rend. Patri.	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
			Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo
Bajo	Bajo	Medio	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Medio
Bajo	Bajo	Alto	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
Bajo	Medio	Bajo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Malo	Medio	Medio
Bajo	Medio	Medio	Malo	Malo	Medio	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Bajo	Medio	Alto	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Bajo	Alto	Bajo	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
Bajo	Alto	Medio	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Bajo	Alto	Alto	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno
Medio	Bajo	Bajo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Malo	Medio	Medio
Medio	Bajo	Medio	Malo	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Bajo	Alto	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Medio	Bajo	Malo	Malo	Medio	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno
Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Medio	Alto	Bajo	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Alto	Bajo	Bajo	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
Alto	Bajo	Medio	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Alto	Bajo	Alto	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno
Alto	Medio	Bajo	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Alto	Alto	Bajo	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno
Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Bueno	Medio	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	<b>Bueno</b>

Fuente: Elaboración de los autores.

malo (desfavorable) para la compañía analizada; cada una de las componentes de la matriz se obtiene gracias a la apreciación experta.

### 3.1.2 Segunda fase: análisis fundamental de las firmas

El objetivo del análisis fundamental realizado a las firmas comisionistas de bolsa es conocer la gestión administrativa de la firma, lo que permite identificar las prácticas corporativas más relevantes que conducen la organización y la forma en que ocupan sus recursos de personal, además, la manera de operar.

#### 3.1.2.1 Sistema de inferencia difuso “análisis fundamental”

El Sistema de Inferencia Difuso (Fuzzy Inference System - FIS) correspondiente al análisis fundamen-

tal, es otro componente que sirve de apoyo en el establecimiento final del cupo y se muestra en la Figura 10.

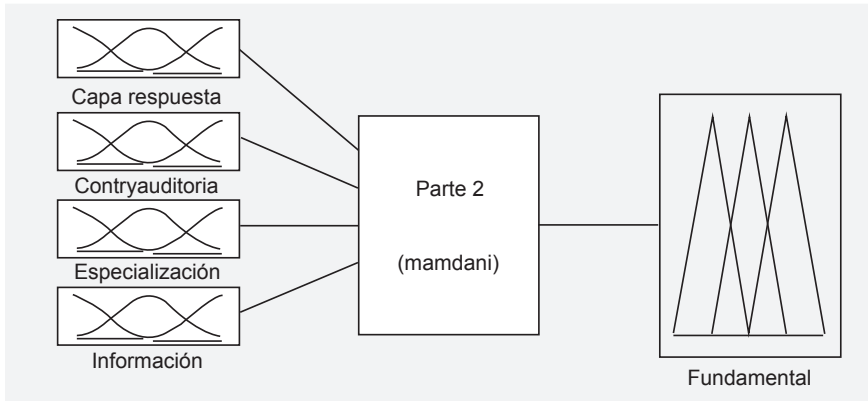
El FIS permite obtener una calificación que posteriormente es integrada con las evaluaciones técnico – financiera y de riesgo para proceder a emitir la calificación general de la firma.

#### 3.1.2.2 Rangos difusos

##### a) Capacidad de respuesta

Hace referencia a la gestión interna de la empresa, preocupada por establecer vínculos de cumplimiento entre la firma y los inversionistas o clientes, proporcionando oportunidad y complejidad cuando emitan un requerimiento. Evalúa la disposición para atender todas las inquietudes y la posterior solución de éstas. Lo

**Figura 10.** FIS para el análisis fundamental

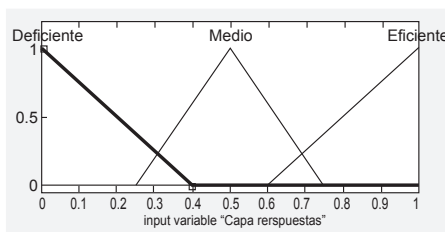


Fuente: Elaboración de los autores.

anterior hace parte de un asesoramiento adecuado y de un servicio diligente y personalizado que esté a la vanguardia de las nuevas regulaciones legales.

Los conjuntos difusos fueron ubicados en el rango (0 – 1), donde cero se refiere a la incapacidad total para emitir una respuesta y uno indica la inmediatez y calidad al cubrir las exigencias de los clientes. Los conjuntos difusos se aprecian en la Figura 11.

**Figura 11.** Función de pertenencia capacidad de respuesta.



Fuente: Elaboración de los autores.

Los niveles establecidos para la capacidad de respuesta fueron: deficiente, media, eficiente.

- Deficiente (malo): La compañía es negligente y emite juicios de

forma irresponsable respecto a sus movimientos operativos y de comportamiento con sus clientes.

- Media: La compañía se esfuerza por actuar de forma efectiva hacia sus clientes, pero carece de planeación al momento de cumplir con los requerimientos.
- Eficiente (alto): La compañía emite juicios muy bien fundamentados y para ellos lo más importante es el cliente y la inmediatez en la solución a sus inquietudes.

**b) Sistemas de control y auditoría**

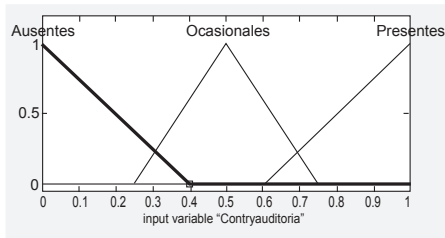
Muestra el nivel de cumplimiento con las exigencias normativas legales o internas, para que todas las áreas funcionales de la empresa operen adecuadamente. Tales procedimientos deben realizarse de manera constante, en búsqueda de automatizar el nivel de las operaciones a través de las figuras de mejora continua y acatamientos regulatorios.

Por otra parte, consideran los mecanismos de control sobre las operaciones que realizan dentro de la firma,

acerca de la valorización de portafolios, políticas de administración del riesgo, revisión de posiciones (propias – clientes) y organización.

En la Figura 12 se observa la representación de los conjuntos difusos.

**Figura 12.** Función de pertenencia sistemas de control y auditoría



Fuente: Elaboración de los autores.

Los conjuntos difusos para esta variable fueron ubicados entre 0 y 1, donde cero es la ausencia total de sistemas de control y uno es la implementación periódica y constante de los mismos. En la Figura 12 también se aprecian las funciones de pertenencia asociadas.

Los niveles establecidos para “Sistemas de control y auditoría” fueron: ausentes, ocasionales, presentes.

- Ausentes (malo): Hace referencia a que no existen procedimientos de auditoría y control de manera periódica.
- Ocasionales (medio): Se realizan inspecciones esporádicas, además carentes de rigor sobre cada subproceso analizado.
- Presentes (alto): La compañía posee sistemas de control establecido y periódico, y con ellos busca la mejora permanente.

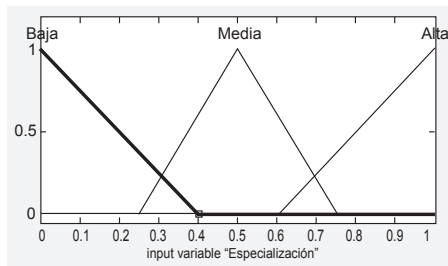
### c) Especialización del personal

Los empleados de las firmas que

realicen funciones de actuación en el mercado de capitales, deben poseer la suficiente capacidad teórica y profesional para manejar los compromisos que el mercado exige en materia de control, operación y riesgo.

Los conjuntos difusos fueron ubicados en el rango (0 – 1), donde cero es la ausencia de capacidad teórica y profesional por parte del personal dentro de la firma y uno es la existencia de un híbrido eficaz entre capacidad teórica y profesional por parte de la plantilla. Los conjuntos difusos están establecidos de manera simétrica en la Figura 13.

**Figura 13.** Función de pertenencia especialización de miembros.



Fuente: Elaboración de los autores.

Los niveles establecidos para la “Especialización de miembros” fueron: bajo, medio y alto.

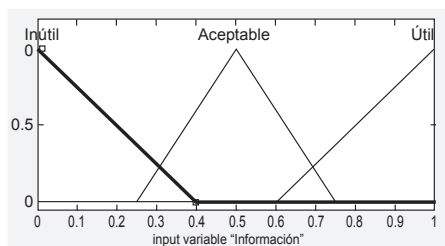
- Bajo: La organización no posee los recursos intelectuales y la capacidad, en términos de experiencia, que debería.
- Medio: La compañía basa su funcionamiento en la experiencia y olvida el componente académico o viceversa.
- Alto: La firma posee un híbrido eficaz entre experiencia y academia, y basa su funcionamiento en ejercicios profesionales eficientes.

#### d) Información

La oportunidad y la calidad del flujo informativo entre la firma y los clientes son fundamentales para asegurar la credibilidad y el mantenimiento de las compañías en el mercado, razón por la cual las publicaciones deben presentarse de forma regulada, precisa y completamente funcional, en todas las representaciones que la firma disponga.

Los conjuntos difusos fueron ubicados en el rango (0 - 1), donde cero se refiere a información poco precisa y de calidad deficiente y uno responde a información clara, oportuna y de buena calidad. La Figura 14 muestra los conjuntos difusos asociados a la variable.

**Figura 14.** Función de pertenencia información



Fuente: Elaboración de los autores.

Los niveles establecidos para la variable “Información” fueron: no funcional, aceptable y funcional.

- No funcional (malo): Los informes no son claros ni precisos y carecen de rigor en su composición. Son lentos o retardados en la presentación.
- Aceptable (medio): Existen esfuerzos por presentar información de manera detallada e instructiva, pero aún hacen falta componentes claves para la publicación.
- Funcional (alto): Es información completa y detallada, fundamentada en investigaciones minuciosas e interesantes para los clientes. Es oportuna y de buena calidad.

#### 3.1.2.3 Variable de salida “análisis fundamental”

La composición de la segunda macroevaluación retoma las cuatro variables de tipo fundamental definidas anteriormente y sus relaciones en función del criterio de evaluación fundamental. Este resultado permite continuar con la estructuración del modelo. En la Tabla 4 se muestran las funciones de pertenencia y valores lingüísticos asociados a esta variable.

Nuevamente el rango se asume entre 0 y 1 para efectos de facilidad en la interpretación de los resultados.

**Tabla 4.** Composiciones lingüísticas y funciones de pertenencia para el análisis fundamental

Variable lingüística	Valor lingüístico	Función pertenencia	Parámetros
Análisis Fundamental	Malo	Triangular	(0 0 0.4)
	Medio	Triangular	(0.25 0.5 0.75)
	Bueno	Triangular	(0.6 1 1)

Fuente: Elaboración de los autores.

Los niveles establecidos son: malo, medio, bueno.

- Malo: 0 – 0.4. El análisis fundamental en términos generales de la firma es malo.
- Medio: 0.25 – 0.75. El análisis fundamental en términos generales de la firma es medio.
- Bueno: 0.6 – 1. El análisis fundamental en términos generales de la firma es bueno.

### 3.1.2.4 Base de conocimiento “análisis fundamental”

La base de conocimiento para la evaluación fundamental se muestra en la Tabla 5.

En forma similar, su obtención se basa en la realización de entrevistas a expertos, quienes conocen el funcionamiento cotidiano.

### 3.1.3 Tercera fase: Consideraciones de riesgo en las firmas

El riesgo al que están expuestas las firmas comisionistas se fundamenta

en la posibilidad de incurrir en pérdidas, es decir, riesgo de mercado que conlleva una disminución en el valor de los portafolios propios o de los inversionistas (clientes).

Por lo anterior, es importante que las posiciones de compra o venta de los comisionistas se tomen de forma responsable y analítica, evaluando los cambios en los precios de los instrumentos financieros, con el fin de entender el mercado y sus fluctuaciones permanentes.

Las consideraciones de riesgo son trascendentales para los clientes, en la medida que permiten generar un grado de confiabilidad sobre el retorno de capital y el rendimiento.

La calificación de riesgo no es más que una evaluación de una entidad que se especializa en estudios de riesgo (ejemplo Duff & Phelps, ML), acerca de la calidad crediticia de una firma comisionista en este caso.

La evaluación se realiza sobre la capacidad de la firma de cumplir

**Tabla 5.** Base de conocimiento análisis técnico-financiero

Cap. respuesta	Información especial Ctrl. y Aud	Inútil	Aceptable	Útil	Inútil	Aceptable	Útil	Inútil	Aceptable	Útil
		Baja	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Alta	Alta	Alta
Deficiente	Ausentes	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio
Deficiente	Ocasionales	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
Deficiente	Presentes	Malo	Malo	Medio	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Ausentes	Malo	Malo	Malo	Malo	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
Medio	Ocasionales	Malo	Medio	Medio	Medio	<b>Medio</b>	Medio	Medio	Medio	Bueno
Medio	Presentes	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Eficiente	Ausentes	Malo	Malo	Medio	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Eficiente	Ocasionales	Malo	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Medio	Bueno	Bueno
Eficiente	Presentes	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno	Bueno	Medio	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración de los autores.



puntualmente los compromisos financieros derivados de la actuación en el mercado. Las variables que servirán de componentes en el análisis de riesgo se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Variables de entrada al FIS de riesgo

1.	Solvencia
2.	Endeudamiento
3.	Razón de influencia financiera
4.	Calificación de riesgo

Fuente: Elaboración de los autores.

### 3.1.3.1 FIS “Análisis de riesgo”

El FIS de la evaluación de riesgo se integra con las evaluaciones técnico – financiera y fundamental; de esta manera se obtiene el diagnóstico final. A continuación se presenta el

gráfico del FIS correspondiente al análisis de riesgo (Figura 15).

### 3.1.3.2 Rangos difusos para las variables utilizadas en el análisis del riesgo

#### a) Solvencia

Lo que busca medir la relación de solvencia es la capacidad que posee la organización para cubrir eventuales pérdidas con el capital de los accionistas de forma inmediata, es decir, suplir las pérdidas que posiblemente se presenten con el fin de continuar operando.

Las sociedades deben mantener una relación mínima de 9% (Supefinanciera, 2006, <en línea>), la cual mide la inmediatez en cubrimiento de pérdidas posibles además de la disponibilidad.

Resulta de la siguiente relación:

$$\text{Relación Solvencia} = \frac{\text{Patrimonio Técnico}}{\text{APNR} + \left[ \left( \frac{100}{9} \right) * Ve_{RM} \right] + \left[ \left( \frac{100}{9} \right) * Rle \right]} \quad (5)$$

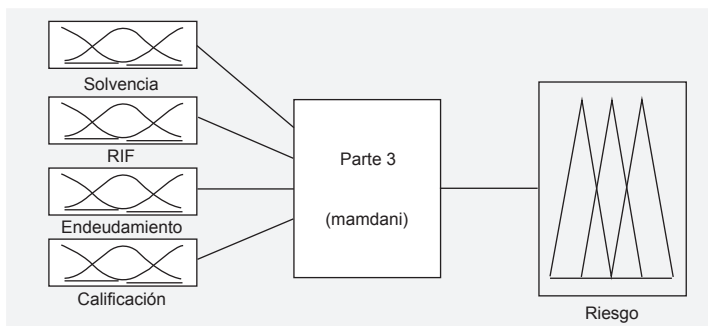
Donde:

APNR: Activos ponderados por nivel de riesgo crediticio.

$Ve_{RM}$ : Valor de la exposición por riesgo de mercado.

Rle: Valor de la exposición por riesgo de liquidación / entrega.

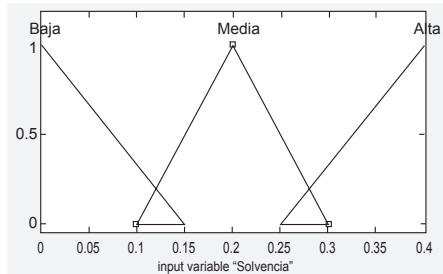
**Figura 15.** FIS para el análisis de riesgo



Fuente: Elaboración de los autores.

Las composiciones difusas, con sus respectivos rangos, se ilustran en la Figura 16.

**Figura 16.** Conjuntos difusos para los niveles de solvencia



Fuente: Elaboración de los autores.

Los conjuntos difusos para esta variable se hallan en el rango (0 – 0.4), dado que el 63% de los datos muestrales se encuentra por debajo de 0.42 además, las sociedades comisionistas de bolsa deben presentar una relación de solvencia mínima del 9% (carácter regulativo y de funcionamiento). La función de pertenencia se aprecia en la Figura 16.

Se establecieron tres niveles para la variable “solvencia”: bajo, medio, alto.

- Bajo: (0 – 0.15). Baja capacidad para cubrir las posibles pérdidas, en algunos casos no se cumple la regulación.
- Medio: (0.1 – 0.3). Capacidad media para cubrir pérdidas utilizando el patrimonio técnico.
- Alto: (0.25 – 0.4). Alta capacidad para cubrir las posibles pérdidas, utilizando el patrimonio técnico.

**b) Razón de influencia financiera**

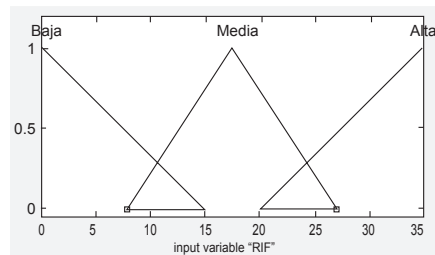
Indica qué porción del capital social es soportada por los activos en la firma comisionista, es decir, de qué

forma el capital social financia los activos. Paralelamente, por cada unidad de capital social, posee una cantidad determinada de activo. Para efectos de control de riesgo, implica una disponibilidad del capital de los accionistas con el fin de cubrir el activo y su funcionamiento.

$$\text{Razón de Influencia Financiera} = \frac{\text{Activo Total}}{\text{Capital Social}} \quad (6)$$

La representación de los conjuntos difusos se genera en la Figura 17.

**Figura 17.** Razón de influencia financiera



Fuente: Elaboración de los autores.

Los conjuntos difusos para la variable razón de influencia financiera se encuentran en el rango (0 – 35). Esto, dado que el 84% de los datos se encuentra comprendido en el rango (0 – 32).

Los niveles establecidos para esta variable fueron: bajo, medio, alto.

- Bajo: (0 – 15): Los activos de la empresa son financiados principalmente por aportes sociales. En este caso es posible encontrar un capital social elevado o un activo reducido, por tanto los niveles de riesgo son menores.
- Medio: (8 – 26): Nivel medio de cubrimiento de pérdidas utilizando el capital de los socios, los niveles de riesgo son medios.

- Alto: (20 – 35): Los activos son financiados principalmente por terceros (bajos niveles de aportes sociales). Alto nivel de incapacidad referente al cubrimiento de pérdidas, grandes niveles de riesgo.

Altos niveles de influencia financiera, se entienden como riesgo de incumplimiento, a su vez, bajos niveles son una medida de solidez en la operación y respuesta efectiva a través del capital disponible.

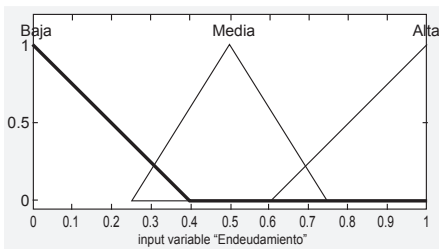
### c) Endeudamiento

Este índice refleja cuánto de cada unidad monetaria que se posee en el activo ha sido soportado con endeudamiento. Se convierte en medida de riesgo al momento de registrar niveles de responsabilidad elevados que puedan ser no cubiertos en los plazos establecidos.

$$\text{Endeudamiento} = \frac{\text{Pasivo Total}}{\text{Activo Total}} \quad (7)$$

Las composiciones difusas para esta variable se encuentran en la Figura 18.

**Figura 18.** Función de pertenencia endeudamiento



Fuente: Elaboración de los autores.

Los conjuntos difusos para la variable “Endeudamiento” se hallan en el rango (0 - 0.99). La decisión de incluir este índice en la categorización de

riesgo, tuvo lugar ya que algunas firmas con altos niveles de deuda pueden incurrir en situaciones de impago.

Se establecieron tres niveles para la variable: bajo, medio y alto.

- Bajo: (0 – 0.4). Bajo endeudamiento, las posibilidades de incurrir en impagos disminuyen.
- Medio: (0.25 – 0.75). Medio nivel de endeudamiento, para lo cual existe un nivel medio de incurrir en impagos.
- Alto: (0.6 – 0.99). Para este caso las posibilidades de incumplimiento aumentan, ya que la firma se encuentra en altos niveles de endeudamiento.

### d) Riesgo de crédito

Corresponde a la calificación dada a la firma comisionista por las entidades calificadoras. La calificación de riesgo no es más que una evaluación de una entidad que se especializa en estudios de riesgo (Duff & Phelps, ML, MS).

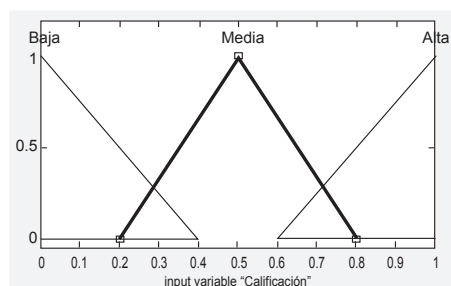
El riesgo de crédito como componente fundamental de la teoría financiera surge “cuando las contrapartes no tienen la disposición o son totalmente incapaces de cumplir las obligaciones contractuales” (Jorion, 2000, p.267) en los plazos que les han sido establecidos para tal fin. Es importante que sobre este punto se reconozca que cubre no sólo el riesgo de incumplimiento sino también el riesgo de mercado.

El riesgo de incumplimiento hace referencia a la obtención de una probabilidad referente al incumplimiento de una contraparte en cuestión; por su parte, el riesgo de mercado calcula

la pérdida financiera posible sobre la cual incurrirá la organización si el cliente incumple. En la Tabla 7 se muestra la escala de calificación de riesgo.

La Figura 19 presenta los conjuntos difusos asociados a esta variable.

**Figura 19.** Función de pertenencia riesgo de crédito



Fuente: Elaboración de los autores.

Los conjuntos difusos para la variable “riesgo de crédito” se encuentran en el rango (0 – 1). La calificación de riesgo de crédito se medirá en este intervalo donde cero significa una calificación baja (BBB-) y uno hace referencia a calificaciones altas (AAA). Es difícil que un comisionista posea una calificación por debajo de BBB, ya que el nivel de exigencia en la certificación de riesgo es elevado como consecuencia del carácter de su operación en el mercado de valores, a su vez calificaciones demasiado bajas (< BBB-) ponen a consideración su continuidad en el mercado. Para el inversionista la situación ideal es la que considera calificaciones altas. La Tabla 7 presenta las calificaciones de riesgo de crédito.

**Tabla 7.** Calificaciones generales de riesgo de crédito

Sobresaliente	AAA	El nivel de seguridad, que se desprende de la evaluación de factores que incluyen calidad, diversificación, fortalezas, debilidades de la administración y capacidad operativa es sobresaliente.
Muy Alto	AA+	El nivel de seguridad, que se desprende de la evaluación de factores que incluyen calidad, diversificación, fortalezas, debilidades de la administración y capacidad operativa es muy alto.
	AA	
	AA-	
Alto	A+	El nivel de seguridad, que se desprende de la evaluación de factores que incluyen calidad, diversificación, fortalezas, debilidades de la administración y capacidad operativa es alto.
	A	
	A-	
Bueno	BBB+	El nivel de seguridad, que se desprende de la evaluación de factores que incluyen calidad, diversificación, fortalezas, debilidades de la administración y capacidad operativa es bueno.
	BBB	
	BBB-	
Bajo	BB+	El nivel de seguridad, que se desprende de la evaluación de factores que incluyen calidad, diversificación, fortalezas, debilidades de la administración y capacidad operativa es bajo.
	BB	
	BB-	
Mínimo	B+	El nivel de seguridad, que se desprende de la evaluación de factores que incluyen calidad, diversificación, fortalezas, debilidades de la administración y capacidad operativa es mínimo.
	B	
	B-	
Incumplimiento	D	Comisionistas que están incumpliendo con las cláusulas de reglamento o que no están siguiendo las regulaciones generales pertinentes a comisionistas de bolsa.

Fuente: Jorion (2000)

Los tres niveles correspondientes a la variable “Riesgo de Crédito” son: bajo, medio y alto.

- Bajo: (0 – 0.4) Se refiere a las entidades calificadas entre BBB- y A.
- Medio: (0.20 – 0.8). Se refiere a las entidades calificadas entre A y AA.
- Alto: (0.6 – 1). Se refiere a las comisionistas calificadas entre AA y AAA.

### 3.1.3.3 Variable de salida “Análisis de riesgo”

La última macroevaluación “Análisis de riesgo” recoge las cuatro variables expuestas anteriormente. El rango se asume entre 0 y 1 para efectos de facilidad en la interpretación de los resultados.

Los niveles de la variable análisis de riesgo son:

- Malo: (0 – 0.4). Los niveles de riesgo de impago o recuperación del capital de la firma son desfavorables (riesgo alto).
- Medio: (0.25 – 0.75). Los niveles de riesgo de impago de la firma son medios.
- Bueno: (0.6 – 1). Los niveles de riesgo de impago de la firma son buenos (riesgo bajo).

La Tabla 8 presenta los valores lingüísticos y las funciones de pertenencia para la nueva variable de salida.

### 3.1.3.4 Base de conocimiento “análisis de riesgo”

La base de conocimiento obtenida para la variable “análisis de riesgo”, como resultado de la cotidianidad experta, se genera en la Tabla 9.

**Tabla 8.** Composiciones lingüísticas y funciones de pertenencia para el análisis riesgo

Variable lingüística	Valor lingüístico	Función Pertenencia	Parámetros
Análisis de Riesgo	Malo	Triangular	(-0.4 0 0.4)
	Medio	Triangular	(0.25 0.5 0.75)
	Bueno	Triangular	(0.6 1 1.4)

Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 9.** Base de conocimiento para el análisis de riesgo

Solvencia	Calificación endeudamiento Influencia Financiera	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
		Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
Bajo	Baja	Medio	Medio	Bueno	Medio	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
Bajo	Media	Medio	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio
Bajo	Alta	Malo	Medio	Medio	Malo	Malo	Medio	<b>Malo</b>	Malo	Malo
Medio	Baja	Medio	Medio	Bueno	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Media	Medio	Medio	Bueno	Medio	<b>Medio</b>	Medio	Malo	Medio	Medio
Medio	Alta	Medio	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio	Malo	Malo	Medio
Alto	Baja	Medio	Bueno	<b>Bueno</b>	Medio	Medio	Bueno	Medio	Medio	Bueno
Alto	Media	Medio	Medio	Bueno	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bueno
Alto	Alta	Medio	Medio	Bueno	Medio	Medio	Medio	Malo	Medio	Medio

Fuente: Elaboración de los autores.

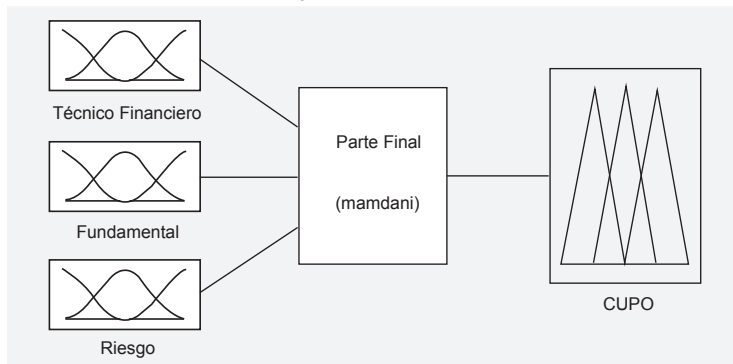
### 3.1.4 Fase final: Establecimiento de cupo adecuado

El objetivo del modelo toma lugar cuando las macroevaluaciones anteriores se mezclan para entregar el diagnóstico final de cada firma comisionista, y de esa forma lograr el establecimiento adecuado de los recursos financieros que les serán fijados.

#### 3.1.4.1 Sistema de inferencia difuso (FIS) para el “cupo”

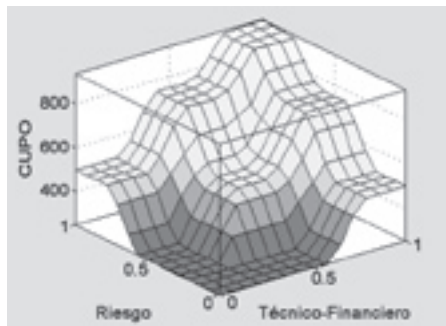
El sistema de inferencia completo correspondiente a la determinación del cupo se origina en la Figura 20. En las Figuras 21 y 22 se presentan las superficies de respuesta del sistema por pares de variables.

Figura 20. FIS resultado final “cupo”



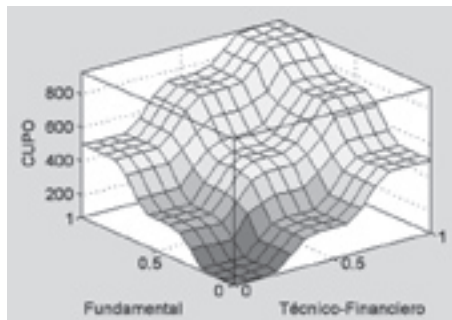
Fuente: Elaboración de los autores.

Figura 21. Superficie de cupo vs. riesgo – técnico financiero.



Fuente: Elaboración de los autores.

Figura 22. Superficie de cupo vs. Fundamental – técnico financiero



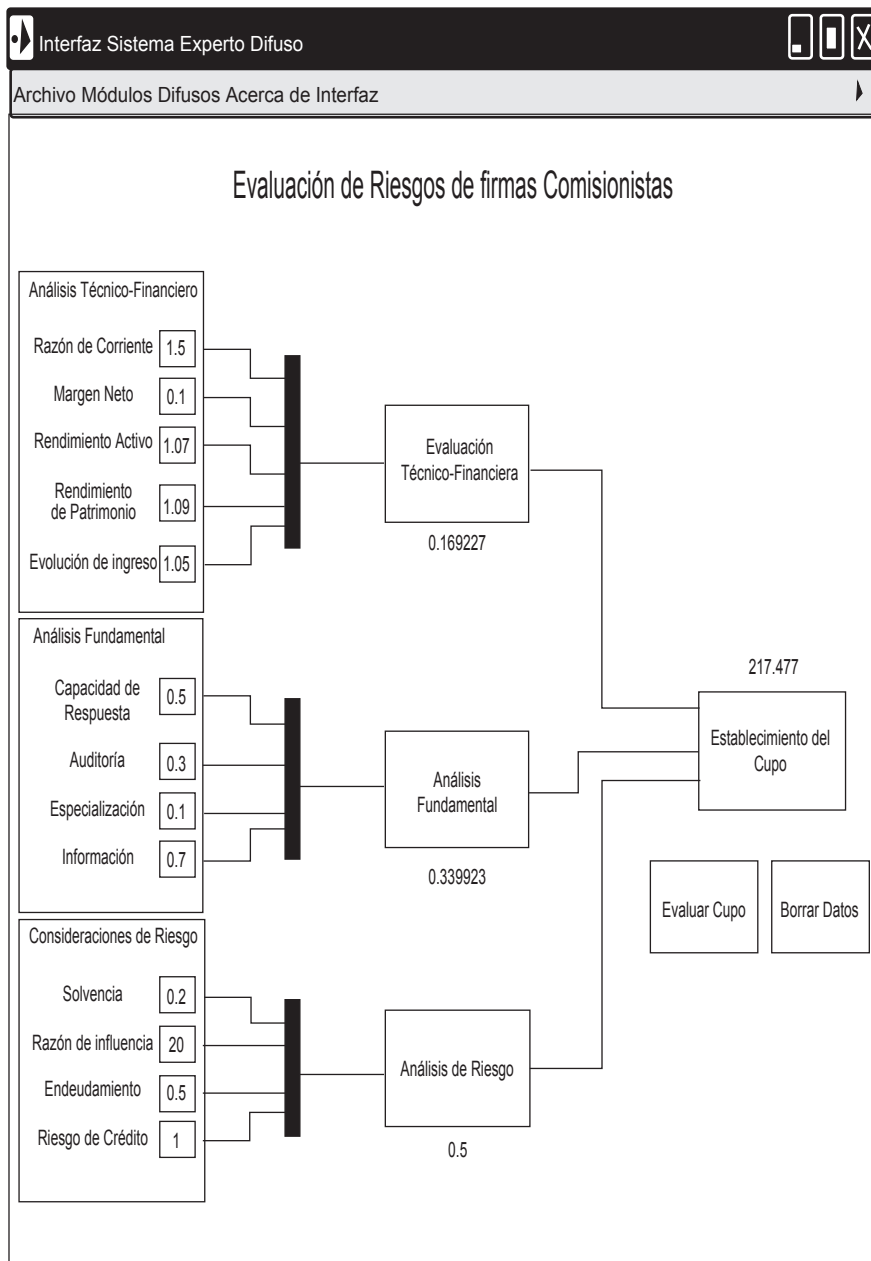
Fuente: Elaboración de los autores.

Finalmente, en la Figura 23 se enseña la interfaz gráfica de todo el sistema experto difuso programada en ambiente Matlab 7.0 con el cual es posible realizar una evaluación de todas las variables de entrada

y de mayor nivel hasta alcanzar el cupo que debe otorgarse a la firma comisionista.

Cuando se evalúa una firma comisionista es posible ver la calificación dada a cada uno de los macroproce-

**Figura 23.** Interfaz gráfica sistema experto difuso



**Fuente:** Elaboración de los autores.

Los datos de entrada permiten evaluar en dónde están las debilidades y fortalezas de la firma comisionista.

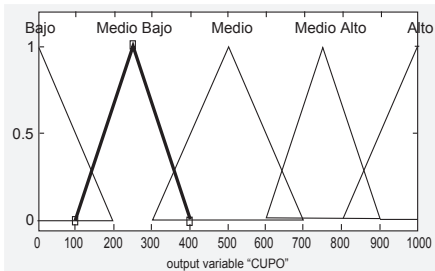
### 3.1.4.2 Variable de salida: "Cupo"

Como resultado final de las tres macroevaluaciones anteriores, se es-

tablece el cupo apropiado para cada firma, con base en su comportamiento financiero, fundamental y frente al riesgo. El resultado es de interés para inversionistas particulares y por supuesto grandes empresas con composiciones jurídicas, que posean recursos para invertir.

Se establecen cinco niveles para dar un amplio volumen de asignación y captar un rango representativo. En la Figura 24 se incorporan las funciones de pertenencia y los valores lingüísticos de las mismas.

**Figura 24.** Función de pertenencia Cupo final asignado



Fuente: Elaboración de los autores.

El rango determinado para “Cupo” es (0-1000) (cifras en millones de pesos). Los tres niveles correspondientes son:

- **Bajo:** (0 – 200). Las macroevaluaciones no permiten entregar unos recursos financieros significativos debido a los resultados insuficientes.
- **Medio bajo:** (100 – 400). Los recursos continúan en niveles bajos, pero hay un considerable mejoramiento que genera una ligera alza en el cupo final.
- **Medio:** (300 – 700). Todos los análisis permiten otorgar niveles medios de recursos financieros.

- **Medio Alto:** (600 – 900). El modelo reconoce el esfuerzo de la firma por operar adecuadamente, aunque existen consideraciones que no alcanzan a cumplir todos los requisitos.
- **Alto:** (800 – 1000). El buen desempeño de la firma genera confianza en la asignación de recursos.

### 3.1.4.3 Base de conocimiento para establecimiento del cupo

En la Tabla 10 se muestra la matriz experta o base de conocimiento para el establecimiento de cupo del modelo, la cual incorpora las reglas de tipo Si – Entonces y que relacionan las variables de entrada financiera, fundamental y de riesgo.

## 4. ANÁLISIS DE CASOS REALES

### 4.1. Resultados de análisis a diez firmas comisionistas

Para efectos de claridad en la composición del modelo, se eligieron diez firmas aleatoriamente del total de la muestra para las cuales se presentan los resultados que el sistema difuso arrojó.

### 4.2. Presentación de casos extremos

De los resultados anteriores se derivan dos componentes extremos, es decir, un cupo asignado demasiado bajo y otro a su vez bastante elevado; y están a continuación:

A pesar de que fue necesario asumir información sobre la cual no se poseían componentes reales en el caso del análisis fundamental, el modelo es riguroso y entrega resultados coherentes en función del riesgo, es decir, mientras que para la firma



“Corredores Asociados S.A.” existen elementos de evaluación poco beneficiosos (la organización tiene problemas fundamentales); para la firma “Correval S.A.” las consideraciones son a otro nivel dado que tiene buena calificación fundamental, y de hecho, el resultado de tal funcionalidad en comparación con la primera se ve reflejado en el valor a asignar, sobre el cual descansa la confianza que el

inversionista posee para depositar los recursos en la firma y de esta manera disminuir su riesgo.

La herramienta en la que se transforma el modelo difuso genera inmediatez en las decisiones de inversión, disminuyendo el tiempo de investigación para orientar el capital de mejor forma a través de los comisionistas.

**Tabla 10.** Base de conocimiento para establecer el Cupo

Técnico Financiero	Riesgo fundamental	Malo	Medio	Bueno
		Malo	Bueno	Medio Bajo
Malo	Medio	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio
Malo	Malo	Bajo	Bajo	Medio Bajo
Medio	Bueno	Medio	Medio Alto	Alto
Medio	Medio	Medio Bajo	Medio	Medio Alto
Medio	Malo	Bajo	Medio Bajo	Medio
Bueno	Bueno	Medio Alto	Alto	Alto
Bueno	Medio	Medio	Medio Alto	Alto
Bueno	Malo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto

Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 11.** Resultados análisis técnico – financiero para diez firmas (primera fase)

Comisionista	Razón Cte.	Margen Neto	Rend.Activo	Rend. Patrim.	Evolución Ingreso	Técnico Financiero
Comisionista de Colombia S.A.	1,43291	0,26515	0,110530	0,34132761	0.1	0.5
Helm Securities S.A.	12,2589	0,129986	0,075679	0,08115576	0.05	0.5
Valores Bogotá S.A.	27.0769	-1,503656	-0,03605	-0,0371981	-0.01	0.13
Compañía de Profesionales	1,08271	0,150376	0,020391	0,21247123	0,075	0.161
Suvalor	1,08487	0,127117	0,017518	0,2427975	0.05	0.169
Davivalores S.A.	2,72965	0,071354	0,078715	0,10903321	0.025	0.151
Corredores Asociados S.A.	1,10395	0,029350	0,011064	0,05298309	0.0125	0.132
BBVA Valores Colombia S.A.	12,2572	0,07389	0,021308,	0,02295829	0.025	0.151
Correval S.A.	8,14506	0,176356	0,148266	0,16834826	0.15	0.849
Bolsa y Banca S.A.	1,04988	0,053904	0,011117	0,17052268	0.025	0.14

Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 12.** Resultados análisis fundamental para diez firmas (segunda fase)

Comisionista	Respuesta	Ctrl. y auditoría	Especialización	Información	Fundamental
Comisionista de Colombia S.A.	0.144	0.762	0.356	0.3	0.34
Helm Securities S.A.	0.234	0.856	0.356	0.184	0.16
Valores Bogotá S.A.	0.12	0.119	0.181	0.108	0.15
Compañía de profesionales	0.146	0.406	0.569	0.386	0.484
Suvalor	0.88	0.744	0.519	0.297	0.618
Davivalores S.A.	0.816	0.669	0.356	0.386	0.573
Corredores Asociados S.A.	0.297	0.231	0.306	0.361	0.342
BBVA Valores Colombia S.A.	0.234	0.219	0.244	0.31	0.174
Correval S.A.	0.778	0.794	0.831	0.487	0.843
Bolsa y Banca S.A.	0.373	0.606	0.144	0.411	0.468

Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 13.** Resultados análisis de riesgo para diez firmas (tercera fase)

Comisionista	Solvencia	RIF	Endeudamiento	Calificación	Riesgo
Comisionista de Colombia S.A.	0,200803	9,85437452	0,67617522	0.75	0.5
Helm Securities S.A.	0,540815	1,62163153	0,06747279	0.74	0.835
Valores Bogotá S.A.	0,832454	2,75396797	0,03074684	0.45	0.866
Compañía de Profesionales	0,121927	25,0561977	0,90402871	0.63	0.354
Suvalor	0,065066	56,9279738	0,92784657	0.432	0.148
Davivalores S.A.	0,207924	3,1978535	0,2785331	0.82	0.724
Corredores Asociados S.A.	0,116585	8,14705546	0,79117447	0.25	0.336
BBVA Valores Colombia S.A.	0,715965	2,15821967	0,07184378	0.489	0.866
Correval S.A.	0,506570	1,68764966	0,11928518	0.9	0.86
Bolsa y Banca S.A.	0,071782	25,9999259	0,93480435	0.44	0.161

Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 14.** Resultados finales, Cupo para diez firmas comisionistas (miles de millones de pesos).

Comisionista	Técnico Financiero	Fundamental	Riesgo	Cupo
Comisionista de Colombia S.A.	0.5	0.34	0.5	441
Helm Securities S.A.	0.5	0.16	0.835	500
Valores Bogotá S.A.	0.13	0.15	0.866	250
Compañía de profesionales	0.161	0.484	0.354	250
Suvalor	0.169	0.618	0.148	250
Davivalores S.A.	0.151	0.573	0.724	451
Corredores Asociados S.A.	0.132	0.342	0.336	218
BBVA Valores Colombia S.A.	0.151	0.174	0.866	250
Correval S.A.	0.849	0.843	0.86	929
Bolsa y Banca S.A.	0.14	0.468	0.161	250

Fuente: Elaboración de los autores.

**Tabla 15.** Casos extremos de asignación dentro de las observaciones

Comisionista	Técnico-Financiero	Fundamental	Riesgo	Cupo
Corredores Asociados S.A.	0.132	0.342	0.336	218
Correval S.A.	0.832	0.843	0.86	928

Fuente: Elaboración de los autores.

## 5. CONCLUSIONES

La manera de asignar recursos financieros con los cuales las firmas comisionistas de bolsa realizan sus operaciones es gestionada en muchos casos de forma subjetiva, ya que el único criterio utilizado hace referencia a la calificación crediticia que la firma obtenga y deja de lado el comportamiento financiero, la seguridad en las transacciones que realizan y su desempeño interno. Al utilizar el sistema de inferencia difuso, con el análisis expuesto durante el desarrollo de esta investigación, se obtuvieron resultados más obje-

tivos y pertinentes, ya que aporta una percepción más detallada de la compañía comisionista desde varios puntos que son claves al momento de entregarle la responsabilidad en el manejo de los excedentes de liquidez provenientes de grandes o pequeños inversionistas y que buscan generar rentabilidades adecuadas. La confiabilidad de los resultados arrojados por el modelo se enfoca en el hecho de considerar información que antes era poco importante y resulta relevante para la calificación final, tal como sus prácticas internas, la eficiencia de la operación, entre otras.

Esta investigación aplicada presenta el uso de los sistemas de lógica difusa como una herramienta que puede integrarse a la manera de operar en el mundo real, es decir, un mundo en el cual el conocimiento experto se vuelve cada vez más importante, proponiendo alternativas que pueden ser directrices en el futuro cercano. Las nuevas consideraciones tecnológicas dan lugar a la creación de herramientas de apoyo en las decisiones gerenciales y cotidianas, facilitando el proceso de toma de decisiones para personas comunes y empresas en general, disminuyendo el riesgo de incurrir en errores o valoraciones poco objetivas y que aportan al entendimiento de los fenómenos desde una perspectiva más humana en un entorno económico dinámico y competitivo.

La ayuda que representa para los tomadores de decisión contar con herramientas de sistemas que incorporen su problemática específica se hace cada vez más importante en una sociedad donde la rapidez de la información y el tiempo que se tiene para la toma de decisiones se hace cada vez menor. La aplicación desarrollada permite realizar el análisis de las firmas comisionistas de una manera más rápida y objetiva. Un proceso que anteriormente se hacía en semanas; mediante el aplicativo es posible hacerlo hoy de manera más rápida.

Es posible que futuras investigaciones se deriven de esta primera aproximación, ya que aún permanecen campos sin explorar y donde las ciencias de la decisión toman parte importante; es el caso de la integración global de los riesgos (operativo,

mercado, liquidez, contraparte, entre otros), para los cuales es posible utilizar metodologías basadas en procesos estocásticos y probabilísticos, además de sistemas expertos; con lo cual surge la necesidad de integración sobre todos estos métodos, dando lugar a nuevos desarrollos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amat, O., Esteve, M. & Tomas, J. (2002). *Cómo analizar las entidades financieras a sus clientes*. Barcelona: Gestión 2000.
- Bojadziev, G. & Bojadziev, M. (1997). *Fuzzy logic for business, finance, and management*. U.K.: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Devore, J.L. (1998). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. International México, D.F.: Thomson Editores.
- Díez de Castro, L. & Mascareñas, J. (1994). *Ingeniería financiera*. Madrid: McGraw Hill / Interamericana de España, S.A.U.
- Elizondo, A (c). (2004). *Medición integral del riesgo de crédito*. México, D.F: Editorial Limusa (Noriega Editores).
- Escallón Cortés, B. & Tamayo, E. (1998). *Principios fundamentales y aplicación de técnicas de lógica difusa en el control de un sistema simple*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.
- Facchinetti, G., Magni, C.A., Mastroleo, G. & Vignola, M. (2001, Julio). *Valuing strategic investments with a fuzzy expert system: An Italian case*. Proceedings of International Fuzzy Systems Association and The North American Fuzzy Information Processing Society, Joint Conference, Vancouver, Canada.

- García, O.L. (1999). *Administración financiera: Fundamentos y aplicaciones*. Cali, Colombia: Prensa Moderna Impresores S.A.
- Jorion, P. (2000). *Valor en riesgo*. México, D.F.: Limusa (Noriega Editores), Universidad de California, Irvine.
- Jang, J.-S.R., Sun, C.-T. & Mizutani, E. (1997). *Neuro – Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. New York: Prentice Hall.
- Kasabov, N. (1998). *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering*. Cambridge: MIT Press.
- Knop, R, Ordovás, R & Francesc, J. (2004). *Medición de riesgos de mercado y de crédito*. Madrid : Ariel Económica.
- Kosko, B. (1992). Fuzzy Systems as Universal Approximators. En Proc. IEEE Int. Conf. On Fuzzy Systems (pp. 1153–1162). San Diego, CA: IEEE
- Kosko, B. (1995). *Pensamientos borrosos. La nueva ciencia de la lógica borrosa*. Barcelona, España: Crítica.
- Kulkarni, A. (2001). *Computer Vision and Fuzzy-Neuronal Systems*. New York: Prentice Hall.
- Magni, C.A., Mastroleo, G. & Facchinetti, G. A. (2001). Fuzzy Expert System for Solving Real Option Decision Processes. *Fuzzy Economic Review*, VI (2), 51–73.
- Martín del Brío, B & Sanz Molina, A. (2002). *Redes neuronales y sistemas difusos*. México D.F.: Alfaomega Ra – Ma. Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.
- Soler, J., Staking, K., Ayuso, A., Beato, P., Botín, E., Escrig, M & Falero, B. (1999). *Gestión de riesgos financieros*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo – Grupo Santander. 