



**DESARROLLO DE UN MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCED  
SCORECARD CON LÓGICA DIFUSA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN  
UNA EMPRESA DE SERVICIOS DEL SECTOR ELÉCTRICO.**

**ELKIN RAFAEL ZAPA PÉREZ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE MINAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN  
MEDELLÍN-COLOMBIA  
2012**

**DESARROLLO DE UN MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL BALANCED  
SCORECARD CON LÓGICA DIFUSA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN  
UNA EMPRESA DE SERVICIOS DEL SECTOR ELÉCTRICO.**

**ELKIN RAFAEL ZAPA PÉREZ**

Trabajo de Grado para optar al título de  
Mágister en Ingeniería Administrativa

Dirección

**MARTÍN DARÍO ARANGO SERNA**

I.I., M.Sc, Ph.D.

Codirección

**CONRADO AUGUSTO SERNA URÁN**

I.I., M.Sc, Ph.D(c)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE MINAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN  
MEDELLÍN-COLOMBIA  
2012

## ***AGRADECIMIENTOS***

El autor expresa sus agradecimientos.

A todas aquellas personas que hicieron posible este trabajo, y en especial a:

Martín Darío Arango Serna, I.I., MSc, Ph.D. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia y director de esta tesis de posgrado, por su colaboración constante.

Conrado Augusto Serna Urán, I.I., MSc, Ph.D (c) Profesor de la Universidad de san buenaventura y codirector de este trabajo, por su orientación a través de su visión y apoyo permanente.

A mis padres y hermanos que estuvieron apoyándome para poder alcanzar este nuevo triunfo dentro de mi proyecto de vida. También darle gracias a Dios por sus bendiciones e iluminación que me permitieron continuar con las metas propuestas.

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

Jurado 1

---

Jurado 2

---

Jurado 3

## RESUMEN

El énfasis actual de las organizaciones es alinear las estrategias a la medición de los procesos claves de la empresa, aunque se han desarrollado estudios en todas las áreas del conocimiento por parte de académicos y profesionales en el tema, existen limitaciones en cuanto al diseño de indicadores en el sector eléctrico en condición de incertidumbre, por esta razón en el presente trabajo de grado se desarrolla un modelo de implementación del Balance Scorecard con lógica difusa para la toma de decisiones en una empresa de servicios del sector eléctrico.

Palabra clave: Balance Scorecard, lógica difusa, distribución de energía eléctrica, indicador, toma de decisiones.

## ABSTRACT

The emphasis current the of organizations is to align the strategies to the measurement of key processes business, although studies have been conducted in all areas by academics and professionals in the field, there are limitation Design of Indicators in uncertainty in the electricity sector. Therefore, a model Integrating Balanced Scorecard (BSC) with logic fuzzy for decision making in a services company in the electricity sector.

**Keywords:** Balanced Scorecard, fuzzy logic, distribution energy electricity, indicator, Decision making

<b>1</b>	<b>BALANCE SCORECARD.....</b>	<b>13</b>
1.1	IMPORTANCIA DEL BSC.....	15
1.2	PERSPECTIVAS .....	16
1.2.1	Perspectiva Financiera.....	17
1.2.2	Perspectiva del Cliente.....	18
1.2.3	Perspectiva de Proceso Interno. ....	19
1.2.4	Perspectiva de Formación y Crecimiento.....	20
1.3	APLICACIONES DE BALANCED SCORECARD .....	21
1.3.1	Balanced Scorecard integrado con modelos Multicriterio, AHP, función de utilidad.....	24
1.3.1.1	Modelo unicriterio .....	24
1.3.1.2	Modelo multicriterio .....	25
1.4	BALANCED SCORECARD EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE 28	
<b>2</b>	<b>LÓGICA DIFUSA.....</b>	<b>30</b>
2.1	DEFINICIÓN DE NÚMERO DIFUSO.....	31
2.1.1	Concepto de Número Difuso .....	31
2.1.2	Operaciones Sobre Conjuntos Difusos .....	32
2.2	SISTEMA DE INFERENCIA DIFUSA (FIS) .....	33
2.2.1	Proceso de Fusificación .....	34
2.2.2	Reglas Difusas Si-Entonces.....	34
2.2.3	Operación de Composición .....	34
2.2.4	Mecanismo de Inferencia .....	35
2.2.5	Agregación .....	35
2.2.6	Proceso de Desfusificación .....	35
2.2.7	Tipos de sistema de Inferencia Difusa .....	36
<b>3</b>	<b>APLICACIÓN DE LÓGICA DIFUSA EN LA TOMA DE DECISIONES. 38</b>	
3.1	APLICACIONES GENERALES EN EL SECTOR EMPRESARIAL.....	40
3.2	APLICACIÓN EN INDICADORES DE GESTIÓN .....	41
3.3	APLICACIÓN DEL BALANCED SCORECARD .....	43
3.3.1	Matrices de Incidencia Borrosa .....	43

3.3.2	Conjuntos Difusos .....	44
<b>4</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL SECTOR ELÉCTRICO .....</b>	<b>46</b>
4.1	CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA-COLOMBIA.....	47
4.1.1	Desarrollo de Capacidades.....	49
4.1.2	Fuerzas Tecnológicas.....	52
4.1.3	Fuerzas Competitivas.....	52
4.2	INDICADORES DESEMPEÑO DEL SECTOR DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA-COLOMBIA.....	52
<b>5</b>	<b>DESARROLLO DEL MODELO BSC CON APROXIMACIONES DIFUSAS .....</b>	<b>55</b>
5.1	DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL MODELO.....	62
5.1.1	Definición de los indicadores a utilizar en el modelo etapa 1 .....	62
5.1.2	Fusificación de los indicadores etapa 1 .....	75
5.1.3	Definición de las reglas difusas etapa 1 .....	83
5.1.4	Desfusificación etapa 1 .....	86
5.1.5	Fusificación las perspectivas etapa 2.....	86
5.1.6	Definición de las reglas difusas etapa 2 .....	89
5.1.7	Desfusificación las perspectivas etapa 2.....	91
5.1.8	Definición de la variable objetivo de interés .....	92
5.2	APLICACIÓN DEL MODELO.....	92
5.2.1	Ingreso de los indicadores a utilizar en el modelo etapa 1 .....	92
5.2.2	Resultado de la aplicación del modelo etapa 1 .....	93
5.2.3	Ingreso de los indicadores a utilizar en el modelo etapa 2.....	99
5.2.4	Resultado de la aplicación del modelo etapa 2 .....	99
5.3	VALIDACIÓN DEL MODELO.....	106
5.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	108
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>112</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>114</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Importancia del BSC.....	15
Figura 2. Estructura del BSC. ....	21
Figura 3. Sistema Inferencia Difusa .....	33
Figura 4. Sistema de inferencia difusa tipo Mandani. ....	36
Figura 5. Sistema de inferencia difusa de la perspectiva Finanzas. ....	57
Figura 6. Sistema de inferencia difusa de la perspectiva del cliente. ....	57
Figura 7. Sistema de inferencia difusa de la perspectiva de los procesos. ....	57
Figura 8. Sistema de inferencia difusa de la perspectiva aprendizaje y crecimiento. ....	58
Figura 9. Sistema de inferencia difusa de la consolidación de las perspectivas. . .....	59
Figura 10. Modelo de lógica difusa integrado con BSC. ....	61
Figura 11. . Mapa Estratégico. ....	68
Figura 12. Metodología del modelo de estudio. ....	69
Figura 13. Variable margen de utilidad. ....	76
Figura 14. Variable de Capitalización .....	77
Figura 15 Variable calidad y continuidad del servicio. ....	77
Figura 16. Variable satisfacción de los clientes .....	78
Figura 17. Variable retroalimentación y comunicación con los clientes .....	79
Figura 18. Variable pérdidas técnicas y no técnicas .....	80
Figura 19. Variable productividad de los procesos de distribución .....	80
Figura 20. Variable optimiza control y mantenimiento .....	81
Figura 21. Variable de capacitación.....	82
Figura 22. Variable competencias.....	82
Figura 23. Variable crecimiento personal.....	83
Figura 24. Variable perspectiva financiera.....	87
Figura 25. Variable Perspectiva del cliente.....	88
Figura 26. Variable perspectiva de los procesos internos.....	88
Figura 27. variable perspectiva de aprendizaje y crecimiento. ....	89
Figura 28. Variable nivel de gestión.....	92
Figura 29. Resultado de la relación de los indicadores y la perspectiva financiera. ....	94
Figura 30. Resultados de la relación entre los indicadores y la perspectiva del clientes.....	96
Figura 31.Resultados de la relación entre los indicadores y la perspectiva de los procesos internos. ....	97

Figura 32. Resultados de la relación entre los indicadores y perspectiva aprendizaje y crecimiento. ....	98
Figura 33. Resultados de la relación entre las perspectivas y variable nivel de gestión. ....	99
Figura 34. Resumen del resultado de la aplicación del modelo. ....	101

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aplicaciones del BSC.....	22
Tabla 2. Aplicaciones de Lógica Difusa. ....	39
Tabla 3. Indicadores financieros. ....	63
Tabla 4. Indicadores de los clientes. Fuente.....	65
Tabla 5. Indicadores de los procesos internos.....	66
Tabla 6. Indicadores aprendizaje y crecimiento.....	67
Tabla 7. Resumen de hoja de vida de los indicadores del modelo .....	71
Tabla 8. Reglas difusas perspectiva financiera.....	83
Tabla 9. Reglas difusas perspectiva cliente.....	84
Tabla 10. Reglas difusas perspectiva procesos internos. ....	85
Tabla 11. Reglas difusas perspectiva aprendizaje y crecimiento.....	85
Tabla 12. Reglas difusas etapa 2.....	90
Tabla 13. Indicadores a utilizar en la aplicación del modelo etapa 1 .....	93
Tabla 14. Indicadores a utilizar en la aplicación del modelo etapa 2 .....	99
Tabla 15. Superficies difusas de relaciones entre las variables del indicador de cada perspectiva. Fuente: elaboración propia. ....	103
Tabla 16. Superficies difusas de relaciones entre las perspectivas.....	104
Tabla 17. Validación del modelo. Corrida 1 .....	106
Tabla 18. Validación del modelo. Corrida 2 .....	107
Tabla 19. Validación del modelo. Corrida 3 .....	107

## INTRODUCCIÒN

El Balance Scorecard (BSC) y la teoría de la lógica difusa son los principales fundamentos teóricos de este estudio. Se ha demostrado que estas teorías aportan un modelo que puede ser aplicado en las organizaciones con resultados satisfactorios. Este estudio pretende darle alternativas de solución a las necesidades que presentan las empresas en cuanto al manejo de la incertidumbre en el momento de tomar una decisión; por ejemplo, en las organizaciones se dificulta medir el desempeño de ciertos procesos productivos, estratégicos y de apoyo, tales como: la competencia de un trabajador, el clima organizacional, el tiempo de ejecución de un proyecto, el comportamiento del sector, entre otros. Muchos de estos procesos se encuentran influenciados por factores internos y externos incontrolables que reflejan un grado de incertidumbre, la lógica difusa y BSC ofrecen soluciones que minimizan el impacto que tienen estos factores en la organización.

Tanto el BSC como la teoría de la lógica difusa son temas de actualidad que tienen grandes aplicaciones a nivel industrial y académico, que se extienden a las diferentes ramas de la ingeniería; por tal razón su utilización permite generar una gran ventaja para su desarrollo teórico y práctico. Con el fin de entender la evolución de los conceptos estudiados se hace un recorrido por los principales avances teórico, buscando establecer las bases teóricas en que se apoya este estudio. Debido a la efectividad que ofrece el BSC y la lógica difusa se propone definir y describir un modelo que use ambos conceptos, de manera que se pueda comprobar su aplicabilidad en el sector eléctrico.

El principal objetivo de este estudio, es desarrollar un modelo de implementación del BSC con lógica difusa para la toma de decisiones en una empresa de servicios del sector eléctrico, principalmente en el proceso de generación de energía eléctrica. El estudio reportado en el presente documento, el cual se divide en cinco capítulos. En el primer capítulo se

definen los conceptos generales del BSC sus características y aplicaciones; en el segundo se hace una revisión conceptual de la lógica difusa; en el tercer capítulo se elabora una conceptualización de la aplicación de la lógica difusa en la toma de decisiones; en el cuarto se hace una introducción del sector eléctrico, su caracterización, y se relaciona con los modelos utilizados. El quinto y último capítulo describe el modelo a utilizar, se establece la metodología que se va a usar para el modelo y se definen los indicadores que se aplican en el estudio, finalizando con unas conclusiones y recomendaciones relacionadas con este estudio.

## 1 BALANCE SCORECARD

En los últimos años las empresas han utilizado nuevas metodologías, modelos y herramientas para mejorar todos sus procesos a través de los instrumentos de medición, pero muchas organizaciones aun se enfocan exclusivamente en las mediciones tradicionales de la contabilidad financiera, tales como el retorno de la inversión y el periodo de amortización; las cuales tienen implicaciones y han sido criticadas como la causa principal de muchos problemas de las industrias (citado por Hafiz et al 2002 en Manián, 2011).

Las organizaciones han aplicado distintas herramientas y metodologías que han sido utilizadas para hacer mediciones, tomar decisiones y mejorar los procesos, sin embargo en sus aplicaciones no se enfocaban en alinear la estrategia con las acciones desarrolladas. La necesidad de disponer de herramientas de medición del desempeño a diferentes niveles de toma de decisiones y con un enfoque balanceado, llevo a Kaplan y Norton, (1992) a proponer el “Balance Scorecard” (BSC) También llamado Cuadro de Mando integral como un medio para evaluar el desempeño de una organización desde cuatro perspectivas diferentes: clientes, finanzas, procesos internos y aprendizaje y crecimiento (Cogollo, 2010). Cabe anotar que estos teóricos desarrollaron el concepto BSC como una herramienta de medición en sus inicios; sin embargo, luego de otras investigaciones definieron este modelo como una herramienta estratégica.

Algunos autores, tales como: Arguello (2011); Regalini et al (2008); Bodillo et al (2009), entre otros, referenciados en el marco teórico trabajan el BSC como un modelo y otros como una metodología o herramienta; no obstante, todos buscan integrar las estrategias de las organizaciones con las acciones a desarrollar en éstas. En el marco teórico se es fiel a los términos propios de cada autor; sin embargo, en el desarrollo de este trabajo se utiliza el BSC como un modelo de gestión estratégica debido a que se enfoca hacia todos los

aspectos de la gestión de una organización como un sistema; teniendo así una visión amplia de la situación en la que se encuentran los procesos y acciones de la misma.

Para fines del estudio se describen distintas definiciones del BSC, por ejemplo Kaplan y Norton (2000), afirman que el BSC es una metodología que vincula la visión y las metas estratégicas en acciones concretas; es un sistema de gestión que incorpora mecanismos de medición y que permite comprobar que se avanza en la dirección correcta, facilitando el logro de los objetivos planteados. Argüello (2011), define el Balance Scorecard como una herramienta de administración de empresas que muestra continuamente cuándo una compañía y sus empleados alcanzan los resultados definidos por el plan estratégico, de tal manera que se convierte en una herramienta que ayuda a la compañía a expresar los objetivos e iniciativas necesarias para cumplir con la estrategia. Otra definición de este concepto es aquel que permite traducir la visión y la misión de la organización en un conjunto completo de medidas de desempeño para facilitar la gestión de la dirección hacia el logro de los objetivos definidos apoyados en una sólida y flexible estructura organizacional para adaptarse a los cambios del entorno global (Regalini et al, 2008).

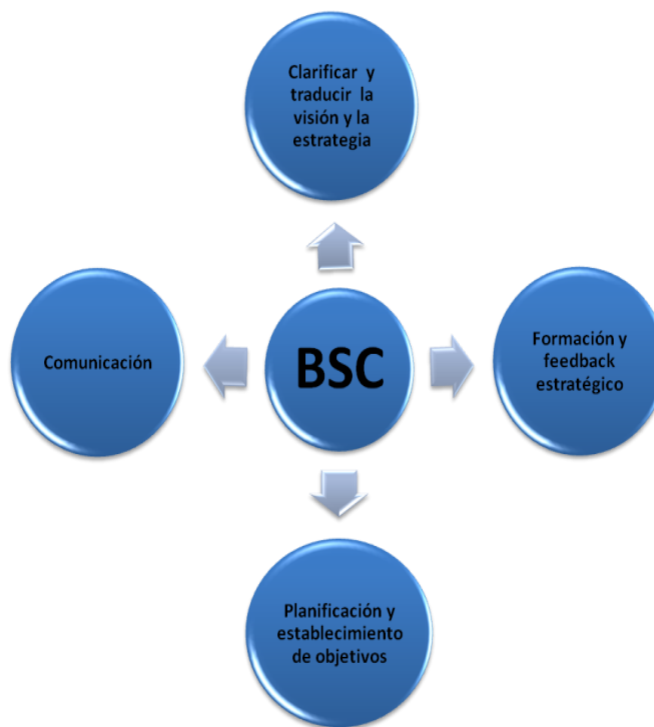
El BSC es la alineación entre las mediciones del desempeño y la estrategia empresarial, a partir de identificar los procesos realmente estratégicos con vista a integrar todas las acciones que permitan ejecutar la estrategia. El BSC sirve para aclarar la misión y el propósito de la organización, obteniendo visión compartida, permite a las empresas tomar una mejor decisión, y a su vez determina como se pueden alinear las acciones diarias con los objetivos propuestos en busca de alcanzar los resultados esperados, utilizando los recursos adecuados para la obtención de esas metas. El BSC empieza con los objetivos gerenciales de la compañía definiendo los factores críticos de éxito; los indicadores le ayudarán a medir los objetivos y las áreas críticas, permitiendo de esta forma que el BSC como sistema de medida de rendimiento, permita reflejar la visión y la estrategia de los aspectos más importantes de la compañía (Vergara, 2005).

## 1.1 IMPORTANCIA DEL BSC.

En la figura 1 se ilustra la importancia del BSC; existen algunos factores importantes para su utilización, los cuales se enuncian a continuación:

- Clarificar y traducir la visión y la estrategia.
- Incrementar la formación y feedback estratégico.
- Comunicar y vincular los objetivos e indicadores estratégicos.
- Planear, establecer objetivos y alinear las iniciativas estratégicas

Figura 1. Importancia del BSC. Fuente: Regalini et al, 2008.



El BSC es una herramienta ampliamente reconocida que soporta la toma de decisiones en el nivel de gestión estratégica, lo cual mejora la satisfacción de los objetivos estratégicos. Su nombre refleja el propósito de mantener un equilibrio entre los objetivos de largo y corto plazo, entre las mediciones financieras y no-financiera, entre los indicadores principales y rezagados, y entre las perspectivas de rendimientos internos y externos (Kaplan y Norton, 1996 en Bodillo et al, 2009). La innovación clave del BSC es opuesta a las

metodologías tradicionales que se enfocaban solo a tener en cuenta los datos financieros, la complementación de la información con medidas adicionales de carácter no monetario (Bodillo et al, 2009).

Antes de hablar de las cuatro perspectivas del BSC, se definirán los conceptos de los indicadores que se van utilizar en este trabajo. Éstos se clasifican en indicadores de gestión e indicadores de logro (Quintero, 2001). Se puede definir un indicador de gestión como la expresión cuantitativa del comportamiento de las variables o de los atributos de un producto en un proceso; el empleo eficaz y eficiente en el cumplimiento de los objetivos de la organización. Por otro lado, el Indicador de logro, permite establecer la eficacia que mide el grado de cumplimiento de lo establecido en los objetivos anteriores. Se entiende por eficacia el logro de los atributos del producto que satisface las necesidades, deseos y demandas de los clientes (García, 2009).

Después de ilustrar claramente los conceptos de los indicadores que se van a utilizar en este estudio, se procede a definir las cuatro perspectivas del BSC, la cuales se explican detalladamente a continuación.

## **1.2 PERSPECTIVAS**

Las perspectivas son aquellas dimensiones críticas que tiene cada organización. Un elemento esencial para el BSC es el número de las perspectivas utilizadas (citado por Speckbacher et al, 2003 en Sawalga et al, 2011); estas difieren de una empresa a otra, porque dependen de la estrategia y el mercado competitivo de cada una (citado por Debusk et al, 2003 en Sawalga et al, 2011). Según (Ayvaz y Pehlivanl, 2011), el BSC es un modelo que identifica cuatro perspectivas relacionadas con actividades que probablemente pueden ser críticas en las organizaciones y en todos los niveles dentro de éstas. Las cuatro perspectivas que se usan en este modelo son: la financiera, la del cliente, la de los procesos internos y la perspectiva de

formación y crecimiento. Éstas han sido introducidas por (Kaplan y Norton, 2002), para evaluar la actividad de una compañía o un área.

### **1.2.1 Perspectiva Financiera**

A través de los indicadores financieros se miden los resultados económicos de las acciones realizadas, teniendo en cuenta su contribución a la estrategia diseñada (Vergara, 2005). Esta perspectiva obtiene los resultados financieros a largo plazo y los vincula con los objetivos financieros y con las estrategias de la organización, lo cual establece la secuencia de las acciones que deben realizarse para alcanzar los objetivos. Según (Montoya, 2007), los objetivos financieros son considerados como el resultado de las acciones que se han desarrollado en la empresa con anterioridad. Sin menospreciar la importancia del área financiera, ésta pasa a formar parte de un sistema integrado, donde es básicamente el reflejo de todas las medidas tomadas en el resto de la organización.

La perspectiva financiera contiene las medidas tradicionales de rendimiento financiero que están usualmente relacionadas con la rentabilidad. El criterio de medición usualmente son los beneficios, el dinero en efectivo, el retorno de la inversión (ROI), el rendimiento del capital invertido (ROIC) y el valor económico añadido (EVA) (Manian, 2011).

Los objetivos financieros y los criterios pueden variar de acuerdo al nivel del sistema y de la vida de la empresa (Baxendale y Homsby, 2001). Éstos pueden diferir considerablemente en cada una de las tres (3) fases del ciclo de vida del negocio. Para poder vincular los objetivos financieros con la estrategia de la unidad de negocios es muy importante saber en qué etapa está la empresa; por lo tanto, para poder saber esto se definen tres (3) etapas, las cuales son: crecimiento, sostenimiento y madurez (Guadalupe, 2009). Los negocios en crecimiento se encuentran en la fase más temprana de su ciclo de vida y por lo

general su objetivo financiero consiste en el crecimiento de las ventas en el sector. Las unidades de negocios en la fase de sostenimiento siguen atrayendo inversiones pero se le exige que obtengan grandes rendimientos sobre el capital invertido. En la fase madura de crecimiento las empresas quieren recolectar o cosechar las inversiones realizadas en las dos fases anteriores (Pacheco et al, 2002).

### **1.2.2 Perspectiva del Cliente**

Esta perspectiva representa la relación entre la organización y sus clientes (citado por Maltz, 2003 en Sawalga et al, 2011). Los clientes son la fuente de los beneficios empresariales, por lo tanto, satisfacer las necesidades de los clientes es el objetivo perseguido por las empresas (Manian, 2011). La perspectiva del cliente le permite a la organización, identificar y medir las propuestas de valor agregado que entregarán a los segmentos de clientes y mercados (Pacheco et al, 2002).

La perspectiva del cliente se ocupa de temas relacionados con la satisfacción de los usuarios y la retención de los mismos. las mediciones a nivel de la organización deben incluir los datos de rendimientos desde lo formal, las encuestas de clientes, los índices de lealtad, el crecimiento del segmento del mercado y los impulsores de la satisfacción del cliente (Matarneh, 2011). Las empresas identifican los segmentos de los compradores y mercados en los cuales competirán y que constituyen las fuentes de ingresos para cumplir los objetivos financieros (Pacheco et al, 2002). Para lograr el desempeño financiero que una empresa desea, es fundamental que posea usuarios leales y satisfechos, con ese objetivo en esta perspectiva se miden las relaciones con los clientes y las expectativas que los mismos tienen sobre los negocios (Arguello, 2011).

### **1.2.3 Perspectiva de Proceso Interno.**

Esta perspectiva analiza la adecuación de los procesos internos de la empresa de cara a la obtención de la satisfacción del cliente y el logro de altos niveles de rendimiento financiero. Para alcanzar este objetivo, se propone un análisis de los procesos internos desde una perspectiva de negocio y una predeterminación de los procesos claves a través de la cadena de valor (Arguello, 2011). En esta perspectiva, los directivos deben identificar los procesos del negocio que son más críticos para alcanzar los objetivos de los clientes y accionistas. En otras palabras, los procesos críticos de negocios permiten a una organización cumplir con las propuestas de valor de los clientes en segmentos de mercado y satisfacer a los accionistas (Sawalga et al, 2011).

La empresa debe decidir en qué procesos y competencias es necesario sobresalir para desarrollar un nivel de eficacia general que se evidencie en la calidad de los procesos, logrando así un mayor impacto en la satisfacción del cliente y en alcanzar los objetivos financieros establecidos. Cada negocio tiene un conjunto único de procesos para crear valor para el cliente y producir resultados financieros. Sin embargo, puede utilizarse un modelo genérico de cadena del valor, conformado por tres (3) procesos principales: innovación, operaciones y servicio de postventa (Pacheco et al, 2002).

En el proceso de innovación, la unidad de negocios investiga las necesidades emergentes o latentes de los clientes y luego crea los productos o servicios para satisfacerla. El siguiente paso considerado es el más importante en la cadena genérica de valor interno, es donde se producen y se entregan a los clientes los productos y los servicios existentes. El otro paso importante en la cadena interna del valor, es atender y servir al cliente después de la venta o entrega de un producto o servicio. Un análisis importante, es tener respuestas rápidas hacia problemas que puedan afectar la satisfacción del cliente (Pacheco et al, 2002).

#### **1.2.4 Perspectiva de Formación y Crecimiento**

En esta última perspectiva se desarrollan objetivos e indicadores para impulsar el aprendizaje y el crecimiento de la organización. Los objetivos de ésta logran unir los propuestos de las otras perspectivas. Los objetivos de crecimiento y aprendizaje son los dinamizadores que se requieren para alcanzar los efectos deseables en el BSC (Kaplan y Norton, 2.000).

La perspectiva de formación y aprendizaje se refiere a las metas e indicadores que sirven como soporte del desempeño futuro de la empresa, y refleja la flexibilidad para adaptarse a los cambios. Un aporte de ésta son las personas, los sistemas y los procedimientos (Vergara, 2005). El objetivo principal de esta perspectiva, es proporcionar una infraestructura para el logro de los objetivos de los otros tres puntos de vista y para la creación del crecimiento a largo plazo y la mejora a través de las personas, sistemas y procedimientos de la organización (Manian, 2011). Las actividades de crecimiento de aprendizaje se centran en traducir estrategias en acciones que incrementen la capacidad de la organización a través de los empleados para competir en el futuro y para alcanzar metas actuales y a largo plazo (Sawalqa et al, 2011).

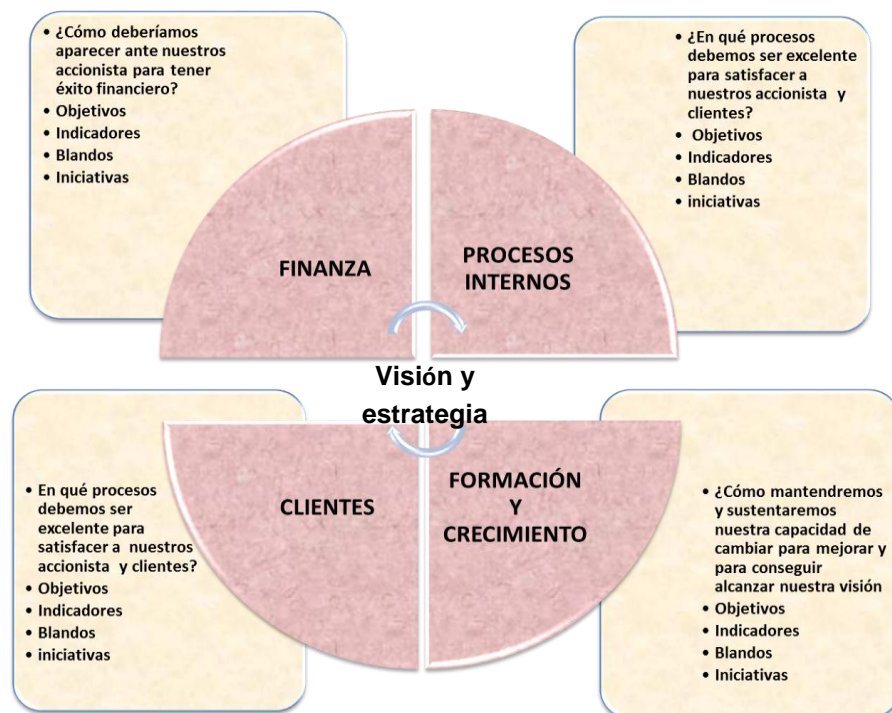
Una de las partes más importantes de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento, es el talento humano potencial de la organización. La mayoría de los administradores creen que éste juega un papel importante en la competitividad, y afirman que el rol de ese recurso aumentará en los próximos años y la administración de los recursos humanos será cada vez más importante (citado por Walker y McDonald, 2001 en Ayvaz y Pehlivanli, 2011)

Para ilustrar mejor la relación entre las perspectivas de BSC, se presenta la figura 2, la cual esquematiza una estructura clara del funcionamiento de cada perspectiva.

En esta estructura se tiene en cuenta los componentes principales de cada perspectiva, tales como: los objetivos, los indicadores, aspectos blandos y las iniciativas. Estas perspectivas están relacionadas con la visión y la estrategia

de la organización y así mismo facilita un método de medición de las estrategias de la organización.

Figura 2. **Estructura del BSC.** Fuente: Kaplan y Norton, 2000.



### 1.3 APLICACIONES DE BALANCED SCORECARD

El BSC ha tenido un crecimiento agigantado en sus aplicaciones, ya que se puede utilizar en cualquier tipo de organización; permitiendo a las compañías expresar los objetivos e iniciativas necesarias para cumplir con la estrategia (Arguello, 2011). El BSC proporciona a los directivos del equipo de instrumentos que necesitan para navegar hacia el éxito competitivo futuro (Mallo et al, 2005) A continuación se mencionan algunas aplicaciones.

De acuerdo a Bankhofer (2005), el BSC, no es sólo un sistema de medición de rendimiento, sino que es una herramienta de gestión empresarial estratégica. Éste se ha utilizado en diferentes campos, integrándose con otras herramientas, tales como: lógica difusa, ERP, programación de producción, despliegue funcional de la calidad, Investigación y desarrollo, entre otras. Cabe resaltar que la integración de varias herramientas brinda información relevante para tomar una mejor decisión en el ámbito empresarial. El modelo BSC se puede aplicar en todo tipo de organización. En la tabla 1 se ilustra algunas de sus aplicaciones.

**Tabla 1.** Aplicaciones del BSC

ÁREAS	APLICACIONES	PAIS	AÑO	AUTOR
Management	A proposed comprehensive framework for formulating strategy: a Hybrid of balanced scorecard, SWOT analysis, porter`s generic strategies and Fuzzy quality function deployment	Iran	2011	Manteghia, N et al.
Manufactura	Collaborative and cross-company project management within the automotive industry	Australia	2010	Niebecker, K. et al
Tecnología	Integrating hierarchical with non-additive fuzzy integral for evaluating high technology firm performance	Taiwan	2010	Wang, C et al
servicios	Implementation and performance evaluation using the fuzzy network	Taiwan	2010	Tseng, M
Servicios	A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on	Taiwan	2009	Wu, H et al
Manufactura	Alimento	Colombia	2008	Arena, M
Cadena de suministro	Performance measurement of supply chain management:	India	2007	Bhagwat,R. et al
Servicios	Inmobiliaria	Colombia	2007	Izquierdo,

				C
Manufactura	Embotellado de la empresa cervecera andina	Quito	2006	Santillan, G et al
Servicios	En áreas de indemnizaciones de seguros generales	Colombia	2005	Vergara, H
Project	the evaluation of Information and Communication Technology projects	Belgium	2004	Milis, K et al.
servicios	En organizaciones sanitarias	España	2004	Ruiz, D
proyectos	En proyectos de empresas sociales	Colombia	2004	Urrea, J
Sistemas y tecnología	R&d performance measurement	EEUU	2004	Bremser, W et.al
Sector eléctrico	Distribuidora de energía eléctrica	Argentina	2008	Regalini R et. Al.

Como se observa en la tabla 1 han sido muchas las aplicaciones del BSC, ya que tiene que ver con la gestión estratégica, la planificación estratégica, contabilidad de gestión y rendimiento, lo cual despierta el interés de las empresas y aumenta el número de éstas que utilizan el BSC (Ayvaz y Pehlivanli, 2011). El BSC proporciona un marco que permite la descripción y la comunicación de una estrategia en forma coherente y clara. Las aplicaciones del BSC realizadas en diferentes organizaciones, parten del modelo de Kaplan y Norton (2000), donde relacionan la estrategia con todos los procesos de la organización. Según Thompson y Mathys (2008), un sistema de informes basados en el BSC permite monitorear la evolución frente a la estrategia y tomar las medidas correctivas que mejoren constantemente los procesos y faciliten al administrador tomar decisiones.

### **1.3.1 Balanced Scorecard integrado con modelos Multicriterio, AHP, función de utilidad.**

Para el fundamento teórico es importante conocer otros modelos que existen para el tratamiento de la incertidumbre y que ayudan a los empresarios a mejorar la toma de decisiones. Existen modelos que son capaces de procesar la información disponible para obtener una decisión en cierto contexto. Entre los cuales tenemos: Modelos unicriterio y Modelos multicriterio. A continuación se explicarán los conceptos y se relacionarán algunos trabajos donde se integran con el modelo BSC.

#### **1.3.1.1 Modelo unicriterio**

Son tradicionalmente utilizados en programación empresarial. En ellos se establece la base decisional por el centro decisor (empresario) o por el analista/consultor, que aconseja al empresario la política más conveniente, pero refiriendo -en todo caso- el análisis a un criterio único; como, por ejemplo, la maximización del volumen de ventas o la optimización del beneficio. (Ballesteros y Cohen, 1998).

#### **1.3.1.2 Modelo multicriterio**

El modelo multicriterio comprende la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un único agente decisor. Comprende procedimientos de evaluación racionales y consistentes, introduce una lógica de análisis con el fin de tomar el conjunto de factores involucrados en la consecución de objetivos y ofrecer una coherencia a las apreciaciones individuales o grupales para obtener conclusiones válidas; Dicha lógica, debe ser simple y accesible, se contrapone al pensamiento y preferencias no explícitas, no justificados e intuitivos que subyacen en gran

parte de las evaluaciones y decisiones relacionadas con programas, proyectos y actividades complejas (Martínez, 1998).

Una aplicación donde se integra el modelo BSC y Multicriterio, fue realizado por los autores Canedo y Almeda (2008), propone un modelo multicriterio con el fin de priorizar los proyectos de Gobierno Electrónico, cuyo ámbito de aplicación es proporcionar los servicios electrónicos de gobierno al ciudadano - G2C (iniciativas a favor de los ciudadanos y empresas). el modelo propuesto hace uso de un Balanced Scorecard (BSC) en el contexto de múltiples criterios ayudando a la decisión (MCDA). Para ilustrar cómo aplicar el modelo, se realizaron simulaciones con el método PROMETHEE, y el estudio demostró que en el contexto del modelo se logro el objetivo propuesto, algunas condiciones se deben tomar en cuenta con el fin de integrar el uso de BSC y MCDA. El modelo puede ser aplicado a las organizaciones públicas y privadas, con independencia del área de actividad con una adaptación mínima.

#### ➤ Modelo multiobjetivos

Se orientan a la determinación de fronteras eficientes, es decir, un conjunto de soluciones que denominan estratégicamente las demás soluciones posibles. En otras palabras, cada punto de una frontera eficiente corresponde a una alternativa eficiente, en el sentido de que se manifiesta como superior a las alternativas dominadas, atendiendo generalmente a una relación beneficio/costo. (Ballesteros y Cohen, 1998). Otra aplicación de este modelo integrado con el BSC, fue realizado por Dodangeh et al (2011). En ese artículo, establecieron un modelo para la selección de los planes estratégicos de "balanced scorecard" con "modelo de programación por metas", que es un modelo multiobjetivo para toma de decisiones. Así que, usando el consenso de "gestores y expertos en las organizaciones, las opiniones, las medidas y los objetivos generales de las cuatro perspectivas, se determina en primer lugar en el BSC, y luego, en las opiniones de los expertos "modelo de programación por metas", las actuaciones de los planes estratégicos que se seleccionan en el

modelo BSC. El método introducido se utilizó en un estudio y los resultados extraídos de él se analizaron desde diferentes puntos de vista, la diversidad de criterios fueron en gran medida los que impulsaron a seguir dichas investigaciones, sin embargo en este artículo las iniciativas se denominan planes estratégicos.

➤ Función de utilidad

Se trata de funciones matemáticas con variables o atributos, cuyas proyecciones espaciales son conjuntos de indiferencias dentro de un planteamiento inter cambial (trade-off). Cada centro decisor tiene su propia función de utilidad y parámetros que se estiman mediante un diálogo computarizado entre dicho centro decisor y el analista. (Ballester y Cohen, 1998).

Una aplicación del BSC con el modelo de decisión de función de utilidad fue realizado por Sedysheva, M (2012) propone un enfoque conceptual para la determinación de un proceso de estrategia en un desarrollo óptimo y el control de los gastos de defensa, mediante la utilización del sistema de toma de decisiones adoptado en la República de Estonia. El autor ofrece una parte del modelo de Cuadro de Mando Integral denominada "perspectiva de gestión y control" como una de las herramientas de mejora para el sistema de planificación de los gastos militares y la utilización eficaz de los fondos presupuestarios.

Los resultados muestran que la aplicación de Balance Scorecard, utilizando la "función de utilidad", permitirá a las Fuerzas de Defensa de Estonia a superar importantes barreras para la implementación de estrategias de interrelación de la planificación militar y los procesos presupuestarios.

Limitaciones de la investigación o implicaciones - Una sugerencia para futuras investigaciones se podría establecer como una forma de mejoramiento y

desarrollo de métodos dirigidos a la aplicación de la función de utilidad en el proceso de toma de decisiones. Este enfoque mejorará los cálculos de los planes de perspectiva estratégica y revelará la esencia de la política presupuestaria en su conjunto, teniendo en cuenta las características de los gastos de las organizaciones empresariales y sin fines de lucro.

➤ Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es una de las conocidas multi-criterios de toma de decisiones técnicas que se propuso por primera vez por Saaty (1980). Aunque el AHP clásico incluye las opiniones de expertos y hace una evaluación de criterios múltiples, no es capaz de reflejar los pensamientos vagos de los seres humanos. El AHP clásico tiene en consideración las sentencias definitivas de los tomadores de decisiones (citado por Wang & Chen, 2007 en Secme et al).

Es una herramienta que utiliza la lógica para la solución de problemas, integra puntos de vista que se puedan dar en un momento dado (o corto plazo) con la concepción general del problema (o largo plazo) involucrando percepciones, sentimientos, juicios y recuerdos en una jerarquía de fuerzas que influyen en las decisiones de manera ordenada. Se basa en la habilidad humana para usar información y experiencias con miras a estimar magnitudes relativas a través de comparaciones vinculadas, lo cual se traduce en una jerarquía o redes para organizar el razonamiento e intuición y de esa forma dividir un problema en partes constitutivas más pequeñas (Uribe y ortega, 2008). En el trabajo realizado por Veronese et al (2011) en una empresa brasileña de telecomunicaciones se integran el BSC Y AHP, para mejorar las alternativas con múltiples decisiones en el desempeño de la organización, mediante una relación interactiva que permita tener un acercamiento con los gerentes con el fin de generar valores de prioridad en busca del mejoramiento continuo de la organización. Otros autores que aplicaron estos conceptos fueron Lee et al (2008) el objetivo de este estudio es la construcción de un enfoque basado en

el proceso analítico jerárquico difuso (FAHP) y Balance Scorecard (BSC) para la evaluación de un departamento de TI en la industria manufacturera en Taiwán Tiene como propuesta AHP difusa (FAHP) manejar la ambigüedad y la vaguedad en el sistema de información. Se construyó un sistema para facilitar el proceso de resolución. Los resultados proporcionan orientación a los departamentos de TI en la industria manufacturera de Taiwán en cuanto a las estrategias para mejorar el desempeño del departamento. El sistema de información construido puede ser una buena herramienta para la solución.

Uribe y Ortega (2008) En ese trabajo logran una integración entre varias herramientas tales como: BSC, AHP y costos ABC que permitan atender al enfoque cambiante ya mencionado, en busca de una toma de decisión integral que tenga en cuenta enfoques estratégicos, tácticos y operativos, incluyendo mediciones tanto financieras como no financieras y buscando sobre todo la generación de valor para los stakeholders. No obstante, es claro que por sí mismas estas herramientas están cargadas de subjetividad, es así que el AHP jerarquiza las diferentes elecciones que se hacen tanto en el BSC como en el ABC y permite una toma de decisiones multicriterio teniendo en cuenta las relaciones causa-efecto, partiendo de una visión general de estas herramientas e incluyendo los puntos de vista de todas las personas en la organización.

#### **1.4 BALANCED SCORECARD EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE**

Hoy en día las organizaciones están desarrollándose en entornos complejos y por lo tanto, es vital que tengan una exacta comprensión de sus objetivos y de los métodos que utilizarán para alcanzarlos (Mallo et al, 2005), por tal razón se tienen que buscar herramientas que permitan o faciliten a los administradores minimizar la incertidumbre en el momento que se necesite tomar la mejor decisión. La estrategia es lo que va a permitir a la empresa hacer frente a la incertidumbre (Souquett, 2007). La utilización de un modelo de gestión estratégica como es el BSC, permite integrar la estrategia con los procesos de

la organización, de tal forma que ésta pueda ser más competitiva en este entorno tan cambiante. Según Mallo et al (2006), el BSC es de suma utilidad para el manejo de las organizaciones en un entorno cambiante e incierto. En el ámbito de las organizaciones, el tratamiento de la incertidumbre se caracteriza por la simplificación de la realidad y la obtención de precisión (Mallo et al, 2005). Como consecuencia de esto, es indispensable utilizar herramientas que ayuden a reducir la incertidumbre en todas las áreas de la organización, y para minimizarla es indispensable integrar herramientas que permitan manejar la información ambigua; por eso, es necesario la aplicación de instrumentos que sirvan para disminuir la incertidumbre, entre éstas tenemos: la lógica difusa, probabilidad, simulación, planeación de escenarios, entre otros.

Estas herramientas sirven para obtener una información más coherente que permita tomar una mejor decisión.

## 2 LÓGICA DIFUSA

La teoría de la lógica difusa fue impulsada por Lotfi A. Zadeh (1965). Es una manera de representar conocimientos inexactos, vagos, imprecisos, ambiguos y mal definidos en unos conocimientos más exactos. Esta herramienta es distinta a la lógica clásica, ya que pretende introducir un grado de incertidumbre en el razonamiento y pensamiento humano, para tener respuestas basadas en conceptos más coherentes. La necesidad que tiene el mundo actual de encontrar soluciones reales a problemas donde la vaguedad existe, ha hecho que la lógica difusa haya tomado una importancia en su aplicabilidad en las áreas económicas, sociales, industriales y políticas entre otras.

Las dificultades que han tenido los modelos matemáticos, tales como la lógica clásica, es la forma de expresar su resultado, por ejemplo tenemos un conjunto de personas que intentamos agrupar según su peso, clasificándolas en gordas o flacas; la solución que presenta la lógica clásica en este caso es definir su peso (por ejemplo, un valor que todo el mundo considera que de ser alcanzado o superado, la persona en cuestión puede llamarse gorda). Si su peso es 75kg, todas las personas que pesen 75 kg o más serán gordas, mientras que aquellas que pesen menos de 75 kg son flacas. Según esta manera de pensar, alguien que tenga 73 kg será tratado igual que otro que pese 50kg; ya que ambas han merecido el calificativo de flacas. Sin embargo, si se hace el análisis con la lógica difusa, podemos definir un rango entre 65 y 75 como flaca moderada, 60-65 flaca normal y menor que 60 relativamente flaca, con el análisis de estos intervalos, da como resultado una información más válida y clara.

La revisión de literatura sobre la teoría o el método de la lógica difusa, indica que son muchas las investigaciones y los autores que han desarrollado la temática en cuestión, tales como: cadena de suministro (Arango et al, 2008),

despliegue funcional de la calidad (Bottani y Rizzi, 2006), diseño de producto (Muñoz, 2004), Economía (Espinoza y García, 2011) entre otros. Lo anterior se convierte en herramienta importante para el desarrollo de éste trabajo

## 2.1 DEFINICIÓN DE NÚMERO DIFUSO

Los números difusos constituyen un concepto muy apropiado para abarcar vaguedad e incertidumbre en la definición de un valor. Es posible ampliar el concepto de conjuntos difusos aplicados a la definición de números difusos. Se define el número difuso  $\tilde{A}$ , como el conjunto cuya función de pertenencia,  $\mu_A$  toma el valor de 1, en el punto  $x = A$  (Correa, 2004).

### 2.1.1 Concepto de Número Difuso

La teoría de los conjuntos difusos parte de la teoría clásica e introduce una función de pertenencia al conjunto, definida como un número real entre 0 y 1. Dentro de los números difusos se encuentran el número difuso triangular, número trapezoidal difuso, Número difuso casi Gaussiano entre otros. En este trabajo se utilizan el triangular y el trapezoidal.

Si  $\tilde{A}$  es un número difuso, entonces se considera que es triangular si su convexidad es lineal a tramos. Con la finalidad de simplificar las operaciones con los números difusos, generalmente se simplifica su notación, de manera lineal. Desde este punto de vista, un número difuso triangular asimétrico se denota como sigue:  $\tilde{a} = (m - \alpha, m, m + \beta)$  (Correa, 2004).

Una extensión de la representación de los números difusos, puede realizarse tomando funciones de pertenencia trapezoidales. Se obtiene así un número difuso trapezoidal, como se denota en  $\tilde{y} = (m, n, \alpha, \beta)$  (Correa, 2004).

### 2.1.2 Operaciones Sobre Conjuntos Difusos

Los operadores difusos constituyen un importante componente en la comprensión de las aplicaciones de los conjuntos difusos. Dentro de las operaciones más importantes en estos conjuntos se destacan: el complemento, la unión, intersección y aritmética con número difusos; las cuales se explican a continuación :(Correa, 2004).

- Complemento: teniendo en cuenta que sabemos cómo caracterizar un conjunto difuso A, entonces su complemento se puede denotar como A', y corresponde a la operación (Correa, 2004):

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

- Unión: la operación de unión en los conjuntos difusos A y B definidos sobre el universo X, genera un conjunto difuso C, proveniente de la analogía con la operación  $C = A \cup B$

$$\mu_C(x) = \text{Max}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

Por esta razón, se podría pensar en una analogía a la idea Booleana, con el vocablo OR (Correa, 2004).

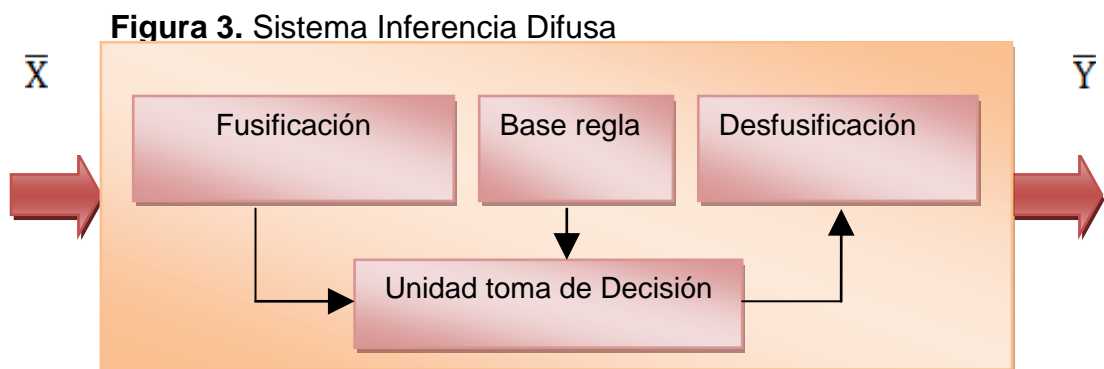
- Intersección: la operación de intersección en los conjuntos difusos A y B definidos sobre el universo X, genera un conjunto difuso D, proveniente de la analogía con la operación  $D = A \cap B$

$$\mu_D(x) = \text{Min}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

Lo anterior tiene analogía con la idea Booleana del vocablo “Y”(Correa, 2004).

## 2.2 SISTEMA DE INFERENCIA DIFUSA (FIS)

La aplicación más extendida de la lógica difusa es sin duda Fuzzy Inference Systems (FIS) véase figura 3 Es un forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano (Jang et al., 1997) también los sistemas de inferencia difusa corresponden a las herramientas computacionales que permiten el manejo de vaguedades e incertidumbre con alto nivel de abstracción, entregando respuestas válidas a pesar de que la información suministrada al sistema sea incompleta (Correa, 2004).



Según (Jang et., 1997; kasavov, 1998; kosko, 1994), citado por (Medina, 2006) los pasos esenciales para el diseño de un sistema difuso son:

- Identificación del tipo de problema y el tipo de sistema difuso que mejor se ajuste a los datos.
- Definición de variables de entrada y salidas, sus valores difusos y sus funciones de pertenencia (fusificación de variables de entradas y salidas).
- Definición de la base de conocimiento o reglas difusas.
- Obtención de salidas del sistema mediante la información de las variables de entradas, utilizando el sistema inferencia difuso, el cual emplea operadores de composición.
- Traslado de la salida difusa del sistema a un valor nítido o concreto mediante un sistema de defusificación.

La aplicación del modelo basado en la lógica difusa, permite abordar de manera efectiva la creación de sistemas de apoyo en la toma de decisiones, ya que brinda la capacidad de extraer datos de forma práctica a través de las capacidades analíticas y la experiencia de los evaluadores para descubrir relaciones entre ellos.

A continuación se describen los aspectos que integran un FIS:

### **2.2.1 Proceso de Fusificación**

En esta etapa se definen las variables tanto de entradas como de salidas del sistema (variables lingüísticas), sus valores lingüísticos y sus funciones de pertenencia; este proceso también es llamado parametrización. La expresión variables lingüísticas se refiere a conceptos o variables que pueden tomar valores ambiguo, inexactos o poco claros (Medina, 2006).

### **2.2.2 Reglas Difusas Si-Entonces**

Las reglas de inferencia constituyen la base de la lógica difusa para obtener las salidas del FIS. El sistema de reglas difusas usa variables lingüísticas como antecedentes y consecuentes. El antecedente expresa una inferencia o desigualdad que se debe satisfacer, y el consecuente es lo que se puede inferir y es la salida si la desigualdad del antecedente es satisfecha. Se usan reglas tipo SI-ENTONCES, compuestas por el antecedente "SI" y el consecuente "ENTONCES", usando conectores "Y" u "O" para formar las reglas de decisión necesarias (Cogollo, 2010).

### **2.2.3 Operación de Composición**

Las operaciones básicas de los conjuntos difusos son: la unión, la intersección, la complementación, el producto cartesiano y el coproducto cartesiano; las cuales están definidas sobre las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos (Medina, 2004).

#### **2.2.4 Mecanismo de Inferencia**

El razonamiento aproximado es un procedimiento de inferencia usado para derivar conclusiones desde un conjunto de reglas difusas tipo si-entonces y los datos de entrada al sistema, mediante la aplicación de relaciones de composición Max-Min o Max- Producto. (Medina, 2006).

#### **2.2.5 Agregación**

En esta etapa del proceso, las salidas de cada una de las reglas se combinan para obtener un único conjunto difuso; ya en este punto las entradas del proceso de agregación son las funciones de pertenencia truncadas obtenidas de la etapa de inferencia para cada una de las n-regla (Medina, 2006).

#### **2.2.6 Proceso de Defusificación**

El resultado del proceso de inferencia es un conjunto con una distribución difusa como respuesta. Sin embargo, dado a que generalmente se utilizan respuestas puntuales que facilitan la toma de decisiones, es necesario eliminar la difusidad para obtener un número discreto o crisp (Cogollo, 2010).

En esta última etapa, se obtiene un valor nítido o concreto ( $k$ ) a partir del conjunto difuso de salida  $c$ , el cual proporciona la solución del sistema planteado. Entre los métodos de defusificación más utilizados se encuentran: centroide, bisectriz, media de los máximos, más pequeño de los máximos y más grande de los máximos (Medina, 2006).

## 2.2.7 Tipos de sistema de Inferencia Difusa

Los sistemas de inferencia difusos más reconocidos en el ámbito de la lógica difusa son denominados de acuerdo a la persona que los concibe (Correa, 2004). A continuación se mencionan las clases de sistema de inferencia que existen.

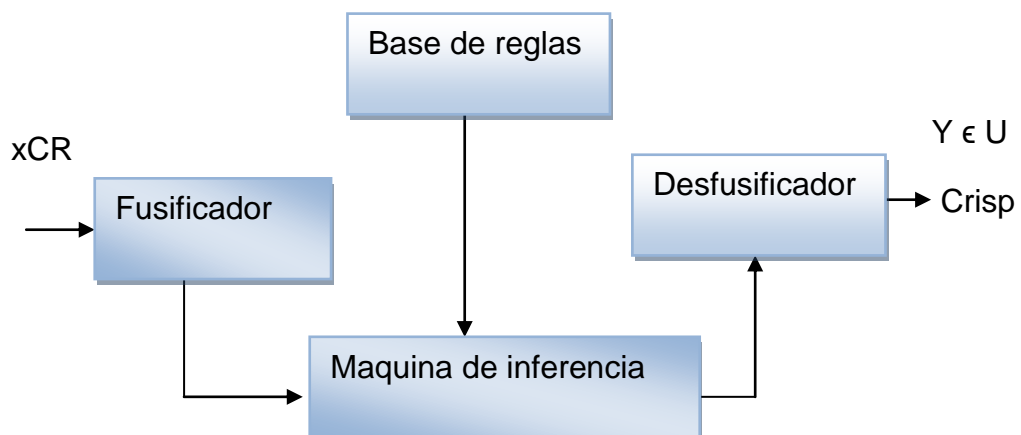
- Sistemas de Inferencia Lingüísticos o Mandani
  - Sistemas de Inferencia Relacionales o Pedryckz
  - Sistemas de Inferencia Takagi-Sugeno
- 
- Sistemas de Inferencia Tipo Mandani: en este tipo de sistemas de Inferencia, existe una base de reglas consistente en una colección o conjunto de reglas si entonces. La máquina de inferencias usa las reglas para realizar un mapeo de los conjuntos de entradas difusos en los conjuntos de salidas de acuerdo a la lógica difusa (Correa, 2004).

Las reglas tienen la siguiente forma:

$$R^{(i)} : \text{SI } X_1 \text{ es } F_1^L \text{ y } X_n \text{ es } F_n^L \text{ ENTONCES } Y \text{ es } G^L. \text{ Donde } F_1^L \text{ y } G^L$$

Son conjuntos difusos.

**Figura 4.** Sistema de inferencia difusa tipo Mandani.



Fuente: Correa, 2004

Según (Correa, 2004) los conceptos de la figura 4 se define a continuación:

- El fusificador tiene el efecto de transformar los datos concretos de la medición en valores lingüísticos apropiados.
  - La base de reglas difusas almacena el conocimiento empírico de la operación del proceso, del dominio de los expertos.
  - La máquina de inferencia tiene la capacidad de simular la decisión humana, haciéndolo mediante el razonamiento aproximado para alcanzar la estrategia de control deseada.
  - El defusificador se usa para producir una decisión no-difusa o acción de control de una acción de control difusa inferida por la máquina de inferencia. Ésta combina las variable difusas para generar el valor real de la señal (también comúnmente denominado CRISP o no-difuso) el cual puede ser usado posteriormente para generar acciones de control.
- Así mismo los Sistemas de Inferencia Tipo Pedryckz o Relacionales codifican asociaciones entre términos lingüísticos definidos en los dominios de las entradas y salidas del sistema usando relaciones difusas.

Los elementos individuales de una relación difusa representan el grado de “asociación” entre dos conjuntos difusos; en tal sentido, un sistema de Inferencia Difuso Relacionales o Pedryckz, es una tabla en la cual los antecedentes están relacionados con todos los consecuentes, pero con diferentes pesos (Correa, 2004)

- Sistema de Inferencia Tipo Takagi – Sugeno: los Sistemas de Inferencia tipo Takagi-Sugeno usan una función lineal de las entradas al modelo como consecuente de las reglas (Álvarez y Peña, 2004). En vez de considerar las reglas difusas si entonces en la forma de los sistemas lingüísticos, Takagi y Sugeno propusieron usar las siguientes reglas borrosas si entonces:

$$L^{(1)}: \text{SI } X_1 \text{ es } F_1^1 \text{ y } \dots \dots \text{ y } x_n \text{ es } F_n^1 \text{ ENTONCES } Y^1 = C_0^1 + C_1^1 X_1 + \dots + C_n^1 X_n$$

Donde  $F_i^l$  son conjuntos borrosos,  $C_i$  son coeficientes reales,  $Y^l$  es la salida del sistema debido a la regla  $L^{(l)}$  y  $l=1,2, 3\dots M$ . Lo anterior significa, que Takagi y Sugeno, consideran reglas cuya parte si es difusa, pero la parte entonces es concreta (Correa, 2004).

### **3 APLICACIÓN DE LÓGICA DIFUSA EN LA TOMA DE DECISIONES.**

La lógica difusa permite representar de forma matemática conceptos o conjuntos imprecisos, además tiene la capacidad de abarcar el concepto de verdad parcial entre los conceptos de verdad completa y falsedad, de esta forma trata de una manera natural con la ambigüedad presente en todos los procesos del mundo real (Salazar y Esteban, 2000). La lógica difusa ha permitido incorporar el sentido común para la toma de decisiones a los sistemas de una forma fácil y comprensible, solucionando así problemas para los cuales antes no existía respuesta, en cuanto a precisión numérica y significado de las variables a tratar. Uno de los aportes más trascendentales en esta herramienta fue el de Mamdani (1974), el cual aplica los conceptos de la lógica difusa en el control de procesos y desarrolla el primer control difuso de regulación de un motor de vapor, esta aplicación contribuye para que muchos autores desarrollen dicha herramienta en diferentes campos como en la industria, medicina, aeronáutica, electrónica entre otros (Takagi y Sugeno, 1985). La lógica difusa ha venido evolucionando su aplicabilidad en soluciones de problemas de todas las áreas de las ingenierías, aquí se describen algunos trabajos que han sido de suma importancia para mejorar la toma de decisiones.

En la tabla 2 se nombran autores que han trabajado en esta temática; sin embargo, debido al auge que ha tenido esta herramienta, ya se encuentran muchos trabajos de interés, donde se aplican los conceptos basados en la lógica difusa en algún problema en general, dando como resultado una solución eficiente, facilitando al administrador tomar una mejor decisión.

**Tabla 2.** Aplicaciones de Lógica Difusa.

ÁREAS	APLICACIONES	OTRAS TECNICAS	PAIS	AÑO	AUTOR
Producción	Planeación	MRP(Planificación de los requerimientos de materiales)	México	2011	Velázquez, et al.
Producción	Planificación	No aplica	Colombia	2009	Vergara C, et al
Logística	Cadena de suministro	No aplica	Colombia	2008	Arango s., Martín, et al
Administración	Priorización	AHP(Proceso de análisis jerárquico)	Turquía	2007	Bozbura. B, et al
Servicios	Gestión de servicios	QFD (Despliegue funcional de la calidad)	Italia	2006	Bottani E ; A Rizzi
Ingeniería	Selección ítems configuración software	No aplica	China	2003	Wang y Lin
Manufactura	Diseño de productos	QFD	México	2004	Muñoz, H
Recurso humano	Gestión personal	No aplica	España	2004	Canos
Medio ambiente	Impacto ambiental	No aplica	Colombia	2000	Duarte
Social	Comparación	No aplica	Reino unido	2000	Mikhailov
Empresa	Gestión empresa	No aplica	España	1993	Kaufmann y Gil

Los autores Kaufman y Gil (1993), fueron los pioneros en trabajar esos temas en las organizaciones, siendo todavía un punto de partida para realizar nuevas investigaciones.

Entre los nuevos trabajos realizados en las áreas empresariales, existen algunos autores que han aportado sus conocimientos e investigaciones sobre esta temática, estos se visualizan en la tabla antes mencionada.

Antes de la introducción de los métodos de toma de decisiones en las actividades de negocios de las organizaciones, este proceso estuvo basado en la intuición y en la experiencia; las decisiones estaban sujetas a juicios profesionales, usualmente basados en información imprecisa (Correa, 2004). En el mundo actual a pesar de las diferentes herramientas existentes para la toma de decisiones, todavía se sigue empleando criterios subjetivos, reflejando como respuesta una decisión errada o ambigua que pueda repercutir en la rentabilidad de la organización.

### **3.1 APLICACIONES GENERALES EN EL SECTOR EMPRESARIAL.**

En el ámbito de la gestión de empresas, en donde la complejidad de los problemas y la imprecisión de las situaciones han hecho necesario introducir esquemas matemáticos más flexibles, la aplicación de los conceptos borrosos permitirá la solución de aquellos problemas empresariales en los que la incertidumbre aparece de manera fundamental en todos los procesos de la organización (Kaufmann y Gil, 1993). Es así, como en las organizaciones existe dificultad para cuantificar algunos resultados (subjetivos), esto es debido a que ciertas partes de los fenómenos, hechos y relaciones no son actualmente medibles. En los acontecimientos que se dan en la realidad, aparece una superposición de lo que es medible y de lo que no lo es , resulta útil para su tratamiento la existencia de esquemas formales que permite unir el azar y la

incertidumbre, a través de conceptos, tales como la probabilidad de un subconjunto borroso, funciones de credibilidad, entre otros.

Los autores Kaufmann y Gil (1993), han trabajado en investigaciones relacionadas con el manejo de la incertidumbre en la gestión empresarial, donde implantaron el concepto de la teoría de los subconjuntos borrosos en la gestión de las empresas.

Los aportes en el campo empresarial realizado por Kaufman y Gil (1993), han ayudado a minimizar la incertidumbre en algunas áreas de las empresas, ya que han trabajado en los siguientes factores: el proceso microeconómico de inversión, los presupuesto de la empresa, renovación económica de equipos, la distribución de productos, entre otros. Como consecuencia, esto les permite a los empresarios poder tomar una mejor decisión dado a la disminución de la incertidumbre.

Hay muchas más investigaciones y aportes de autores sobre esta materia en el ámbito empresarial, debido al crecimiento que ha tenido esta herramienta en su aplicabilidad. Cabe resaltar que la mayoría de estas aplicaciones han servido como base para mejorar la toma de decisiones en las organizaciones. Esto en el ámbito de la gestión de empresa, en donde la complejidad de los problemas y la imprecisión de las situaciones han hecho necesario introducir esquemas matemáticos más flexibles y adecuados a la realidad. La aplicación de la lógica difusa permitirá la solución de aquellos problemas en los que la incertidumbre aparece de manera fundamental (Kaufmann y Gil, 1993).

### **3.2 APLICACIÓN EN INDICADORES DE GESTIÓN**

El autor Concalves (2008), en su trabajo, usó la lógica difusa para proyectar dos indicadores de desempeño estratégicos. El objetivo de este trabajo es utilizar las matemáticas borrosas para hacer estas proyecciones, convirtiendo la visión y la estrategia en objetivos medibles, que sirva para evaluar el

desempeño; estas medidas se pueden utilizar para diseñar una aplicación futura sobre las acciones que deben tomar los administradores para alcanzar los objetivos estratégicos. Como resultado de este trabajo, el uso de la lógica difusa no era coherente para ser utilizado en el análisis de indicadores de desempeño para efectos de la construcción de proyecciones de indicadores de desempeño en la toma de decisión. Algunas sugerencias propuestas sobre esta investigación, apuntan a que un estudio más detallado de la lógica difusa puede dar resultados consistentes en la proyección de los indicadores.

Los autores Urrutia y Varas (2008), implementaron indicadores de gestión cuantitativos y cualitativos en almacenes de datos, utilizando la lógica difusa; estos autores presentan un conjunto de pasos para implementar cubos y consulta para datos precisos e imprecisos, la consulta se desarrolla utilizando las instrucciones Cube y Ventanas del estándar SQL (2003); y una extensión de indicadores de gestión con conjuntos difusos. Su resultado facilitó la implementación de indicadores de gestión con etiquetas lingüísticas donde extendieron los cubos precisos a cubos imprecisos con el uso de la lógica difusa, lo cual probaron con un caso real; así esta investigación reflejó ser una herramienta muy interesante para tomar las mejores decisiones. El uso de la lógica difusa en la toma de decisiones ayuda a elegir alternativas, rompiendo los escenarios en pequeñas partes en las cuales se pueda enfocar fácilmente un decisor (Correa, 2004).

Del mismo modo, Vantil et al (2005), trabajaron los principales Indicadores de la cadena de importación y el proceso de exportación, utilizando el sistema de lógica difusa; esos resultados apuntaron a decisiones con respecto a sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (DOFA) a través de la lógica difusa.

Otra investigación relacionada con el tema de estudio, la realizó Valenzuela (2008), quien diseñó un sistema de información integrado de gestión de indicadores con "factor difuso" para el mejoramiento continuo de los procesos en las empresas. El mismo autor plantea diseñar un sistema de información de

indicadores para el mejoramiento continuo de la calidad de los procesos que manejen los “aspectos blandos” con técnicas de la lógica difusa. Con este estudio se demostró que el uso de la lógica difusa es de gran valor para manejar eficientemente las percepciones de los clientes, integrados con indicadores de otros aspectos de la organización.

Por último se referencian otras investigaciones relacionadas con los indicadores de gestión, las cuales se anotan a continuación: Modelo basado en la lógica difusa para la construcción de indicadores de vulnerabilidad urbana frente a fenómenos naturales (García, 2003). Evaluación de la contribución de los indicadores de sostenibilidad en el desarrollo sostenible, un nuevo enfoque mediante la teoría de conjuntos difusos (Cornnelissen et al, 2001). Evaluación de los indicadores de impacto ambiental, utilizando lógica difusa para evaluar los sistemas de cultivos mixtos en pampa, Argentina (Ferraro et al, 2003).

### **3.3 APLICACIÓN DEL BALANCED SCORECARD**

En este segmento se abordan estudios relacionados con el trabajo de interés donde se aplica la herramienta del BSC y la lógica difusa, es evidente entonces la importancia de esta información para el desarrollo de este estudio, pero, se encuentran limitaciones de autores que han investigado sobre la aplicación del BSC y lógica difusa, dificultado la construcción de un estudio arte que permita elaborar de una manera amplia los conocimientos aplicados.

#### **3.3.1 Matrices de Incidencia Borrosa**

Los autores Mallo et al (2006), proponen la aplicación de las matrices de incidencia borrosa para validar las relaciones entre los factores críticos de éxito y determinar los grados de incidencia directa e indirecta. En la implementación del BSC, se utilizaron matrices de incidencias para validar las relaciones causa-efecto entre indicadores. Mediante esta herramienta de la lógica difusa

se puede comprobar el grado de corrección de las interrelaciones entre las variables, determinadas por los expertos. De acuerdo con los resultados obtenidos en el trabajo de los mencionados autores se concluyó que el BSC es una herramienta adecuada para dirigir las organizaciones, pero que su uso puede ser mejor con el aporte de instrumentos más adecuados para el tratamiento de la incertidumbre, en este caso la utilización de la herramienta lógica difusa.

### **3.3.2 Conjuntos Difusos**

El autor Nissen (2005), anotó en su trabajo el Balanced Scorecard Fuzzy; la importancia de los aspectos de la incertidumbre en el contexto del cuadro de mando; mediante el estudio de los conjuntos difusos y su aplicación en esta herramienta. Este trabajo tiene como resultado un modelo de simulación BSC, aplicando la teoría de conjuntos difusos.

Otro autor que también trabajó esta teoría fue Bodillo et al (2009), el cual le añade la semántica y la vaguedad al BSC; trabajó desde la teoría de conjuntos difusos y lógica difusa demostrando el éxito que tienen estas herramientas en el manejo de la imprecisión y ambigüedad en el BSC.

Posteriormente, Mallo et al (2005), desarrollaron una investigación donde proponen la aplicación de la matemática borrosa con sustento en la teoría de los subconjuntos borrosos, para la cuantificación de los factores críticos de éxito de medición subjetiva y su comparación con los objetivos propuestos. Así mismo, mediante la utilización de los intervalos de confianza y de etiquetas lingüísticas fundadas en la opinión de expertos (otras dos herramientas aportadas por la teoría de los conjuntos borrosos); se evaluó el cumplimiento de los objetivos planteados para las perspectivas integrantes del BSC. Como resultado de esta investigación, las herramientas aportadas por la lógica difusa, no sólo permiten realizar mediciones de variables cualitativas, sino también hacer operaciones con ellas (como la suma de la valoración dada a los factores

críticos). De igual manera al haber cuantificado este tipo de variables permite operar con factores de diverso origen, e incluso sumar variables cuantitativas con cualitativas.

Por último Cogollo (2010), desarrolló en un trabajo una fase inicial de aproximación al estado de la cuestión sobre la medición del desempeño de cadenas de suministro en ambientes de incertidumbre hasta el diseño de un modelo que integró los principios del BSC con la teoría de conjuntos difusos, el cual fue aplicado para la medición del desempeño de la cadena de suministros de un astillero colombiano, dando como resultado la aplicación del modelo BSC difuso en un caso real de medición del desempeño de la cadena de suministros de este astillero, permitiendo validar sus características de fácil interpretación, modularidad y re uso. En cuanto a esta última, la estructura sistemática del modelo permite su fácil adaptación a otros tipos de cadenas de suministros u otros tipos de problemas de gestión empresarial.

## **4 INTRODUCCIÓN AL SECTOR ELÉCTRICO**

Desde hace varios años atrás, las empresas del sector eléctrico por medio de diferentes teorías administrativas, han venido evolucionando en su enfoque administrativo y se ha hecho notorio que están compuestas por diversos factores que se relacionan entre sí en busca del cumplimiento de unos objetivos, pero aquel desarrollo organizacional en pro de conseguir determinadas metas debe tener una planeación estratégica significativa, unos métodos y caminos a seguir para alcanzarlos, es allí donde la estrategia debe jugar el papel importante al determinar las mejores acciones que se ejecutarán en un momento específico, y es en este espacio donde se deben tener en cuenta los principios organizacionales que conllevan al establecimiento de un direccionamiento estratégico.

Con el fin de tener unas pautas que posibiliten manejar la incertidumbre y analizar el cumplimiento de las estrategias con respecto a los procesos claves de la empresa, se desarrolla un modelo que integre el BSC y la lógica difusa en proceso de generación de energía eléctrica, la aplicación de éste es necesario para dar un mejor enfoque al direccionamiento del sector, teniendo como base los conceptos del BSC y la lógica difusa. Con la información recopilada se busca investigar detalladamente los factores que incide en el entorno organizacional de dicho proceso.

Todos estos conocimientos organizacionales y de planeación estratégica se muestran dentro de un marco de ejecución, facilitando que no solo se le dé cabida a la parte teórica, sino también la posibilidad de simular esta aplicación, por esa razón se puede resaltar la importancia que tienen estos conocimientos para el sector de estudio, ya que permiten integrar la estrategia, con todos los procesos de la organización. Así mismo, es importante integrar con el sector eléctrico factores relacionados con la lógica difusa y el BSC.

El entorno global de los negocios, caracterizado por la complejidad y la incertidumbre, exige conocer la plataforma sobre la que se sostiene la organización así como la dirección en que desea moverse; en términos de planificación de negocios, esto significa contar con un sistema VMS (Visión, Misión, Estrategias) dimensionado en cuanto a su alcance, objetivos, mercados, clientes, y elementos de competitividad y diferenciación. Con el fin de tener una herramienta de gestión que permita ver y analizar el logro de los objetivos trazados por una distribuidora de energía eléctrica, como también aplicar estrategias contingentes cuando las variables exógenas (entorno global) o endógenas exceden las tolerancias previstas, se diseñó e implementó el BSC Regalini et al, (2008).

Finalmente en este estudio se elige trabajar en el sector eléctrico, debido a las necesidades que tienen las empresas de manejar la incertidumbre, no obstante, las organizaciones buscan aplicar modelos que faciliten a los administradores tomar la mejor decisión; por tal razón es indispensable utilizar modelos que sean muy flexible en su aplicabilidad como son el BSC y la lógica difusa. Este trabajo es importante ya que en el proceso de generación de energía eléctrica se encuentran pocos estudios donde integren el BSC y la lógica difusa, debido a esto, no se tiene resultado de otros trabajos que permitan retomar la investigación o mejorar otros estudios que no cumplieron con los objetivos trazados.

#### **4.1 CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA-COLOMBIA.**

Un sistema eléctrico está constituido por las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, su función principal es la de llevar la energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario final en forma segura y con los niveles de calidad exigidos.

Aproximadamente las 2/3 partes de la inversión total del sistema de potencia, están dedicados a la parte de distribución, que está ubicado entre el sistema de transmisión y los consumidores finales lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño y construcción y en la operación del sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja pero de gran trascendencia (Egea, 2009). Las empresas encargadas de la distribución de energía se denominan operadores de red, entre las cuales podemos encontrar en el país a EPM, CODENSA, EEC, EMCALI, entre otras

Los clientes y mercados de los operadores de red se definen como usuarios finales, los cuales son:

- Usuarios básicos: domiciliarios, comerciales e industriales.
- Usuarios especiales: hospitalarios, alta concentración de personas, entre otros.
- Usuarios provisionales: que pueden ser cualquiera de los anteriores, pero demandarán energía por períodos cortos de tiempo máximo 6 meses.

De acuerdo a uno de los procesos de la producción de la energía eléctrica como es la distribución de la energía, se deben determinar qué tipo de estrategias y nuevas tecnologías se pueden implementar en cuanto al desarrollo de los procesos internos, como son la operación y los mantenimientos de las instalaciones necesarias para la distribución y comercialización de la energía eléctrica; con el objetivo de mejorar la competitividad y la calidad en sus servicios.

Las empresas encargadas de la distribución de la energía eléctrica se deben encaminar a una tecnología de gestión, en donde se deben considerar diferentes aspectos de planeación, diseño, gerencia de proyectos, análisis de riesgo, mejoramiento de procesos productivos, optimización de procesos y evaluación de tecnologías. Esto genera un mejoramiento de las técnicas de

planeación, procesos, operación y mantenimiento y toma de decisiones de dichas empresas (Regalini et al, 2008).

De acuerdo a lo antes mencionado, la utilización de la tecnología de gestión puede generar:

- Disminución de pérdidas técnicas y no técnicas.
- Desarrollo de conocimientos en el área de conservación de energía.
- Desarrollo de sistemas integrados para comercialización y uso racional de la energía eléctrica.
- Conformación de bolsa de equipos e insumos del sector eléctrico.
- Modelos para el análisis de portafolios de inversiones en energía eléctrica.
- Modelos de predicción de hidrología y precios en el mercado eléctrico en el largo plazo.
- Simuladores para el aprendizaje de la compra-venta de energía por parte de un distribuidor.
- Capacitación en herramientas para el análisis del mercado eléctrico.

#### **4.1.1 Desarrollo de Capacidades.**

Para esto se requiere formación profesional que brinde una mayor capacidad de desempeño técnico, gracias al conocimiento adquirido en últimas tecnologías; además del fomento de la investigación y desarrollo. Cambios tecnológicos, como: almacenamiento de energía en celdas de combustible y comprimido en cavernas, cultivo de energía, fuentes de energía alternativas para generación de electricidad, calor y transporte, transformación de componentes de hidrocarburos de gases a líquidos, transporte de energía vía inalámbrica, aplicaciones de superconductividad, nuevos materiales y equipos más eficientes, micro-turbinas, generación distribuida, desarrollo de baterías B y aplicación de dispositivo electrónico para controlar flujos de potencia eléctrica(FACTS). Además el estímulo de la demanda por productos industriales blandos, de bajo consumo de energía y que promueven una conciencia ecológica (Ministerio de minas y energía).

- Cambios política pública: eventuales situaciones de cambio en la política pública, que tendrían efecto en el sector eléctrico. Algunos mencionan anhelos: en el sentido de una política estatal orientada hacia un real desarrollo del sector; políticas macro económicas en el sector minero energético (políticas sectoriales), políticas económicas orientadas a los intereses nacionales, una regulación equitativa y desarrollo regional. Un experto menciona la estabilidad política.
- Cambios de la fuentes de energía: generación de energía por medio de fuentes alternativas, tales como: energía solar, eólica, bioenergía, energía nuclear, celdas energéticas con gas de carbón, gas natural e hidrógeno; ésto debido al agotamiento de las fuentes existentes y apuntando a una autogeneración que asegure el suministro, ya sea por problemas de orden público o cambios climáticos drásticos.
- Cambios en mercados: factores que podrían modificar las estructuras del mercado eléctrico. Algunas de las situaciones propuestas corresponden a cambios en el mercado.

Los procesos de globalización y apertura de mercados se exponen con diversos enfoques como la definición de una legislación que propicia la integración de mercados y la consecuente interconexión y conformación de un mercado eléctrico integrado (se mencionó Región Andina, Centroamérica, Suramérica y el hemisferio). En particular, se mencionó el tercer circuito de interconexión centro - costa - Venezuela y la interconexión a 220 KV con Ecuador (tema: tecnología e infraestructura para interconexión). Un experto mencionó una legislación propicia a la exportación de servicios asociados al sector.

- Conflicto interno: la evolución en este tema, tanto si se recrudece el conflicto armado como si se avanza hacia un proceso de paz firme. Temas asociados a esta: situación es el conflicto social y la estabilidad política. También se mencionan, como temas específicos, la posición de las Fuerzas Armadas de Colombia (FARC) respecto a la infraestructura y la posibilidad

de que se fortalezcan los esquemas de autogeneración, como resultado del conflicto.

- **Conciencia ambiental:** la legislación ambiental que propende por una mayor protección sobre el medio ambiente e influye en los proyectos de generación, obligando a la búsqueda de fuentes limpias de generación de energía y a la toma creciente de conciencia en todos los sectores de la población frente al uso racional de recursos y protección del medio ambiente . Así mismo se debe considerar las tecnologías limpias para el transporte urbano y la rebaja de costos de estas tecnologías para el usuario final. (Ministerio de minas y energía)
  
- **Inversión pública y privada:** procesos de privatización o de capitalización en empresas del sector eléctrico. Requerimientos económicos y financieros necesarios (recursos) para la expansión del sector energético. En este sentido, un experto propone la reorientación de la regulación hacia una competencia basada en aplicación del conocimiento, y no sólo orientada hacia la minimización de la inversión.
- **Desarrollo económico:** desarrollo económico del país y de la industria en especial la desaparición del mercado del café y la necesidad de buscar nuevas alternativas de ingresos mediante exportaciones no tradicionales; el desempleo y la disminución de ingresos en la población; el desestimulo para el sector productivo y la fuga de capitales de inversión que generarían una caída de la demanda; la estabilidad financiera y la disponibilidad de capitales para la expansión del sector eléctrico.
- **Eficiencia y reducción de costos:** la Implantación de un programa integrado efectivo de reducción de pérdidas en el sistema, la utilización de equipos de uso final más eficientes y la disminución en costos finales para el usuario de algunas tecnologías limpias y de nuevos materiales.

- Planeación: replanteamiento de los mercados debido al colapso de compañías norteamericanas y una adecuada planeación de expansión del sistema debido al Plan de Ordenamiento Territorial ( POT) de los municipios del país.

#### **4.1.2 Fuerzas Tecnológicas.**

En la actualidad el entorno tecnológico fluctúa drásticamente y obliga a las empresas a estar siempre a la vanguardia de todos los avances tecnológicos para seguir siendo competitivos en el mercado.

#### **4.1.3 Fuerzas Competitivas.**

Incursionar en el ámbito no regional sino nacional no genera mayores dificultades, existe una entrada libre pero éste es bastante competitivo y presenta naturalmente marcas reconocidas que tienen el poder de opacar las influencias de las demás.

### **4.2 INDICADORES DESEMPEÑO DEL SECTOR DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA-COLOMBIA.**

Entre los indicadores de desempeño en el sector de la distribución de la energía eléctrica en Colombia se tienen varios aspectos a resaltar, entre ellos las Pérdidas técnicas y no técnicas, la productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica y la optimización de control y mantenimiento Regalini et al, (2008). Siendo estos unos de los factores más importantes para los operadores de red, debido a que estos pueden ser sancionados cuando no se cumple con la exigencia del ente regulador de estos sistemas; que es Comisión de regulación de energía y gas (CREG) A continuación se explica los conceptos de cada uno.

Las pérdidas técnicas constituyen energía que se disipa y que no puede ser aprovechada de ninguna manera. Por esta razón debe ser uno de los objetivos primordiales de cualquier programa de reducción de pérdidas de energía. La estimación de las pérdidas técnicas requiere de información adecuada y herramientas computacionales de análisis de redes. La información requerida es normalmente voluminosa y en muchos casos no está disponible en las empresas, lo cual dificulta el proceso de estimación. Esta información incluye la descripción de la red y las características de la carga (Villa, 2007).

Las pérdidas no técnicas una de las principales causas de las pérdidas es la apropiación ilegítima de energía eléctrica o el uso de la electricidad sin pagar por ella. Estas pérdidas son producto de acciones delictivas, siendo las más comunes la conexión clandestina y la alteración del equipo de medida. Las pérdidas no técnicas suelen ser de dos órdenes diferentes. Aquellas que tienen que ver con el sistema de distribución y su vulnerabilidad inherente, más las que tienen que ver con la medida de los clientes. El otro tipo de pérdidas no técnicas son aquellas que son del orden administrativo y que por desorden y falta de disciplina de los procesos propios de control o de procesos conexos, generan condiciones de riesgo que finalmente conducen a la generación de pérdidas de energía (villa, 2007).

En la productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica se tiene en cuenta la eficiencia y eficacia de los procesos propios de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, promueven el control de otras variables determinantes para el aumento de pérdidas de energía, que pueden afectar considerablemente la rentabilidad de las empresas.

Optimización de los mantenimientos para el control y reducción de pérdidas de energía. La buena ejecución de acuerdo a los programas de mantenimiento que se deben realizar periódicamente a los sistemas de distribución, es un factor determinante para el control y reducción de pérdidas de energía como también el aumento de los niveles de confiabilidad del sistema. Entre algunos mantenimientos podemos encontrar los siguientes.

El mantenimiento operativo predictivo desde lo predictivo operativo, podríamos pensar en técnicas preventivas de avanzada o con el uso de tecnología moderna que permita predecir el robo de la energía antes de que éste tenga lugar. Realmente este es un tema sobre el cual no se conocen antecedentes, ya que de existir, se estaría hablando de sistemas de detección de robo en la red antes de que éste suceda, tal vez por detección de la presencia de extraños en la cercanía de los sistemas de distribución o por detección de conexiones o derivaciones antes de que éstas permitan el consumo ilegal de la energía. Aunque existen algunas tecnologías que permiten la detección de derivaciones ilegales ocultas, mediante el cálculo de impedancias paralelas en circuitos legales, pero la verdad con resultados no muy confiables (Villa, 2007).

El mantenimiento operativo preventivo es bastante simple y tiene que ver con todas las acciones operativas que apuntan a bajar la vulnerabilidad de las redes para prevenir el robo de la energía. Es tal vez el mantenimiento más usado en aquellos sistemas que cuentan con procesos de control y reducción de pérdidas de energías medianamente maduras y usualmente se soportan o son el resultado de análisis de balances de energía, seguidos de análisis de diagnósticos de redes, concluyendo que el sistema está vulnerable y siendo intervenido por personas ajenas y no autorizadas. En el mantenimiento operativo correctivo a diferencia del mantenimiento antes mencionado, esta tiene que ver con todas aquellas acciones que, ocurrido el robo o la pérdida de la energía, pretenden evitar que se repitan mediante la recuperación de la energía dejada de facturar y la sanción a los infractores. Por esta razón se les conoce como “acciones de choque” y suelen ser menos efectivas que las preventivas, aunque a partir de las acciones correctivas sancionatorias, se financian casi todos los programas de control. Varias de las acciones correctivas coinciden con las preventivas, y son aquellas que como resultado de la detección del robo comprobado de la energía desde el sistema de distribución, conducen a una modificación del sistema que a la vez contribuyen a lo correctivo y a lo preventivo (villa, 2007).

## **5 DESARROLLO DEL MODELO BSC CON APROXIMACIONES DIFUSAS**

El comportamiento de las organizaciones actuales siempre busca su eficiencia y eficacia; es por eso que los gerentes deben enfocarse en mejorar las decisiones de las empresas, minimizando al máximo la incertidumbre que pueda repercutir en el desempeño de la organización para que no afecte de algún modo la rentabilidad y desmejore la satisfacción del cliente.

Lo que se busca en este proyecto, es aplicar el modelo Balanced Scorecard integrado con la lógica difusa en una empresa de distribución del sector eléctrico, con el fin de que esta herramienta ayude a los administradores a tomar una mejor decisión frente a la incertidumbre que se pueda presentar dentro del desarrollo integral de la organización. El desarrollo de ésta aplicación permitirá a las organizaciones tener conocimiento sobre el comportamiento y desempeño de los procesos, para facilitar estar en constante mejoramiento.

La razón del porque se utilizar esta 4 perspectiva es porque el modelo BSC propuesto por Kaplan y Norton la utilizan .El desarrollo del modelo estará basado en los procesos de distribución de energía, en los cuales, y de acuerdo al contexto BSC, se proponen los siguientes indicadores dentro las cuatro perspectivas definidas en el capítulo 2 (Perspectiva financiera, de procesos internos, clientes, aprendizaje y crecimiento).La razón del porque se utilizar esta 4 perspectiva es porque el modelo BSC propuesto por Kaplan y Norton se utilizan

- Perspectiva financiera: margen de utilidad y capitalización.

- Perspectiva del cliente: satisfacción de los clientes, calidad y continuidad del servicio y retroalimentación y comunicación de los clientes.
- Perspectiva de los procesos internos: pérdidas técnicas y no técnicas, productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica y optimiza control y mantenimiento.
- Perspectiva de aprendizaje y crecimiento: capacitación, competencias y crecimiento personal.

Los indicadores de cada perspectiva siempre estarán acompañados de situaciones inciertas, lo cual se evidencia en el grado de incertidumbre que se presenta en el momento de su medición. Por tal razón es muy oportuno el uso de un sistema de inferencia que permita realizar un tratamiento efectivo a ésta y facilite la interpretación de los resultados. Con este fin, se propone el uso de un modelo basado en la inferencia difusa tipo Mandani (1975), el cual tiene unas características básicas que facilitan la aplicación del mismo. Éstas son las siguientes:

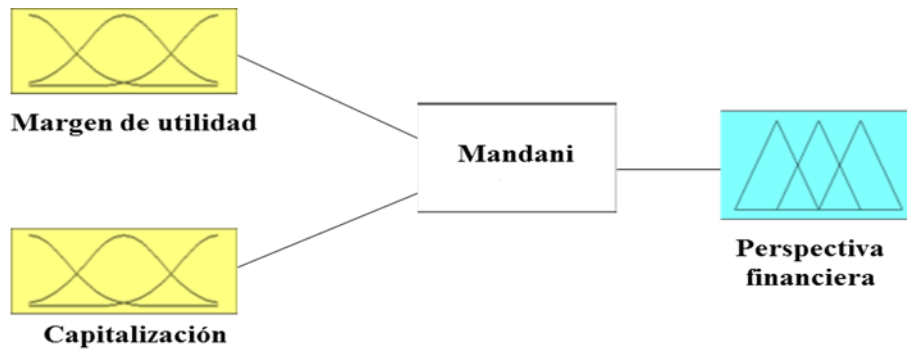
- Recopila datos de expertos.
- Su manejo es muy flexible.
- Integran datos subjetivos y objetivos.
- Alternativa de respuestas a un problema planteado.

Por las características anteriores se decide utilizar el sistema de inferencia Mandani , este a su vez, es el más usado en aplicaciones, dado que tiene una operaciones “Min-Max”, ya que con éste se puede llegar a tener un mejor lenguaje humano, interpretabilidad de las regla difusas, es más intuitivo, facilidad para la derivación de reglas, es útil cuando se tiene un número reducido de variables.

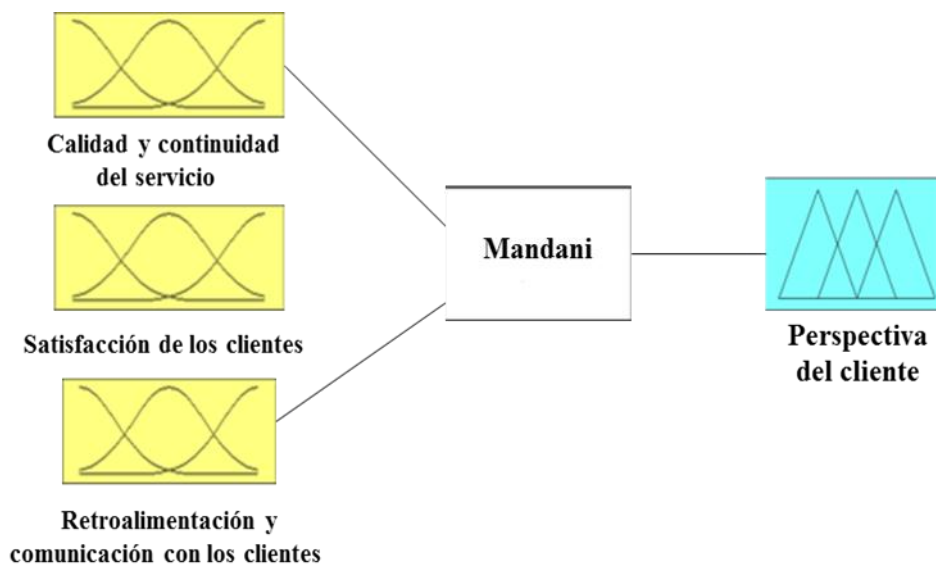
Bajo el enfoque de la inferencia difusa tipo Mandani, una forma de ilustrar los indicadores con cada perspectiva, se puede apreciar en las figuras 5, 6, 7, 8, 9. En éstas se representan los indicadores como valores difusos, los cuales

deben ser analizados y agrupados, de tal manera que generen un resultado en relación con la perspectiva correspondiente.

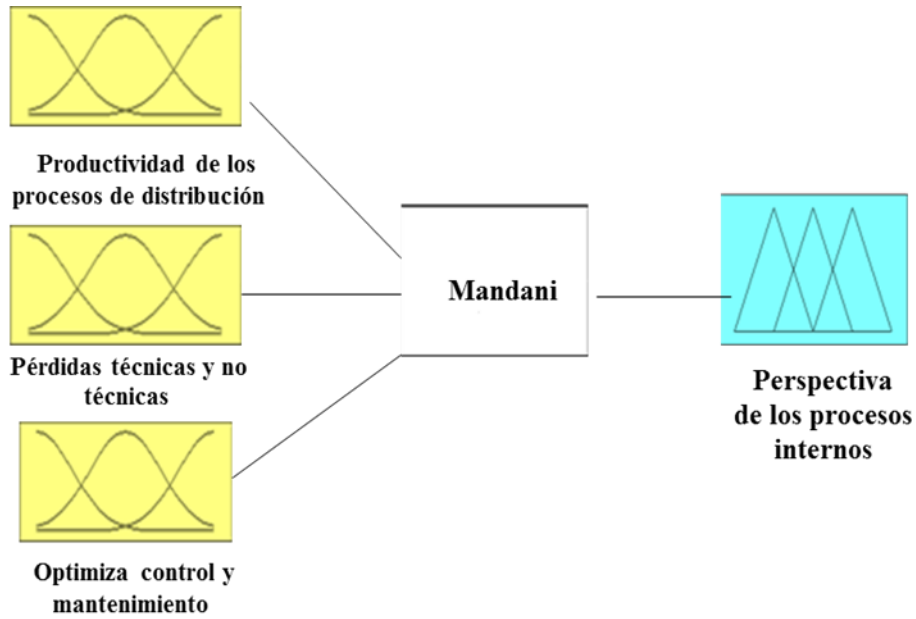
**Figura 5.** Sistema de inferencia difusa de la perspectiva Finanzas. Fuente: elaboración propia.



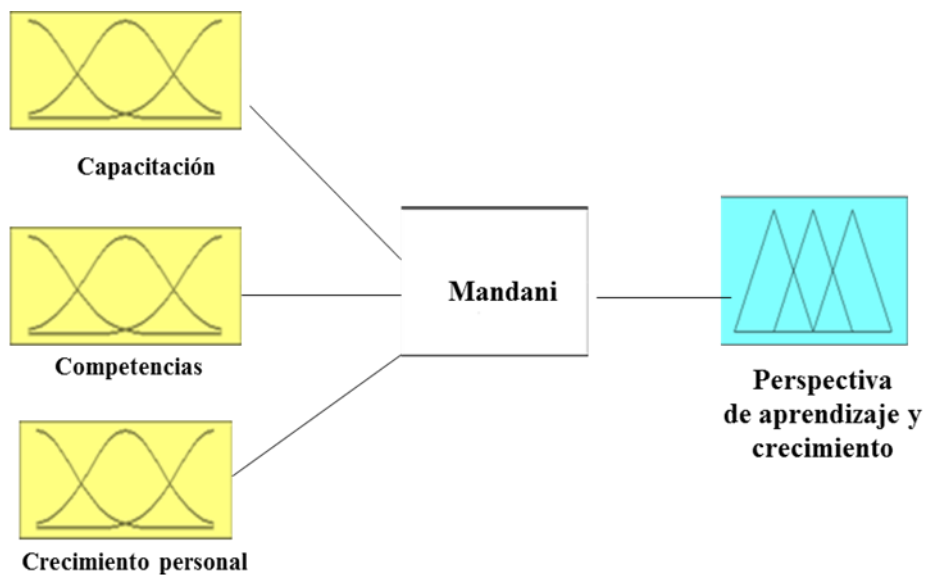
**Figura 6.** Sistema de inferencia difusa de la perspectiva del cliente. Fuente: elaboración propia.



**Figura 7.** Sistema de inferencia difusa de la perspectiva de los procesos. Fuente: elaboración propia



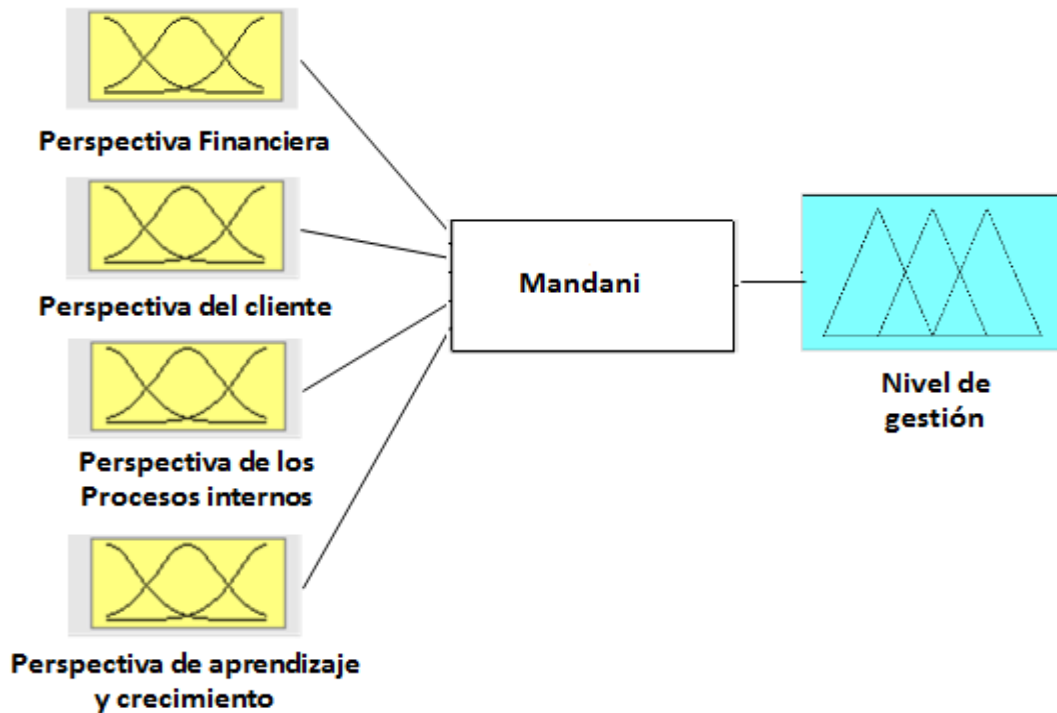
**Figura 8.** Sistema de inferencia difusa de la perspectiva aprendizaje y crecimiento. Fuente: elaboración propia.



Consecuente se procede a consolidar las cuatro perspectivas, donde el resultado de éstas refleja el nivel de satisfacción en relación el desempeño organizacional. Esta satisfacción puede estar directamente relacionada con el nivel de gestión que busca la empresa a partir de los procesos evaluados en modelo BSC. Con base en lo anterior, se decide que el nivel de gestión sea la variable de interés de este estudio; ya que es de suma importancia para las

empresas de distribución de energía eléctrica, que se esté evaluando constantemente los objetivos y las estrategias.

**Figura 9.** Sistema de inferencia difusa de la consolidación de las perspectivas.  
Fuente: elaboración propia.

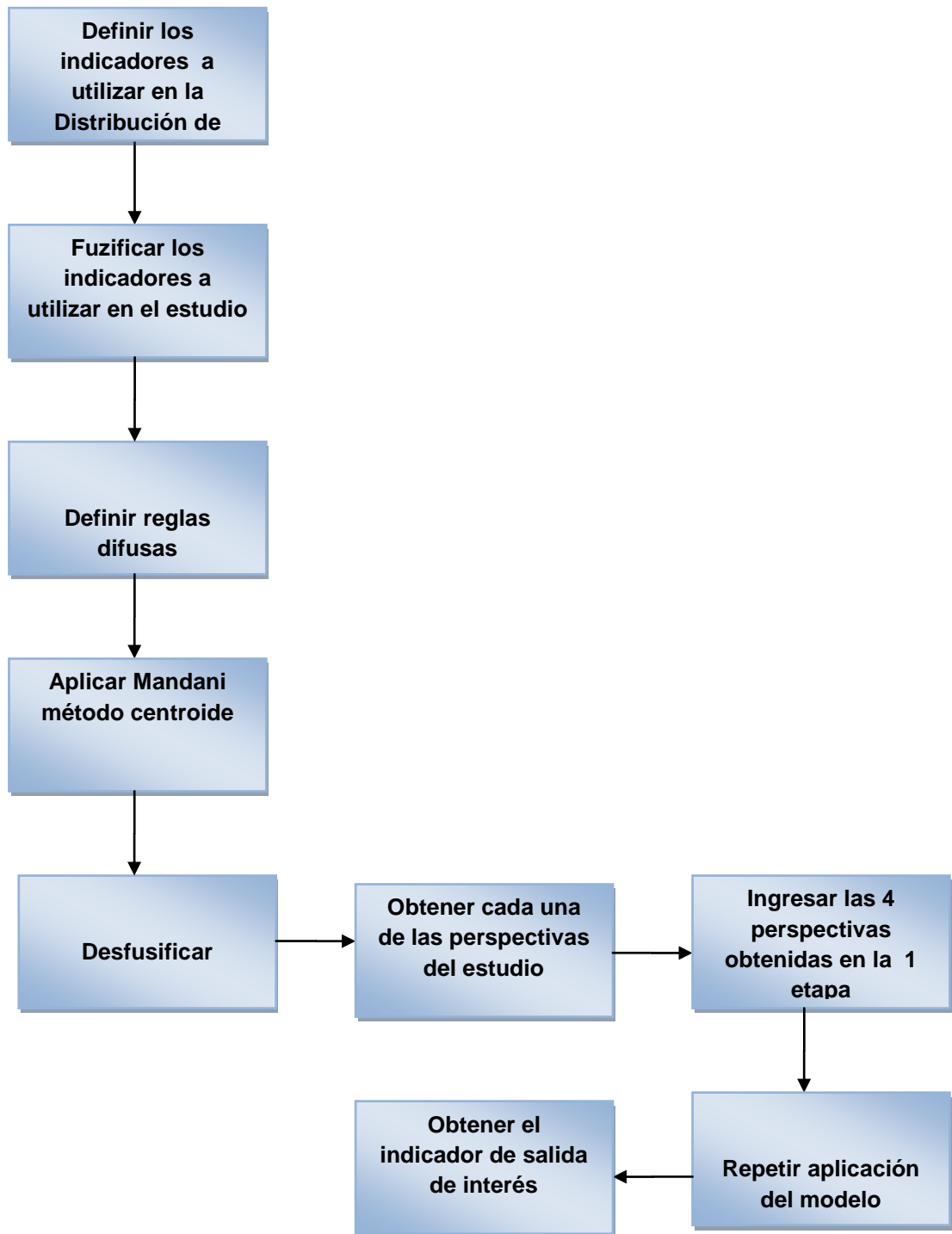


Para dar solución al sistema de indicadores anteriores, se propone la siguiente metodología (figura 10) basada en el modelo Mandani; ésta representa una propuesta de aplicación que integra el BSC con la lógica difusa. La principal razón por la que se escogió este modelo, fue debido a su flexibilidad y aplicabilidad que lo caracteriza. El desarrollo de este modelo permite disminuir la incertidumbre, ya que trasciende la limitación que se generan al utilizar valores cualitativos y variables imprecisas; además, facilita obtener una información clara y coherente para la toma de decisiones.

El modelo desarrollado en este trabajo consta de dos etapas (ver figura10). La primera tiene que ver con la selección de los indicadores que se utilizan en la

generación de la energía eléctrica, la cual está basada en los estudios previos mencionados anteriormente en dicho sector. Una vez definidos los indicadores, se determina los conjuntos difusos lingüísticos a través de los datos suministrados por expertos en el tema, y luego establecer los valores correspondientes a cada indicador. Para el buen funcionamiento del modelo es necesario definir unas reglas que permitan aplicar el sistema de inferencia difusa tipo Mandani y combinar los valores de los indicadores en cada perspectiva. Este sistema se apoya en el método del centroide, el cual se encarga de procesar, analizar los datos y de arrojar la información que ayude a elegir la mejor alternativa que se adapte a los requerimientos y necesidades del estudio. Después, se procede a defusificar los valores para obtener la variable de salida de interés que son las perspectivas, usando el software MATLAB (Versión 7.0), a través del toolbox Fuzzy. La segunda etapa está conformada por las cuatro perspectivas de salida obtenida en la etapa 1. Seguidamente se procede a ingresar estos datos, se repite el modelo y por último se adquiere la variable de interés de salida.

**Figura 10.** Modelo de lógica difusa integrado con BSC. Fuente: Adaptada, Mandani, 1975



## 5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL MODELO.

Para el diseño de la metodología es importante describir los pasos a realizar en el desarrollo de este trabajo, porque permite tener una secuencia lógica de lo que se va a hacer. Este se va a realizar en el sector eléctrico en el proceso de distribución de energía eléctrica.

Para la realización del estudio se tendrán indicadores como variable de entrada que previamente serán definidas, después se procederá a diseñar las restricciones, a través de las reglas difusas, seguidamente se analizarán los resultados mediante la defusificación y por último se obtendrán las variables de salida de interés.

A continuación se mencionan los indicadores que se utilizan dentro de cada una perspectiva.

### 5.1.1 Definición de los indicadores a utilizar en el modelo etapa 1

Para realizar este estudio se definen los indicadores que se van a utilizar en el modelo con sus respectivos objetivos, fórmulas, metas, punto de lectura, responsables, entre otros. A continuación se ilustra una breve explicación de cada indicador.

#### 5.1.1.1 Indicadores Financieros

Los indicadores que se van a utilizar dentro de la perspectiva financiera son los siguientes: el margen de utilidad y capitalización. El primero se define como la ganancia que puede obtener la organización a través de la eficiencia y eficacia de sus procesos. La fórmula de este indicador está dada por:

$$\text{Margen de utilidad} = \frac{\text{Ingreso neto}}{\text{Ingreso por servicios ofrecidos}} * 100$$

El otro indicador, es el de capitalización, el cual está relacionado con todas las inversiones que realiza la empresa para mejorar las condiciones generales de la organización. Su formula está dada por:

$$\text{Capitalización} = \frac{(\text{activo del año anterior} - \text{activo de año actual})}{\text{activo del año anterior}} * 100$$

Otros indicadores financieros que se pueden utilizar en este proceso de distribución de energía eléctrica son importantes tenerlos en cuenta para otros estudios, aunque en este trabajo no se van a utilizar; los cuales son:

Es importante considerar en otros estudios, indicadores financieros que no se tuvieron en cuenta en éste y que se pueden utilizar en el proceso de distribución de energía eléctrica. Estos indicadores se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Indicadores financieros. Fuente: Regalini et al, 2008.

<b>FINANCIERO</b>	<b>Valor: EVA</b>
	Crecimiento: g
	Rentabilidad: ROA-ROE
	Evaluación del capital: CPPC-WACC
	Presupuesto: Grado de cumplimiento
	Inversiones: optimización –Grado de cumplimiento
	Ciclo de cobranzas: Días promedio de cobro- Morosidad

### 5.1.1.2 Indicadores de los Clientes

Los indicadores que se van a utilizar dentro de la perspectiva de los clientes son: la satisfacción de los clientes, calidad y confiabilidad del servicio, retroalimentación y comunicación de los clientes.

Para aumentar el nivel de confiabilidad en un nivel de sistema de distribución es indispensable implementar los planes de mantenimiento predictivo y preventivo, como también cumplir con el tiempo impuesto por CREG, para cumplir con dicho mantenimiento, esto con la intención de mejorar la calidad en la prestación del servicio. Esto ayuda a cumplir con los limites permisible por

los indicadores (FES) = Frecuencia de interrupción y DES = Duración de interrupción.

Lo cuales deben mantenerse en los rangos

Circuitos Grupo de Calidad CREG	Total Trimestre 1		Total Trimestre 2		Total Trimestre 3		Total Trimestre 4		Total Año	
	FES	DES	FES	DES	FES	DES	FES	DES	FES	DES
Grupo 1	8	3.3	8	3.3	5	2.2	5	2.2	26	11
Grupo 2	13	5.7	13	5.7	9	3.8	9	3.8	44	19
Grupo 3	15	8.7	15	8.7	11	5.8	10	5.8	51	29
Grupo 4	17	11.7	17	11.7	12	7.8	12	7.8	58	39

la fórmula utilizada en este indicador es:

Índice de frecuencia de interrupción media del sistema

SAIFI = (Numero de interrupciones a los usuarios)/ (Numero total de usuarios atendidos)\* 100

Índice de duración de interrupción media del sistema

SAIDI = (Suma de las duraciones de las interrupciones)/(Numero total de usuarios atendidos)\* 100

Esta variable es muy importante para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para la satisfacción de los clientes. Para medir este nivel de satisfacción se utilizan las siguientes formulas:

Nivel de satisfacción = % de satisfacción

Seguidamente se define el indicador de retroalimentación y comunicación. Estos datos se obtienen a través de la encuesta que realiza la organización via internet, llamadas telefónicas, via fax, entre otras; la fórmula utilizada es la siguiente:

**Nota:** muchos distribuidores del país también son comercializadores, por esta razón se utiliza este indicador

$$\text{Nivel de comunicación} = \frac{\text{Numero de comunicados respondido por los cliente} * 100}{\text{Numero de comunicados enviados}}$$

Es importante considerar en otros estudios, indicadores de los clientes que no se tuvieron en cuenta en éste y que se pueden utilizar en el proceso de distribución de energía eléctrica. Estos indicadores se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Indicadores de los clientes. Fuente: Regalini et al, 2008.

<b>CLIENTES</b>	Satisfacción del clientes actual: GSI en GC y particulares
	Nuevos clientes: Grandes cliente- clientes particulares
	Participación del mercado
	Incremento ventas
	Fortaleza y reconocimiento de la marca. Brand Equity

### 5.1.1.3 Indicadores de los Procesos Internos

Los indicadores que se van a utilizar dentro de la perspectiva de los procesos internos son los siguientes: las pérdidas técnicas y no técnicas, productividad del proceso de distribución de energía eléctrica y optimización del control y mantenimiento.

Una de las principales causas de las pérdidas es la apropiación ilegítima de energía eléctrica o el uso de la electricidad sin pagar por ésta. Esas pérdidas son producto de acciones delictivas, siendo las más comunes la conexión clandestina y la alteración del equipo de medida. Las perdidas no técnicas es todo sistema de distribución y de medida es vulnerable a las pérdidas por robo y otras pérdidas administrativas conexas. La fórmula utilizada en este indicador es la siguiente:

$$\text{Pérdidas no técnicas} = \frac{(\text{Energía que entra en sistema} - \text{energía que sale del sistema})}{\text{Energía que entra en sistema}} * 100$$

Luego se define el indicador a emplear en la productividad del proceso de distribución de energía eléctrica, la efectividad del proceso depende de las otras variables de interés tales como: la capacidad de distribución, rendimiento de los trabajadores, optimización de los recursos y la consecución de los objetivos estratégicos propuestos por la organización. Su fórmula es

$$\text{Productividad del proceso de distribución} = \frac{\text{Capacidad de distribución}}{\text{Trabajador de distribución}} * 100$$

Por último el indicador de proceso de operación y mantenimiento es otra fuente de pérdidas no técnicas, cuando sus acciones no son enmarcadas dentro de las políticas de control y reducción de las pérdidas de energía. Esta variable está relacionada con la buena ejecución de los mantenimientos (predictivos, preventivos y correctivos), que se le deben realizar oportunamente a los sistemas de distribución de energía eléctrica. Su fórmula es la siguiente:

Mantenimiento=

$$\frac{\text{Tiempo real de duración del mantenimiento del sistema de distribución de energía}}{\text{Tiempo propuesto}} * 100$$

Es importante considerar en otros estudios, indicadores de los procesos internos que no se tuvieron en cuenta en éste y que se pueden utilizar en el proceso de distribución de energía eléctrica. Estos indicadores se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.** Indicadores de los procesos internos. Fuente: Regalini et al, 2008.

<b>PROCESOS INTERNOS</b>	Técnicas: Calidad del servicio y del producto, fiabilidad maniobras.
	Comercial: Calidad del servicio, Atención al cliente
	Ciclo operativo comercial: Eficiencia del ciclo
	Obras: Grado de cumplimiento.

#### 5.1.1.4 Indicadores de Aprendizaje y Crecimiento

Los indicadores que se van utilizar dentro la perspectiva aprendizaje y crecimiento internos son las siguientes: capacitación, competencias y crecimiento personal.

Con relación al indicador capacitación, se debe formar a los trabajadores de las organizaciones para que sean más competitivas y eficientes, no obstante la empresa debe estar en constante evaluación del cumplimiento de esa finalidad, con el fin de se pueda tomar las acciones pertinentes para poder alcanzar los objetivos estratégicos. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Capacitación} = \frac{\text{Hora capacitación i * numero de asistentes}}{\text{Total empleado}} * \text{Meta} * 100$$

Posteriormente el otro indicador a utilizar es el desarrollo de competencia, para las organizaciones es indispensable desarrollar las capacidades de los empleados ya que permite que la empresa pueda ser más competitiva en este ámbito tan exigente. Su formula se anexa en el trabajo, por lo que es un indicador blando.

Por último se tiene el crecimiento personal, este indicador tiene como fin medir el desarrollo de los trabajadores en cuanto al crecimiento personal. cuya fórmula se anexa en el trabajo.

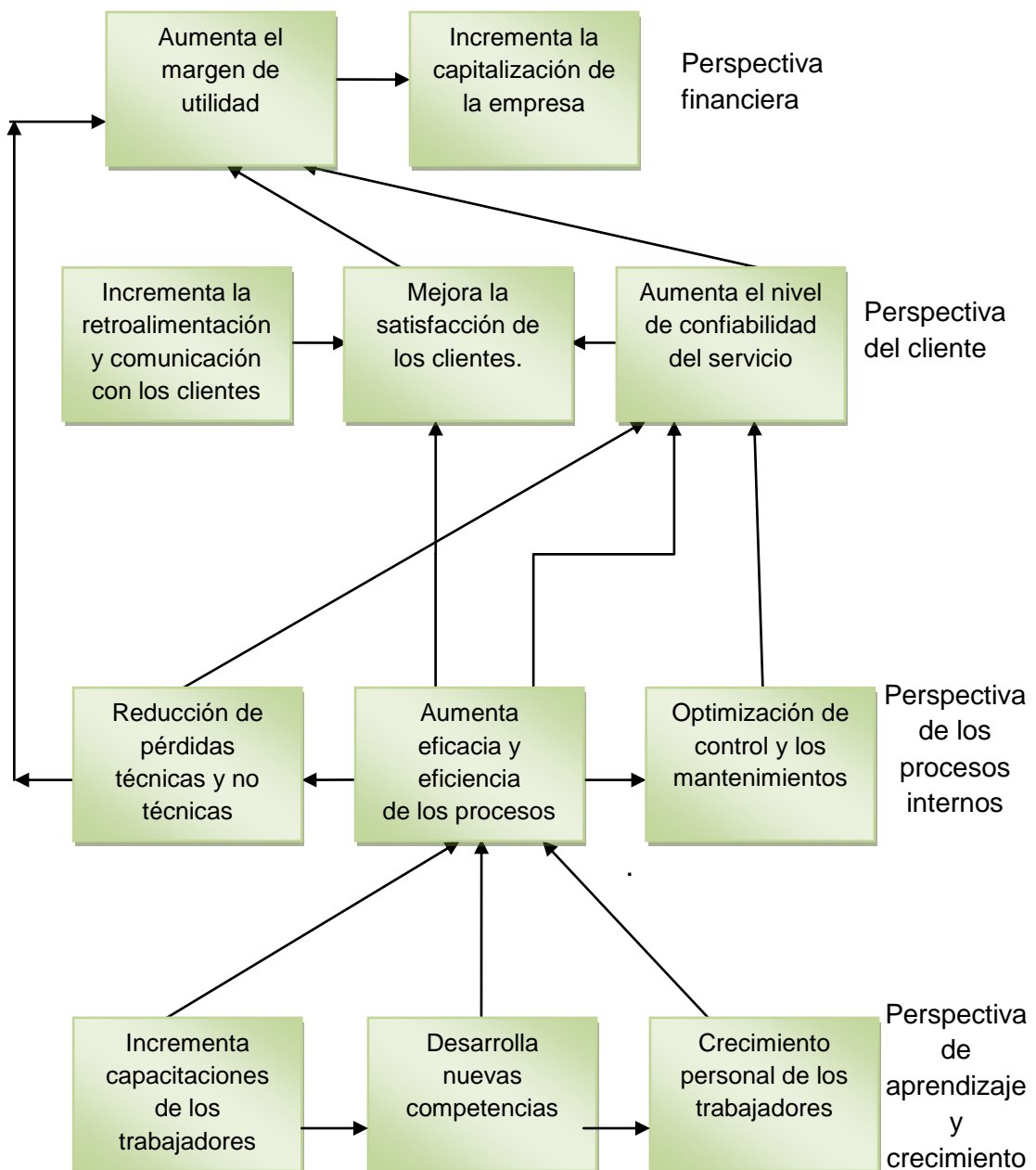
Es importante considerar en otros estudios, los indicadores aprendizaje y crecimiento que no se tuvieron en cuenta en éste y que se pueden utilizar en el proceso de distribución de energía eléctrica. Estos indicadores se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6.** Indicadores aprendizaje y crecimiento. Fuente: Regalini et al, 2008.

<b>APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO</b>	Capital Intelectual: CI
	Adquisición de competencias Aptitudinales: básicas, críticas, muy críticas y estratégicas
	Clima organizacional
	Grado de alineamiento estratégico

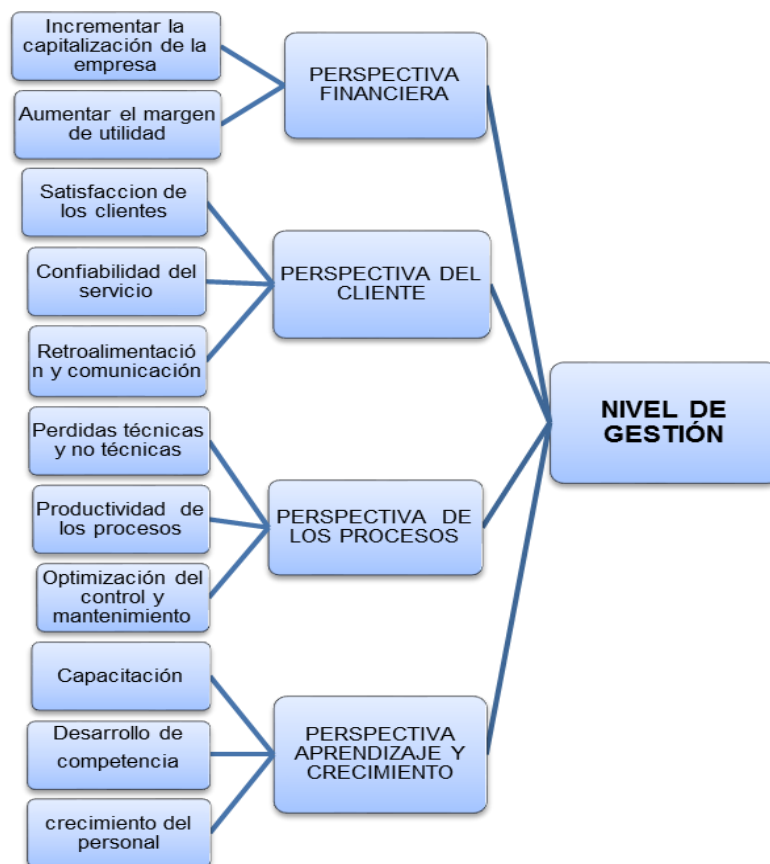
Con referencia a lo anterior se dice que estos indicadores fueron los seleccionados para el desarrollo de éste trabajo, se presenta en la figura 11 las relaciones de los diferentes indicadores de las perspectivas del BSC, donde se utiliza los factores más relevantes en el sector eléctrico, principalmente para las empresas de generación de energía eléctrica. A continuación se ilustra las relaciones que tienen cada perspectiva, donde se integra todas las variables que está dentro del desarrollo de la herramienta BSC, de tal manera que se visualice de una forma más asertiva la realización de éste estudio.

**Figura 11.** . Mapa Estratégico. Fuente: Elaboración propia.



Para facilitar el entendimiento y comprensión de la metodología del las modelo que se ilustra en la figura 12, se explica de manera resumida Variables que se utilizaron en este estudio, donde se tienen cuatro perspectiva. perspectivas que se anotan a continuación principales que son: perspectiva financiera, perspectivas de clientes, perspectiva de proceso interno y perspectiva de aprendizaje y crecimiento, éstas contienen unas variables entre la que tenemos: margen de utilidad, capitalización de la empresa, satisfacción del cliente, retroalimentación y comunicación de los clientes, calidad y confiabilidad del servicio, perdidas técnicas y no técnicas, productividad de los proceso de distribución, optimización del control y mantenimiento, desarrollo de nuevas competencias, capacitación de los trabajadores y crecimiento personal, todo esto inciden en el funcionamiento del modelo, para obtener la variable de interés de salida.

**Figura 12.** Metodología del modelo de estudio. Fuente: Elaboración propia.



Consecuente con lo anterior se definen los indicadores que se utilizan en este modelo ver tabla 7; se eligen éstos porque para las empresas distribuidoras de energía eléctrica, esos procesos son los que permiten que las organizaciones sean competitivas con otras del mismo sector; éstas deben competir con el mejoramiento de pérdidas técnicas y no técnicas, optimización del control y mantenimiento del sistema de distribución; además con la productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica y con otros procesos que también son muy importantes, ya que están alineados con los objetivos estratégicos de la organización Regalini et al, (2008).

**Tabla 7.** Resumen de hoja de vida de los indicadores del modelo

	Objetivos	Nombre del indicador	Formula	Frecuencia de medición	Meta	Responsable	Punto de lectura
<b>Perspectiva financiera</b>	Aumentar el margen de utilidad en un 60% para el año 2012	Margen de utilidad	$\text{Ingreso neto} / \text{ingreso por servicios ofrecidos} * 100$	Anual	>60 %	Gerente	El balance y estados resultados
	Incrementar la capitalización en un 50% de la empresa en el año 2012.	capitalización	$\text{activo de año anterior} - \text{activo de año actual} / \text{activo del año anterior} * 100$	Anual	>50 %	Gerente	El balance y estados resultados
<b>Perspectiva de los</b>	Incrementar la	Satisfacción Del Clientes	% de satisfacción según la	Mensual	>97 %	Asesores servicios	

<b>clientes</b>	satisfacción de los clientes en un 97% para el año 2012		encuesta				Formato del sistema de quejas y reclamos del servicio
	Aumentar la confiabilidad del servicio en un 95% para el año 2012	Confiabilidad del servicio	<p>Índice de frecuencia de interrupción media del sistema</p> <p>SAIFI = (Numero de interrupciones a los usuarios)/</p> <p>/(Numero total de usuarios atendidos)* 100</p> <hr/> <p>Índice de duración de interrupción media del sistema</p> <p>SAIDI = (Suma de las duraciones de las interrupciones)/</p> <p>(Numero total de usuarios atendidos)* 100</p>	Anual	>95 %	Asesores de servicios	CREG
	Incrementar la retroalimentación y comunicación de los clientes	Retroalimentación y comunicación	número de comunicados respondidos por los clientes/ número de	Trimestral	> 90%	Asesores de servicios	Registro de los clientes informado por la empresa y que han

	en un 90% para el año 2012		comunicados enviados)*100				respondido satisfactoriam ente
<b>Perspectiva de los procesos internos</b>	Reducir las pérdidas técnicas y no técnicas es un 80% para el 2012	Perdidas técnicas y no técnicas	(Energía que entra en sistema – energía que sale del sistema)/ energía que entra en sistema )*100	Anual	>80 %	Ingeniero eléctrico	Equipo de medición de energía
	Aumentar la productividad los procesos de distribución de energía eléctrica en 95% en año 2012	Productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica	Capacidad de distribución/ trabajador de distribución	Por proyectos	>95 %	Director de área	Formato de evaluación de distribución.
	Optimizar el control y mantenimiento en un 90 % para el año 2012	Optimiza el control y mantenimiento	(Tiempo real de duración del mantenimiento del sistema de distribución de energía) /( tiempo propuesto)*100	semestral	> 90%	Director de mantenimiento	Formato de mantenimiento

Perspectiva de aprendizaje y crecimiento	Desarrollar la competencia de un operario en un 88% para el año 2012	Competencia del operario	Nivel 1 <40% Nivel 2 40% a 60% Nivel 3 60% a 88% Nivel 4 88%	Semestral	> 88%	Recursos humanos	Evaluaciones de competencias
	Aumentar en 100 horas las capacitaciones de los trabajadores para el año 2012. <b>Nota:</b> estas 100 horas equivale al 50%	Horas de capacitaciones	(hora capacitación i * número de asistentes)*/ total empleado) / número de horas proyectadas *100	Anual	>50 %	Recursos humanos	Registro de las horas de capacitaciones en año 2012
	Incrementar el crecimiento personal de los trabajadores en un 30% para el año 2012	Crecimiento personal	Nivel 1 <15% Nivel 2 16% a 29% Nivel 3 30% a 70% Nivel 4 > 70%	Semestral	>30 %	Recurso humanos	Formato de pruebas psicotécnicas

### **5.1.2 Fusificación de los indicadores etapa 1**

Un sistema de lógica difusa o lógica borrosa convierte variables de entrada (cuantitativas y cualitativas) en variables lingüísticas a través de funciones de pertenencia o conjuntos difusos, los cuales son evaluados mediante un conjunto de reglas difusas del tipo si-entonces. Luego las salidas del sistema se convierten en valores nítidos (crisp) mediante un proceso de concreción (defuzzyfication), que permiten brindar información para la toma de decisiones. Un sistema de lógica difusa utiliza cualquier tipo de información y la procesa de manera similar que el pensamiento humano. Con la lógica difusa se abre la posibilidad de solucionar 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 respuestas satisfactorias a los problemas bajo estudio.(Medina,2004). La necesidad de utilizar lógica difusa para la aplicación del modelo, viene dada debido a la cantidad de información con incertidumbre que manejamos a la hora de usar el conocimiento de un experto que utiliza conceptos ambiguos o imprecisos. De la misma manera se puede aplicar cuando ciertas partes de un sistema a controlar son desconocidas y no pueden medirse de forma confiable y cuando el ajuste de una variable que puede producir el desajuste de otras.

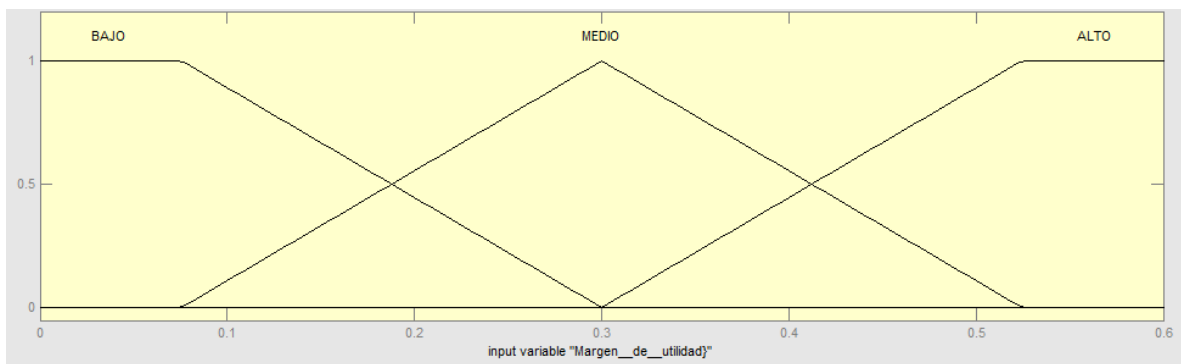
Después de definir los indicadores a utilizar en la etapa 1, a continuación se explican las variables de entrada y salida:

### 5.1.2.1 Margen de Utilidad

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados al margen de utilidad, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 0.6

Clasificación: Bajo [0 0 0.075 0.3], Medio [0.075 0.3 0.525], Alto [0.3 0.525 0.6 0.6]

**Figura 13.** Variable margen de utilidad.



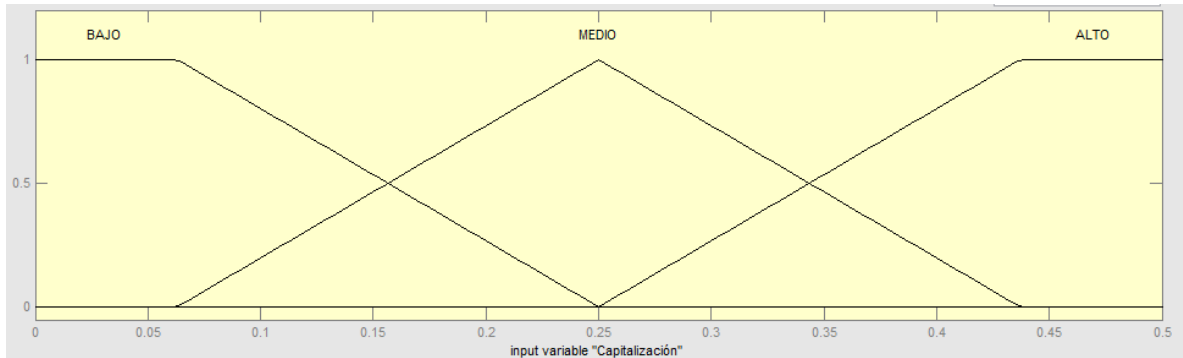
Si el indicador es cercano a 0.6 este pertenece poco a la categoría alta, luego la categoría que tiene mayor pertenencia es la que no este tan 0.6 a 0

### 5.1.2.2 Capitalización de la Empresa

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la capitalización de la empresa, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 0.5

Clasificación: Bajo [0 0 0.625 0.25], Medio [0.0625 0.25 0.4375], Alto [0.25 0.4375 0.5 0.5]

**Figura 14.** Variable de Capitalización

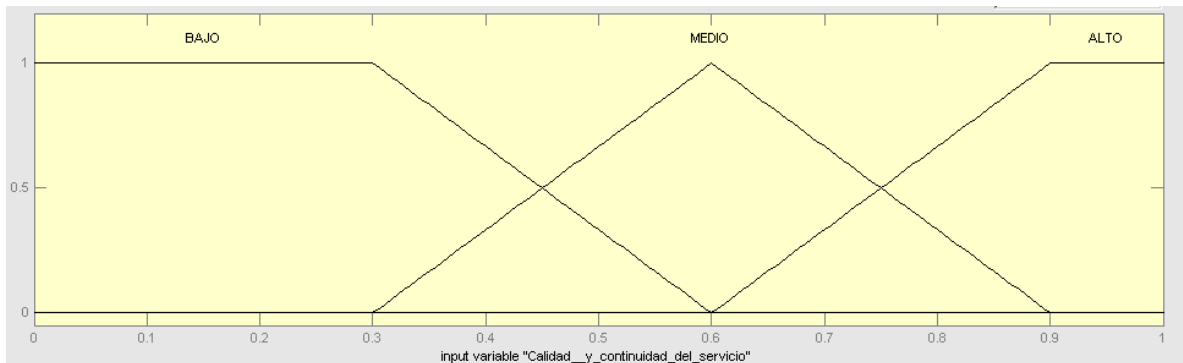


### 5.1.2.3 Confiabilidad Del Servicio

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a calidad y continuidad del servicio, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0 0,3 0.6], Medio [0.3 0,6 0.9], Alto [0.6 0.9 1 1]

**Figura 15** Confiabilidad del servicio.

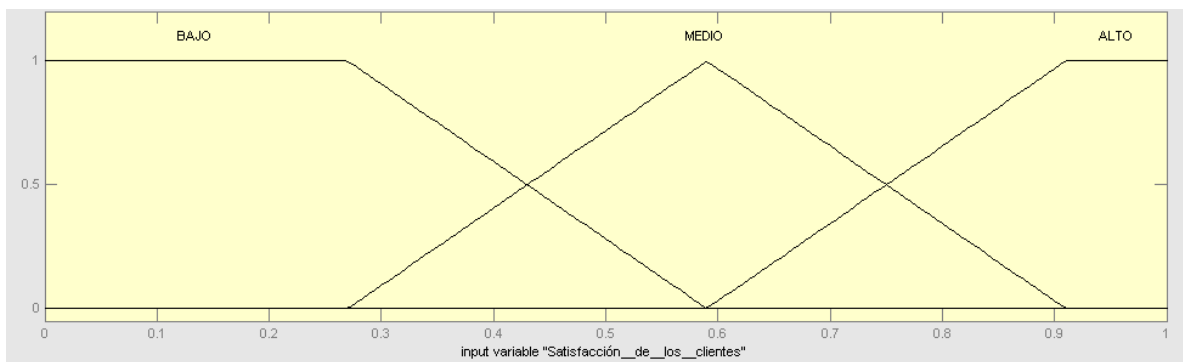


#### 5.1.2.4 Satisfacción de los Clientes

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la satisfacción de los clientes, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0 0,27 0.59], Medio [0.27 0,59 0.91], Alto [0.59 0,91 1 1]

**Figura 16.** Variable satisfacción de los clientes

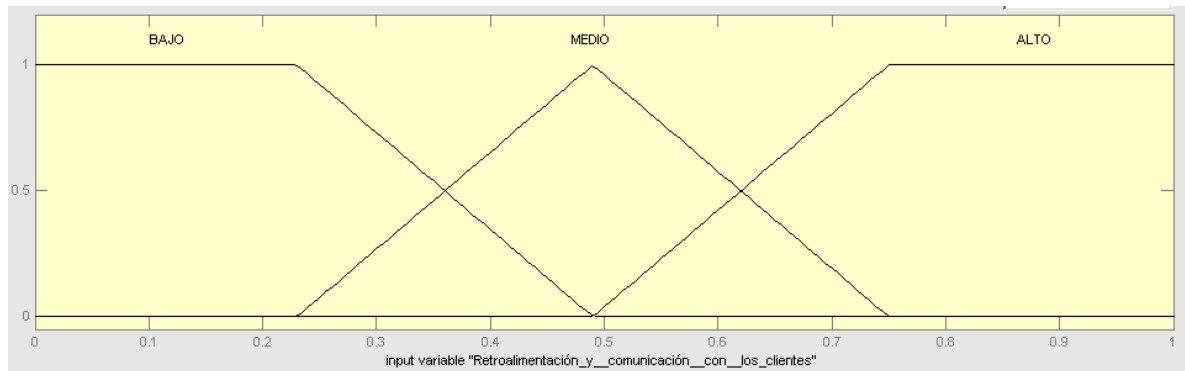


#### 5.1.2.5 Retroalimentación y Comunicación con los Clientes

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la retroalimentación y comunicación con los clientes, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1.

Clasificación: Bajo [0 0 0.23 0.49], Medio [0.23 0.49 0.75], Alto [0.49 0,75 1 1]

**Figura 17.** Variable retroalimentación y comunicación con los clientes



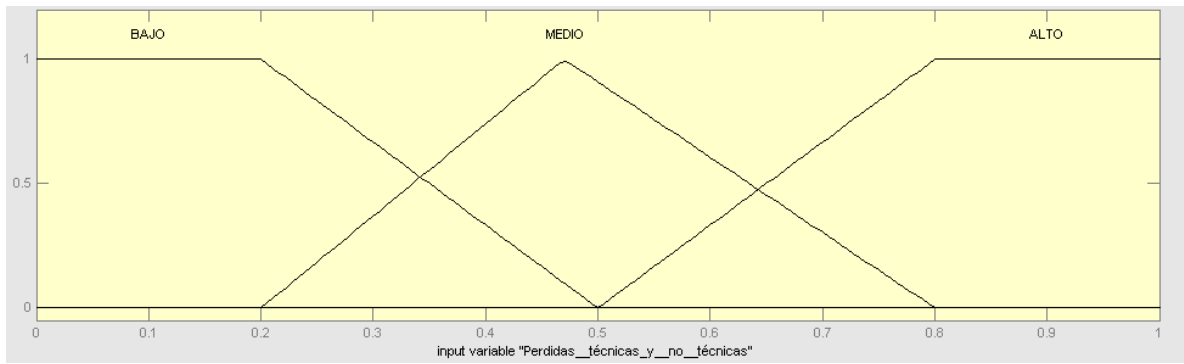
#### 5.1.2.6 Pérdidas Técnicas y No Técnicas

- **Pérdidas técnicas:** Las pérdidas técnicas constituyen energía que se disipa y que no puede ser aprovechada de ninguna manera. Por esta razón deben ser uno de los objetivos primordiales de cualquier programa de reducción de pérdidas de energía. La estimación de las pérdidas técnicas requiere de información adecuada y herramientas computacionales de análisis de redes. La información requerida es normalmente voluminosa y en muchos casos no está disponible en las empresas, lo cual dificulta el proceso de estimación. Esta información incluye la descripción de la red y las características de la carga.
- **Pérdidas no técnicas:** Las pérdidas no técnicas una de las principales causas de las pérdidas es la apropiación ilegítima de energía eléctrica o el uso de la electricidad sin pagar por ella.

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a las pérdidas técnicas y no técnicas, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0 0.2 0.5], Medio [0.2 0.5 0.8], Alto [0.5 0,8 1 1]

**Figura 18.** Variable pérdidas técnicas y no técnicas

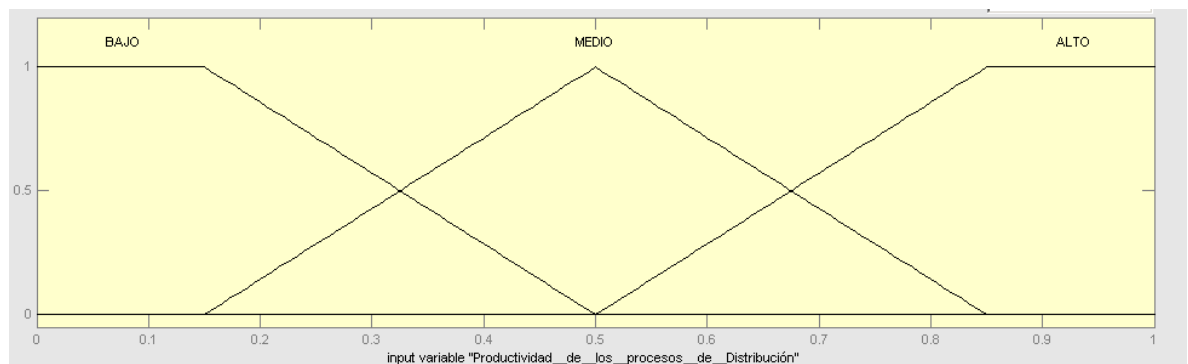


### 5.1.2.7 Productividad de los Procesos de Distribución de Energía Eléctrica

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0 0.15 0.5], Medio [0.15 0.5 0.85], Alto [0.5 0,85 1 1]

**Figura 19.** Variable productividad de los procesos de distribución

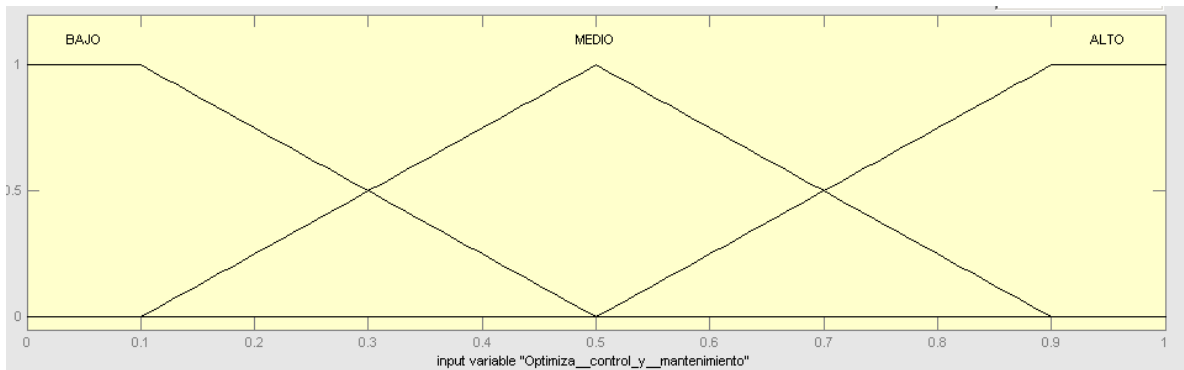


### 5.1.2.8 Optimización de los Mantenimientos para el Control y Reducción de Pérdidas de Energía.

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociado a la optimización de los mantenimientos para el control y reducción de pérdidas de energía, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0.18 0.36], Medio [0.18 0.39 0.57], Alto [0.39 0.7 1]

**Figura 20.** Variable optimiza control y mantenimiento

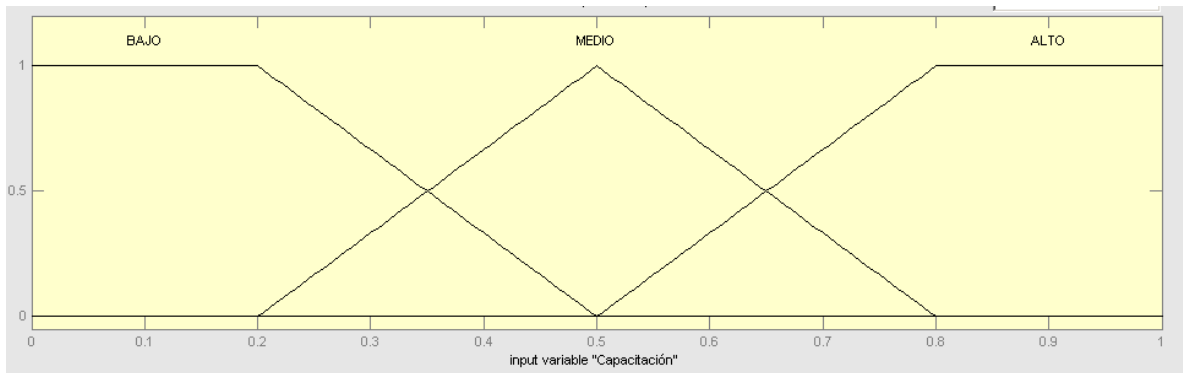


### 5.1.2.9 Capacitación

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la capacitación, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0 0.2 0.5], Medio [0.2 0.5 0.8], Alto [0.5 0.8 1 1]

**Figura 21.** Variable de capacitación

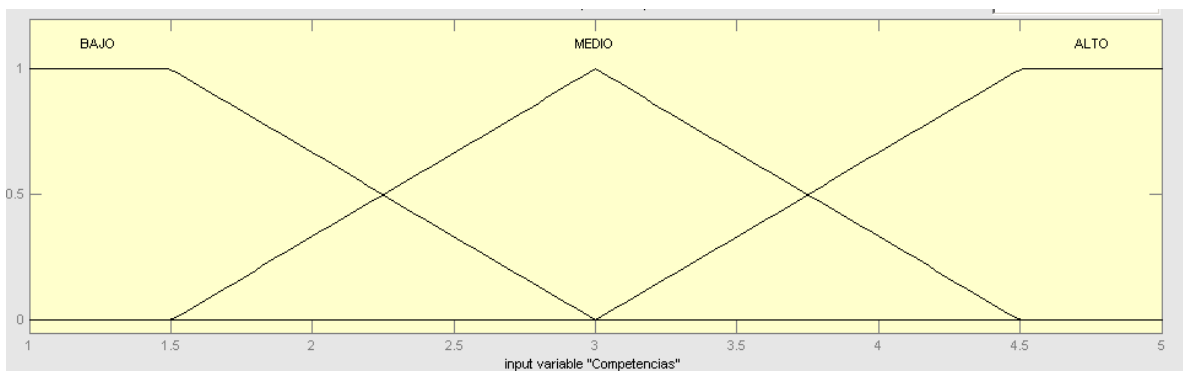


### 5.1.2.10 Competencias

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados al desarrollo de competencias, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 1 a 5

Clasificación: Bajo [1, 1.9, 2, 8], Medio [1.9, 2.8, 3, 9], Alto [3, 0.4, 5]

**Figura 22.** Variable competencias

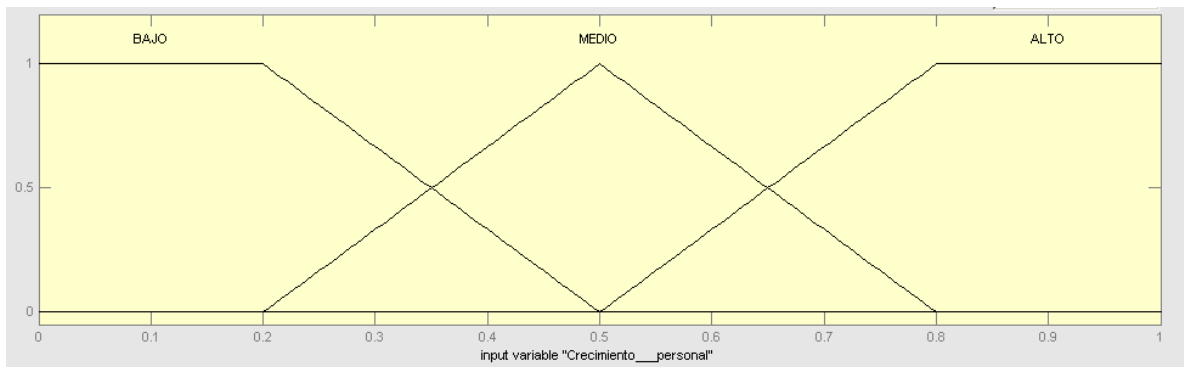


### 5.1.2.11 Crecimiento Personal

Aquí se define las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados al crecimiento del personal, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1.

Clasificación: Bajo [0 0.18 0.36], Medio [0.33 0.54 0.75], Alto [0,72 1 1]

**Figura 23.** Variable crecimiento personal



### 5.1.3 Definición de las reglas difusas etapa 1

En primer lugar para desarrollo del modelo se define los indicadores a utilizar en la etapa 1 de cada perspectiva del proceso de distribución de energía eléctrica. Luego se fusifica los indicadores de la etapa 1, ya previamente definidas. Por último se define las reglas difusas a utilizar en la etapa 1 que a continuación se ilustran.

La definición de reglas resulta básica para el diseño del modelo BSC difuso, en la medida que Incorpora el juicio de los expertos y/o el análisis de información histórica. los criterios utilizados por el panel fue la experiencia, conocimiento, habilidades y destrezas para sugerir el conjunto de reglas referidas en el estudio.

Tabla 8. Reglas difusas perspectiva financiera. Fuente: Elaboración propia

Margen de utilidad	Capitalización	Variable de salida
		Perspectiva financiera
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Media
Media	Bajo	Medio
Media	Medio	Medio
Media	Alto	Bajo
Alta	Bajo	Medio
Alta	Medio	Alta
Alta	Alto	Alta

Tabla 9. Reglas difusas perspectiva cliente. Fuente: Elaboración propia.

Confiabilidad servicio	Retroalimentación y comunicación con los clientes	Satisfacción de los clientes	Variable de salida
			Perspectiva del cliente
Bajo	Bajo	Bajo	Baja
Bajo	Medio	Medio	Baja
Bajo	Alto	Alto	Media
Bajo	Bajo	Medio	Baja
Bajo	Bajo	Alto	Baja
Bajo	Medio	Baja	Baja
Bajo	Medio	Alto	Media
Bajo	Alto	Bajo	Baja
Bajo	Alto	Medio	Media
Medio	Bajo	Bajo	Baja
Medio	Medio	Medio	Media
Medio	Alto	Alto	Alta
Medio	Bajo	Medio	Baja
Medio	Bajo	Alto	Media
Medio	Medio	Bajo	Baja
Medio	Medio	Alto	Media
Medio	Alto	Bajo	Baja
Medio	Alto	Medio	Media
Alta	Bajo	Bajo	Baja
Alta	Medio	Medio	Media
Alta	Alto	Alto	Alta
Alta	Bajo	Medio	Media
Alta	Bajo	Alto	Media
Alta	Medio	Bajo	Media
Alta	Medio	Alto	Alta

Alta	Alto	Bajo	Media
Alta	Alto	Medio	Alta

**Tabla 10.** Reglas difusas perspectiva procesos internos. **Fuente:** Elaboración propia.

Perdidas técnicas y no técnicas	Productividad de los procesos de distribución	Optimiza control y mantenimiento del sistema de distribución.	Variable de salida
			Perspectiva procesos internos
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Medio	Medio
Bajo	Alto	Alto	Medio
Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Bajo	Alta	Bajo
Bajo	Medio	Baja	Bajo
Bajo	Medio	Alta	Medio
Bajo	Alta	Bajo	Bajo
Bajo	Alta	Medio	Medio
Medio	Bajo	Medio	Medio
Medio	Bajo	Alto	Medio
Medio	Medio	Bajo	Medio
Medio	Medio	Alto	Medio
Medio	Alta	Bajo	Medio
Medio	Alta	Medio	Medio
Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Alto	Alto	Alto
Alta	Bajo	Bajo	Bajo
Alta	Medio	Medio	Medio
Alta	Alto	Alto	Alto
Alta	Bajo	Medio	Medio
Alta	Bajo	Alto	Medio
Alta	Medio	Bajo	Medio
Alta	Medio	Alto	Alto
Alta	Alto	Bajo	Medio
Alta	Alto	Medio	Alto

**Tabla 11.** Reglas difusas perspectiva aprendizaje y crecimiento. **Fuente:** Elaboración propia.

Competencias	Capacitación	Crecimiento personal	Variable de salida
			Perspectiva aprendizaje y

			<b>crecimiento</b>
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Alto	Bajo
Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Alta	Bajo
Bajo	Alto	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Medio	Bajo	Alta	Bajo
Medio	Bajo	Medio	Bajo
Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Medio	Medio	Bajo	Medio
Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Medio	Alta	Medio
Medio	Alto	Alto	Medio
Medio	Alto	Medio	Medio
Medio	Alto	Alta	Medio
Alta	Bajo	Bajo	Medio
Alta	Bajo	Medio	Medio
Alta	Medio	Bajo	Medio
Alta	Medio	Medio	Alta
Alta	Alto	Alto	Alta
Alta	medio	Alto	Medio
Alta	Bajo	Alto	Medio
Alta	Alto	Medio	Alta
Alta	Alto	Bajo	Alta

#### **5.1.4 Desfusificación etapa 1**

Para la desfusificación de la primera etapa para obtener las 4 perspectivas de los indicadores relacionados se hará usando el método del centroide. Aquí se produce una decisión no difusa de cada una de las perspectivas. Esta información permite orientar al administrador sobre el comportamiento que tienen los indicadores con respecto a los procesos de la organización.

#### **5.1.5 Fusificación las perspectivas etapa 2**

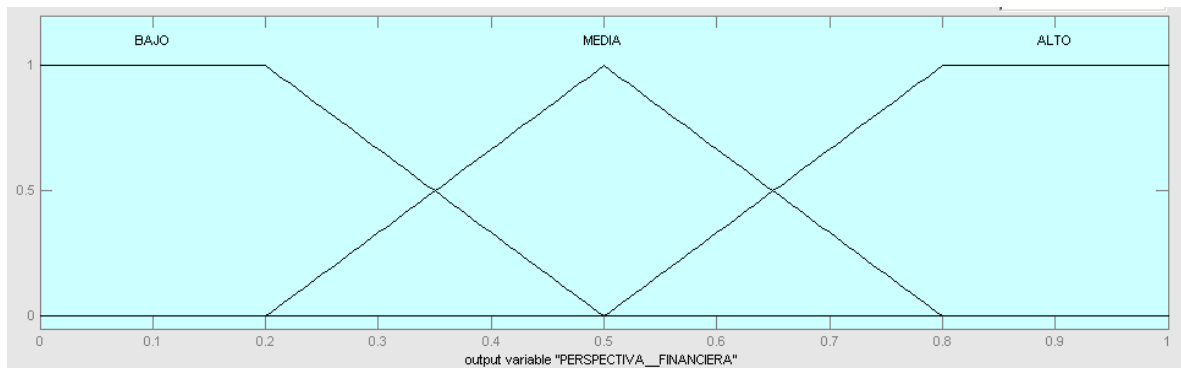
Después de obtener el resultado de las cuatros perspectiva en la etapa 1, a continuación se explican cada uno de éstas y la variable de interés del estudio.

### 5.1.5.1 Perspectiva financiera

Aquí se definen las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la perspectiva financiera, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0 0.2 0.5], Medio [0.2 0.5 0.8], Alto [0.5 0.8 1 1]

**Figura 24.** Variable perspectiva financiera



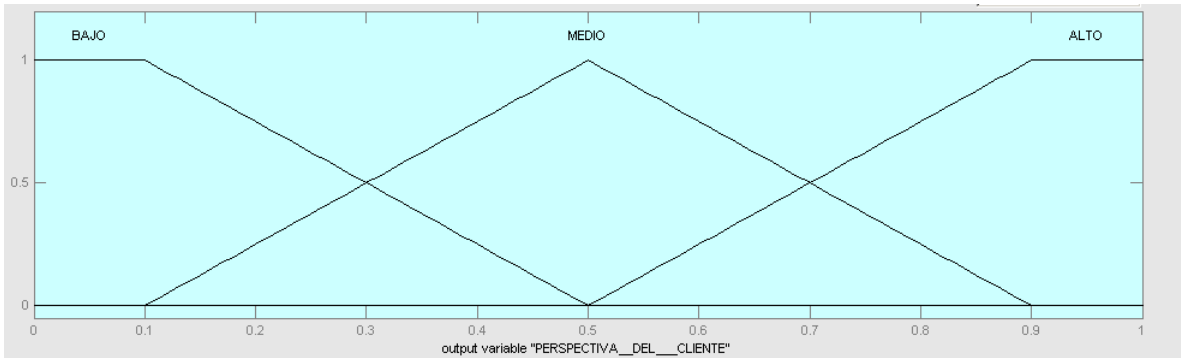
En la figura 24 se definen los criterios que debe tener la variable de salida en la perspectiva financiera, ésta busca de una manera efectiva alcanzar los objetivos financieros de la organización, de tal forma que permita lograr los objetivos estratégicos.

### 5.1.5.2 Perspectiva Del Cliente

Aquí se definen las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la perspectiva del cliente, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: bajo [0 0 0.1 0.5], Medio [0.1 0.5 0.9], Alto [0.5 0.9 1 1]

**Figura 25.** Variable Perspectiva del cliente



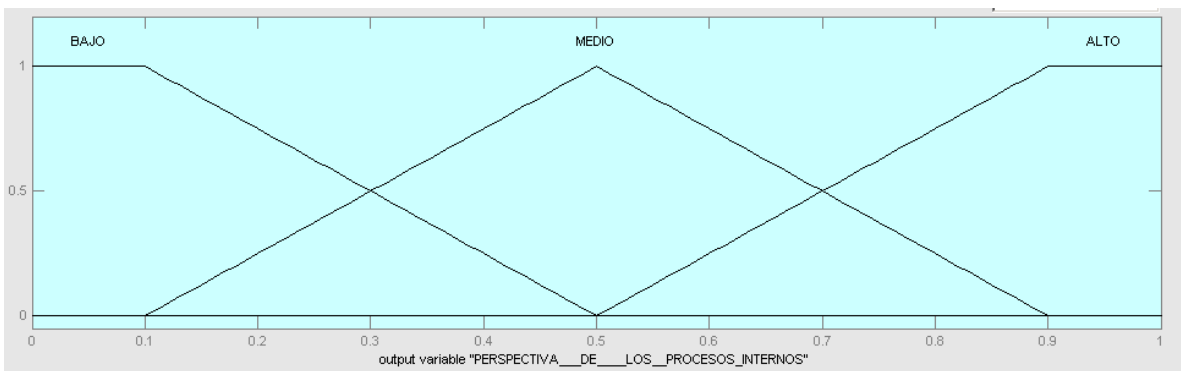
En la figura 25 se definen los parámetros que debe tener la variable de salida en la perspectiva del cliente, la cual permite visualizar las relaciones que existen entre éstas; facilitando la identificación de los escenarios ideales para alcanzar los objetivos estratégicos.

### 5.1.5.3 Perspectiva de los Procesos Internos

Aquí se definen las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la perspectiva de los procesos internos, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1

Clasificación: Bajo [0 0 0.1 0.5], Medio [0.1 0.5 0.9], Alto [0.5 0.9 1 1]

**Figura 26.** Variable perspectiva de los procesos internos



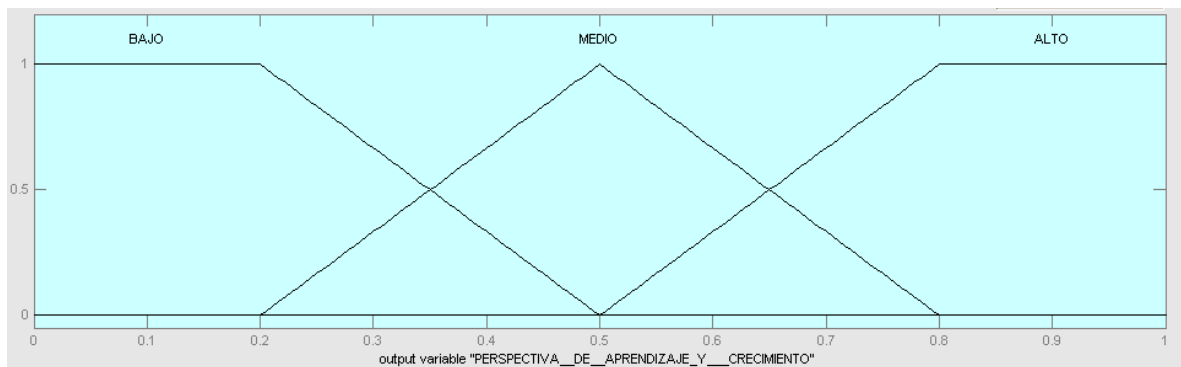
La figura 26 definen los criterios que debe tener la variable de salida en la perspectiva procesos internos, las relaciones que existen entre ésta, es indispensable analizar dentro de que parámetro quiere la organización estar para lograr alcanzar sus metas propuestas.

#### 5.1.5.4 Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento

Aquí se definen las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados a la perspectiva de aprendizaje y crecimiento, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1.

Clasificación: bajo [0 0 0.2 0.5], Medio [0.2 0.5 0.8], Alto [0.5 0.8 1 1]

**Figura 27.** variable perspectiva de aprendizaje y crecimiento.



En la figura 27 se definen los criterios que debe tener la variable de salida en la perspectiva aprendizaje y crecimiento, para la organización es ideal que el objetivo de su indicador esté dentro de la variable medio alta y alta, para que facilite el cumplimiento de los objetivos estratégicos propuestos.

#### 5.1.6 Definición de las reglas difusas etapa 2

Tabla 12. Reglas difusas etapa 2. Fuente: Elaboración propia

Perspectiva de aprendizaje y crecimiento	Perspectiva procesos internos	Perspectiva clientes	Perspectiva financiera	Variable de salida
				Nivel de gestión
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo
Bajo	Bajo	Alto	Alto	Medio
Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Medio	Alto	Bajo
Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio
Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Medio	Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Alto	Bajo	Alto	Medio
Bajo	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio
Bajo	Alto	Medio	Alto	Medio
Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio
Bajo	Medio	Alto	Alto	Medio
Bajo	Alto	Medio	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto
Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio
Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Medio	Alto	Medio
Bajo	Alto	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Alto	Medio	Medio
Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio
Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio
Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Medio	Bajo	Medio	Alto	Medio
Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio
Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio
Medio	Alto	Bajo	Alto	Medio
Medio	Alto	Bajo	Medio	Medio
Medio	Alto	Medio	Medio	Medio
Medio	Alto	Medio	Alto	Medio

Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio
Medio	Medio	Alto	Medio	Medio
Medio	Medio	Alto	Alto	Medio
Medio	Alto	Medio	Bajo	Medio
Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio
Medio	Bajo	Alto	Bajo	Medio
Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio
Medio	Medio	Medio	Alto	Medio
Medio	Alto	Alto	Bajo	Medio
Medio	Alto	Alto	Medio	Medio
Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Alto	Bajo	Medio	Medio	Medio
Alto	Bajo	Alto	Alto	Medio
Alto	Bajo	Medio	Bajo	Medio
Alto	Bajo	Medio	Alto	Medio
Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Alto	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Alto	Medio	Bajo	Medio	Medio
Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio
Alto	Alto	Bajo	Bajo	Medio
Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Alto	Alto	Bajo	Medio	Medio
Alto	Alto	Medio	Medio	Medio
Alto	Alto	Medio	Alto	Alto
Alto	Medio	Alto	Bajo	Alto
Alto	Medio	Alto	Medio	Medio
Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Alto	Alto	Medio	Bajo	Medio
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Alto	Bajo	Alto	Medio	Medio
Alto	Bajo	Alto	Bajo	Medio
Alto	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Alto	Bajo	Bajo	Alto	Medio
Alto	Medio	Medio	Bajo	Medio
Alto	Medio	Medio	Alto	Medio
Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio
Alto	Alto	Alto	Medio	Alto

### 5.1.7 Desfusificación las perspectivas etapa 2

Para la desfusificación de la segunda etapa para obtener la variable objeto de estudio se hará usando el método del centroide. . Aquí se produce una decisión

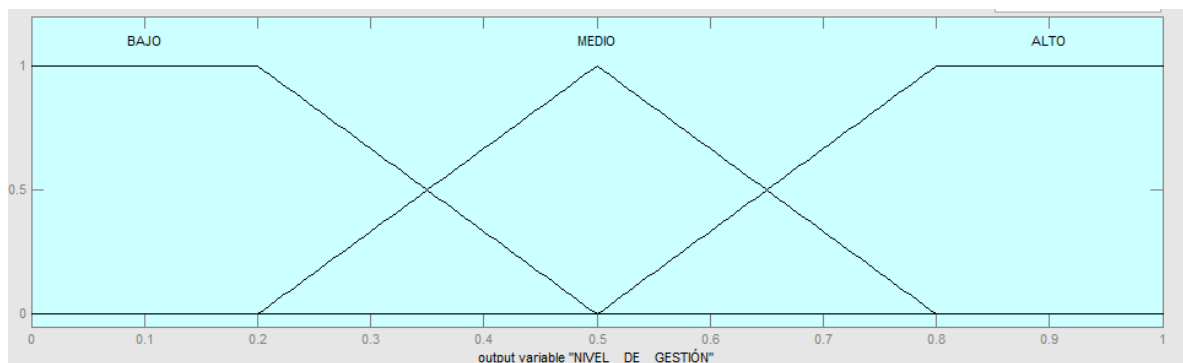
no difusa del resultado de la primera y segunda etapa. Esta información facilita al administrador tomar decisiones estratégicas, lo cual permite que la organización pueda ser más competitiva

### 5.1.8 Definición de la variable objetivo de interés

Nivel de Gestión : Aquí se definen las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los conjuntos difusos asociados al valor en el mercado, las cuales tienen tres categorías difusas (bajo, medio y alto), se define de 0 a 1.

Clasificación: bajo [0 0 0.2 0.5], Medio [0.2 0.5 0.8], Alto [ 0.5 0,8 1 1]

**Figura 28.** Variable nivel de gestión



## 5.2 APLICACIÓN DEL MODELO

Para la aplicación del modelo se utilizan datos ficticios, que posibilita la comprensión y el análisis de este.

### 5.2.1 Ingreso de los indicadores a utilizar en el modelo etapa 1

En la tabla 13 se muestran los indicadores utilizados en cada perspectiva para el desarrollo de la aplicación del modelo, con su valor, y la fuente de donde se pueden obtener estos datos.

**Tabla 13.** Indicadores a utilizar en la aplicación del modelo etapa 1

	<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Fuente</b>
<b>Perspectiva financiera</b>	Margen de utilidad	45.5%	Balance y los estados de resultados
	Capitalización	25%	Balance y los estados de resultados
<b>Perspectiva del cliente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Fuente</b>
	confiabilidad del servicio	87%	CREG
	Satisfacción del clientes	95%	Encuesta de satisfacción
	Retroalimentación y comunicación con los clientes	85%	Encuesta de satisfacción
<b>Perspectiva de los procesos internos</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Fuente</b>
	Pérdidas técnicas y no técnicas	50%	Equipo de medición de energía
	Productividad de los procesos de distribución	80%	Formato de distribución de energía.
	Optimiza control y mantenimiento del sistema de distribución	85%	Los formatos de mantenimiento preventivo y correctivo realizado.
<b>Perspectiva aprendizaje y crecimiento</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Fuente</b>
	Capacitación	35%	Pruebas psicotécnicas ver
	Competencias	4,25	Pruebas psicotécnicas ver Anexo A
	Crecimiento personal	30%	Pruebas psicotécnicas Anexo B

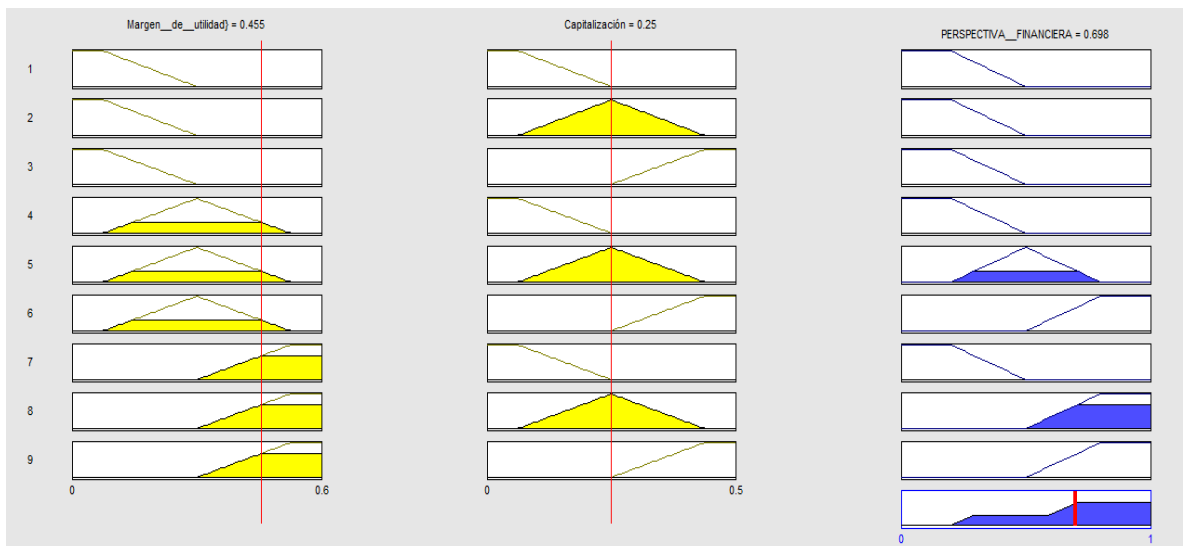
**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.2.2 Resultado de la aplicación del modelo etapa 1

Consecuente con todo lo anterior se obtuvieron los siguientes resultados de los indicadores con relación a cada perspectiva.

En la figura 29 se ilustra un posible escenario, donde los indicadores capitalización tiene un valor de 44,7% con respecto a la meta que es 60%, el margen de utilidad un 25% referente a la meta que es 50%; lo obtenido del ingreso de éstos, en el modelo arrojó un resultado en la perspectiva financiera del 69,8%, lo que indica que está en un nivel medio; esto representa un escenario coherente con los objetivos planteados en el estudio. No obstante, los indicadores obtenidos no alcanzan los propuestos, pero están muy cerca de la meta, lo que permite generar una información importante para la toma de decisiones. También es necesario analizar el escenario cuando los indicadores de entrada están bajas, éstas afectan directamente las variables de salida, de tal forma que no se están alcanzando los objetivos propuestos en el estudio, lo que significa que la perspectiva financiera está por debajo de la meta.

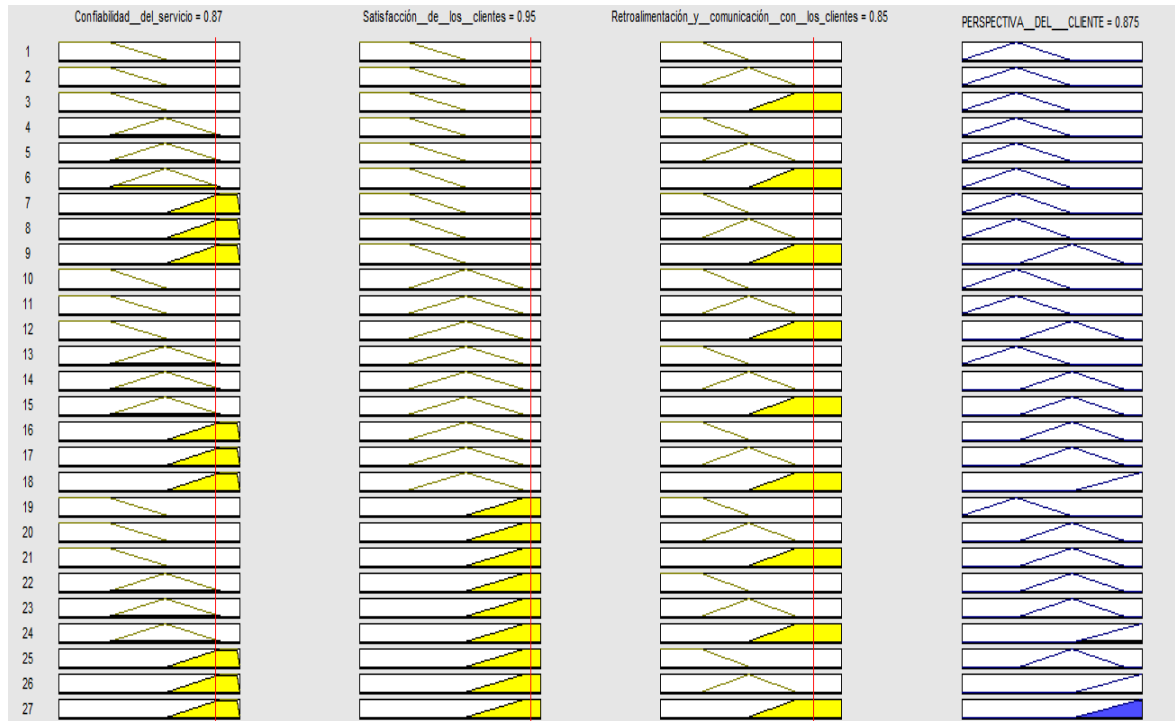
**Figura 29.** Resultado de la relación de los indicadores y la perspectiva financiera.



En la figura 30 se ilustra un posible escenario, donde los indicadores: satisfacción de los clientes tiene un valor de 95% con respecto a la meta que es 97%, calidad y confiabilidad de los clientes un 87% con relación a la meta que es 92%, y retroalimentación y comunicación con los clientes tiene un valor de 80% referente a la meta que es 85 % y lo obtenido del ingreso de éstos en el modelo mostró un resultados en la perspectiva del cliente del 87,5 % , indicando que está en un nivel alto; lo que representa escenario coherente con los objetivos planteados en el estudio.

Si las variables de entradas están bajas, éstas directamente influyen para que la variable de salida esté baja, afectando así el cumplimiento de los objetivos de la organización. Cabe resaltar la importancia que tiene la satisfacción del cliente en las organizaciones, ya que la razón de ser de éstas son los clientes, por eso se debe mantener este indicador muy alto y monitorearlo constantemente para identificar los problemas que tienen y poder así tomar acciones correctivas y preventivas para la mejorar de los mismo.

**Figura 30.** Resultados de la relación entre los indicadores y la perspectiva del clientes.

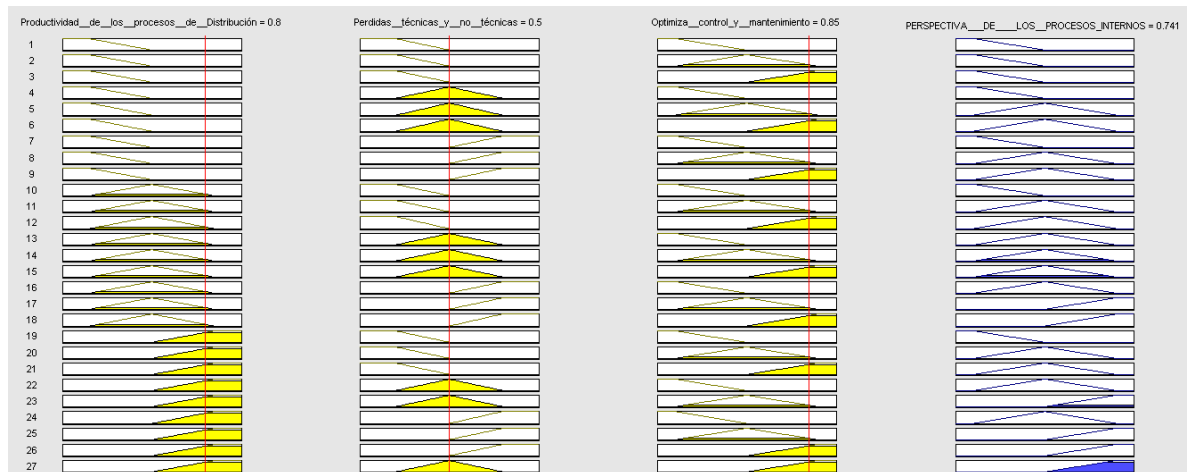


En la figura 31 se ilustra un posible escenario, donde la productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica tiene un valor de 80% con respecto a la meta que es 95%, optimiza control y mantenimiento un 85% referente a la meta que es 90%, pérdidas técnicas y no técnicas, con un porcentaje del 50% con relación a la meta que es 80 % y lo obtenido del ingreso de éstos en el modelo mostró un resultado en la perspectiva de los procesos, obtiene un resultado de 74.1% .También en esta figura se encuentra ilustrado el resultado obtenido con los indicadores propuestos, donde pérdidas técnicas y no técnicas presentan un nivel medio; productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica en un nivel alto y optimiza control y mantenimiento del sistema un nivel alto, y la variable de salida, perspectiva de los procesos internos un nivel medio; lo que significa que los objetivos propuestos por la organización se están cumpliendo; aunque se pueden dar casos, donde los objetivos no se cumplen, pero los

resultados que arrojan, sirven para tomar medidas que permitan mejorar las variables que estén por debajo de la meta.

Para los escenarios donde las variables de entrada de procesos internos, tales como: perdidas técnicas y no técnicas, productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica, optimización y control, mantenimiento del sistema están bajas, el resultado de la perspectiva de los procesos internos va a ser bajo, lo que quiere decir que no se está cumpliendo con el indicador; para este caso la variable productividad de los procesos es la más importante en este tipo de empresa, ya que permite que su competitividad esté dependiendo de este factor; no obstante, este tipo de empresa busca también disminuir las perdidas técnicas y no técnicas que son factores que inciden en el incremento de los costos.

**Figura 31.** Resultados de la relación entre los indicadores y la perspectiva de los procesos internos.



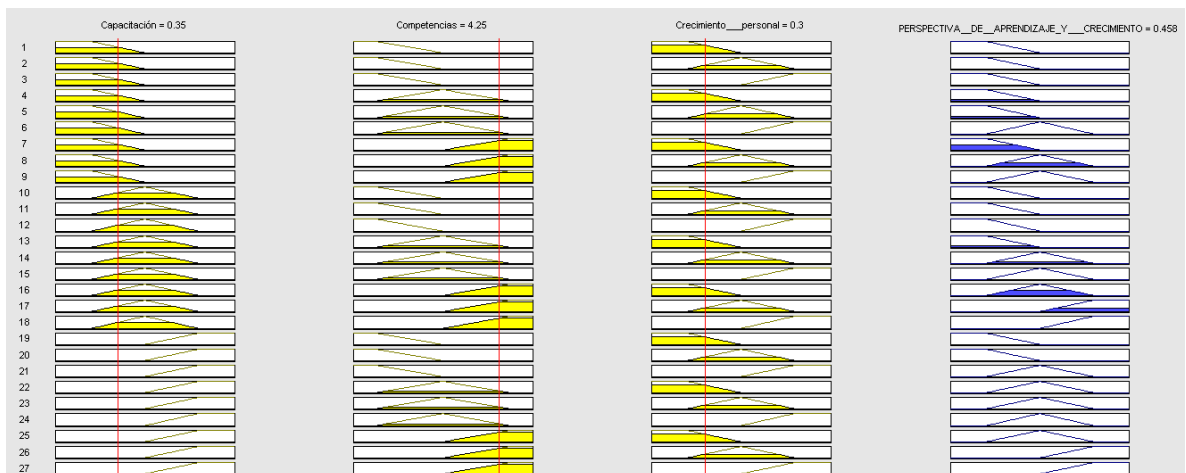
En la figura 32 se ilustra un posible escenario, donde los indicadores: capacitación tiene un valor de 35% con respecto a la meta que es 100%, el desarrollo de competencia un 85% con respecto a la meta que es 100% y crecimiento personal donde tiene un valor de 30% referente a la meta que es 100% y lo obtenido del

ingreso de éstos en el modelo, mostró un resultado en la perspectiva de aprendizaje y crecimiento del 45.8 % ,indicando que está en un nivel medio; lo que representa un escenario aceptable con los objetivos planteados en el estudio.

Se puede inferir que una de las variables de entrada que más incide en la de salida, es el desarrollo de competencias, siendo éste uno de los indicadores más importantes en la perspectiva de aprendizaje y crecimiento. Cabe resaltar que las otras variables principalmente la de capacitación, tienen que ir integradas con el rendimiento y el crecimiento personal, de tal forma que refleje un resultado satisfactorio para la empresa.

Para un escenario donde las variables rendimiento, capacitación y crecimiento personal están en un nivel bajo, el resultado de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento va a ser baja, lo cual significa que la organización no está cumpliendo con el indicador de interés, en este caso esta perspectiva tiene un comportamiento desfavorable para la organización, de tal forma que influye en el desempeño de la empresa para alcanzar las metas propuestas.

**Figura 32.** Resultados de la relación entre los indicadores y perspectiva aprendizaje y crecimiento.



### 5.2.3 Ingreso de los indicadores a utilizar en el modelo etapa 2

**Tabla 14.** Indicadores a utilizar en la aplicación del modelo etapa 2

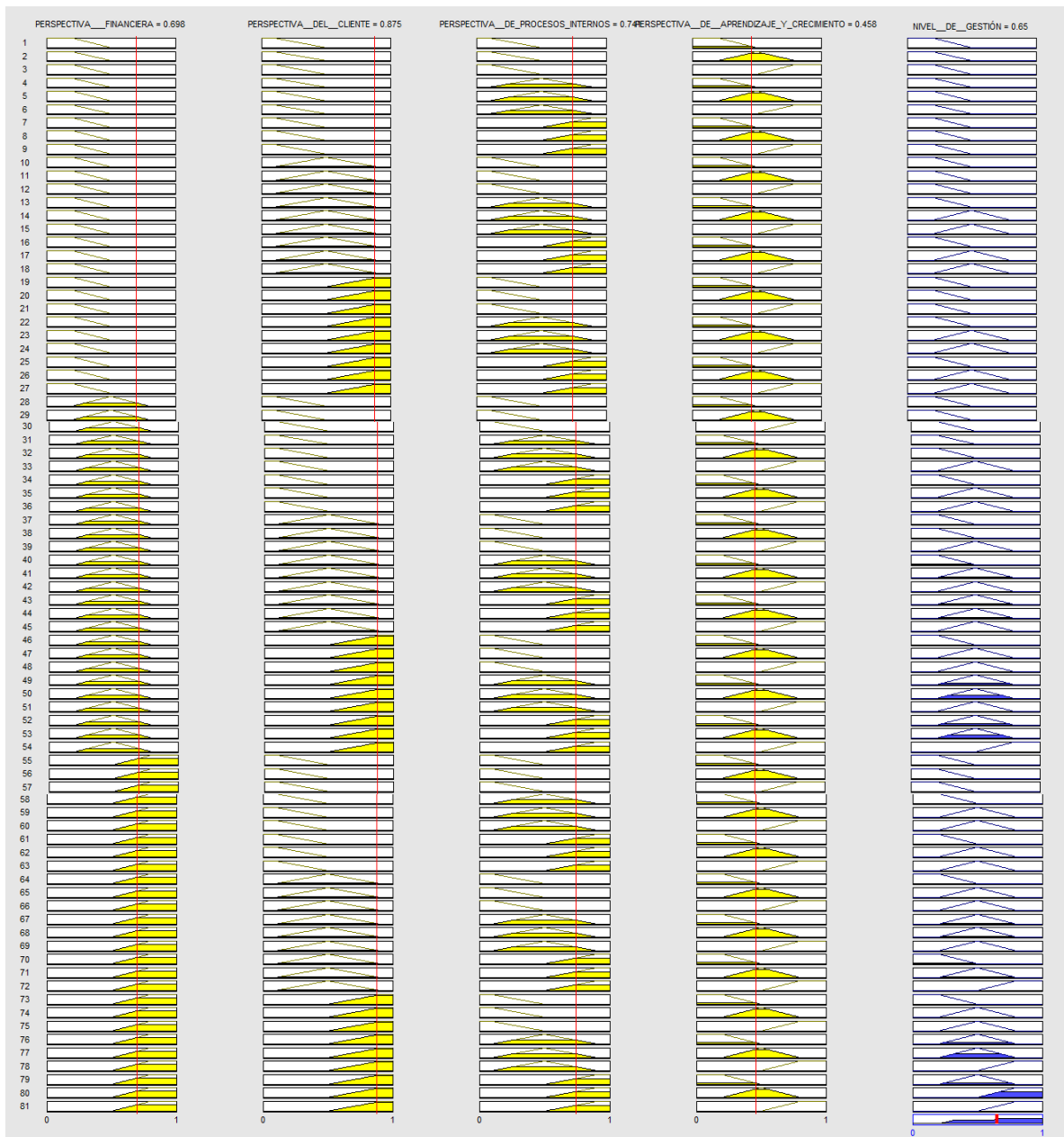
	<b>Valor</b>
Perspectiva financiera	69,8%
Perspectiva del clientes	87,5%
Perspectiva de los procesos internos	74.1%
Perspectiva de aprendizaje y crecimiento	45,8%

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2.4 Resultado de la aplicación del modelo etapa 2

En consecuencia de lo anterior, se procede a analizar los resultados arrojados en la etapa 2. La figura 33 muestra resultados de las variable de interés; reflejando que la perspectiva financiera tiene un 69.8 %, y la perspectiva del cliente tiene un 87.5%, ubicándose la primera en un nivel alto y la segunda en nivel medio, así mismo, la perspectiva de los procesos internos con 74,1 % y la de aprendizaje y crecimiento con un 45, 8%, presentan un nivel medio. Con base en lo anterior se obtiene un nivel de gestión del 65%, cuyo nivel es medio; dando como resultado un escenario coherente con los objetivos planteados en el estudio, lo cual significa que la organización va a tener un nivel de competitividad bueno, sin embargo, se encuentran varios escenarios donde las perspectivas van a cambiar según los factores internos y externos de la organización, por ejemplo se pueden encontrar las cuatro perspectiva en un nivel alto, otras opciones son: dos en un nivel alto, una en medio y otra en bajo, entre otras opciones. Estos escenarios permiten a los administradores visionar como se están comportando los procesos con respecto a los objetivos y las estrategias.

**Figura 33.** Resultados de la relación entre las perspectivas y variable nivel de gestión.



la figura 33 presenta el resumen del resultado obtenido en la aplicación del modelo. En la primera etapa se ingresaron los indicadores de cada perspectiva del modelo, dando un porcentaje en las siguientes perspectivas: financiera, 69.8%, del cliente, 87.5%, de los procesos internos 74.1% y 45.8% en la perspectiva aprendizaje y crecimiento. La segunda etapa consta de ingresar estos valores y repetir el modelo, obteniendo un 65% en el nivel de gestión, la cual es la variable objeto de interés de este estudio.

El resultado obtenido en la variable nivel de gestión fue del 65%, lo cual indica que la organización está cumpliendo con los objetivos planteados, ya que está en un nivel medio. Ésto arroja una información relevante que permite monitorear el comportamiento de los procesos que inciden en esta variable de interés. También facilita a los administradores la toma de decisiones más acertadas, para mejorar las falencias de los procesos y aumentar el nivel gestión de las organizaciones.

**Figura 34.** Resumen del resultado de la aplicación del modelo.

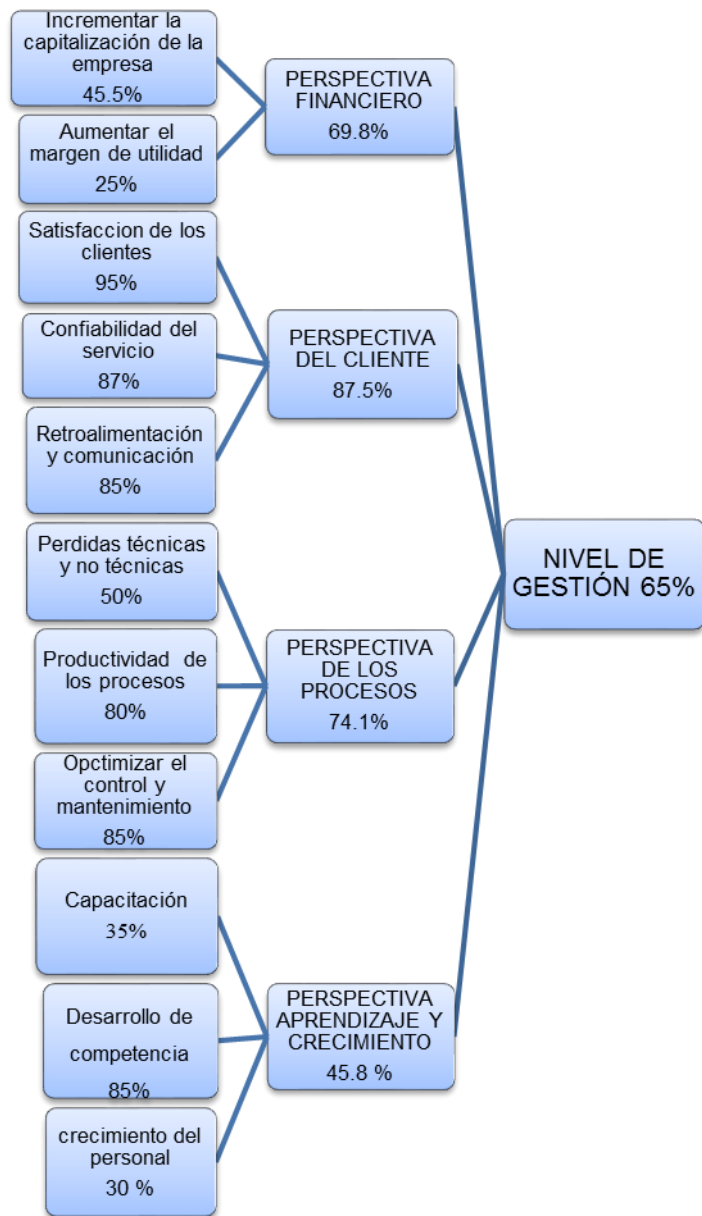
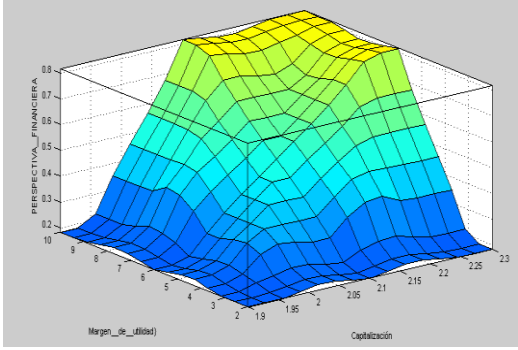
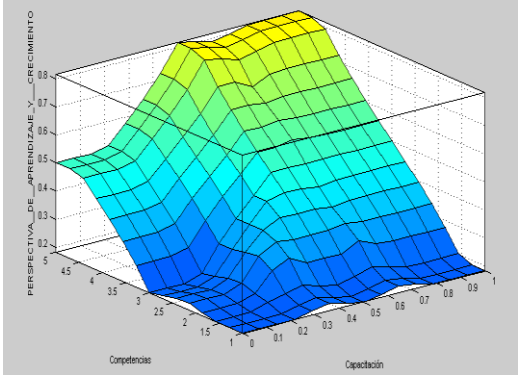
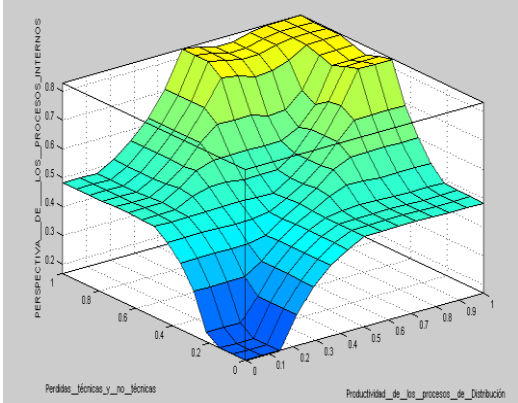


Tabla 15. Superficies difusas de relaciones entre las variables del indicador de cada perspectiva. Fuente: elaboración propia.

Figura 3D	Descripción
	<p>Muestra la relación que arrojó el software Matlab versión 7.0 para el análisis de decisiones. Ésta incluye los dos indicadores de entrada que son margen de utilidad y la capitalización, con la variable de salida que es llamada perspectiva financiera.</p>
	<p>En esta figura se observa la relación que arrojó el software Matlab versión 7.0 para el análisis de decisiones. Ésta incluye los dos indicadores de entrada que son competencias y capacitación, con la variable de salida denominada perspectiva de aprendizaje y crecimiento.</p>
	<p>Ésta muestra la relación que arrojó el software Matlab versión 7.0 para el análisis de decisiones. Ésta incluye la relación entre dos indicadores de entrada que son: optimiza el control y mantenimiento y la productividad de los procesos de distribución de energía eléctrica con la variable de salida llamada perspectiva de los procesos internos.</p>

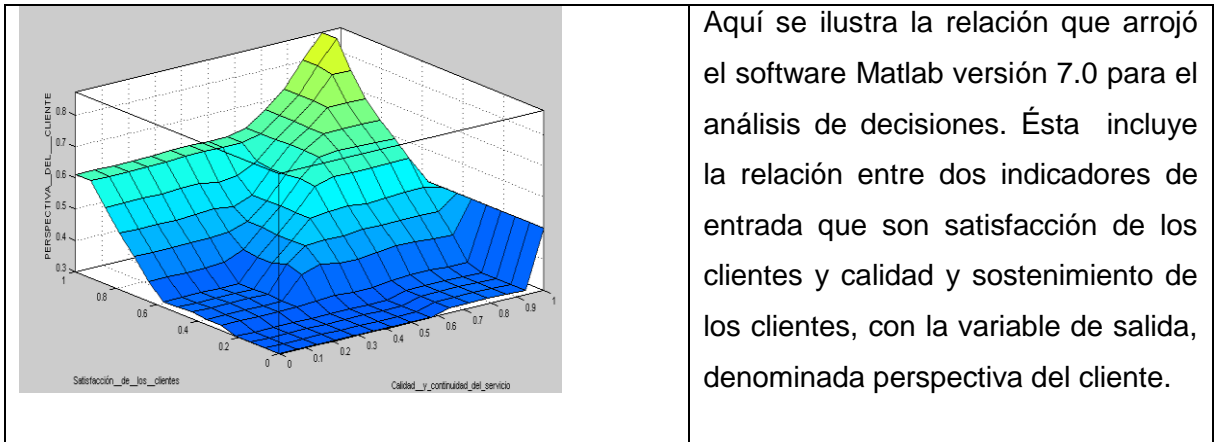
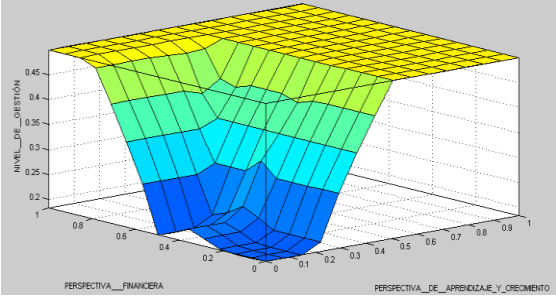
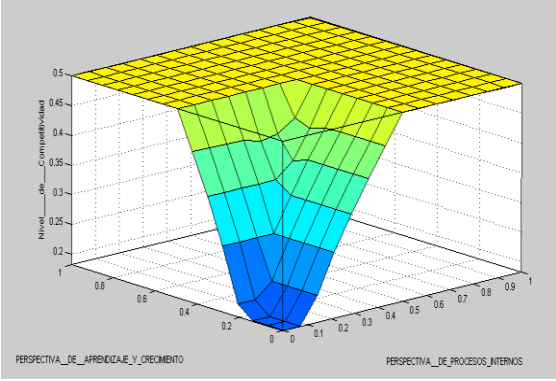
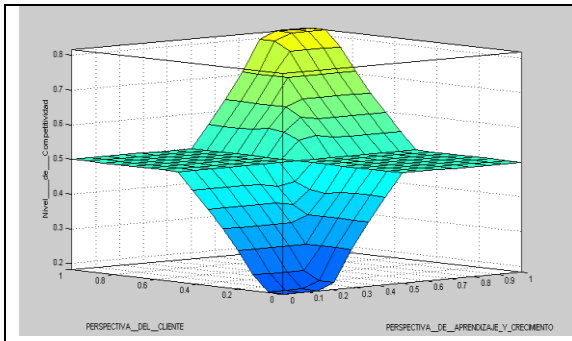
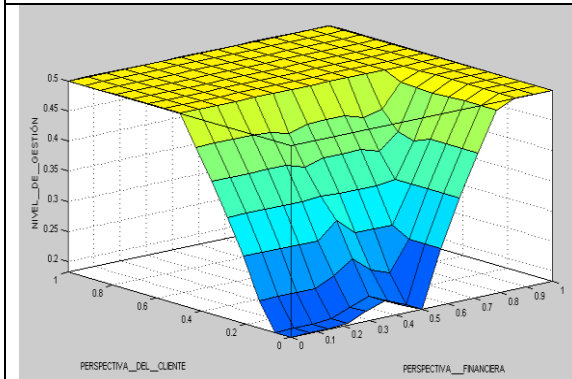


Tabla 16. Superficies difusas de relaciones entre las perspectivas. Fuente: elaboración propia

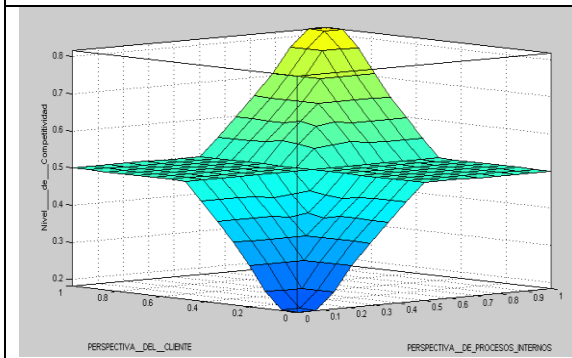
Figura 3D	Descripción
 <p>A 3D surface plot with a color gradient from blue (low) to yellow (high). The vertical axis is labeled 'NIVEL_DE_GESTIÓN' and ranges from 0.2 to 0.45. The horizontal axes are 'PERSPECTIVA_FINANCIERA' (0 to 1) and 'PERSPECTIVA_DE_APRENDIZAJE_Y_CRECIMIENTO' (0 to 1). The surface shows a peak in the upper right quadrant, indicating a high management level when both financial and learning perspectives are high.</p>	<p>Ésta incluye la relación entre las dos perspectiva que son: la financiera y de aprendizaje, con la variable de salida, denominada nivel de gestión.</p>
 <p>A 3D surface plot with a color gradient from blue (low) to yellow (high). The vertical axis is labeled 'Nivel de Comprometimiento' and ranges from 0.2 to 0.5. The horizontal axes are 'PERSPECTIVA_DE_APRENDIZAJE_Y_CRECIMIENTO' (0 to 1) and 'PERSPECTIVA_DE_PROCESOS_INTERNOS' (0 to 1). The surface shows a peak in the upper right quadrant, indicating high commitment when both learning and internal process perspectives are high.</p>	<p>Ésta incluye la relación entre las dos perspectiva que son: procesos internos y de aprendizaje, con la variable de salida, denominada nivel de gestión.</p>



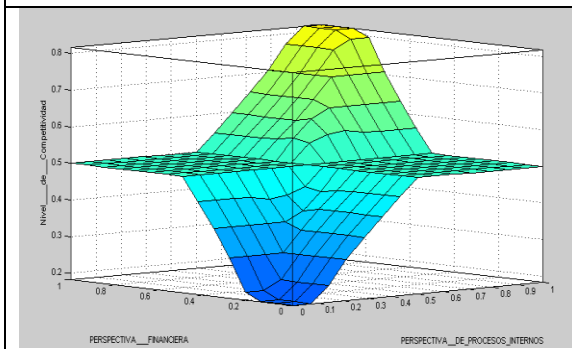
Ésta incluye la relación entre las dos perspectiva que son: aprendizaje y de clientes, con la variable de salida, denominada nivel de gestión.



Ésta incluye la relación entre las dos perspectiva que son: financiera y de clientes, con la variable de salida, denominada nivel de gestión.



Ésta incluye la relación entre las dos perspectiva que son: procesos internos y de clientes, con la variable de salida, denominada nivel de gestión.



Ésta incluye la relación entre las dos perspectiva que son: procesos internos y financiera, con la variable de salida, denominada nivel de gestión.

### 5.3 VALIDACIÓN DEL MODELO

Para efecto de validación del modelo se procederá a correr tres veces los datos, cambiando las variables de entradas con relación a cada perspectiva.

Tabla 17. Validación del modelo. Corrida 1

Variable de entrada	Valor	Perspectiva	valor	Nivel de Gestión
Margen de utilidad	8.1 x 10 <sup>6</sup> equivale en porcentaje 6,48%	Financiera	69,8%	65%
Capitalización	2.2 x 10 <sup>6</sup> que equivale en porcentaje 14,3%			
Confiabilidad del servicio	87%	Cliente	87,5%	
Satisfacción del clientes	95%			
Retroalimentación y comunicación con los clientes	85%			
Pérdidas técnicas y no técnicas	50%	Procesos internos	74.1%	
Productividad de los procesos de distribución	80%			
Optimiza control y mantenimiento del sistema de distribución	85%			
Capacitación	35%	Aprendizaje Y crecimiento	45,8%	
Competencias	4,25			
Crecimiento personal	30%			

Tabla 18. Validación del modelo. Corrida 2

<b>Variable de entrada</b>	<b>Valor</b>	<b>Perspectiva</b>	<b>valor</b>	<b>Gestión</b>
Margen de utilidad	4%	Financiera	41.5%	53.6%
Capitalización	13,69%			
Confiabilidad del servicio	80%	Cliente	65.2%	
Satisfacción del clientes	80%			
Retroalimentación y comunicación con los clientes	50%			
Pérdidas técnicas y no técnicas	70%	Procesos internos	80.4%	
Productividad de los procesos de distribución	90%			
Optimiza control y mantenimiento del sistema de distribución	80%			
Capacitación	90%	Aprendizaje Y crecimiento	40.9%	
Competencias	2,5 equivale a 50%			
Crecimiento personal	70%			

Tabla 19. Validación del modelo. Corrida 3

<b>Variable de entrada</b>	<b>Valor</b>	<b>Perspectiva</b>	<b>valor</b>	<b>Nivel de gestión</b>
Margen de utilidad	7.5%	Financiera	81,7%	78.7%
Capitalización	11%			
Confiabilidad del servicio	40%	Cliente	55.8%	
Satisfacción del clientes	90%			
Retroalimentación y comunicación con los clientes	90%			

Pérdidas técnicas y no técnicas	90%	Procesos internos	71.6%
Productividad de los procesos de distribución	70%		
Optimiza control y mantenimiento del sistema de distribución	45%		
Capacitación	90%	Aprendizaje Y crecimiento	79.8%
Competencias	4,5 equivale a 90%		
Crecimiento personal	70%		

#### 5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para efecto de análisis de resultados de este estudio se procede a examinar la relación existente entre los indicadores y las perspectivas, además, se valida el modelo de integración del BSC y lógica difusa., modificando los valores de cada uno de los indicadores, de tal forma que permita visualizar el comportamiento de cada perspectiva. Por ejemplo, si se varían los valores de los indicadores financieros; éstos inciden directamente en la perspectiva financiera, lo cual se ve reflejado en la variación del objeto de interés del estudio. En consecuencia, se hace el mismo procedimiento para indicadores del cliente, procesos internos, aprendizaje y crecimiento, con relación a sus perspectivas. Cabe resaltar que existen unos indicadores más significativos que interfieren en el desempeño de las perspectivas. Estos indicadores dependen de los objetivos que busquen las organizaciones para alcanzar las metas propuestas. No obstante para la empresa de distribución de energía eléctrica el factor económico es indispensable para

mantener su competitividad en el mercado, que dependen de la eficiencia y eficacia de sus procesos.

Para concluir, es indispensable controlar y evaluar el comportamiento de los indicadores que inciden en cada una de las perspectivas. No obstante, para la variable objeto de estudio, el nivel de gestión depende de los resultado que arrojan estos indicadores en la etapa 1; lo que orienta a las organizaciones a estar en constante monitoreo en cuanto a cumplimiento de los objetivos y estrategias propuestas.

## 6 CONCLUSIONES

- La lógica difusa y el BSC constituyen un buen modelo para el manejo de la incertidumbre y para el análisis del cumplimiento de las estrategias planteadas en los procesos organizacionales.
- La identificación y la definición del problema del estudio, son fundamentales para el diseño del modelo que mejor responda a las necesidades específicas de una organización.
- La aplicación del modelo basado en la lógica difusa permite abordar de manera efectiva la creación de sistemas de apoyo en la toma de decisiones, ya que brinda la capacidad de extraer datos de forma práctica a los evaluadores experimentados para descubrir relaciones entre éstos.
- El uso de modelos flexibles como el BSC y la lógica difusa, que tienen en cuenta tanto las variables internas como las externas, son fundamentales para la solución de situaciones complejas e inciertas que comúnmente se presenta en las empresas del sector eléctrico.
- Las herramientas aportadas por la lógica difusa, como son las variables lingüísticas fundadas en la opinión de los expertos y los sistemas de expertos basado en reglas difusas, no sólo permiten realizar mediciones de variables cualitativas, sino también hacer operaciones con estas, arrojando resultados pertinentes, los cuales ayudan a minimizar la incertidumbre en el momento de la toma de decisión.
- La aplicación del Balanced Scorecard unido a la lógica difusa en el sector eléctrico, principalmente en el proceso de generación de energía eléctrica, proporciona resultados valiosos que permite a los administradores tener

alternativas para tomar la mejor decisión en el logro de los procesos estratégicos de la organización.

- Uno de los beneficios que ofrece la lógica difusa y el Balanced Scorecard es la disminución de la incertidumbre en los procesos fundamentales de la organización, característica que le permite a la organización tener una mayor claridad del comportamiento de sus procesos con respecto a los objetivos estratégicos.
- El BSC prueba ser una herramienta estratégica de gestión, ya que permite utilizar indicador no financiero y relacionarlo con las estrategias de las organizaciones.

## 7 RECOMENDACIONES

- Con el desarrollo de este trabajo se sugiere realizar otras investigaciones que permitan incorporar nuevos factores que en la actualidad midan la eficiencia y la eficacia de la empresa de una forma más detallada y así poder evaluar y controlar los nuevos indicadores utilizados en este entorno tan cambiante.
- Desarrollar un programa de divulgación de los principales resultados de la aplicación del modelo a otros procesos del sector eléctrico y de empresas de otros sectores de la economía.
- Realizar un estudio similar con el fin de diagnosticar las necesidades en materia de toma de decisiones que existen en otras empresas de diferentes sectores al eléctrico, para llevar a cabo la aplicación del modelo de integración del BSC y lógica difusa.
- Utilizar en futuros estudios sistemas de inferencia Takagi-Sugeno.
- Realizar este mismo estudio en una empresa real del sector eléctrico
- Aplicar este modelo a otros procesos del sector eléctrico que permita la integración del BSC y lógica difusa
- En la actualidad se requiere formar profesionales con mayor capacidad de desempeño técnico en la aplicación de las últimas tecnologías, fomento y desarrollo de procesos investigativos que permitan cambios tecnológicos y estratégicos en el sector eléctrico.



## 8 BIBLIOGRAFIA

Argüello N (2011). Gestión estratégica para la empresa "Electroclima" basado en BSC. Tesis presentada a la escuela politécnica del ejército de Ecuador, Tesis para optar al grado de Ingeniería Comercial. Sangolqui.

Arango, M Serna, A., Pérez, G. (2008). Aplicaciones de lógica difusa a las cadenas de suministro. Avance en Sistemas e Informática, Vol. 5, Nº 3.

Ayvaz, E., Pehlivanli, D (2011). The Use of Time Driven Activity Based Costing and Analytic Hierarchy Process Method in the Balanced Scorecard Implementation. International Journal of Business and Management Vol. 6, No 3.

Ballesteros, E., Cohen, D.(1998). Metodología multicriterio en la decisiones empresariales. Dirección y Organización, N 19, pp.5-11, Madrid.

Baxendale, J., Donovan, D. (2001). Building a balanced scorecard for entrepreneurs. Journal of Cost Management. 15(6), 33-38.

Bodillo, F., Delgado, M., Gómez, J., López, E. (2009). A semantic fuzzy expert system for a fuzzy balanced scorecard. scienc direct expert system with application 36 ,pp 427-433.

Bottani, E., Rizzi, A. (2006). Strategic management of logistics service a fuzzy QFD approach. Departament of industrial engineering,vialedelle scienza181/A.Campus University of Parma, 43100, Italy.

Bellman, R., Zadeh, L. (1970). Decisionmaking in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), pp. 141-164.

Caneco, M., Almeda A. (2008). Electronic Government: a Multi-Criterion Approach to Prioritizing Projects by Integrating Balanced Scorecard Methodology Indicators. *Brazilian Journal of Operations & Production Management* Volume 5, Number 2, pp. 49-71

Canos, L. (2004) .Gestión de recursos humanos basado en la lógica difusa. Universidad Politécnica de Valencia Departamento de organización de empresa, economía y financiera. Pág. 32.

Cogollo, J. 2010. Diseño metodológico para la implementación del sistema de indicadores de desempeño de la cadena de suministros en un astillero colombiano en condiciones de incertidumbre. Tesis presentada a la Universidad Nacional de Colombia, Tesis para optar al grado de Magíster en Ingeniería Administrativa. Medellín

Correa, J. (2004). Aproximaciones Metodológicas Para la Toma de Decisiones, Apoyadas en Modelos Difusos, tesis presentada a la Universidad Nacional de Colombia, Tesis para optar al grado de Magíster en Ingeniería de Sistemas. Medellín.

Goncalves, E. (2007) .Utilizacao da lógica fuzzy para projecao dos indicadores de desempenho estratégico. Programa de educación de Postgrado e Investigación. Tesis de Maestría. Rio de Janeiro Brasil Pág. 62.

Cornelissen, A., Berg, J., Koops, W., Grossman, M., Udo, H. (2001). Evaluación de la contribución de los indicadores de sostenibilidad al desarrollo sostenible: un nuevo enfoque mediante la teoría de conjuntos difuso. *Agricultura, ecosystems and environment* 83:173-185.

Dodangeh, J., Yusuff., Jassbi J (2011). The best selection of strategic plans in balanced scorecard using multi objective decision making model. *African journal of business management* vol.5(3), pp 681-686

Duran, O., Zanori, R. (2001). Evaluación de alternativa de diseño usando la lógica difusa. *Revista Facultad de Ingeniería*, enero-diciembre vol 9. Pág. 44-53.

Ferraro D., Chersa, C., Sznaidez, G.(2003). Evaluación de los indicadores de impacto ambiental utilizando lógica difusa para evaluar los sistemas de cultivos mixtos de la interiores pampa, Argentina. IFEVA, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA).

Hafeez et al., K. Hafeez, Y. Zhang and N. Malak. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process, *International Journal of Production Economics* 76, pp. 39–51.

García, C. (2003). Modelo basado en la lógica difusa para la construcción de indicadores de vulnerabilidad urbana frente a fenómenos naturales. Universidad Nacional sede Manizales. Facultad de ingeniería y arquitectura. Tesis de Maestría en medio ambiente y desarrollo.

García, G. (2009). Metodología para la implementación del Balanced Scorecard (BSC) en una pequeña empresa manufacturera. Tesis de Maestría en Ciencias Administrativas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia-Michoacán, México.

Jang, J., Mizutani E., Sun, C (1997). Neuro fuzzy and sofá computing a computational approach to learning and machina intelligence. New york: prentice hall.

Kaplan, R, Norton, D (1997). "Cuadro de Comando Integra (The Balanced Scorecard). Barcelona: Ediciones Gestión 2000.

Kaplan, R., Norton, D. (1996). "Using the Balanced Socorecard As a Stretegic Management" Harvard Business Review.

Kaplan, R., Norton, D. (1992) "The Balanced Socorecard Measures that drives performance" Harvard Business Review.

Kaplan, R., Norton, D. (1993) "Putting the Balanced Scorecard to Work" Harvard Business Review.

Kaplan, R., Norton, D. (2000). "Mapas estratégicos. Convirtiendo los activos intangibles en resultados tangibles" Ediciones Gestión 2000. Barcelona

Kaplan, R., Norton, D. (2001). "Como Utilizar el Cuadro de Mando Integral para implantar y gestionar su estrategia" Ediciones Gestión 2000.Barcelona

Kaplan, R., Norton, D. (2004). Strategy Maps: converting intangible Assets into Tangible Outcomes. Boston: Harvard Business School Press.

Kaplan, R., Norton, D. (2006). "How to implement a new strategy without disrupting your organization" Harvard Business Review, 84(39):100.

Kaufmann, A., Gil, A. (1993). "Introducción de la teoría de subconjunto borrosos a la gestión de empresa". Ed. Milladoiro,

Kaufmann, A., Gil, A. (1987). "Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre".Ed. Hispano Europea,

Klir, G J., Yuan, B. (1987).Fuzzy Sets end Fuzzy Logic,Theory and Applications. Vol. 1, NE Jersey: Prentice Hall PTR pp. 390- 417.

EGEA L, (2009). "Casos estudios típicos en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Colombia

Quintero, V. (2001). Sistema de indicadores para proyectos. Documento memoria y pautas metodológicas –Fondo de fortalecimiento de organizaciones comunitarias- Primer taller general: Bogotá, Mayo 31 – Junio 1 de 2.001. Corporación CONSORCIO para el desarrollo comunitario. Bogotá.

Mallo, P., Galantema, M., Pascual, M., Morettini, M., Busetto, A. (2006). Aplicación de herramientas borrosas al balance scorecard. Revista "Costos y Gestión" 61: 12 -19.

Mallo, P Artola., Galantema, M., Pascual, M., Morettini, M., Busetto, A. (2005) La medición de variables cualitativas en el balance scorecard. Un aporte de la lógica difusa"Publicado Congreso metropolitano en Ciencias Económicas.

Manian, A. 2011. Performance Evaluating Of It Department Using A Modified Fuzzy Topic And Bsc Methodology (Case study: Tehran Province Gas Company). Journal of Management Research, Vol 3, N° 3.

Martinez, E., 1998. Evaluación y decisión multicriterio: Una perspectiva, Ed. Universidad de Santiago, Santiago de Chile, Chile.

Medina, S. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en los Problemas financieros. Cuadernos de administración, julio-diciembre, año/ vol.19, numero 032 pág. 195-223.

Nissen, V. (2005b). Die fuzzy balanced scorecard [in German]. Technical Report 2005-01, Technische Universität Ilmenau (Germany), Institut für Wirtschaftsinformatik.

Montoya, C. (2007). Planeación estratégica para el negocio de las telecomunicaciones. Tesis de Maestría en Administración. Universidad EAFIT, Medellín-Colombia.

Morales Souquett , M., Thaiz, C., Bernarda P (2007). Balanced scorecard, como herramienta de diagnostico. Visión gerencial. V 6 No 1.

Muñoz, H. (2004). Modelo de QFD mediante la lógica difusa. Instituto Tecnológico de Orizaba- U.P.A.E.P. Revista electrónica de información y difusión científica. Vol. 10: 5-14.

Pacheco J., Castañeda, W., Caicedo, C. (2002). Indicadores integrales de gestión .Mcgraw- Hill Interamericana S.A.

Regalini, R, C, Bonet, C, Maragano, J Stella (2008). Diseño e implementación de un cuadro de mando integral (CMI) para una distribuidora de energía eléctrica. Universidad tecnológica nacional, facultad regional santa fe, departamento electrotecnica, Santa fe-Argentina.

Rosero, O. (2006). Indicadores financieros para el Balanced Scorecard. Tesis de Maestría en Administración. Universidad nacional de colombia Sede Medellín.

Secme, N., Bayrakdaroglu, A., Kahraman., C (2009) .Fuzzy performance evaluation in Turkish Banking Sector using Analytic Hierarchy Process and TOPSIS Expert Systems with Applications (36 ) 11699–11709.

Sedysheva, M (2012) "Strategic management system and methods of controlling as key elements of military expenditure policy-making process", Journal of Strategy and Management, Vol. 5 Iss: 3, pp.353 – 368.

Thompson, R., Mathys, N. (2008). "The aligned balanced scorecard: An improved tool for building high performance organizations," Organizational Dynamics, Vol. 37, No. 4, pp. 378-393.

Uribe, M., Ortega, B (2008). El proceso de análisis jerárquico: el lazo integrador entre el Balance Scorecard y el costeo basado en actividades. Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá (Colombia)

Urrutia, A., Varas, M. (2008). Implementación de indicadores de gestión cuantitativos y cualitativos en almacenes de datos utilizando la lógica difusa. Universidad Católica de Maule Chile.

Valenzuela, J. (2008). Diseñando un sistema de información integrado de gestión de indicadores con "factor difuso" para el mejoramiento continuo de los procesos. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.

Vanti, A., Espin, R., Goyer, D., Schripsema, A. (2005). La importancia de los objetivos estratégicos y el retraso del y Principales Indicadores de la cadena de importación y el proceso de exportación utilizando el sistema de lógica difusa. MBA en Tecnologías de la información. Estudiantes de Gestión- Unisinos São Leopoldo Rs Brasil.

Vantil A., Espin, R., Pérez, A., Ciota, D. (2008). Temas estratégicos para la construcción de BSC basado en la lógica difusa. The International Journal of Applied Management and Technology, V6, Núm. 2

Vergara, C., Gaviria, C. (2009). Planificación de la producción con la lógica difusa. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Vergara, H. (2005). El Balanced Scorecard aplicado en áreas de indemnizaciones de seguros generales en aseguradora Colseguros S.A. Tesis de Maestría en Administración. Escuela de Administración y Finanzas. Universidad de EAFIT, Medellín-Colombia.

Veronese, A., Carneiro, J., Ferreira, J., Kimura, H (2011). Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP. Journal of Business Research.

Villa, G (2007). Gerencia del mantenimiento para la reducción, el control y el sostenimiento de niveles óptimos de pérdidas no técnicas de energía eléctrica en un sistema de distribución. Tesis presentada a la universidad de Antioquia, tesis para optar al grado del título de especialista en gerencia de mantenimiento. Medellín.

Volker, N. (2005). Die fuzzy Balanced Scorecard. Universidad Técnica de Ilmenau Facultad de Ciencias Económicas Instituto de Sistemas de Información Alemania Informe de Trabajo N 2005-01.

Zadeh, L., A. (1975). Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes. London, Academic Press Inc. pp 2-79.

Zadeh, L., A. (1965), "From circuit theory to systems theory." IREProc, 50, pp. 856-865.

# ANEXOS

## ANEXO A

COMPETENCIAS ESPECIFICOS			
COMPETENCIAS	DEFINICION	INDICADOR	CALIFICACION
<b>Trabajo en equipo</b>	Capacidad para ejercer de una manera idónea sus funciones dentro su equipo de trabajo	Mantiene una buena comunicación asertiva con los integrantes de su equipo	
		Ejerce bien sus funciones con distintos tipos de personas	
		acepta las opiniones de su grupo de trabajo para ejercer una función	
<b>Desarrollo de subordinados:</b>	Capacidad de acatar órdenes y responder ante actividades delegadas.	<input type="checkbox"/> Recibe instrucciones de trabajo y se hace responsable de su ejecución.	
<b>Análisis de problemas:</b>	Capacidad para identificar problemas, buscar datos pertinentes al respecto, reconocer la información relevante y encontrar las	<input type="checkbox"/> Identifica problemas de su cargo y de áreas complementarias.	
		<input type="checkbox"/> Busca soluciones efectivas considerando las reglas, instrucciones y procedimientos contenidos en los procedimientos y	

	posibles causas del mismo.	manuales relacionados a su área de trabajo.	
		<input type="checkbox"/> Aporta acciones preventivas para evitar un problema.	
<b>Estimular el compromiso</b>	Capacidad de responder con responsabilidad ante las funciones de la organización	realiza sus funciones de una manera responsable e idónea	
		Busca la manera de crear en su grupo de trabajo sentido de pertenencia y compromiso con lo que hacen.	
<b>Intuición</b>	Capacidad de analizar y proyectar posibles situaciones que se puedan presentar	Identifica situaciones presentada dentro entorno organizacional.  Informa sobre posibles problemas que se puede presentar dentro su área de una manera intuitiva	
<b>Actuar bajo presión</b>	Capacidad de afrontar situaciones donde tenga trabajar bajo exigencia laborales.	Mantiene la calma ante situaciones bajo presión	
		Realiza sus funciones de igual manera bajo presión	

Nivel 4: ejerce adecuadamente la competencia de sus funciones operativas adquirida.

Nivel 3: cuando se propone ejerce adecuadamente la competencia de sus funciones operativas adquirida

Nivel 2: ocasionalmente ejerce adecuadamente la competencia de sus funciones operativas adquirida

Nivel 1: no ejerce adecuadamente la competencia de sus funciones operativas adquirida

PREGUNTAS DE LA ENCUESTA	CALIFICACION				
HABILIDADES Y DESTREZAS EN EL AREA DE TRABAJO					
CAPACIDAD DE ANALISIS	Opera rio A	Operar io B	Operar io C	Opera rio D	Opera rio E
¿Tiene un buen método de recolección y análisis de información?	5	1	1	5	1
¿Utiliza de una manera eficiente la información obtenida en la organización?	2	2	5	5	2
¿Utiliza adecuadamente las herramientas para procesar información?	2	3	2	5	2
¿Procesa la información de una manera idónea y efectiva?	1	2	2	5	3
¿Tiene destrezas para solucionar los problemas presentados en el área de trabajo?	3	3	5	4	5
<b>TOTAL</b>	13	11	15	24	13
Promedio	2,6	2,2	3	4,8	2,6
CAPACIDAD PARA TRABAJAR EN EQUIPO	Opera rio A	Operar io B	Operar io C	Opera rio D	Opera rio E
¿Trabaja bien con distintos tipos de personas?	2	4	5	5	3
¿Tiene una buena comunicación asertiva con los integrantes de su equipo?	4	3	5	3	5
¿Motiva a su equipo para conseguir los objetivos?	4	3	4	4	4
¿El trabajo es repartido de una forma equitativa en su equipo?	4	3	4	3	3
¿Cuándo en su equipo de trabajo surge un problema, usted utiliza para encontrar una buena solución?	3	2	5	5	4

<b>TOTAL</b>	17	15	23	20	19
Promedio	3,4	3	4,6	4	3,8
<b>ESTIMULAR EL COMPROMISO</b>	<b>Opera rio A</b>	<b>Operar io B</b>	<b>Operar io C</b>	<b>Opera rio D</b>	<b>Opera rio E</b>
¿Es responsable a la hora de realizar sus actividades?	2	3	1	4	2
¿Realiza usted los objetivos propuestos de una manera eficaz?	3	4	5	4	2
¿Conoce las funciones y responsabilidades de su puesto de trabajo?	5	3	3	5	2
¿Cumple usted con el horario establecido por la empresa?	5	3	4	5	3
¿Cuenta usted con herramientas e instrumentos para desempeñarse en su labor?	4	2	3	4	3
<b>TOTAL</b>	19	15	16	22	12
<b>Promedio</b>	3,8	3	3,2	4,4	2,4
<b>INSPIRAR CONFIANZA</b>	<b>Opera rio A</b>	<b>Operar io B</b>	<b>Operar io C</b>	<b>Opera rio D</b>	<b>Opera rio E</b>
¿Sus compañeros de trabajo piensan que usted es una persona confiable?	5	1	4	5	1
¿Cree usted que es importante inspirar confianza en su organización?	3	2	4	5	2
¿Es usted una persona confiable en cuanto a la información privada de la empresa?	3	4	5	5	3
¿El personal de la organización se acerca a usted para comentarle algo?	3	2	5	5	1
¿Reserva usted los comentarios negativos que escucha de sus compañeros de trabajo?	2	3	3	3	4
<b>TOTAL</b>	16	12	21	23	11
Promedio	3,2	2,4	4,2	4,6	2,2
<b>INTUICION</b>	<b>Opera rio A</b>	<b>Operar io B</b>	<b>Operar io C</b>	<b>Opera rio D</b>	<b>Opera rio E</b>
¿Reconoce usted fácilmente una situación negativa que se este presentando?	5	4	4	4	2
¿Tiene usted capacidad para analizar una persona?	3	4	2	5	1
¿Identifica usted las necesidades que se presentan en la empresa?	2	2	2	5	3
¿'se le facilita a usted reconocer los errores que se presentan es sus labores?	3	2	4	3	3
¿Reacciona cuando identifica una falencia	2	4	3	4	5

en su trabajo?					
<b>TOTAL</b>	15	16	15	21	14
Promedio	3	3,2	3	4,2	2,8
<b>ACTUAR BAJO PRESION</b>	<b>Opera rio A</b>	<b>Operar io B</b>	<b>Operar io C</b>	<b>Opera rio D</b>	<b>Opera rio E</b>
¿Para usted constituye una motivación para el trabajo la presión laboral?	5	2	5	5	4
¿Sabe actuar correctamente bajo presión?	2	1	3	5	3
¿Siente que es más eficaz su trabajo cuando esta bajos presión?	3	2	3	5	3
¿Cree usted que el trabajo bajo presión puede afectar su labor?	2	1	4	5	4
¿Lo desmotiva a usted trabajar bajo presión?	1	1	4	5	3
<b>TOTAL</b>	13	7	19	25	17
<b>Promedio</b>	2,6	1,4	3,8	5	3,4

COMPETENCIAS	OPERARIO A	OPERARIO B	OPERARIO C	OPERARIO D	OPERARIO E
A. CAPACIDAD DE ANALISIS	2,6	2,2	3	4,8	2,6
B. TRABAJO EN EQUIPO	3,4	3	4,6	4	3,8
C. ESTIMULA EL COMPROMISO	3,8	3	3,2	4,4	2,4
D. INSPIRA CONFIANZA	3,2	2,4	4,2	4,6	2,2
E. INTUICION	3	3,2	3	4,2	2,8
F. ACTUAR BAJO PRESION	2,6	1,4	3,8	5	3,4
<b>TOTAL</b>	18,6	15,2	21,8	27	17,2

COMPETENCIAS	VALOR COMPETENCIA	OPERARIO A	OPERARIO B	OPERARIO C	OPERARIO D	OPERARIO E
A. CAPACIDAD DE ANALISIS	0,2	2,6	2,2	3	4,8	2,6
B. TABAJO EN EQUIPO	0,1	3,4	3	4,6	4	3,8
C. ESTIMULA EL COMPROMISO	0,2	3,8	3	3,2	4,4	2,4

D. INSPIRA CONFIANZA	0,2	3,2	2,4	4,2	4,6	2,2
E. INTUICION	0,1	3	3,2	3	4,2	2,8
F. ACTUAR BAJO PRECION	0,2	2,6	1,4	3,8	5	3,4

COMPETENCIAS	VALOR COMPETE NCIA	OPERA RIO A	OPERA RIO B	OPERA RIO C	OPERA RIO D	OPERA RIO E
A. CAPACIDAD DE ANALISIS	0,2	0,52	0,44	0,6	0,96	0,52
B. TABAJO EN EQUIPO	0,1	0,34	0,3	0,46	0,4	0,38
C. ESTIMULA EL COMPROMISO	0,2	0,76	0,6	0,64	0,88	0,48
D. INSPIRA CONFIANZA	0,2	0,64	0,48	0,84	0,92	0,44
E. INTUICION	0,1	0,3	0,32	0,3	0,42	0,28
F. ACTUAR BAJO PRESION	0,2	0,52	0,28	0,76	1	0,68
	<b>1</b>	<b>3,08</b>	<b>2,42</b>	<b>3,6</b>	<b>4,58</b>	<b>2,78</b>

**NIVEL MUY BAJO 1-2**

**NIVEL BAJO 2-3**

**NIVEL MEDIO 3-4**

**NIVEL ALTO 4-5**

## ANEXO B

### Objetivo Desarrollar el crecimiento personal

CRECIMIENTO PERSONAL					
MOTIVACIÓN	Operario A	Operario B	Operario C	Operario D	Operario E
¿Su desempeño depende del estado de ánimo?	5	3	4	3	4
¿Se siente satisfecho con las funciones desempeñadas?	4	3	4	5	4
¿Su crecimiento personal depende de los logros obtenidos en su área de trabajo?	5	2	2	3	2
<b>TOTAL</b>	14	8	10	11	10
<b>Promedio</b>	4,67	2,67	3,33	3,67	3,33
CLIMA ORGANIZACIÓN	Operario A	Operario B	Operario C	Operario D	Operario E
¿Desempeña sus funciones con pasión por que quiere la empresa?	5	2	3	3	2
¿Tiene un crecimiento personal cuando las condiciones de trabajo le ayudan a mejorar su desempeño?	5	4	3	4	4
¿Su desempeño laboral no es afectado por el clima organización de la empresa?	5	5	4	4	3
<b>TOTAL</b>	15	11	10	11	9
<b>Promedio</b>	5,00	3,67	3,33	3,67	3,00
INCENTIVOS	Operario A	Operario B	Operario C	Operario D	Operario E
¿Mejora su desempeño cuando la empresa le brinda incentivos?	4	3	3	3	2
¿Se siente realizado cuando la organización le valora los logros obtenidos en su trabajo?	5	3	4	2	2
¿Las capacitaciones que le brinda la organización, lo incentiva a mejorar sus funciones y sentirse realizado como persona?	4	2	3	2	2
<b>TOTAL</b>	13	8	10	7	6
<b>Promedio</b>	4,33	2,67	3,33	2,33	2,00

COMPETENCIAS	VALOR COMPETENCIA	OPERARIO A	OPERARIO B	OPERARIO C	OPERARIO D	OPERARIO E
MOTIVACIÓN	0,35	4,66	2,66	3,33	3,66	3,33
CLIMA ORGANIZACIÓN	0,4	5	3,66	3,33	3,66	3
INCENTIVOS	0,25	4,33	2,66	3,33	4	2

COMPETENCIAS	VALOR COMPETENCIA	OPERARIO A	OPERARIO B	OPERARIO C	OPERARIO D	OPERARIO E
MOTIVACIÓN	0,35	1,63	0,93	1,16	1,28	1,16
CLIMA ORGANIZACIÓN	0,4	2	1,46	1,33	1,46	1,2
INCENTIVOS	0,25	1,08	0,66	0,83	1	0,5
<b>TOTAL</b>		<b>4,71</b>	<b>3,06</b>	<b>3,33</b>	<b>3,75</b>	<b>2,86</b>
		94%	61%	67%	75%	57%

Nivel Bajo 0%-40%

Nivel Medio 40%-70%

Nivel Alto 70%-100%

