UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Relación entre capacidades de innovación tecnológica y desempeño innovador a partir de las encuestas colombianas de innovación aplicando lógica difusa.

Diana Alexandra Gálvez Rivera

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización

Medellín, Colombia

2013

Relación entre capacidades de innovación tecnológica y desempeño innovador a partir de las encuestas colombianas de innovación aplicando lógica difusa.

Diana Alexandra Gálvez Rivera

Trabajo final de grado para optar por el título de:
Magister en Ingeniería Administrativa

Director:
Ph.D. Jorge Robledo Velásquez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2013

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanos quienes creyeron en mí y me dieron el ánimo y el apoyo para salir adelante, tanto en mi formación académica como en mi vida personal. A Dios, porque fue quien me brindó la oportunidad de dar este gran paso a nivel profesional. A mis amigos y compañeros quienes con sus palabras de aliento me apoyaron.

Agradecimientos

Agradezco a cada una de las personas que con sus palabras me hicieron reflexionar y valorar el esfuerzo que se debe hacer para continuar progresando en la vida.

Gratifico a Alejandro Márquez, quien con su apoyo incondicional y conocimiento sobre la herramienta a utilizar, me guió y estuvo siempre pendiente del progreso de este trabajo, quien con sus palabras de aliento me animaban a continuar y a aprender cada vez más.

Reconozco el apoyo brindado por mi tutor Jorge Robledo, quien me dirigió y asesoró en las dudas presentadas en la elaboración de este trabajo. Teniendo en cuenta también mi crecimiento a nivel no solo profesional sino a nivel personal.

Le agradezco a cada una de las personas que intervino en este proceso, las que me vieron “estresarme” y continuaban allí brindándome los mejores consejos, a los profesores que les consulte para que me guiaran, quienes con su valioso apoyo hacen que este sueño se haga realidad.

Contenido

Lista de tablas 8

Lista de gráficas 10

1. Introducción 15

1.1. Planteamiento del problema 16

1.2. Objetivos 17

1.2.1. Objetivo general 17

1.2.2. Objetivos específicos 17

1.3. Justificación 18

2. Marco Teórico 19

2.1. Innovación 20

2.2. Capacidad de Innovación Tecnológica (CIT) y desempeño innovador 20

2.2.1. Capacidad de I+D 22

2.2.2. Capacidad de gestión de recursos 23

2.2.3. Capacidad de aprendizaje organizacional 23

2.2.4. Capacidad de planeación estratégica 23

2.2.5. Capacidad de productividad 24

2.2.6. Desempeño innovador 24

2.3. Lógica difusa 24

2.3.1. Funciones de pertenencia 26

2.3.2. Estructura del sistema de inferencia 27

3. Estado del arte 28

3.1. Metodología 29

3.1.1. Recolección de datos 29

3.1.2. Herramientas para el análisis de datos 29

3.2. Definición de variables 29

3.2.1. Determinación de las variables 30

3.2.2. Tipo y cantidad de datos por variable 32

3.3. Modelos difusos lingüísticos 33

3.3.1. Difuminador 33

3.3.2. Base de conocimiento 34

3.3.3. Motor de inferencia 34

3.3.4. Concreción 34

4. Definición de variables de entrada y salida, sus valores difusos y sus funciones de pertenencia 35

4.1. Estructura para la Evaluación de las Capacidades de Innovación Tecnológica 41

4.2. Estructura para la Evaluación de las Capacidades de Innovación Tecnológica y Desempeño Innovador 45

4.3. Datos EDIT I - Capacidad innovación tecnológica 45

4.3.1. Capacidad de I+D 47
4.3.2. Capacidad de gestión de recursos 50
4.3.3. Capacidad de aprendizaje organizacional 52
4.3.4. Capacidad de planeación estratégica 54
4.3.5. Capacidad de productividad 57

4.4. Datos EDIT II - Capacidad innovación tecnológica 60

4.4.1. Capacidad de I+D 61
4.4.2. Capacidad de gestión de recursos 64
4.4.3. Capacidad de aprendizaje organizacional 66
4.4.4. Capacidad de planeación estratégica 69
4.4.5. Capacidad de productividad 71

4.5. Datos EDIT III - Capacidad innovación tecnológica 74

4.5.1. Capacidad de I+D 75
4.5.2. Capacidad de gestión de recursos 78
4.5.3. Capacidad de aprendizaje organizacional 80
4.5.4. Capacidad de planeación estratégica 82
4.5.5. Capacidad de productividad 83

4.6. Datos EDIT I - Desempeño innovador 85

4.7. Datos EDIT II - Desempeño innovador 86

4.8. Datos EDIT III - Desempeño innovador 87

5. Definición de las reglas difusas/base de conocimiento 89

5.1. Estructura final del sistema de inferencia difuso aplicado a las encuestas de innovación colombianas. 92

5.1.1. Primera encuesta de innovación tecnológica 94
5.1.2. Segunda encuesta de innovación tecnológica 95
5.1.3. Tercera encuesta de innovación tecnológica 96

6. Análisis de resultados 97

6.1. CIT – EDIT I: 98

6.2. CIT – EDIT II: 99

6.3. CIT – EDIT III: 100

7. CONCLUSIONES 101

8. TRABAJO FUTURO 103

Bibliografía 104

Lista de tablas

TABLA 1: CÓDIGO DE LOS PAÍSES PARA DETERMINAR LOS CONJUNTOS DIFUSOS. 38
TABLA 2: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA LA CIT – NIVEL FINAL 46
TABLA 3: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA LA CAPACIDAD DE I+D – NIVEL II 47
TABLA 4: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA NÚMERO DE PERSONAS EN I+D – NIVEL I 48
TABLA 5: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN I+D – NIVEL I 48
TABLA 6: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA SOLICITUD DE PATENTES – NIVEL I 49
TABLA 7: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS – NIVEL II 50
TABLA 8: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA UTILIZACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 51
TABLA 9: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA FINANCIACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 51
TABLA 10: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL – NIVEL II 52
TABLA 11: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA DESARROLLO CAPACIDAD TECNOLÓGICA – NIVEL I 53
TABLA 12: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 54
TABLA 13: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA – NIVEL II 54
TABLA 14: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 55
TABLA 15: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN – NIVEL I 56
TABLA 16: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD EN PRODUCTIVIDAD – NIVEL II 57
TABLA 17: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA EMPLEO CALIFICADO EN PRODUCTIVIDAD – NIVEL I 58
TABLA 18: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN CAMBIOS DEL PROCESO PRODUCTIVO – NIVEL I 58
TABLA 19: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD – NIVEL I 59
TABLA 20: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA LA CIT – NIVEL FINAL 60
TABLA 21: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE I+D – NIVEL II 61
TABLA 22: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA NÚMERO DE PERSONAS EN I+D – NIVEL I 62
TABLA 23: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN I+D – NIVEL I 63
TABLA 24: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA SOLICITUD DE PATENTES – NIVEL I 63
TABLA 25: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS – NIVEL II 64
TABLA 26: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA UTILIZACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 65
TABLA 27: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA FINANCIACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 66
TABLA 28: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL – NIVEL I 66
TABLA 29: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA DESARROLLO DE CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 67
TABLA 30: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 68
TABLA 31: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA – NIVEL II 69
TABLA 32: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 70
TABLA 33: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN – NIVEL I 70
TABLA 34: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE PRODUCTIVIDAD – NIVEL II 71

TABLA 35: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA EMPLEO CALIFICADO EN PRODUCTIVIDAD – NIVEL I 72
TABLA 36: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN CAMBIOS DEL PROCESO PRODUCTIVO – NIVEL I 73
TABLA 37: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD – NIVEL I 73
TABLA 38: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA LA CIT – NIVEL FINAL 75
TABLA 39: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA LA CAPACIDAD DE I+D – NIVEL II 76
TABLA 40: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA NÚMERO DE PERSONAS EN I+D – NIVEL I 76
TABLA 41: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN I+D – NIVEL I 77
TABLA 42: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA SOLICITUD DE PATENTES – NIVEL I 78
TABLA 43: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS – NIVEL II 78
TABLA 44: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA FINANCIACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 79
TABLA 45: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL – NIVEL II 80
TABLA 46: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 81
TABLA 47: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA – NIVEL II 82
TABLA 48: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN – NIVEL I 83
TABLA 49: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA CAPACIDAD DE PRODUCTIVIDAD – NIVEL II 83
TABLA 50: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA INVERSIÓN EN CAMBIOS DEL PROCESO PRODUCTIVO NIVEL I 84
TABLA 51: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA RELACIONAR CIT Y DESEMPEÑO INNOVADOR 85
TABLA 52: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA RELACIONAR CIT Y DESEMPEÑO INNOVADOR 86
TABLA 53: CONJUNTO DIFUSO DEFINIDOS PARA RELACIONAR CIT Y DESEMPEÑO INNOVADOR 87
TABLA 54: EJEMPLO DE AGRUPACIÓN POR CAPACIDADES DE ACUERDO A LAS VARIABLES. 89
TABLA 55: EJEMPLO DE AGRUPACIÓN POR CAPACIDADES DE ACUERDO A LAS VARIABLES. CÁLCULO DE VALORES CUALITATIVOS POR CADA DATO. 90
TABLA 56: EJEMPLO DE AGRUPACIÓN POR CAPACIDADES DE ACUERDO A LAS VARIABLES. RESULTANTES CUALITATIVAS. 90
TABLA 57: EJEMPLO DE AGRUPACIÓN POR CAPACIDADES DE ACUERDO A LAS VARIABLES. VALOR PROMEDIO. 91
TABLA 58: EJEMPLO DE AGRUPACIÓN POR CAPACIDADES DE ACUERDO A LAS VARIABLES. RESULTANTES CUALITATIVAS. 91
TABLA 59: EJEMPLO DE AGRUPACIÓN POR CAPACIDADES DE ACUERDO A LAS VARIABLES. RESULTANTES CUALITATIVAS. 92
TABLA 60: EJEMPLO DE AGRUPACIÓN POR CAPACIDADES DE ACUERDO A LAS VARIABLES. RESULTANTES CUALITATIVAS. 92

Lista de gráficas

Gráfica 1: Ejemplo de conjuntos difusos 26
Gráfica 2: Ejemplo de función triangular 26
Gráfica 3: Ejemplo de función trapezoidal. 27
Gráfica 4: Estructura del sistema de inferencia. 27
Gráfica 5: Definiciones de las CIT y desempeño innovador. Variables asignadas para la EDIT I. . 30
Gráfica 6: Definiciones de las CIT y desempeño innovador. Variables asignadas para la EDIT II. 31
Gráfica 7: Definiciones de las CIT y desempeño innovador. Variables asignadas para la EDIT III. 31
Gráfica 8: Modificación datos categóricos y booleanos a valores numéricos. 32
Gráfica 9: Estructura de un modelo difuso. 33
Gráfica 10: Preguntas de la primera encuesta de innovación. 35
Gráfica 11: Preguntas de la segunda encuesta de innovación. 36
Gráfica 12: Preguntas de la tercera encuesta de innovación. 37
Gráfica 13: Países que se encuentran dentro del rango de cada una de las variables determinadas. 39
Gráfica 14: Reglas resultantes de las capacidades que se tuvieron en cuenta para la primera encuesta de innovación. 40
Gráfica 15: Reglas resultantes de las capacidades que se tuvieron en cuenta para la segunda encuesta de innovación. 40
Gráfica 16: Reglas resultantes de las capacidades que se tuvieron en cuenta para la segunda encuesta de innovación. 41
Gráfica 17: Estructura para determinar la CIT basándose en los resultados de la EDIT I 42
Gráfica 18: Estructura para determinar la CIT basándose en los resultados de la EDIT II 43
Gráfica 19: Estructura para determinar la CIT basándose en los resultados de la EDIT III 44
Gráfica 20: Estructura para determinar la relación entre las CIT y el desempeño innovador para las EDIT I, EDIT II y EDIT III. 45
Gráfica 21: Conjuntos Difusos - Variable CIT – Nivel Final 46
Gráfica 22: Conjunto difuso - Capacidad de I+D – Nivel II 47
Gráfica 23: Conjunto difuso – Número de personas en I+D – Nivel I 48
Gráfica 24: Conjunto difuso – Inversión en I+D – Nivel I 49
Gráfica 25: Conjunto difuso – Solicitud de patentes – Nivel I 49
Gráfica 26: Conjunto difuso - Capacidad de gestión de recursos – Nivel II 50
Gráfica 27: Conjunto difuso – Utilización de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I 51
Gráfica 28: Conjunto difuso – Financiación de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I 52
Gráfica 29: Conjunto difuso - Capacidad de aprendizaje organizacional – Nivel II 53
Gráfica 30: Conjunto difuso – Desarrollo capacidad tecnológica – Nivel I 53
Gráfica 31: Conjunto difuso – Inversión en capacitación tecnológica – Nivel I 54
Gráfica 32: Conjunto difuso - Capacidad de planeación estratégica – Nivel II 55
Gráfica 33: Conjunto difuso – Importancia estratégica de la capacitación tecnológica – Nivel I 56
Gráfica 34: Conjunto difuso – Importancia estratégica de la innovación – Nivel I 56
Gráfica 35: Conjunto difuso - Capacidad de productividad – Nivel II 57

GRÁFICA 36: CONJUNTO DIFUSO – EMPLEO CALIFICADO EN PRODUCTIVIDAD – NIVEL I 58
GRÁFICA 37: CONJUNTO DIFUSO – INVERSIÓN EN CAMBIOS DEL PROCESO PRODUCTIVO – NIVEL I 59
GRÁFICA 38: CONJUNTO DIFUSO – DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD – NIVEL I 59
GRÁFICA 39: CONJUNTO DIFUSO - VARIABLE CIT – NIVEL FINAL 61
GRÁFICA 40: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE I+D – NIVEL II 62
GRÁFICA 41: CONJUNTO DIFUSO – NÚMERO DE PERSONAS EN I+D – NIVEL I 62
GRÁFICA 42: CONJUNTO DIFUSO – INVERSIÓN EN I+D – NIVEL I 63
GRÁFICA 43: CONJUNTO DIFUSO – SOLICITUD DE PANTENTES – NIVEL I 64
GRÁFICA 44: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS – NIVEL II 65
GRÁFICA 45: CONJUNTO DIFUSO – UTILIZACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 65
GRÁFICA 46: CONJUNTO DIFUSO – FINANCIACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 66
GRÁFICA 47: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL – NIVEL II 67
GRÁFICA 48: CONJUNTO DIFUSO – DESARROLLO DE CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 68
GRÁFICA 49: CONJUNTO DIFUSO – INVERSIÓN EN CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 68
GRÁFICA 50: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA – NIVEL II 69
GRÁFICA 51: CONJUNTO DIFUSO – IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 70
GRÁFICA 52: CONJUNTO DIFUSO – IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 71
GRÁFICA 53: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE PRODUCTIVIDAD – NIVEL II 72
GRÁFICA 54: CONJUNTO DIFUSO – EMPLEO CALIFICADO EN PRODUCTIVIDAD – NIVEL I 72
GRÁFICA 55: CONJUNTO DIFUSO – INVERSIÓN EN CAMBIOS DEL PROCESO PRODUCTIVO – NIVEL I 73
GRÁFICA 56: CONJUNTO DIFUSO – DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD – NIVEL I 74
GRÁFICA 57: CONJUNTOS DIFUSOS - VARIABLE CIT – NIVEL FINAL 75
GRÁFICA 58: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE I+D – NIVEL II 76
GRÁFICA 59: CONJUNTO DIFUSO – NÚMERO DE PERSONAS EN I+D – NIVEL I 77
GRÁFICA 60: CONJUNTO DIFUSO – INVERSIÓN EN I+D – NIVEL I 77
GRÁFICA 61: CONJUNTO DIFUSO – SOLICITUD DE PATENTES – NIVEL I 78
GRÁFICA 62: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS – NIVEL II 79
GRÁFICA 63: CONJUNTO DIFUSO – FINANCIACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO – NIVEL I 80
GRÁFICA 64: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL – NIVEL II 81
GRÁFICA 65: CONJUNTO DIFUSO - INVERSIÓN EN CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA – NIVEL I 81
GRÁFICA 66: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA – NIVEL II 82
GRÁFICA 67: CONJUNTO DIFUSO - IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN – NIVEL I 83
GRÁFICA 68: CONJUNTO DIFUSO - CAPACIDAD DE PRODUCTIVIDAD – NIVEL II 84
GRÁFICA 69: CONJUNTO DIFUSO - INVERSIÓN EN CAMBIOS DEL PROCESO PRODUCTIVO – NIVEL I 85
GRÁFICA 70: CONJUNTOS DIFUSOS – RELACIÓN CIT Y DESEMPEÑO INNOVADOR 86
GRÁFICA 71: CONJUNTOS DIFUSOS – RELACIÓN CIT Y DESEMPEÑO INNOVADOR 87
GRÁFICA 72: CONJUNTOS DIFUSOS – RELACIÓN CIT Y DESEMPEÑO INNOVADOR 88
GRÁFICA 73: ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE LÓGICA DIFUSA PARA DETERMINAR LA CIT TENIENDO COMO BASE LA PRIMERA ENCUESTA DE INNOVACIÓN 94
GRÁFICA 74: ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE LÓGICA DIFUSA PARA DETERMINAR LA CIT TENIENDO COMO BASE LA SEGUNDA ENCUESTA DE INNOVACIÓN 95
GRÁFICA 75: ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE LÓGICA DIFUSA PARA DETERMINAR LA CIT TENIENDO COMO BASE LA TERCERA ENCUESTA DE INNOVACIÓN 96
GRÁFICA 76: RESULTADOS DE LA EDIT I AL EJECUTAR EL SIMULADOR MATLAB® 98

GRÁFICA 77: RESULTADOS DE LA EDIT II AL EJECUTAR EL SIMULADOR MATLAB® 99
GRÁFICA 78: RESULTADOS DE LA EDIT III AL EJECUTAR EL SIMULADOR MATLAB® 100

Abreviatura Término

CIT	Capacidad de innovación tecnológica
DCCE1	Departamento de control de calidad - Primera Encuesta de Innovación
DCCE2	Departamento de control de calidad - Segunda Encuesta de Innovación
DCTE1	Desarrollo de capacitación tecnológica - Primera Encuesta de Innovación
DCTE2	Desarrollo de capacitación tecnológica - Segunda Encuesta de Innovación
ECPE1	Empleo calificado en productividad - Primera Encuesta de Innovación
ECPE2	Empleo calificado en productividad - Segunda Encuesta de Innovación
EDIT I	Primera Encuesta de Innovación
EDIT II	Segunda Encuesta de Innovación
EDIT III	Tercera Encuesta de Innovación
FCDTE1	Financiación de centros de desarrollo tecnológico - Primera Encuesta de Innovación
FCDTE2	Financiación de centros de desarrollo tecnológico - Segunda Encuesta de Innovación
FCDTE3	Financiación de centros de desarrollo tecnológico - Tercera Encuesta de Innovación
I+D	Investigación y Desarrollo
ICPPE1	Inversión en cambios del proceso productivo - Primera Encuesta de Innovación
ICPPE2	Inversión en cambios del proceso productivo - Segunda Encuesta de Innovación
ICPPE3	Inversión en cambios del proceso productivo - Tercera Encuesta de Innovación
ICTE1	Inversión en capacitación tecnológica - Primera Encuesta de Innovación
ICTE2	Inversión en capacitación tecnológica - Segunda Encuesta de Innovación
ICTE3	Inversión en capacitación tecnológica - Tercera Encuesta de Innovación
IECTE1	Importancia estratégica de la capacitación tecnológica - Primera Encuesta de Innovación
IECTE2	Importancia estratégica de la capacitación tecnológica - Segunda Encuesta de Innovación
IEIE1	Importancia estratégica de la innovación - Primera Encuesta de Innovación
IEIE2	Importancia estratégica de la innovación - Segunda Encuesta de Innovación
IEIE3	Importancia estratégica de la innovación - Tercera Encuesta de Innovación
INVE1	Inversión en I+D - Primera Encuesta de Innovación
INVE2	Inversión en I+D - Segunda Encuesta de Innovación
INVE3	Inversión en I+D - Tercera Encuesta de Innovación
PATE1	Solicitud de patentes - Primera Encuesta de Innovación
PATE2	Solicitud de patentes - Segunda Encuesta de Innovación
PATE3	Solicitud de patentes - Tercera Encuesta de Innovación
PERSE1	Número de personas en I+D - Primera Encuesta de Innovación
PERSE2	Número de personas en I+D - Segunda Encuesta de Innovación

PERSE3	Número de personas en I+D - Tercera Encuesta de Innovación
UCDTE1	Utilización de centros de desarrollo tecnológico - Primera Encuesta de Innovación
UCDTE2	Utilización de centros de desarrollo tecnológico - Segunda Encuesta de Innovación

1. Introducción

Uno de los mayores desafíos en la actualidad es el logro de la competitividad de las organizaciones. Las nuevas tendencias en tecnología y la globalización de los mercados fomentan que el entorno empresarial tenga cada día mayores niveles de complejidad, conllevando a que las empresas respondan a este reto, logrando ventajas competitivas sostenibles a través del desarrollo de actividades que lleven aparejadas la creación de un valor superior para las empresas (Hult, Snow, & Kandemir, 2003).

La innovación se considera una de las bases más importantes para que una empresa sea competitiva y supone una de las mejores respuestas a la intensidad de la competencia impuesta por la globalización (Lundvall & Borras, 1997).

Es por esto que se ha considerado que la competitividad de las empresas influye directamente sobre la capacidad de innovación tecnológica, por lo tanto numerosas investigaciones han sido dedicadas al estudio y entendimiento del proceso de innovación y la capacidad innovadora de las organizaciones, llevando a explorar en este caso la relación que existe entre las Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT) y el Desempeño Innovador, teniendo como base las encuestas de innovación hechas por el DANE en los años 1996, 2005 y 2010.

De acuerdo a lo anterior, en estudios previos se identificó la relación entre CIT y desempeño innovador aplicando lógica clásica, sin embargo, se observa la necesidad de comprobar dicha relación aplicando lógica difusa, con el fin de facilitar el entendimiento de los resultados de las encuestas de innovación, representando y analizando la información con mayor precisión.

Inicialmente, en este trabajo se hará referencia a la Innovación y a las capacidades de innovación tecnológicas relacionando cinco capacidades, las cuales han sido definidas previamente por los autores Yam, Guan, Pun, & Tang (2004) e implementadas en la tesis “Las Capacidades de Innovación Tecnológica y el Desempeño Empresarial y Sectorial en Colombia” en el año 2009, teniendo presente la importancia del desempeño innovador dentro del ámbito en el cual se está argumentando este razonamiento. Adicionalmente, se

revisa literatura acerca de lógica difusa teniendo en cuenta las aplicaciones que hacen parte del alcance de este trabajo. En el capítulo 3 se describe el problema sobre el cual se basa esta investigación, estableciendo los objetivos y justificando por qué surgió la necesidad de este trabajo. En el ítem correspondiente al estado del arte se hace referencia a otros trabajos que se han llevado a cabo teniendo en cuenta las capacidades de innovación tecnológica y desempeño innovador. A continuación, se presenta una metodología para determinar la relación entre las capacidades de innovación tecnológica y desempeño innovador a partir de las encuestas colombianas de innovación aplicando lógica difusa, analizando los resultados obtenidos teniendo como base los datos que suministra la revista "The Global Information Technology 2012", en donde brinda información sobre innovación incluyendo estadísticas a nivel mundial. En los capítulos 4 y 5 se lleva a cabo una demostración sobre la innovación en Colombia, con el fin de validar el algoritmo utilizado, allí se evidencian los conjuntos difusos determinados y las reglas que se establecieron para cada una de las encuestas. En el capítulo 6 se presenta un análisis con los resultados obtenidos y en los dos últimos capítulos se presentan las conclusiones y la sugerencia de un trabajo futuro.

1.1. Planteamiento del problema

La sistematización y cuantificación de las actividades de investigación, desarrollo e innovación han contribuido a acelerar el ritmo del cambio tecnológico, lo cual ha llevado a incrementar las capacidades tecnológicas requeridas para participar en mercados cada vez más dinámicos y asegurar así, la participación y permanencia en un proceso cada vez más complejo. En este contexto, el desarrollo de un instrumento para evaluar las Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT) de las empresas integrado con el desempeño innovador, se convierten en una valiosa herramienta para el diagnóstico y la formulación de políticas tanto públicas como privadas para incrementar el conocimiento y el crecimiento, porque además al complementar los ya tradicionales indicadores de Investigación y Desarrollo I+D, se incluyen factores que favorecen el cambio y la gestión tecnológica.

Hasta el momento se han reportado diferentes propuestas y técnicas para medir las CIT, que van desde métodos estadísticos cuantitativos hasta los métodos subjetivos, sin embargo, en Colombia no se han realizado estudios sobre la aplicación de lógica difusa a las capacidades de innovación tecnológicas, por lo que se observó la necesidad de

consolidar los resultados de las encuestas de innovación I, II y III (EDIT I, EDIT II Y EDIT III), desde la perspectiva analítica y procedimental aplicando lógica difusa, teniendo en cuenta reglas establecidas previamente (Robledo & Malaver, 2009), planteando las siguientes preguntas: ¿Qué relación se puede establecer entre Capacidad de Innovación y desempeño innovador, a partir de la aplicación de la lógica difusa a las encuestas de innovación? ¿Qué ventajas y desventajas tendría esta aproximación respecto a la forma tradicional de estudiar esta relación, basada en métricas convencionales y técnicas estadísticas con respecto a los resultados arrojados al aplicar lógica difusa a las encuestas de innovación?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Explorar la relación entre Capacidades de Innovación Tecnológica y desempeño innovador de las empresas Colombianas a partir de los resultados de las encuestas de innovación, aplicando lógica difusa.

1.2.2. Objetivos específicos

- Construir un modelo de relacionamiento entre Capacidades de Innovación Tecnológica y desempeño innovador.

- Examinar una herramienta que aplique lógica difusa, la cual permita medir las Capacidades de Innovación Tecnológica utilizando como variables las preguntas de las tres encuestas de innovación realizadas.

- Analizar la relación entre Capacidades de Innovación Tecnológica y desempeño innovador utilizando técnicas estadísticas aplicando lógica difusa.

- Investigar resultados acerca de la relación entre Capacidades de Innovación Tecnológica y desempeño innovador aplicando lógica clásica.

- Evaluar las ventajas y desventajas de utilizar lógica difusa frente a la aproximación convencional basada en métricas y técnicas estadísticas de la relación entre Capacidades de Innovación Tecnológica y desempeño innovador.

1.3. Justificación

En la actualidad las organizaciones se destacan por ser competitivas, por lo que implementan constantemente nuevas tendencias en cuanto a tecnología y mejoramiento continuo sobre sus recursos, logrando así sostenerse en el mercado competitivo con altos estándares en calidad. Es por esto, que se considera que la innovación influye directamente sobre el crecimiento empresarial, implicando que la competitividad intervenga claramente sobre las CIT y su desempeño innovador.

Para llevar a cabo este trabajo se identificó la necesidad de relacionar las Capacidades de Innovación Tecnológica y desempeño innovador aplicando lógica difusa, teniendo como base las encuestas de innovación Colombianas (EDIT I, EDIT II y EDIT III), analizando y obteniendo con mayor precisión información acerca de la innovación en Colombia, percibiendo el esfuerzo de las organizaciones por mantenerse en el mercado considerando que alrededor del mundo las empresas invierten fuertemente en procesos que llevan a la innovación, logrando así resultados satisfactorios en variables como el ingreso per cápita, el coeficiente Gini, menores tasas de desempleo y de pobreza.

2. Marco Teórico

La capacidad de innovación es vista como una rutina organizativa de alto nivel que cumple con los atributos que favorecen el desarrollo de las ventajas competitivas sostenibles por la dificultad de la introducción exitosa de nuevos productos o servicios al mercado (Lundvall & Borras, 1997; Hurley & Hult, 1998; Henard & Szymanski, 2001; Hult G. , 2004).

Se debe señalar que el éxito de la innovación constituye una de las fuentes principales para que las empresas puedan mantener y expandir sus mercados. La innovación es una capacidad fundamental para que las organizaciones puedan adaptarse y competir en entornos turbulentos, como se presentan actualmente, ya que facilita a la empresa cambiar sus productos y procesos más rápido que sus competidores, logrando una mayor rentabilidad, teniendo como consecuencia mayores posibilidades de supervivencia y crecimiento de las organizaciones (Jimenez & Sanz, 2006).

Muchos de los estudios han tenido los elementos clave que ayudan a las organizaciones a adquirir la capacidad de innovación proponiendo los recursos y las competencias como elementos fundamentales para el entendimiento de la innovación (Verona & Ravasi, 2003). Para lograr dicha competitividad por medio de la innovación cada organización debe adaptar el proceso de innovación a sus propias posibilidades de desarrollo e integración de conocimiento, es decir a su propia capacidad de innovación, proporcionando el potencial para que el proceso de innovación sea efectivo e involucre distintas capacidades o procesos de la empresa.

Se considera que la configuración de los recursos organizativos, especialmente, los orientados al incremento y transformación del conocimiento puede inhibir o promover el desarrollo de la capacidad de innovación (Winter, 2003). Se ha concluido que los recursos por sí mismos no explican el desempeño, ellos requieren de procesos como el desarrollo de nuevos productos para que las habilidades y el conocimiento sean transformados en innovaciones (Eisenhardt & Martin, 2000).

Las encuestas que se tienen en cuenta en este trabajo son construidas básicamente sobre unas variables de partida que se muestran como una herramienta idónea para recopilar

abundante información, sin embargo, para este estudio se lleva a cabo un proceso de codificación y segregación arrojando indicadores sobre la innovación en las empresas colombianas a los cuales se les aplicará lógica difusa, con el fin de obtener datos confiables y precisos debido a que permiten un control de proceso más amplio a comparación de la lógica clásica.

La lógica difusa está relacionada y fundamentada en la teoría de los conjuntos difusos, según la cual, el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto está determinado por una función de pertenencia que puede tomar todos los valores reales comprendidos en el intervalo “0 - 1” (Wang, Lu, & Chen, 2008). De esta manera, mientras que en el marco rígido de la lógica formal establece criterios de bajo, dándole un valor de cero “0” o alto dándole un valor de uno “1”, y para la lógica difusa son posibles también todas las condiciones intermedias de utilidad como “muy baja”, “relativamente alta”, “media”, “ligeramente baja”, entre otros valores establecidos.

2.1. Innovación

Según la definición del Manual de Oslo, la innovación es el proceso mediante el cual una organización implementa un producto, proceso, método organizacional o método de mercadeo nuevo o significativamente mejorado (OCDE, 2005). Se debe tener en cuenta que al momento de hablar sobre procesos o metodologías, éstas deben haber sido correctamente implementadas, adicionalmente los productos deben introducirse al mercado exitosamente. En caso de que alguna de las condiciones descritas anteriormente no se cumpla, entonces no se produce innovación.

2.2. Capacidad de Innovación Tecnológica (CIT) y desempeño innovador

El término genérico “capacidad” hace referencia al papel que tiene una organización para adaptar, integrar y reconfigurar habilidades organizacionales, recursos y competencias funcionales en un ambiente cambiante (Teece, Pisano, & Shuen, 1997). Es por eso que estas capacidades se encuentran asociadas a las posibilidades que tiene las organizaciones

para lograr con altas posibilidades de éxito afrontar adecuadamente los problemas (Robledo & Ceballos, 2008). En este sentido, la existencia de capacidades asegura la superación de los problemas que emergen en el proceso de implantación (Gómez, 2009).

Como consecuencia de esto, el concepto CIT hace relevancia a la habilidad que posee una compañía para producir innovación, teniendo en cuenta unos pilares económicos, humanos y de infraestructura que se encuentran en su estructura interna. Sin embargo, es necesario precisar que la CIT es un concepto complejo, elusivo y con mucha incertidumbre que es difícil de determinar (Gómez, 2009). Medir la CIT en una organización requiere consideraciones simultáneas de múltiples criterios cuantitativos y cualitativos (Wang et al., N.D.).

Según Burgelman & Maidique (2004) definen las CIT son un conjunto detallado de características de una organización que facilita y soporta su estrategia de innovación tecnológica. Para Guan & Ma (2003), las CIT son una serie especial de activos o recursos que incluyen tecnología, producto, proceso, conocimiento, experiencia y organización. De acuerdo a esto, la productividad de innovación no suele ser atribuida únicamente al elemento I+D que posee una organización en especial, sino que existen otros elementos que impactan directamente en la productividad exitosa de innovación en áreas como la productividad, mercadeo, planeación estratégica, aprendizaje organizacional y gestión de recursos (Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004).

Adler & Shenbar (1990) Identifican cuatro tipos de CIT:

1. La capacidad de satisfacer los requerimientos del mercado mediante el desarrollo de nuevos productos.
2. La capacidad de manufacturar dichos productos usando procesos de tecnología apropiados.
3. La capacidad de satisfacer futuras necesidades desarrollando e introduciendo nuevos productos.
4. Nueva tecnología en procesos y la capacidad de responder hacia una tecnología inesperada con circunstancias imprevistas.

Mientras que Yam, Guan, Pun, & Tang (2004) definen siete dimensiones acerca de las CIT:

1. La capacidad de aprendizaje.
2. La capacidad de I+D.
3. La capacidad de gestión de recursos.
4. La capacidad de productividad.
5. La capacidad de mercadeo.
6. La capacidad organizacional.
7. La capacidad de planeación estratégica.

Para efectos de este trabajo se ha seleccionado cinco capacidades que conformarán el modelo de acuerdo al tipo de variables que se pueden extraer de las encuestas y que se definen como:

1. Capacidad de I+D.
2. Capacidad de gestión de recursos.
3. Capacidad de aprendizaje.
4. Capacidad de planeación estratégica.
5. Capacidad de productividad.

Adicionalmente, se hace referencia al desempeño innovador con el fin de determinar el relacionamiento con las CIT mencionadas.

2.2.1. Capacidad de I+D

La capacidad de I+D se define como la habilidad que posee una empresa para ampliar su portafolio, integrando nuevas tecnologías o mejorando su estrategia en función de investigación y desarrollo, teniendo en cuenta los siguientes factores: la implementación de proyectos, la gestión de portafolios de proyectos y los gastos de I+D (Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Cheng, 2006). Así mismo, se puede interpretar esta capacidad como la suma de la intensidad en I+D y el personal de I+D (Sher & Yang, 2005). En general, esta capacidad se relaciona directamente con el porcentaje de empleados que se encuentran inmersos en el área de I+D, los productos de I+D tanto nuevos como mejorados, la cantidad de patentes y la inversión hecha en I+D (Wang, Lu, & Chen, 2008).

2.2.2. Capacidad de gestión de recursos

Se refiere a la capacidad de una empresa para obtener y conceder debidamente su capital, su experiencia y su tecnología en los procesos de innovación (Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Cheng, 2006). De acuerdo a lo anterior, se define esta capacidad como la habilidad de una organización para aprovechar sus incentivos económicos y los servicios ofrecidos por empresas externas para su adecuado funcionamiento y desempeño (Burgelman & Maidique, 2004).

2.2.3. Capacidad de aprendizaje organizacional

Se define como la facultad que posee una organización para identificar, asimilar y explotar el conocimiento que posee y que la rodea, de forma tal, que resalta su habilidad para mantener o mejorar su desempeño a través de su conocimiento basándose en experiencias previas, aplicando re-ingeniería, re-innovación y transformación, para que de esta manera, la empresa se pueda enfrentar a otros mercados (Cheng, 2006; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004).

2.2.4. Capacidad de planeación estratégica

Las organizaciones deben identificar sus debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, con el fin de plantear sus propias estrategias de acuerdo a su misión y visión, implementando planes que les permitan sobresalir frente a su competencia, adaptándose a los cambios que le exige el entorno (Cheng, 2006; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004).

2.2.5. Capacidad de productividad

Consiste en la destreza que posee una empresa para transformar los resultados de I+D en mejoras o nuevos productos, con el fin de cumplir las exigencias del mercado, de acuerdo a las necesidades del entorno. Dentro de esta capacidad se tiene en cuenta tanto el personal que participa activamente de los procesos como la calidad del producto nuevo o mejorado, evaluando su habilidad en cuanto a la productividad de productos con altos estándares de calidad (Cheng, 2006; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Wang, Lu, & Chen, ND).

2.2.6. Desempeño innovador

El desempeño innovador se encamina a analizar la calidad de los resultados obtenidos por un establecimiento haciendo referencia a la innovación producida por una organización, determinando que las más altas calificaciones se logran cuando la innovación posee un grado de novedad tanto a nivel nacional como a nivel internacional, lo que lleva a realizar esfuerzos creativos notables y a utilizar debidamente los recursos para llegar a tal resultado (Gómez, 2009).

2.3. Lógica difusa

La lógica difusa es una metodología que proporciona una manera simple y elegante de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta. En general, la lógica difusa imita como una persona toma decisiones basándose en información que no es exacta para poder definir evaluaciones convencionales, contrario con la lógica tradicional que permite trabajar con información definida y precisa (D'Negri & Vito, 2006).

El concepto de lógica difusa fue concebido en 1965 por Lofti A. Zadeh, profesor de la Universidad de California en Berkeley. Esta lógica surgió como herramienta importante para el control de sistemas y procesos industriales complejos, así como también para la electrónica del entretenimiento y del hogar, sistemas de diagnóstico y otros sistemas expertos (Ramirez, 2008).

El profesor Zadeh expone esta lógica a partir de su inconformidad con los conjuntos clásicos, los cuales permiten solos dos opciones, la pertenencia o no de un elemento a dicho conjunto, para los cuales se utiliza los valores 0 y 1. Él presentó la lógica difusa como una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos, que en contraposición a los clásicos los denominó Conjuntos Difusos, en estos conjuntos su frontera no está precisamente definida y el grado de pertenencia entrega un valor entre 0 y 1 (D'Negri & Vito, 2006).

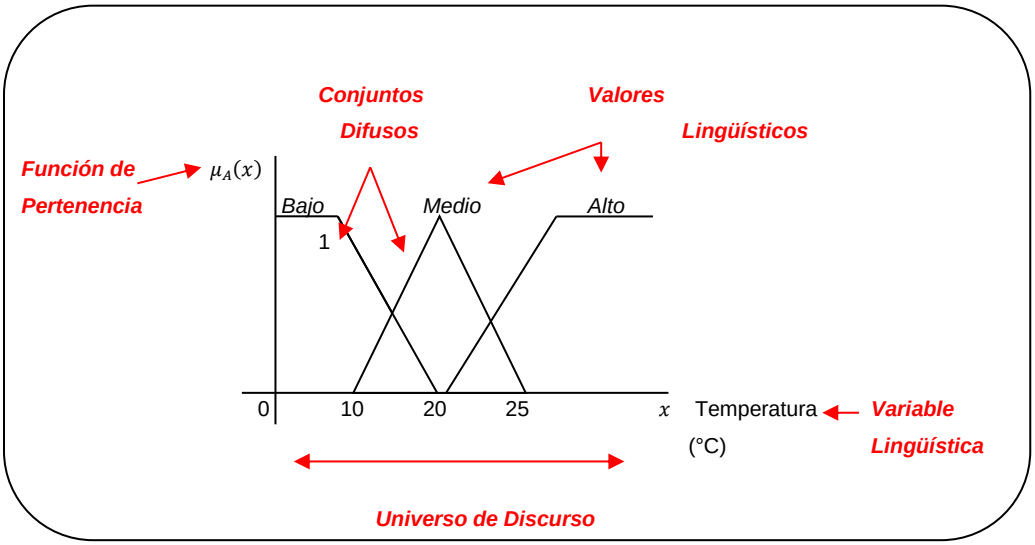
El funcionamiento de la lógica difusa consta de una combinación de variables de entrada definidas en términos de conceptos y expresiones que no son totalmente cierto ni totalmente falsos, el cual toma un valor cualquiera de veracidad dentro de un conjunto de valores (Medina, 2006).

Un conjunto difuso se encuentra asociado por un valor lingüístico. Zadeh (1965) define que un conjunto difuso es caracterizado por la asignación de una función de pertenencia, la cual puede tomar valores del intervalo entre 0 y 1, cuyo universo se indica en la ecuación (1).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) |\ x \in U\} \qquad (1)$$

Donde "$\mu_A(x)$" es la función de pertenencia de la variable "x" y "U" es el universo del discurso. Cuanto más cerca este la pertenencia del conjunto "A" al valor 1, mayor será la pertenencia de la variable "x" al conjunto "A" (Ramirez, 2008).

En la gráfica 1 se observa un ejemplo de conjuntos difusos.



Gráfica 1: Ejemplo de conjuntos difusos

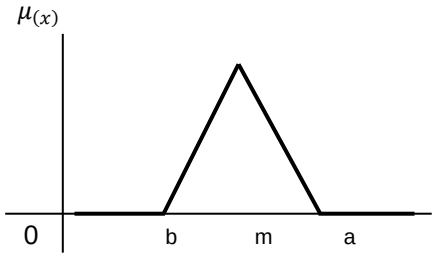
2.3.1. Funciones de pertenencia

Las funciones de pertenencia representan las coordenadas difusas del atributo, teniendo en cuenta la función característica, la cual proporciona una medida del grado de similitud de un elemento U con el conjunto difuso. La función de pertenencia se escoge de acuerdo a la solución que requiera cada problema, teniendo como limitante que sus valores oscilen entre 0 y 1, siendo estos continuos (Ordaz, 2011).

En este trabajo se utilizó las funciones de pertenencia que se describen en las gráficas 2 y 3 teniendo en cuenta que se utilizarán ejemplos de acuerdo a lo descrito en la gráfica 1.

2.3.1.1. Triangular:

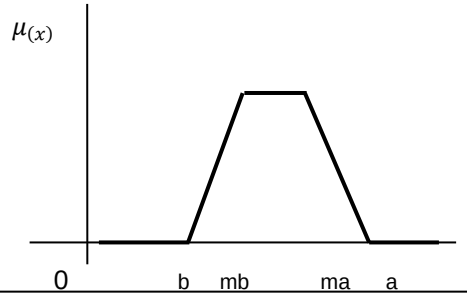
$$\mu_{(x)} \begin{cases} 0 & para\ x \leq b \\ \frac{x-b}{m-b} & para\ b < x \leq m \\ \frac{x-b}{a-m} & para\ m < x \leq a \\ 0 & para\ x > a \end{cases}$$



Gráfica 2: Ejemplo de función triangular.

2.3.1.2. Trapezoidal:

$$\mu_{(x)} \begin{cases} 0 & para\ x\ \leq \\ \frac{x-b}{mb-b} & para\ b < x\ \leq mb \\ 1 & para\ mb < x\ \leq ma \\ \frac{x-ma}{a-ma} & para\ ma < x\ \leq a \\ 0 & para\ x > a \end{cases}$$

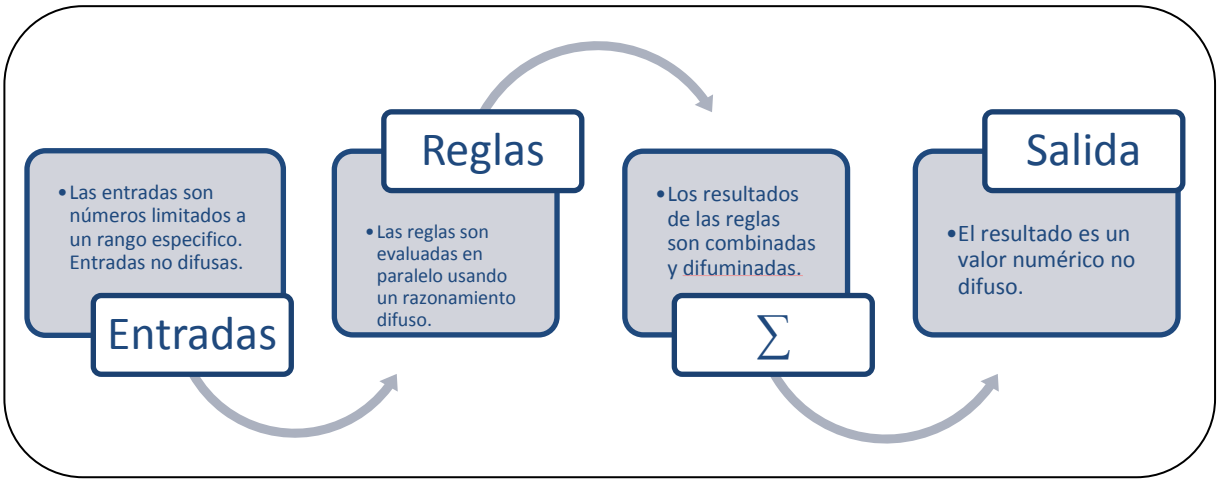


Gráfica 3: Ejemplo de función trapezoidal.

Teniendo como base principal un juicio experto se genera una base de conocimiento, la cual brindará al sistema la capacidad de tomar decisiones, fundamentándose en reglas que se establecen de acuerdo a los propósitos que establecidos, lo cual conlleva a que cada sistema obtenga sus propias reglas con el objetivo de generar acciones de control.

En la gráfica 4 se visualizan los principales componentes de un modelo difuso lingüístico: difuminador, base de conocimiento, motor de inferencia y concreción (Lee, 1990).

2.3.2. Estructura del sistema de inferencia



Gráfica 4: Estructura del sistema de inferencia.

3. Estado del arte

Hasta el momento se han tenido diferentes propuestas y técnicas para medir las CIT dadas por autores como Yam, Guan, Pun, & Tan; Guan & Ma; Wang, Lu & Chen (2004; 2003; 2008) indicando métodos estadísticos partiendo desde el análisis cuantitativo hasta el análisis subjetivo basándose en criterios cualitativos.

Metodologías conceptuales como la de (Rousseva, 2008) analizan el surgimiento y crecimiento de las empresas de software en el contexto de países emergentes con base en las dinámicas de clúster, mientras que otros autores como (Capaldo, Landoli, Rafia, & Zollo, 2003); se enfocan en caracterizar este fenómeno por medio de eventos críticos, utilizando una metodología de estudio de casos múltiples. Wang, Lu, & Chen, (2008) se orientan al estudio de empresas de alta tecnología, utilizando una combinación de criterios cuantitativos y cualitativos y aplicando lógica difusa para medir las CIT, demostrando las potencialidades de la implementación de conjuntos borrosos. (Aguirre, Robledo, & Pérez, 2009).

Actualmente se tiene una tesis sobre un Modelo de medición y evaluación de las capacidades de innovación para empresas de software pertenecientes a países de ingreso tardío, involucrando métricas específicas que relacionan las capacidades de innovación y el desempeño, en donde se busca conocer si es posible desarrollar una metodología para medir y evaluar la CIT a partir de un modelo conceptual que integra una adecuada clasificación y métrica de las capacidades inherentes en este proceso, específicamente para la industria de software contemplando los diferentes componentes de la organización. Con este estudio se busca que las empresas que utilizan la metodología propuesta logren determinar el nivel de CIT que posee una empresa y de esta forma crear estrategias específicas para incursionar en economías pioneras, sin embargo, hasta la fecha pocos estudios formales han adoptado una estricta metodología a la hora de evaluar las CIT.

En cuanto al tema de lógica difusa, con el tiempo se ha ido consolidando la aplicación de esta disciplina dentro del mercado, ya que permite la utilización de variables intermedias, donde éstas pueden tomar valores que se encuentren dentro de un rango, sin tener que tomar valores extremos tales como una verdad absoluta o una falsedad total (Karsak, 2002).

A nivel nacional no existen antecedentes de la aplicación de la lógica difusa a la medición de las Capacidades de Innovación Tecnológica, en la cual se estudie su relación con el desempeño innovador de las empresas, utilizando como base los resultados arrojados de las encuestas de innovación.

3.1. Metodología

3.1.1. Recolección de datos

Actualmente en Colombia, se cuenta con los resultados de tres encuestas de innovación realizadas en los años 1996, 2005 y 2010 ejecutadas por el DANE, COLCIENCIAS y el DNP, siendo éstas el principal insumo para llevar a cabo este trabajo. En la primera encuesta de desarrollo e innovación tecnológica para el sector Manufacturero (EDIT I), se recopiló información de 885 empresas industriales. En la Segunda Encuesta de Desarrollo e Innovación e Innovación Tecnológica para el sector Manufacturero (EDIT II) se obtuvo información de 6.222 empresas industriales del directorio de la encuesta anual manufacturera. Finalmente, en la tercera encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en la Industria Manufacturera (EDIT III), se adquirió información de 6.080 empresas.

3.1.2. Herramientas para el análisis de datos

La herramienta que se utilizada para llevar a cabo el procesamiento de los datos de lógica clásica a lógica difusa fue Matlab® versión 7.12.0 (R2011a) de la compañía MathWorks. Para la transformación de los datos se hizo uso del toolbox “Fuzzy” y adicionalmente se hizo la simulación a través de “Simulink”.

3.2. Definición de variables

Para llevar a cabo este trabajo, se tuvieron en cuenta las definiciones dadas en el numeral 2.2, en donde se nombró cada una de las capacidades planteadas por diferentes autores entre ellos (Wang et al., N.D.; Burgelman & Maidique, 2004; Guan & Ma, 2003; Adler &

Shenbar, 1990; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Cheng, 2006; Wang, Lu, & Chen, 2008). Adicionalmente, se tuvo en cuenta los resultados de las encuestas de las EDIT I, II y III hechas en el país en los años 1996, 2005 y 2010 respectivamente.

3.2.1. Determinación de las variables

En las gráficas 5, 6 y 7 se visualiza las variables de cada una de las encuestas de innovación, de las cuales en las EDIT I y EDIT II se tuvo en cuenta 12 variables sobre las que se extrajo información precisa y consistente para determinar la CIT de cada una de ellas. Sin embargo, para la EDIT III se tuvo en cuenta 7 variables ya que la información en la base de datos brindada por el DANE, no contenía datos suficientes, concisos y precisos sobre las cinco variables restantes, sin embargo, se aclara que las 7 variables que se tuvieron en cuenta, proporcionaron la suficiente información para brindar un resultado sobre la CIT en esta encuesta de una forma certera. Adicionalmente, para cada una de las encuestas se analizaron 3 variables para determinar el desempeño innovador de cada una de las encuestas.

Capacidades	Variables	Tipo
Capacidad de I+D	Número de personas de personas en I+D	Numérico
	Inversión en I+D (Porcentaje)	Numérico
	Solicitud de patentes	Booleano
Capacidad de Gestión de Recursos	Utilización de centros de desarrollo tecnológico	Booleano
	Financiación de centros de desarrollo tecnológico	Booleano
Capacidad de Aprendizaje Organizacional	Desarrollo de capacitación tecnológica	Booleano
	Inversión en capacitación tecnológica (Porcentaje)	Numérico
Capacidad de Planeación Estratégica	Importancia estratégica de la capacitación tecnológica	Categórico
	Importancia estratégica de la innovación	Categórico
Capacidad de Productividad	Empleo calificado en producción (Porcentaje)	Numérico
	Inversión en cambios del proceso productivo (Porcentaje)	Numérico
	Departamento de control de calidad	Booleano
Desempeño Innovador	Realización Innovaciones Internacionales	Numérico
	Realización Innovaciones Nacionales	Numérico
	Realización Innovaciones Internas en la organización	Numérico

Gráfica 5: Definiciones de las CIT y desempeño innovador. Variables asignadas para la EDIT I.

Capacidades	Variables	Tipo
Capacidad de I+D	Número de personas de posgrado en I+D	Numérico
	Inversión en I+D (miles de pesos)	Numérico
	Solicitud de patentes	Numérico
Capacidad de Gestión de Recursos	Utilización de centros de desarrollo tecnológico	Categórico
	Financiación de centros de desarrollo tecnológico (miles de	Numérico
Capacidad de Aprendizaje Organizacional	Desarrollo de capacitación tecnológica	Booleano
	Inversión en capacitación tecnológica (miles de pesos)	Numérico
Capacidad de Planeación Estratégica	Importancia estratégica de la capacitación tecnológica	Categórico
	Importancia estratégica de la innovación	Categórico
Capacidad de Productividad	Empleo calificado en producción	Numérico
	Inversión en cambios del proceso productivo (miles de pesos)	Numérico
	Departamento de control de calidad	Booleano
Desempeño Innovador	Realización Innovaciones Internacionales	Numérico
	Realización Innovaciones Nacionales	Numérico
	Realización Innovaciones Internas en la organización	Numérico

Gráfica 6: Definiciones de las CIT y desempeño innovador. Variables asignadas para la EDIT II.

Capacidades	Variables	Tipo
Capacidad de I+D	Número de personas en I+D	Numérico
	Inversión en I+D	Numérico
	Solicitud de patentes	Numérico
Capacidad de Gestión de Recursos	Financiación de centros de desarrollo tecnológico	Numérico
Capacidad de Aprendizaje Organizacional	Inversión en capacitación tecnológica	Numérico
Capacidad de Planeación Estratégica	Importancia estratégica de la innovación	Categórico
Capacidad de Productividad	Inversión en cambios del proceso productivo	Numérico
Desempeño Innovador	Realización Innovaciones Internacionales	Numérico
	Realización Innovaciones Nacionales	Numérico
	Realización Innovaciones Internas en la organización	Numérico

Gráfica 7: Definiciones de las CIT y desempeño innovador. Variables asignadas para la EDIT III.

3.2.2. Tipo y cantidad de datos por variable

En las estadísticas entregadas por el DANE se encontraron 3 tipos de variables:

- **Numéricas:** Son el medio por el que las unidades y los números se utilizan para representar cada categoría de forma precisa, indicando cada unidad de la variable medida matemáticamente.

- **Booleanas:** Representan valores de lógica binaria. Se empleará las variables “Si” y “No” para el estudio hecho.

- **Categóricas:** Estás se integran por una serie de características o atributos que forman una categoría pero no representan una escala de medición numérica. Se utilizará valores tales como “Muy Importante”, “Importante”, “Poco Importante”, “No Importante”, “Totalmente Satisfactorio”, “Satisfactorio”, “Poco Satisfactorio” y “No aplica”.

Sin embargo, para efectos de este trabajo se utilizaron variables numéricas, por lo que las variables categóricas y booleanas fueron modificadas a través de una regla de tres matemática, cuyos valores resultantes se encuentran plasmados en la gráfica 8.

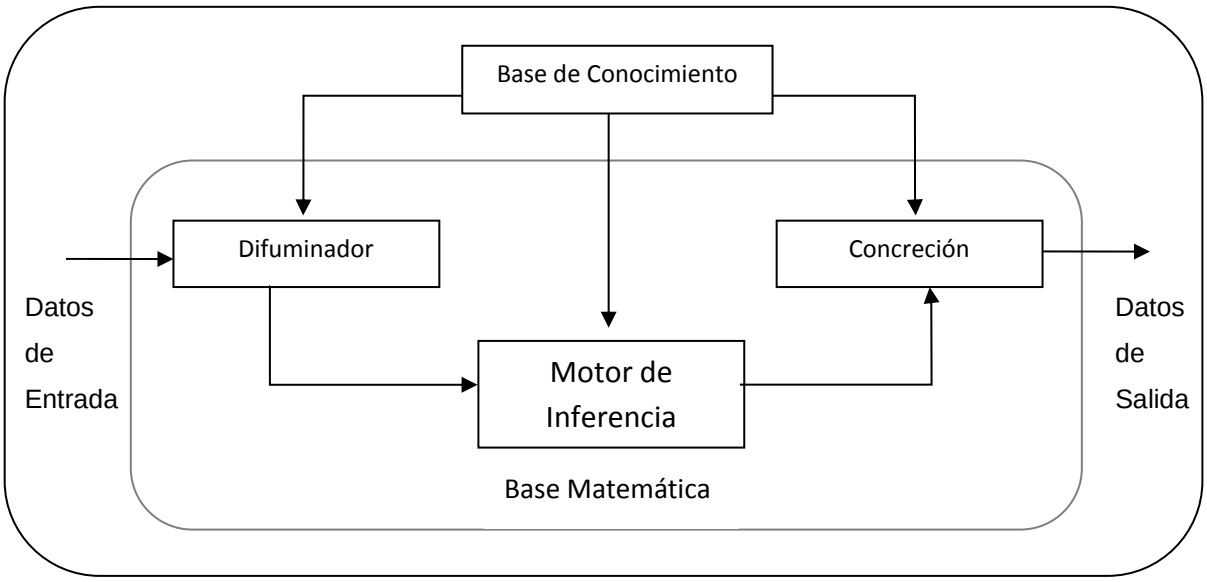
Dato	Valor Numérico
Si	1
Intermedio	0.5
No	0
Muy importante	1
Importante	0.75
Poco Importante	0.5
No Importante	0.25
No aplica	0
Totalmente Satisfactorio	1
Satisfactorio	0.66
Poco Satisfactorio	0.33
No aplica	0

Gráfica 8: Modificación datos categóricos y booleanos a valores numéricos.

Los datos entregados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE para cada una de las encuestas de innovación es el siguiente:

- Primera encuesta de desarrollo tecnológico en la industria manufacturera (EDT I): 885 empresas industriales.
- Segunda encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en la Industria Manufacturera (EDIT II): 6.222 empresas industriales.
- Tercera encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en la industria manufacturera (EDIT III): 6.080 empresas industriales.

3.3. Modelos difusos lingüísticos



Gráfica 9: Estructura de un modelo difuso.

3.3.1. Difuminador

Tiene como objetivo transformar las variables de entrada en variables difusas. Es importante tener definidos los rangos sobre los cuales tendrán variaciones los datos de entrada, así mismo, los conjuntos difusos que se relacionan con su respectiva función de pertenencia.

3.3.2. Base de conocimiento

Este elemento contiene las reglas lingüísticas y los datos que hacen referencia a las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos.

Según (Lee, 1990) existen diferentes formas de determinar las reglas, entre las cuales se resaltan:

- La experiencia de expertos y conocimiento del proceso.
- El modelamiento del proceso.

Estas reglas difusas están basadas en condiciones heurísticas las cuales se expresan en la relación entre antecedente y consecuente como se plantea en la ecuación (2).

Si (antecedente) ENTONCES (consecuente) (2)

Es decir:

Si X_1 es A_1 y X_2 es A_2 y…y X_n es A_n, entonces Y es B

Donde A_1, A_2,…, A_n y B son valores lingüísticos definidos mediante conjuntos difusos para las variables lingüísticas en el universo del discurso X_1, X_2,… , X_n y Y respectivamente.

Se debe tener en cuenta que la parte de la regla "X_i es A_i" es llamada el antecedente y la parte "Y es B" es llamada el consecuente.

3.3.3. Motor de inferencia

En este punto, el sistema relaciona los conjuntos difusos de entrada con el fin de calcular las variables de salida, considerando las reglas que definidas.

3.3.4. Concreción

Brinda las salidas discretas y determinísticas a partir de los conjuntos difusos que se obtuvieron como resultado del proceso de Inferencia.

4. Definición de variables de entrada y salida, sus valores difusos y sus funciones de pertenencia

Para determinar las variables de entrada que se tienen en cuenta en este trabajo, se realizó una revisión acerca de diferentes fuentes de literatura en donde se tuvo en cuenta las Capacidades de Innovación Tecnológica que se nombran aquí.

Con el fin de determinar los conjuntos difusos por cada una de las capacidades, se escogieron por cada variable una serie de preguntas de cada una de las encuestas, las cuales se encuentran plasmadas en las gráficas 10, 11 y 12.

Preguntas Primera Encuesta de Innovación
Porcentaje de empleo calificado en producción (profesionales y postgraduados)
Porcentaje sobre ventas invertido en cambios organizacionales del proceso productivo para 1995
¿El establecimiento tiene un departamento de control de calidad?
Número postgraduados involucrados en I+D
Número profesionales involucrados en I+D
Número técnicos involucrados en I+D
Número operarios involucrados en I+D
Proporción de la inversión total realizada en 1995 para I+D en - Investigación básica
Proporción de la inversión total realizada en 1995 para I+D en - Investigación aplicada
Desarrolló actividades de capacitación tecnológica entre 1993 y 1996
Porcentaje sobre las ventas invertido en capacitación tecnológica durante 1995
Es la capacitación tecnológica estratégicamente importante para el establecimiento?
¿Es la innovación tecnológica estratégicamente importante para el establecimiento?
Presta apoyo a Centros de Desarrollo tecnológico?
¿Usted o la empresa han solicitado patentes de invención?
Centros de Desarrollo Tecnológico

Gráfica 10: Preguntas de la primera encuesta de innovación.

Preguntas Segunda Encuesta de Innovación
Total inversión en gestión de producción de bienes y/o servicios
Total Inversión en proyectos de investigación y desarrollo
Total inversión en capacitación tecnológica
Costo laboral del personal permanente y temporal
Doctorado (PhD)
Maestría
Especialización
Profesional
Pasantía profesional
Tecnólogo
Técnico
Aprendiz SENA
En control de calidad
Logro de regulaciones o estándares
Aprovechar instrumentos de política pública
Aprovechar conocimientos científico-tecnológicos nuevos
Centros de desarrollo tecnológico
Centros de desarrollo tecnológico
¿Cuántas patentes ha solicitado en el período 1996 - 2004?

Gráfica 11: Preguntas de la segunda encuesta de innovación.

Preguntas Tercera Encuesta de Innovación
Introducción de innovaciones en el mercado (total inversión)
Doctorado (PhD)
Maestría
Especialización
Profesional
Pasantía profesional
Tecnólogo
Técnico
Aprendiz SENA
Control de calidad
Logro de regulaciones o estándares
Aprovechar instrumentos de política pública
Aprovechar conocimientos científico-tecnológicos nuevos
Centros de desarrollo tecnológico
Centros de desarrollo tecnológico
¿Cuántas patentes ha solicitado en el período 2005 - 2006?

Gráfica 12: Preguntas de la tercera encuesta de innovación.

En cuanto a la determinación de los conjuntos difusos, se tuvo en cuenta el documento “The Global Information Technology 2012”, en donde se hace un estudio a nivel mundial sobre la innovación de cada uno de los países a nivel empresarial resaltando variables tales como el personal que labora en la compañía, inversiones, patentes, capacitaciones, importancia de la innovación, entre otros aspectos que son valiosos para este trabajo.

En la gráfica 13, se nombran los países que se encuentran dentro de las estadísticas determinadas de acuerdo a cada una de las variables establecidas. Estas estadísticas, se pueden visualizar en la tabla 1, la cual hace su estudio sobre 142 países.

Conjunto Difuso	Función de Pertenencia	Ranking
Bajo	Trapezoidal	Min
Bajo	Trapezoidal	142
Bajo	Trapezoidal	119
Bajo	Trapezoidal	106

Conjunto Difuso	Función de Pertenencia	Ranking
Medio	Triangular	124
Medio	Triangular	71
Medio	Triangular	18

Conjunto Difuso	Función de Pertenencia	Ranking
Alto	Trapezoidal	35
Alto	Trapezoidal	10
Alto	Trapezoidal	1
Alto	Trapezoidal	Max

Tabla 1: Código de los países para determinar los conjuntos difusos.

CAPACIDAD	SIGLAS VARIABLE	Bajo 142	Bajo 119	Bajo 106	Medio 124	Medio 71	Medio 18	Alto 35	Alto 10	Alto 1
Capacidad de I+D	PERSE1	Yemen	Mali	Bolivia	Burkina	Poland	Malta	Luxembourg	Netherlands	Singapore
	INVE1	Yemen	Bolivia	Kazakhstan	Namibia	Indonesia	Qatar	India	United States	Sweden
	PATE1	Albania	Mauritius	Ecuador	Kyrgyz Republic	Jamaica	United Kingdom	Cyprus	Austria	Sweden
Capacidad de Gestión de Recursos	UCDTE1	Burundi	Syria	Bulgaria	Mauritania	Italy	United States	Malaysia	Austria	Sweden
	FCDTE1	Timor-Leste	Ghana	Lesotho	Hong Kong	Spain	Venezuela	Cameroon	Belgium	Gambia
Capacidad de Aprendizaje Organizacional	DCTE1	Yemen	Albania	Lebanon	Bosnia and Herzegovina	Turkey	Iceland	India	Netherlands	Japan
	ICTE1	Burundi	Mali	Ireland	Albania	Philippines	Switzerland	Tunisia	Malaysia	Qatar
Capacidad de Planeación Estratégica	IECTE1	Algeria	Botswana	Mozambique	Kyrgyz Republic	Jamaica	Saudi Arabia	Chile	Estonia	Sweden
	IEIE1	Yemen	Bolivia	Kazakhstan	Namibia	Indonesia	Qatar	India	United States	Sweden
Capacidad de productividad	ECPE1		Madagascar	Lesotho	Cambodia	Mongolia	Russian	Greece	Belgium	Barbados
	ICPPE1	Swaziland	Suriname	Indonesia	Zimbabwe	Mexico	Ireland	Chile	Estonia	Sweden
	DCCE1	Chad	Belize	Cambodia	Benin	Kazakhstan	Australia	Barbados	Israel	Singapore
Desempeño Innovador	Inn_Internal	Haiti	Belize	Perú	Zimbabwe	Sri Lanka	Japan	Barbados	United Kigdom	Sweden
	Inn_Nal									
	Inn_Interna									

Gráfica 13: Países que se encuentran dentro del rango de cada una de las variables determinadas.

En cuanto a los términos lingüísticos implementados en la herramienta tanto para las variables de entrada como las variables de salida, se emplearon los adjetivos “Alto”, “Medio” y “Bajo”. Se debe tener en cuenta que por cada encuesta no se tuvieron presente los registros que reincidían, obteniendo la información que se plasma en las tablas 14, 15 y 16.

EDIT I					
Regla	Resultante Capacidad I+D	Resultante Capacidad Gestión de Recursos	Resultante Capacidad Aprendizaje Organizacional	Resultante Capacidad Planeación Estrátegica	Resultante Capacidad de Productividad
1	0,0000	0,0000	Medio	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	Medio	0,0000	Medio
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Alto
4	0,0000	0,0000	Medio	0,0000	Alto
5	Alto	0,0000	Medio	0,0000	Alto
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0,0000	Medio	Medio	0,0000	Alto
8	0,0000	Alto	Medio	0,0000	0,0000
9	0,0000	Medio	Medio	0,0000	0,0000
10	Alto	0,0000	Medio	0,0000	0,0000
11	Medio	0,0000	Medio	0,0000	0,0000
12	Medio	0,0000	Medio	0,0000	Medio
13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Medio
14	Medio	Medio	Medio	0,0000	Alto
15	Medio	0,0000	Medio	0,0000	Alto
16	Alto	Medio	Medio	0,0000	Alto
17	0,0000	Medio	Medio	0,0000	Medio
18	Medio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
19	Medio	0,0000	0,0000	0,0000	Alto
20	Alto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
21	Alto	Alto	Medio	0,0000	Alto
22	Alto	Medio	Medio	0,0000	0,0000
23	0,0000	Alto	Medio	0,0000	Alto
24	0,0000	Medio	0,0000	0,0000	Alto
25	Alto	0,0000	Medio	0,0000	Medio
26	0,0000	Medio	0,0000	0,0000	0,0000
27	0,0000	0,0000	Medio	Medio	Alto

Gráfica 14: Reglas resultantes de las capacidades que se tuvieron en cuenta para la primera encuesta de innovación.

EDIT II					
Regla	Resultante Capacidad I+D	Resultante Capacidad Gestión de Recursos	Resultante Capacidad Aprendizaje Organizacional	Resultante Capacidad Planeación Estrátegica	Resultante Capacidad de Productividad
1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
2	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo
3	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Medio
4	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Bajo
5	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
6	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
7	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio
8	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio
9	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
10	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo
11	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio
12	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio
13	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
14	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
15	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Alto
16	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto
17	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
18	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo
19	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Bajo
20	Medio	Bajo	Alto	Medio	Alto
21	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
22	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio

Gráfica 15: Reglas resultantes de las capacidades que se tuvieron en cuenta para la segunda encuesta de innovación.

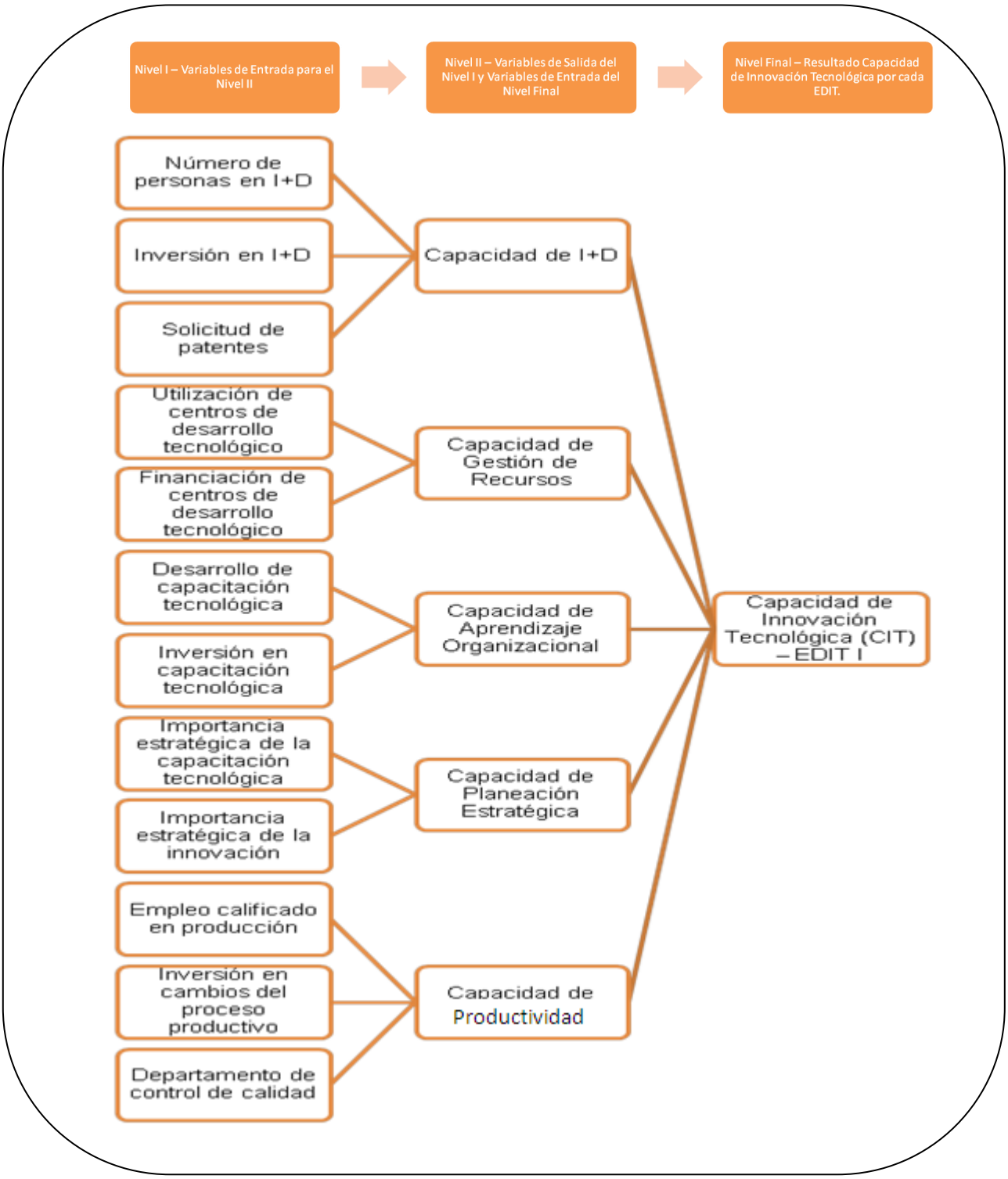
EDIT III					
Regla	Resultante Capacidad I+D	Resultante Capacidad Gestión de Recursos	Resultante Capacidad Aprendizaje Organizacional	Resultante Capacidad Planeación Estrátegica	Resultante Capacidad de Productividad
1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
2	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
3	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
4	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
5	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
6	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo
7	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
8	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
9	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
10	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
11	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto
12	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo

Gráfica 16: Reglas resultantes de las capacidades que se tuvieron en cuenta para la segunda encuesta de innovación.

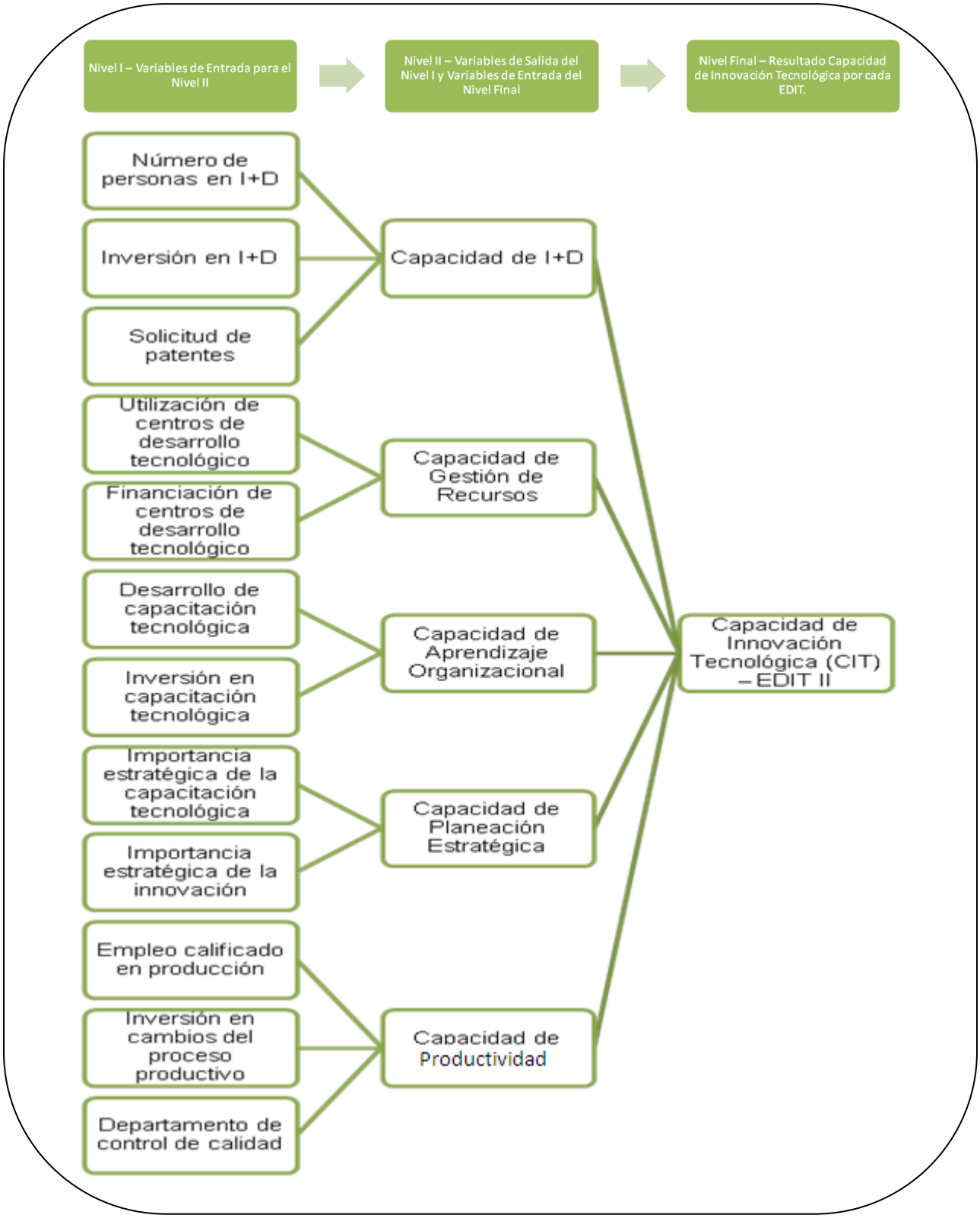
4.1. Estructura para la Evaluación de las Capacidades de Innovación Tecnológica

Para hallar las capacidades de innovación tecnológica de cada una de las tres encuestas de innovación, se realizó una integración por niveles, en donde el nivel I posee todas las variables de entrada determinadas por cada encuesta, el nivel II contiene cada una de las cinco capacidades, las cuales son inicialmente variables de salida y posteriormente hacen parte de las variables de entrada con el fin de determinar la CIT (Nivel Final).

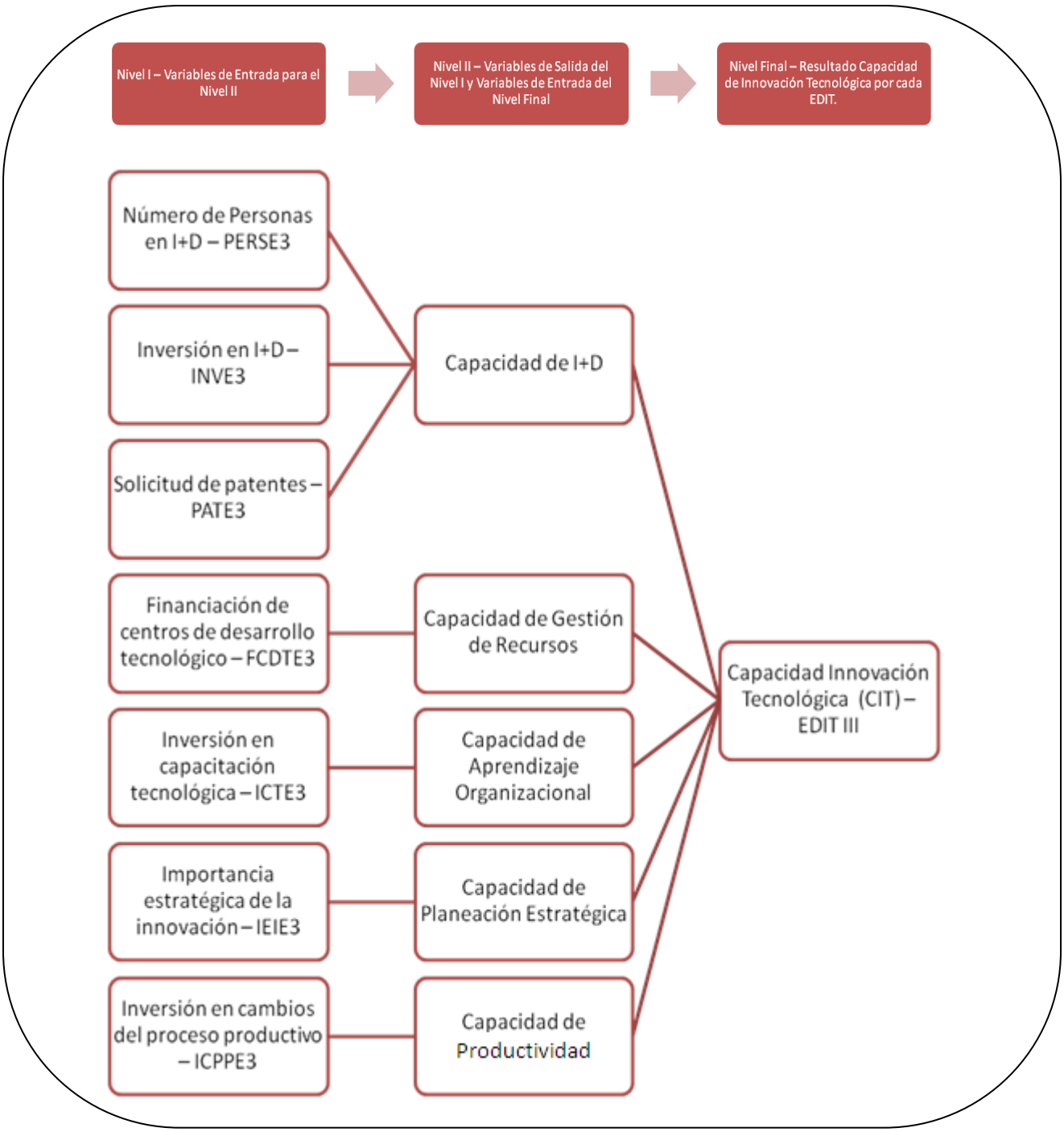
En las gráficas 17, 18 y 19, se realiza un resumen de los modelos que se plantean para determinar la relación entre las CIT y el desempeño innovador para cada una de las encuestas de innovación que se tuvieron en cuenta dentro de este trabajo. Allí se observa el esquema utilizado en la herramienta Matlab® específicamente en el toolbox Fuzzy Logic, en donde se evidencia las cinco capacidades de innovación tecnológica que se determinaron, adicionalmente, para efectos de este trabajo se aplicó el sistema difuso tipo Mandani.



Gráfica 17: Estructura para determinar la CIT basándose en los resultados de la EDIT I

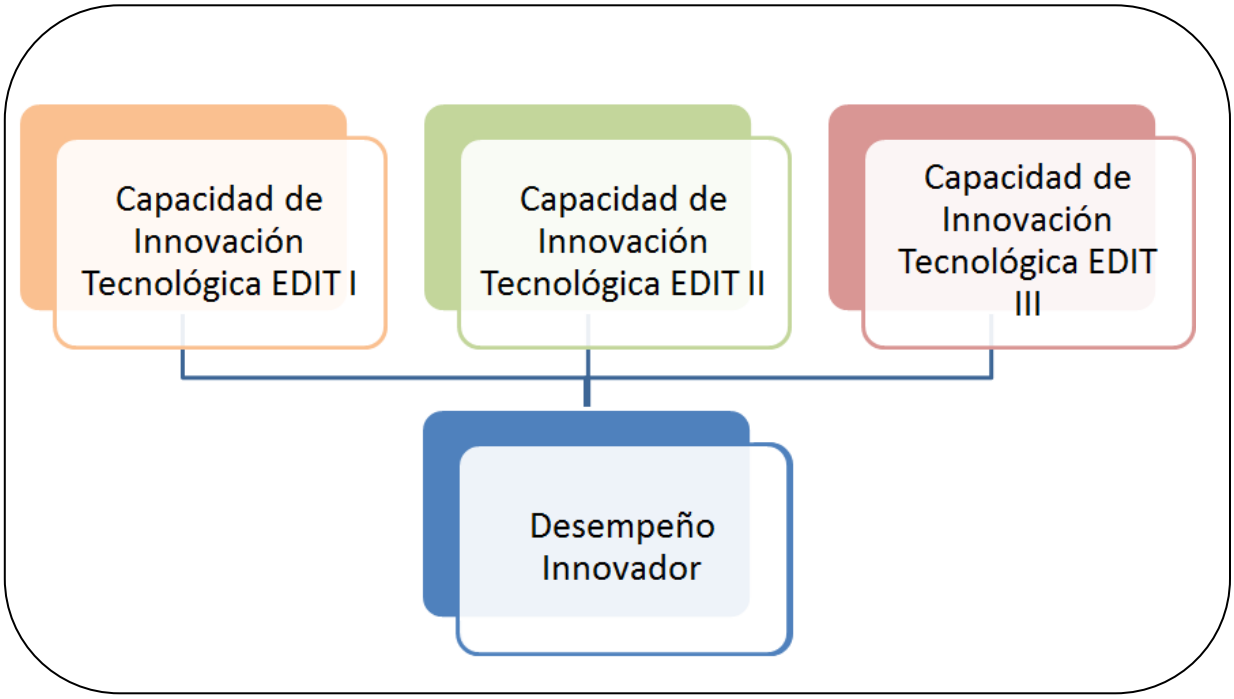


Gráfica 18: Estructura para determinar la CIT basándose en los resultados de la EDIT II



Gráfica 19: Estructura para determinar la CIT basándose en los resultados de la EDIT III

4.2. Estructura para la Evaluación de las Capacidades de Innovación Tecnológica y Desempeño Innovador



Gráfica 20: Estructura para determinar la relación entre las CIT y el desempeño innovador para las EDIT I, EDIT II y EDIT III.

4.3. Datos EDIT I - Capacidad innovación tecnológica

Para determinar cada uno de los conjuntos difusos de las EDIT I, se utilizaron las variables de salida de las cinco capacidades que se encuentran descritas en la tabla 2, de acuerdo al puntaje que brinda el reporte "The Global Information Technology" para cada una de las capacidades seleccionadas, teniendo en cuenta el ranking y la variable a la cual pertenece cada capacidad, teniendo como base lo planteado en el ítem 4 de este trabajo.

Los conjuntos difusos que se muestran a continuación tienen un valor inicial y un valor final por cada tipo de gráfica ya que se cuenta con los valores máximos y mínimos de acuerdo a los datos obtenidos tanto de las encuestas de innovación como del reporte que se tiene

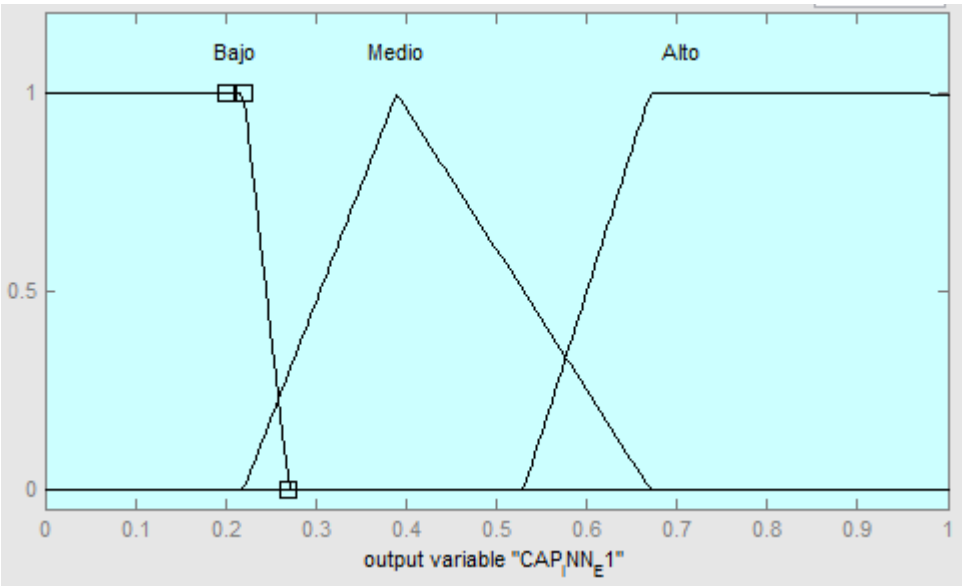
como base, por tal razón se podrá visualizar para las gráficas trapezoidales y triangulares cuyos valores límites se encuentran inmersos en las gráficas.

Adicionalmente, la estructura que se maneja a través del documento es la de mostrar los conjuntos difusos finales (resultantes) por encuesta de innovación y a partir de allí se comienza a desglosar cada una de las capacidades.

CAPACIDAD	SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
		Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	Trap 2	Max
Capacidad de I+D	CAP_I+D_E1	0,00	0,20	0,22	0,27	0,22	0,39	0,67	0,53	0,67	0,74	1,00
Capacidad de Gestión de Recursos	CAP_GR_E1											
Capacidad de Aprendizaje Organizacional	CAP_AO_E1											
Capacidad de Planeación Estratégica	CAP_PE_E1											
Capacidad de Producción	CAP_PROD_E1											

Tabla 2: Conjunto difuso definidos para la CIT – Nivel Final

Al ingresar las resultantes a la herramienta y el sistema al aplicar el motor de inferencia, se obtiene la gráfica 21, la cual posee el conjunto difuso de salida.



Gráfica 21: Conjuntos Difusos - Variable CIT – Nivel Final

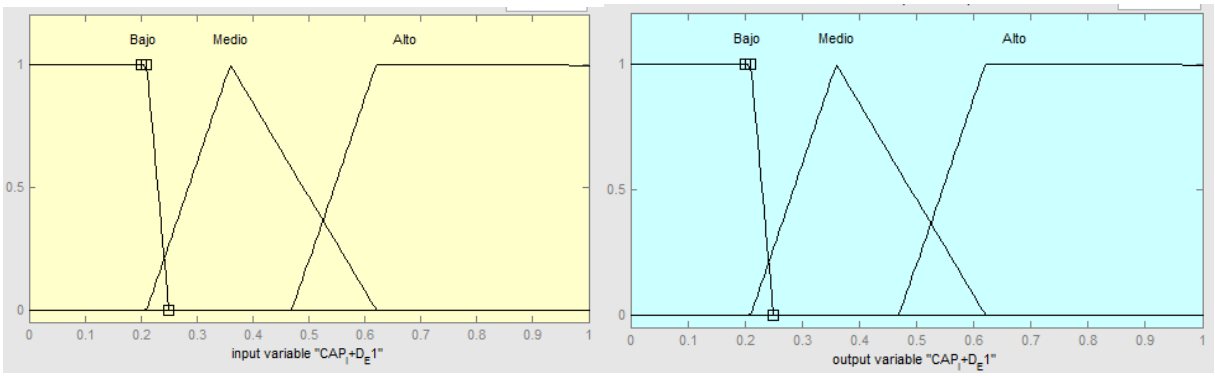
4.3.1. Capacidad de I+D

Para determinar la capacidad de I+D de la EDIT I, se tiene en cuenta tres conjuntos difusos, los cuales se observan en la tabla 3.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PERSE1	0,00	0,20	0,21	0,25	0,21	0,36	0,62	0,47	0,62	0,72	1,00
INVE1											
PATE1											

Tabla 3: Conjunto difuso definidos para la capacidad de I+D – Nivel II

De acuerdo a los datos de la tabla 3, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 22, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 17.



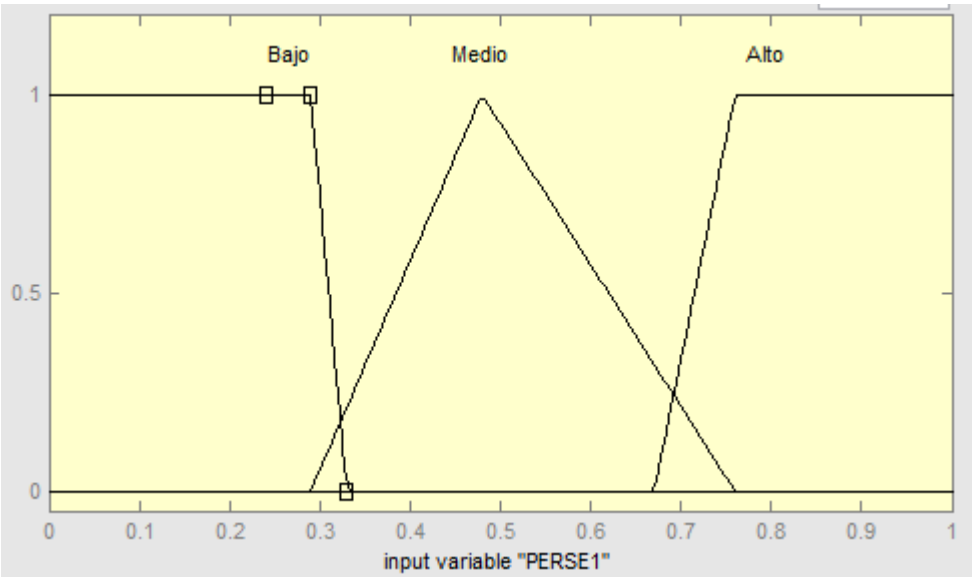
Gráfica 22: Conjunto difuso - Capacidad de I+D – Nivel II

Según lo anterior, para evaluar la capacidad de I+D es necesario examinar las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos.

4.3.1.1. Número de personas en I+D (PERSE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PERSE1	0,00	0,24	0,29	0,33	0,29	0,48	0,76	0,67	0,76	0,83	1,00

Tabla 4: Conjunto difuso definidos para número de personas en I+D – Nivel I

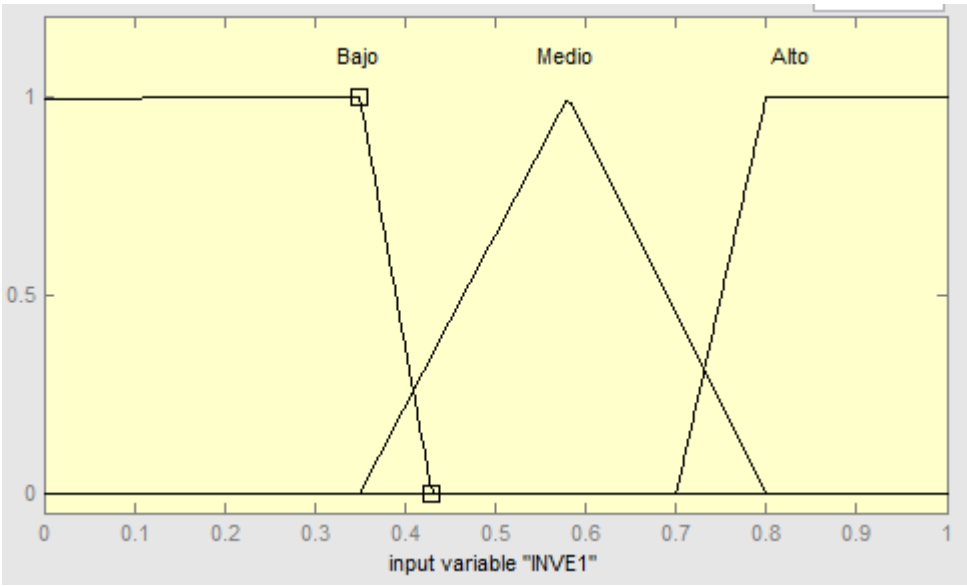


Gráfica 23: Conjunto difuso – Número de personas en I+D – Nivel I

4.3.1.2. Inversión en I+D (INVE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
INVE1	0,00	0,35	0,35	0,43	0,35	0,58	0,80	0,70	0,80	0,85	1,00

Tabla 5: Conjunto difuso definidos para inversión en I+D – Nivel I

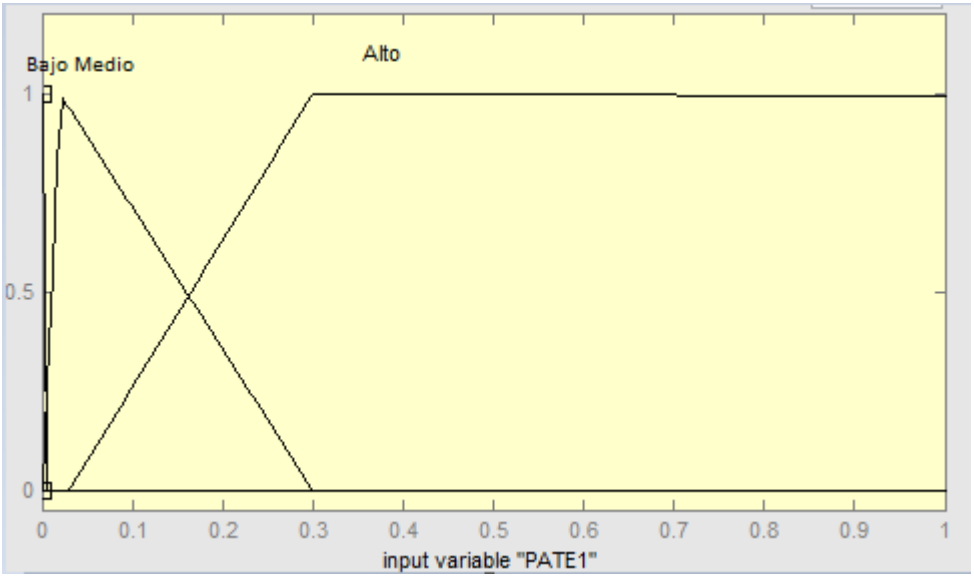


Gráfica 24: Conjunto difuso – Inversión en I+D – Nivel I

4.3.1.3. Solicitud de patentes (PATE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PATE1	0,00	0,00032	0,00032	0,00064	0,00032	0,02	0,30	0,03	0,30	0,46	1,00

Tabla 6: Conjunto difuso definidos para solicitud de patentes – Nivel I



Gráfica 25: Conjunto difuso – Solicitud de patentes – Nivel I

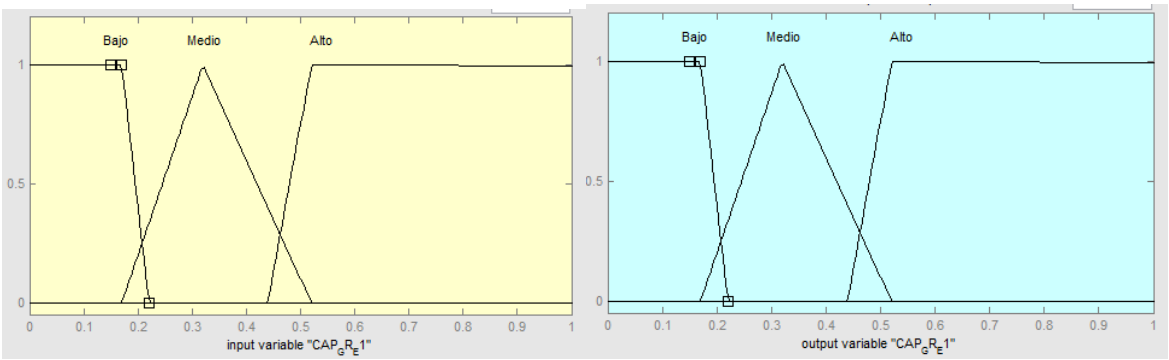
4.3.2. Capacidad de gestión de recursos

Para determinar la capacidad de gestión de recursos de la EDIT I, se tiene en cuenta dos conjuntos difusos que se representan en la tabla 7.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
UCDTE1	0,00	0,15	0,17	0,22	0,17	0,32	0,52	0,44	0,52	0,55	1,00
FCDTE1											

Tabla 7: Conjunto difuso definidos para capacidad de gestión de recursos – Nivel II

Según los datos de la tabla 7, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 26, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 17.



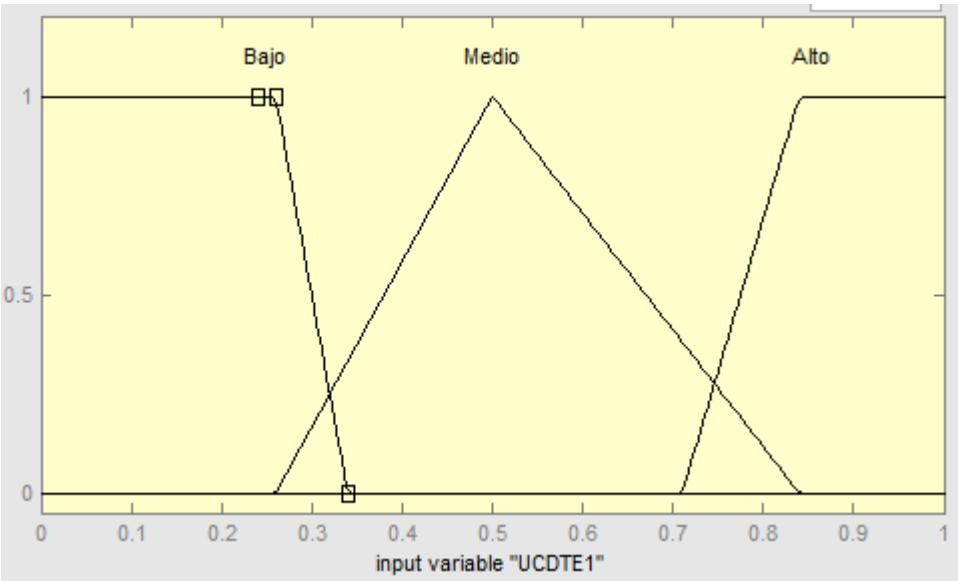
Gráfica 26: Conjunto difuso - Capacidad de gestión de recursos – Nivel II

Con el fin de determinar la capacidad de gestión de recursos, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos.

4.3.2.1. Utilización de centros de desarrollo tecnológico (UCDTE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
UCDTE1	0,00	0,24	0,26	0,34	0,26	0,50	0,84	0,71	0,84	0,87	1,00

Tabla 8: Conjunto difuso definidos para utilización de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I

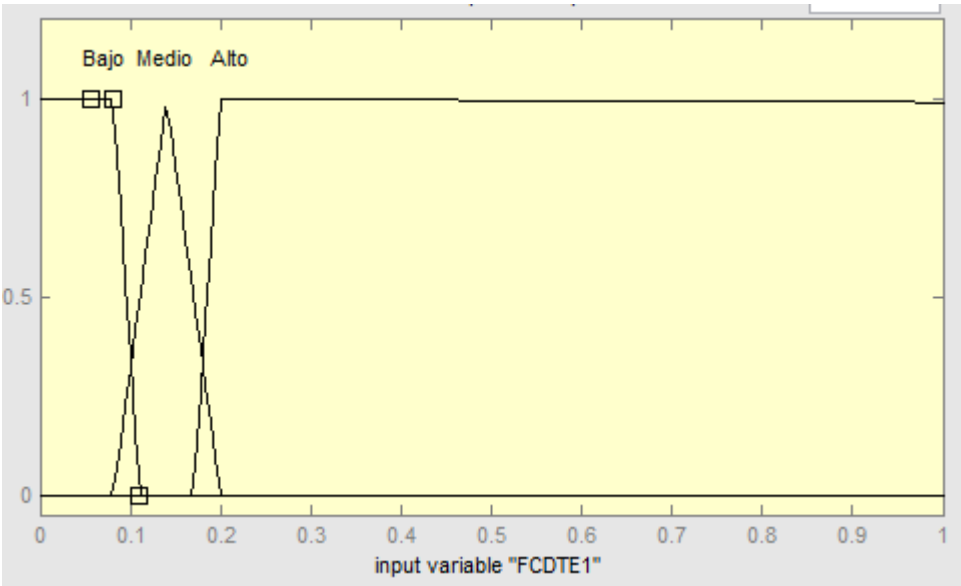


Gráfica 27: Conjunto difuso – Utilización de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I

4.3.2.2. Financiación de centros de desarrollo tecnológico (FCDTE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
FCDTE1	0,00	0,056	0,081	0,11	0,081	0,14	0,20	0,17	0,20	0,22	1,00

Tabla 9: Conjunto difuso definidos para financiación de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I



Gráfica 28: Conjunto difuso – Financiación de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I

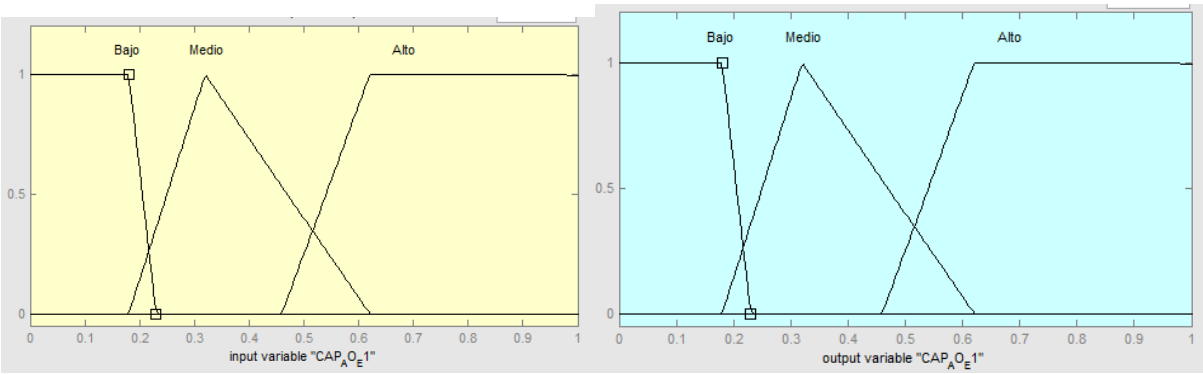
4.3.3. Capacidad de aprendizaje organizacional

Con el fin de obtener un conjunto difuso para la capacidad de aprendizaje organizacional de la EDIT I, se tiene en cuenta dos conjuntos difusos que se representan en la tabla 10.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
DCTE1	0,00	0,18	0,18	0,23	0,18	0,32	0,62	0,46	0,62	0,74	1,00
ICTE1											

Tabla 10: Conjunto difuso definidos para capacidad de aprendizaje organizacional – Nivel II

Conforme a la información de la tabla 10, se establecen los conjuntos difusos que se observan en la gráfica 29, obteniendo la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 17.



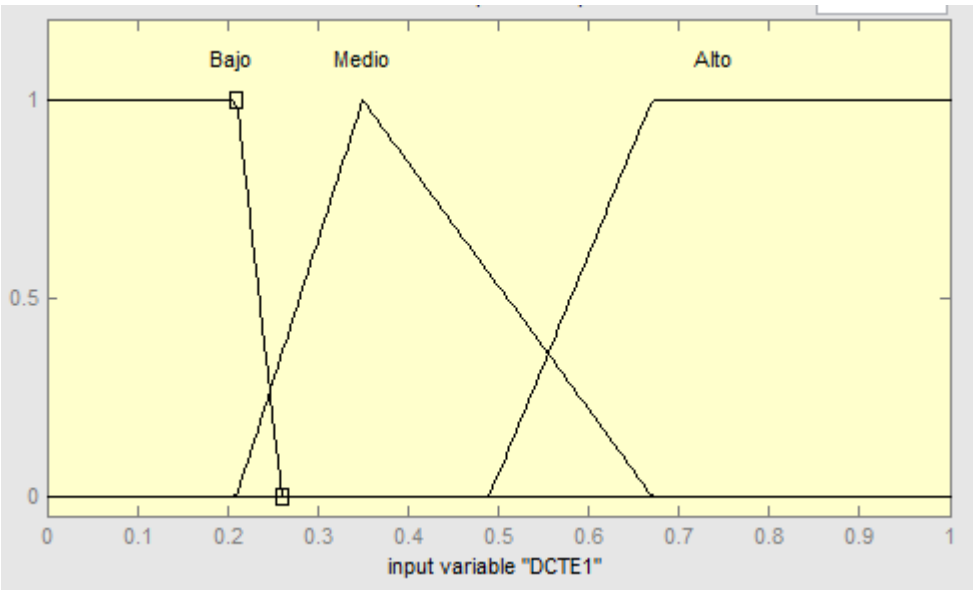
Gráfica 29: Conjunto difuso - Capacidad de aprendizaje organizacional – Nivel II

Con el fin de determinar la capacidad de aprendizaje organizacional, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos.

4.3.3.1. Desarrollo Capacidad Tecnológica (DCTE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
DCTE1	0,00	0,21	0,21	0,26	0,21	0,35	0,67	0,49	0,67	0,81	1,00

Tabla 11: Conjunto difuso definidos para desarrollo capacidad tecnológica – Nivel I

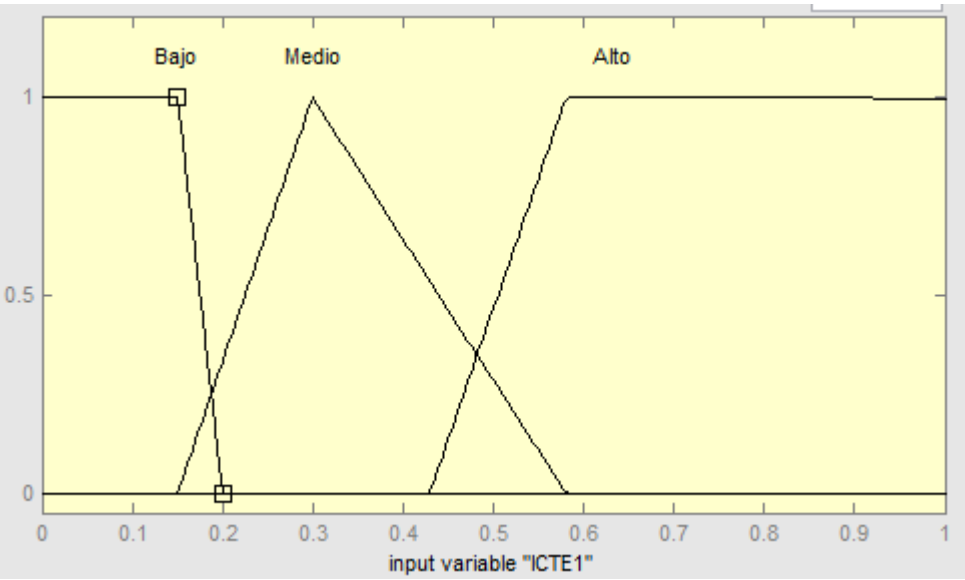


Gráfica 30: Conjunto difuso – Desarrollo capacidad tecnológica – Nivel I

4.3.3.2. Inversión en capacitación tecnológica (ICTE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICTE1	0,00	0,15	0,15	0,20	0,15	0,30	0,58	0,43	0,58	0,68	1,00

Tabla 12: Conjunto difuso definidos para inversión en capacitación tecnológica – Nivel I



Gráfica 31: Conjunto difuso – Inversión en capacitación tecnológica – Nivel I

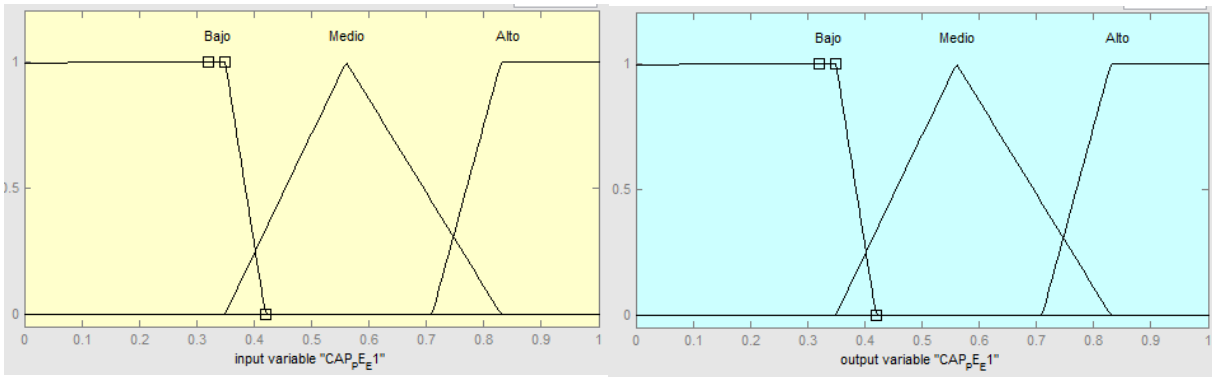
4.3.4. Capacidad de planeación estratégica

Sobre la capacidad de planeación estratégica de la EDIT I, se tiene en cuenta dos conjuntos difusos que se indican en la tabla 13.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IECTE1	0,00	0,32	0,35	0,42	0,35	0,56	0,83	0,71	0,83	0,86	1,00
IEIE1											

Tabla 13: Conjunto difuso definidos para capacidad de planeación estratégica – Nivel II

Acorde a los datos de la tabla 13, se generan los conjuntos difusos que se muestran en la gráfica 32, en donde se visualiza la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 17.



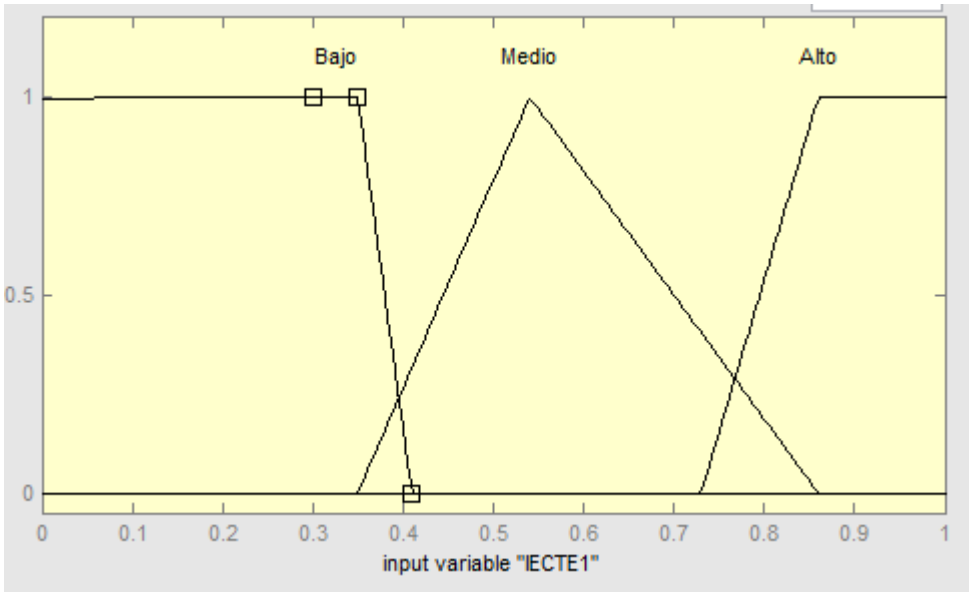
Gráfica 32: Conjunto difuso - Capacidad de planeación estratégica – Nivel II

Para hallar la capacidad de planeación estratégica, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos:

4.3.4.1. Importancia estratégica de la capacitación tecnológica (IECTE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IECTE1	0,00	0,30	0,35	0,41	0,35	0,54	0,86	0,73	0,86	0,86	1,00

Tabla 14: Conjunto difuso definidos para Importancia estratégica de la capacitación tecnológica – Nivel I

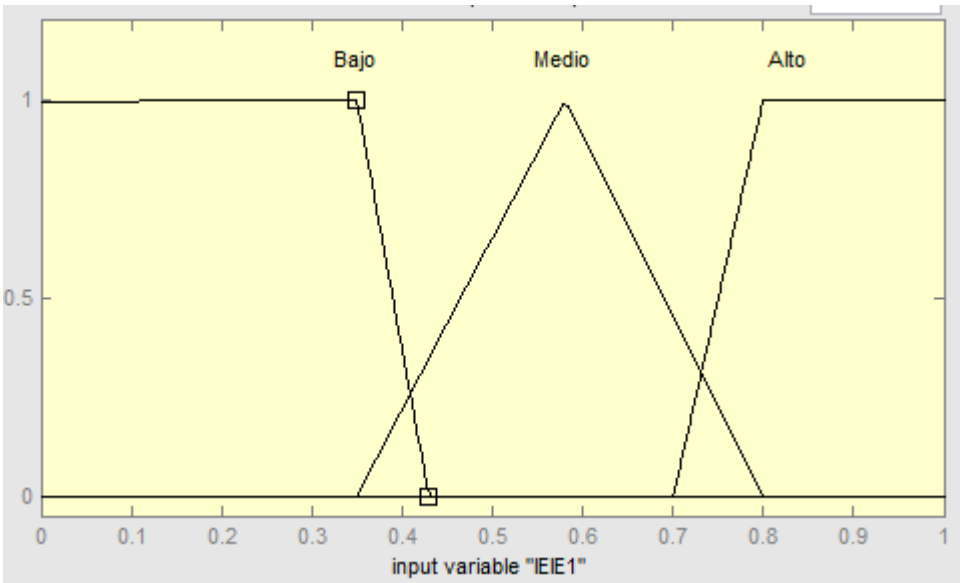


Gráfica 33: Conjunto difuso – Importancia estratégica de la capacitación tecnológica – Nivel I

4.3.4.2. Importancia estratégica de la innovación (IEIE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IEIE1	0,00	0,35	0,35	0,43	0,35	0,58	0,80	0,70	0,80	0,85	1,00

Tabla 15: Conjunto difuso definidos para Importancia estratégica de la innovación – Nivel I



Gráfica 34: Conjunto difuso – Importancia estratégica de la innovación – Nivel I

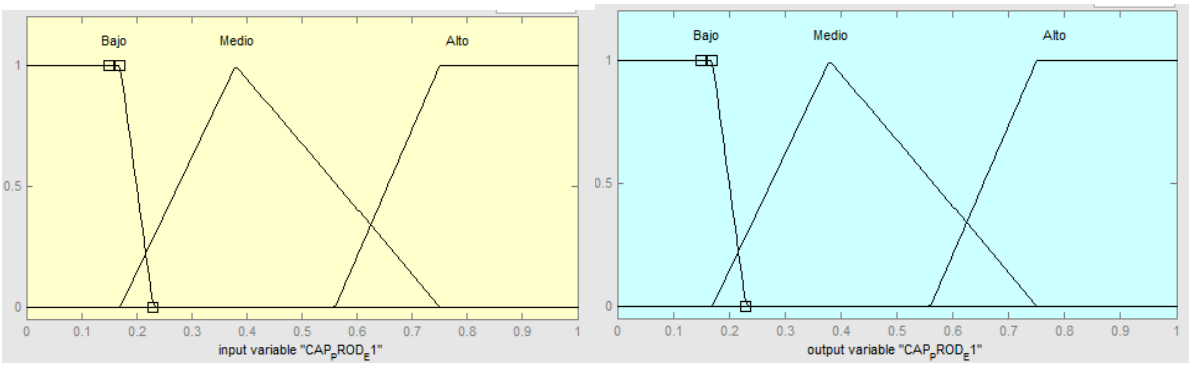
4.3.5. Capacidad de productividad

Para determinar la capacidad de Productividad de la EDIT I, se tiene en cuenta tres conjuntos difusos que se representan en la tabla 16.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ECPE1	0,00	0,15	0,17	0,23	0,17	0,38	0,75	0,56	0,75	0,82	1,00
ICPPE1											
DCCE1											

Tabla 16: Conjunto difuso definidos para capacidad en Productividad – Nivel II

Referenciando la información que se tiene en tabla 16, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 35, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 17.



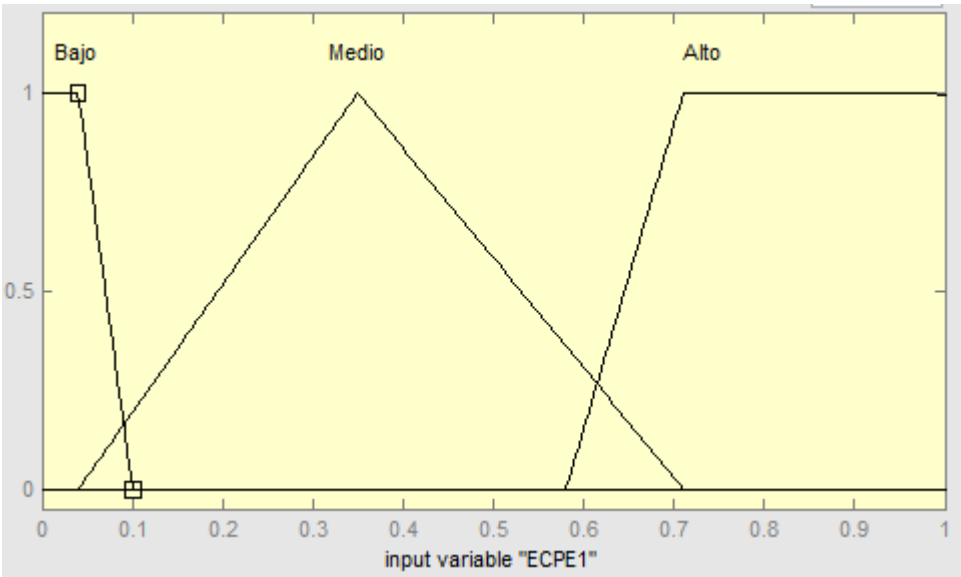
Gráfica 35: Conjunto difuso - Capacidad de productividad – Nivel II

Con el objetivo de obtener la capacidad de Productividad, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos:

4.3.5.1. Empleo calificado en productividad (ECPE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ECPE1	0,00	0,04	0,04	0,10	0,04	0,35	0,71	0,58	0,71	0,75	1,00

Tabla 17: Conjunto difuso definidos para Empleo calificado en productividad – Nivel I

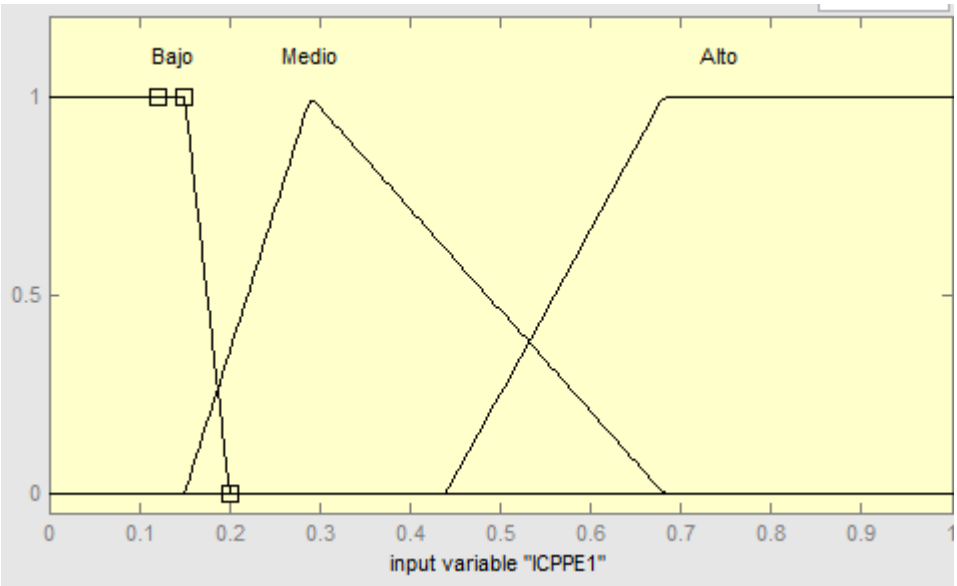


Gráfica 36: Conjunto difuso – Empleo calificado en productividad – Nivel I

4.3.5.2. Inversión en cambios del proceso productivo (ICPPE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICPPE1	0,00	0,12	0,15	0,20	0,15	0,29	0,68	0,44	0,68	0,80	1,00

Tabla 18: Conjunto difuso definidos para Inversión en cambios del proceso productivo – Nivel I

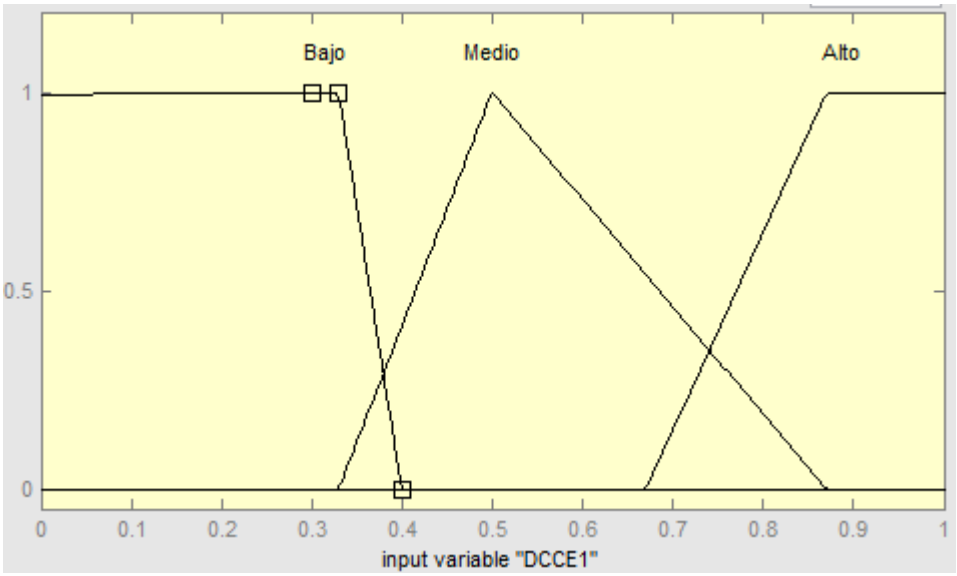


Gráfica 37: Conjunto difuso – Inversión en cambios del proceso productivo – Nivel I

4.3.5.3. Departamento de control de calidad (DCCE1)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
DCCE1	0,00	0,30	0,33	0,40	0,33	0,50	0,87	0,67	0,87	0,90	1,00

Tabla 19: Conjunto difuso definidos para departamento de Control de Calidad – Nivel I



Gráfica 38: Conjunto difuso – Departamento de control de calidad – Nivel I

4.4. Datos EDIT II - Capacidad innovación tecnológica

Para determinar cada uno de los conjuntos difusos de las EDIT II, se utilizaron las variables de salida de las cinco capacidades que se encuentran descritas en la tabla 20, de acuerdo al puntaje que brinda el reporte “The Global Information Technology” para cada una de las capacidades seleccionadas, teniendo en cuenta el ranking y la variable a la cual pertenece cada capacidad, teniendo como base lo planteado en el ítem 4 de este trabajo.

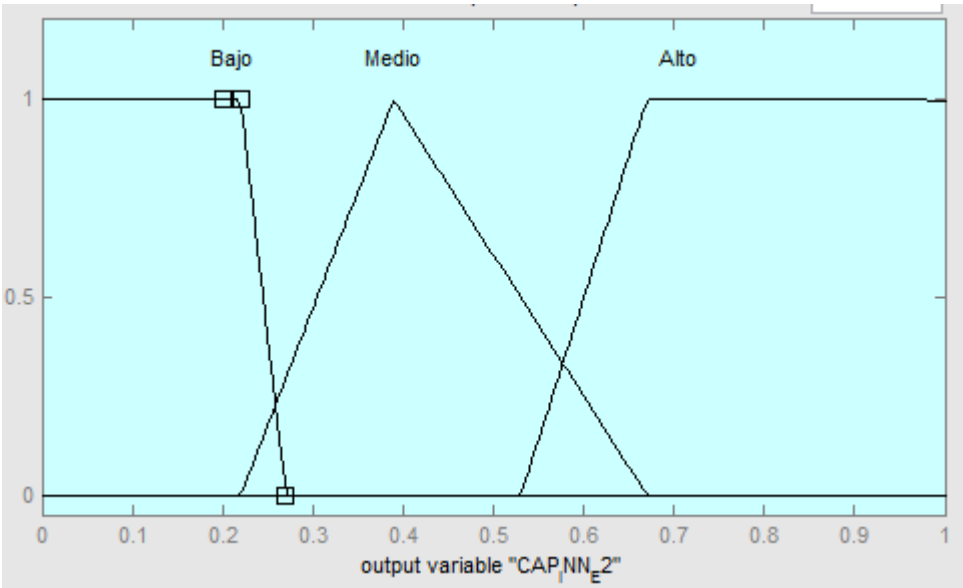
Los conjuntos difusos que se muestran a continuación tienen un valor inicial y un valor final por cada tipo de gráfica ya que se cuenta con los valores máximos y mínimos de acuerdo a los datos obtenidos tanto de las encuestas de innovación como del reporte que se tiene como base, por tal razón se podrá visualizar para las gráficas trapezoidales y triangulares cuyos valores límites se encuentran inmersos en las gráficas.

Adicionalmente, la estructura que se maneja a través del documento es la de mostrar los conjuntos difusos finales (resultantes) por encuesta de innovación y a partir de allí se comienza a desglosar cada una de las capacidades.

CAPACIDAD	SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
		Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	Trap 2	Max
Capacidad de I+D	CAP_I+D_E2	0,00	0,20	0,22	0,27	0,22	0,39	0,67	0,53	0,67	0,74	1,00
Capacidad de Gestiónde Recursos	CAP_GR_E2											
Capacidad de Aprendizaje Organizacional	CAP_AO_E2											
Capacidad de Planeación Estratégica	CAP_PE_E2											
Capacidad de Producción	CAP_PROD_E2											

Tabla 20: Conjunto difuso definidos para la CIT – Nivel Final

Al ingresar las resultantes a la herramienta y el sistema al aplicar el motor de inferencia, se obtiene la gráfica 39, la cual posee el conjunto difuso de salida.



Gráfica 39: Conjunto difuso - Variable CIT – Nivel Final

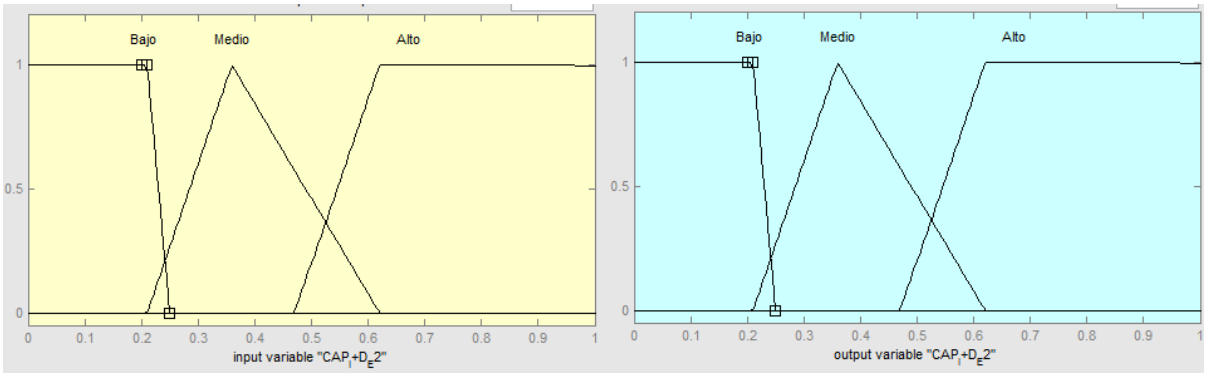
4.4.1. Capacidad de I+D

Para determinar la capacidad de I+D de la EDIT II, se tiene en cuenta tres conjuntos difusos, los cuales se observan en la tabla 21.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PERSE2	0,00	0,20	0,21	0,25	0,21	0,36	0,62	0,47	0,62	0,72	1,00
INVE2											
PATE2											

Tabla 21: Conjunto difuso definidos para capacidad de I+D – Nivel II

De acuerdo a los datos de la tabla 21, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 40, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 18.



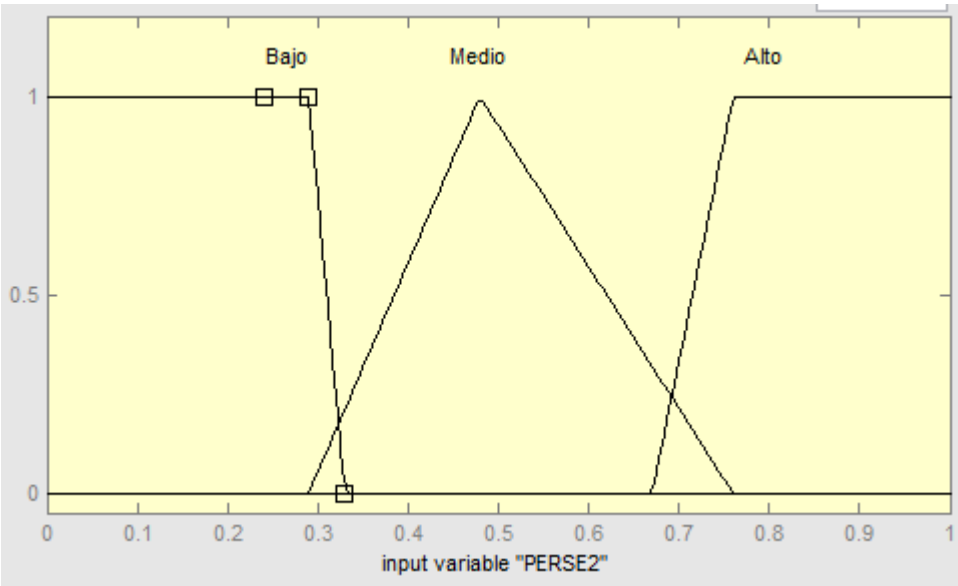
Gráfica 40: Conjunto difuso - Capacidad de I+D – Nivel II

Según lo anterior, para evaluar la capacidad de I+D es necesario examinar las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos:

4.4.1.1. Número de Personas en I+D (PERSE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PERSE2	0,00	0,24	0,29	0,33	0,29	0,48	0,76	0,67	0,76	0,83	1,00

Tabla 22: Conjunto difuso definidos para número de Personas en I+D – Nivel I

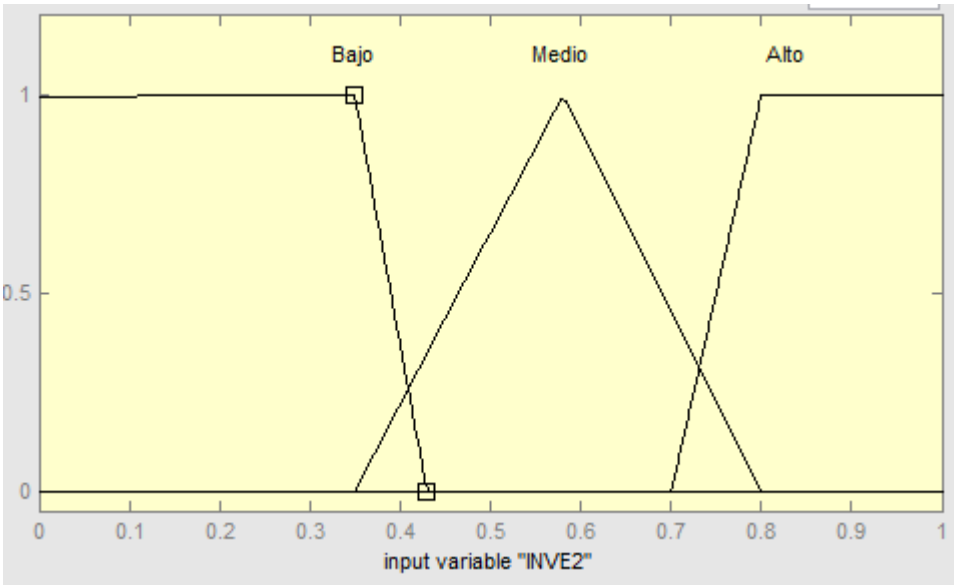


Gráfica 41: Conjunto difuso – Número de Personas en I+D – Nivel I

4.4.1.2. Inversión en I+D (INVE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
INVE2	0,00	0,35	0,35	0,43	0,35	0,58	0,80	0,70	0,80	0,85	1,00

Tabla 23: Conjunto difuso definidos para Inversión en I+D – Nivel I

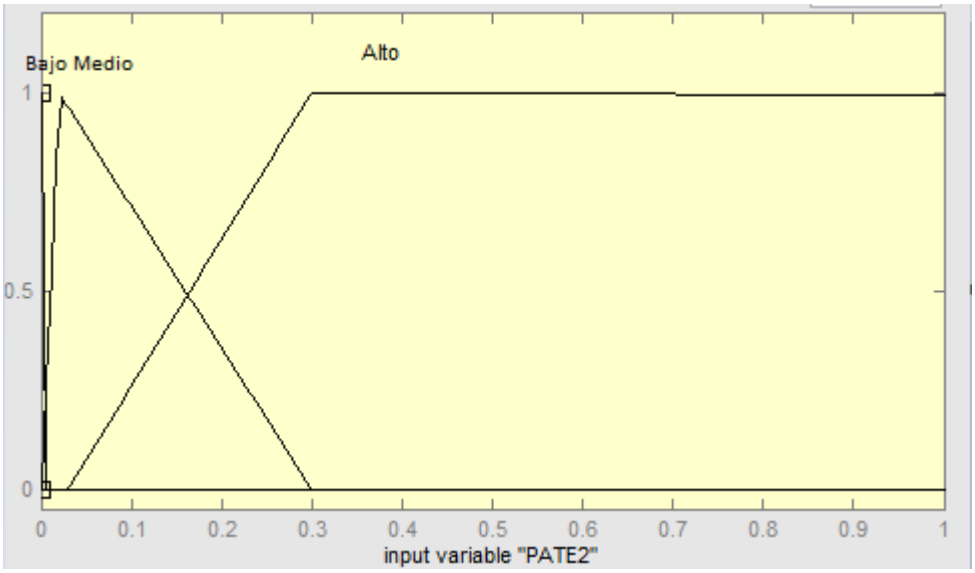


Gráfica 42: Conjunto difuso – Inversión en I+D – Nivel I

4.4.1.3. Solicitud de patentes (PATE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PATE2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,30	0,03	0,30	0,46	1,00

Tabla 24: Conjunto difuso definidos para solicitud de Patentes – Nivel I



Gráfica 43: Conjunto difuso – Solicitud de Pantentes – Nivel I

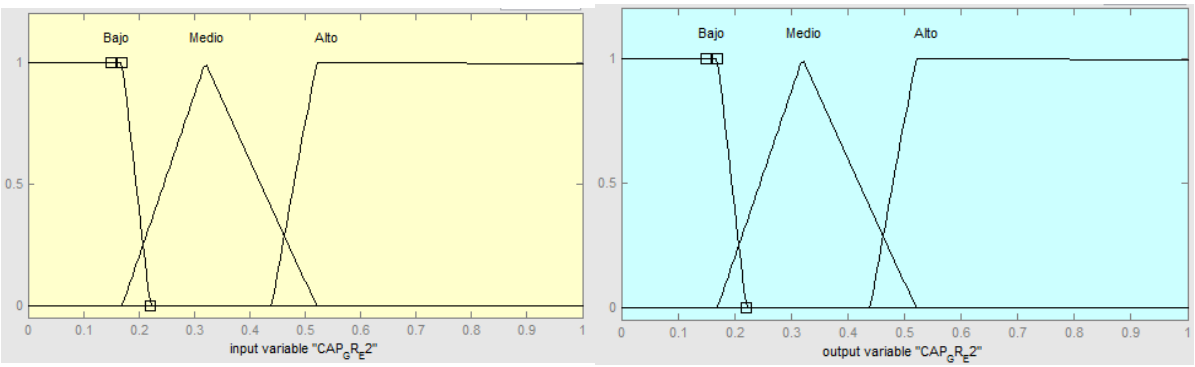
4.4.2. Capacidad de gestión de recursos

Para determinar la capacidad de gestión de recursos de la EDIT II, se tiene en cuenta dos conjuntos difusos que se representan en la tabla 25.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
UCDTE2	0,00	0,15	0,17	0,22	0,17	0,32	0,52	0,44	0,52	0,55	1,00
FCDTE2											

Tabla 25: Conjunto difuso definidos para capacidad de gestión de recursos – Nivel II

Según los datos de la tabla 25, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 44, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 18.



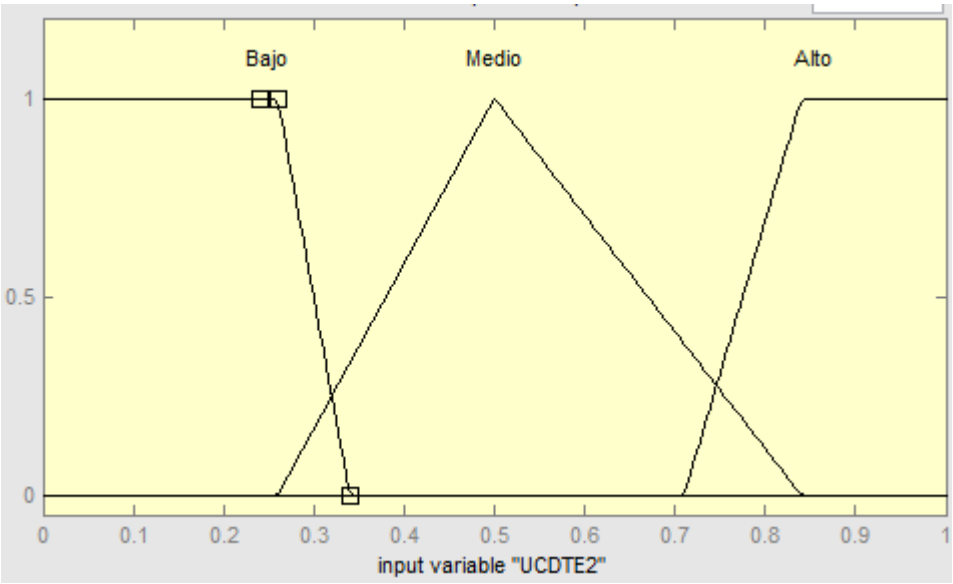
Gráfica 44: Conjunto difuso - Capacidad de gestión de recursos – Nivel II

Con el fin de determinar la capacidad de gestión de recursos, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos:

4.4.2.1. Utilización de centros de desarrollo tecnológico (UCDTE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
UCDTE2	0,00	0,24	0,26	0,34	0,26	0,50	0,84	0,71	0,84	0,87	1,00

Tabla 26: Conjunto difuso definidos para utilización de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I

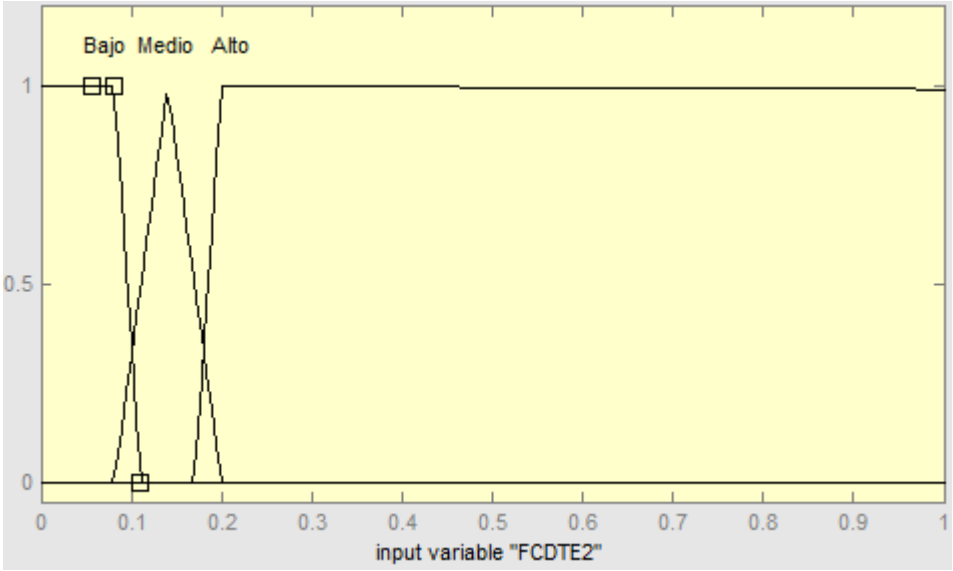


Gráfica 45: Conjunto difuso – Utilización de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I

4.4.2.2. Financiación de centros de desarrollo tecnológico (FCDTE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
FCDTE2	0,00	0,06	0,08	0,11	0,08	0,14	0,20	0,17	0,20	0,22	1,00

Tabla 27: Conjunto difuso definidos para financiación de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I



Gráfica 46: Conjunto difuso – Financiación de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I

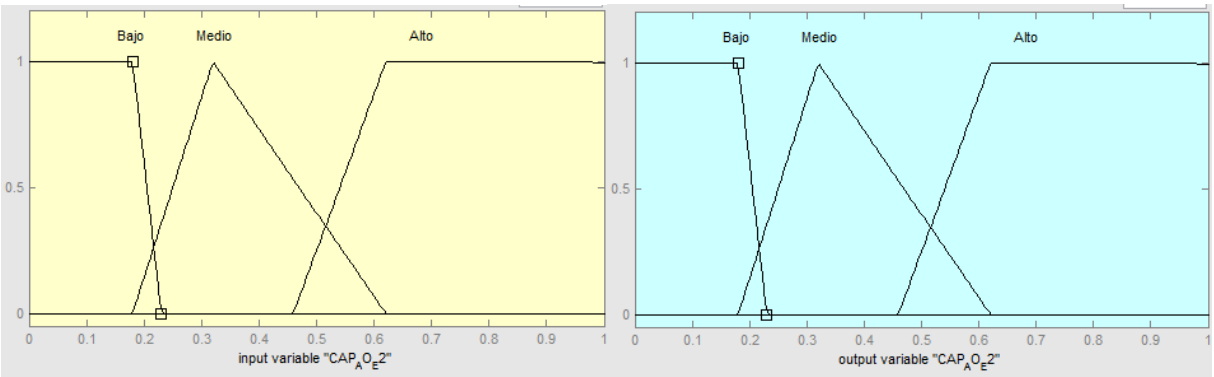
4.4.3. Capacidad de aprendizaje organizacional

Con el fin de obtener un conjunto difuso para la capacidad de aprendizaje organizacional de la EDIT II, se tiene en cuenta dos conjuntos difusos que se representan en la tabla 28.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
DCTE2	0,00	0,18	0,18	0,23	0,18	0,32	0,62	0,46	0,62	0,74	1,00
ICTE2											

Tabla 28: Conjunto difuso definidos para capacidad de aprendizaje organizacional – Nivel I

Conforme a la información de la tabla 28, se establecen los conjuntos difusos que se observan en la gráfica 47, obteniendo la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 18.



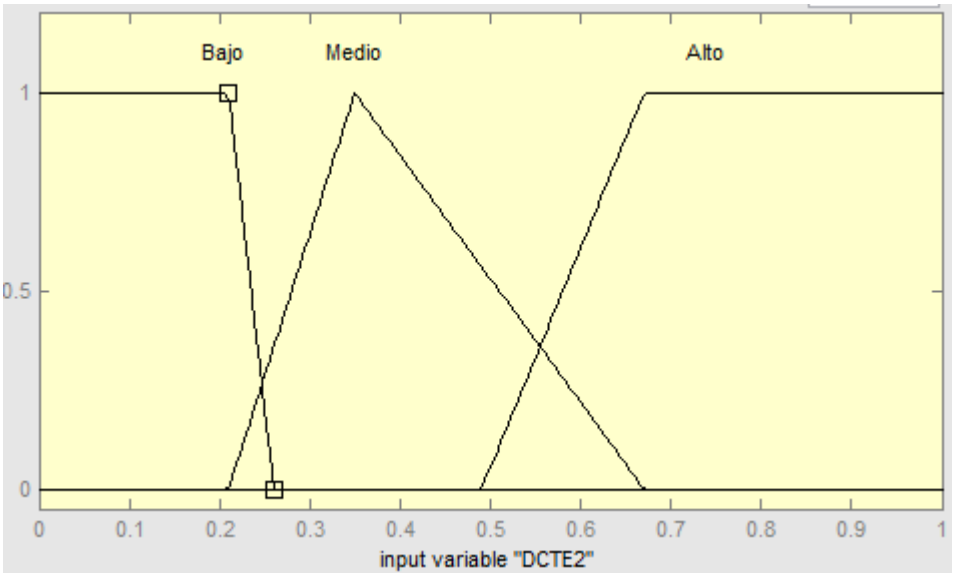
Gráfica 47: Conjunto difuso - Capacidad de aprendizaje organizacional – Nivel II

Con el fin de determinar la capacidad de aprendizaje organizacional, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos.

4.4.3.1. Desarrollo de capacitación tecnológica (DCTE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
DCTE2	0,00	0,21	0,21	0,26	0,21	0,35	0,67	0,49	0,67	0,81	1,00

Tabla 29: Conjunto difuso definidos para desarrollo de Capacitación Tecnológica – Nivel I

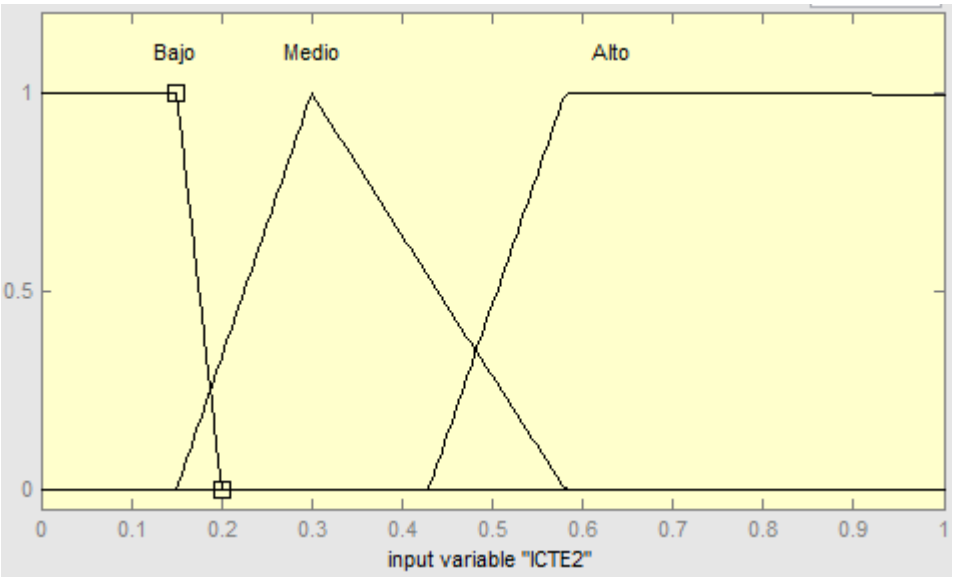


Gráfica 48: Conjunto difuso – Desarrollo de capacitación tecnológica – Nivel I

4.4.3.2. Inversión en capacitación tecnológica (ICTE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICTE2	0,00	0,15	0,15	0,20	0,15	0,30	0,58	0,43	0,58	0,68	1,00

Tabla 30: Conjunto difuso definidos para inversión en capacitación tecnológica – Nivel I



Gráfica 49: Conjunto difuso – Inversión en capacitación tecnológica – Nivel I

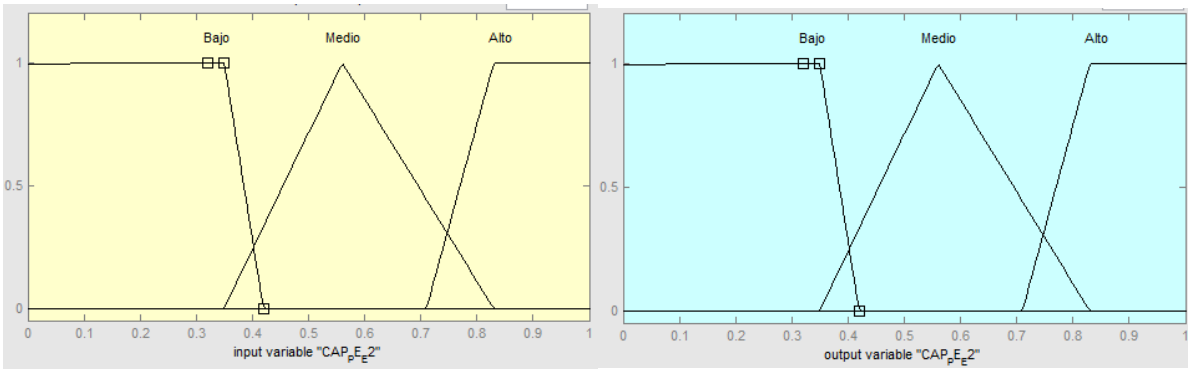
4.4.4. Capacidad de planeación estratégica

Sobre la capacidad de planeación estratégica de la EDIT II, se tiene en cuenta dos conjuntos difusos que se indican en la tabla 31.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IECTE2	0,00	0,32	0,35	0,42	0,35	0,56	0,83	0,71	0,83	0,86	1,00
IEIE2											

Tabla 31: Conjunto difuso definidos para capacidad de planeación estratégica – Nivel II

Acorde a los datos de la tabla 31, se generan los conjuntos difusos que se muestran en la gráfica 50, en donde se visualiza la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 18.



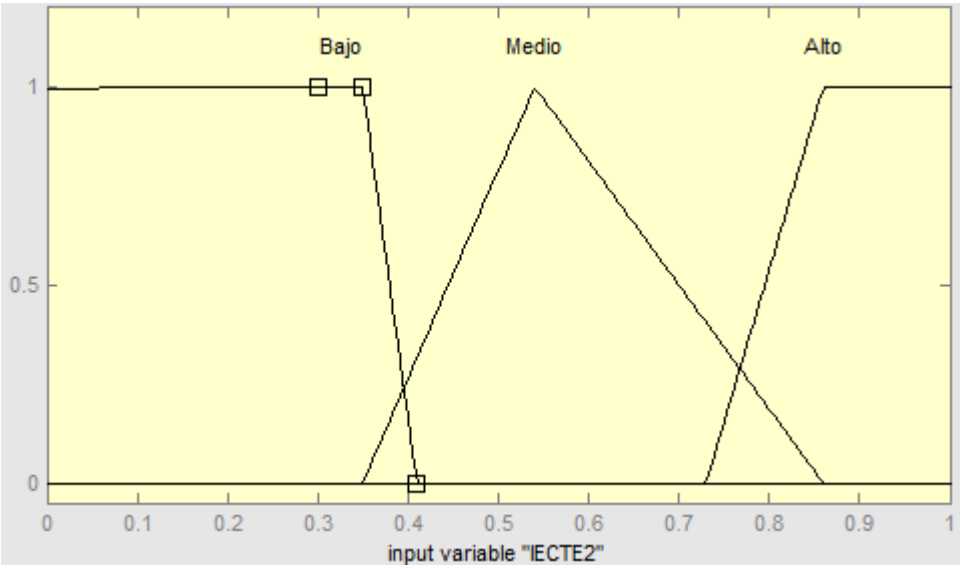
Gráfica 50: Conjunto difuso - Capacidad de planeación estratégica – Nivel II

Para hallar la capacidad de planeación estratégica, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos.

4.4.4.1. Importancia estratégica de la capacitación tecnológica (IECTE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IECTE2	0,00	0,30	0,35	0,41	0,35	0,54	0,86	0,73	0,86	0,86	1,00

Tabla 32: Conjunto difuso definidos para Importancia estratégica de la capacitación tecnológica – Nivel I

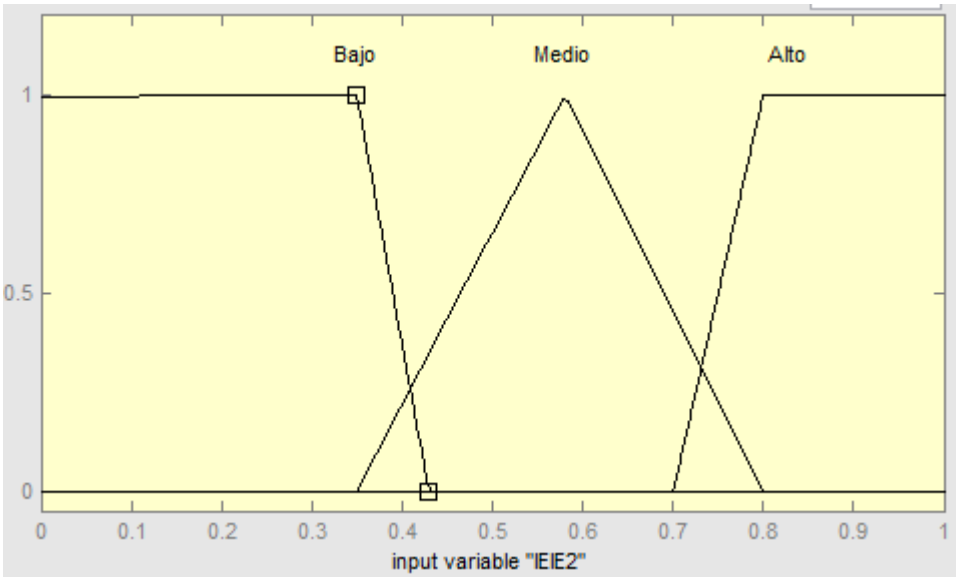


Gráfica 51: Conjunto difuso – Importancia estratégica de la capacitación tecnológica – Nivel I

4.4.4.2. Importancia estratégica de la innovación (IEIE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IEIE2	0,00	0,35	0,35	0,43	0,35	0,58	0,80	0,70	0,80	0,85	1,00

Tabla 33: Conjunto difuso definidos para Importancia estratégica de la innovación – Nivel I



Gráfica 52: Conjunto difuso – Importancia estratégica de la capacitación tecnológica – Nivel I

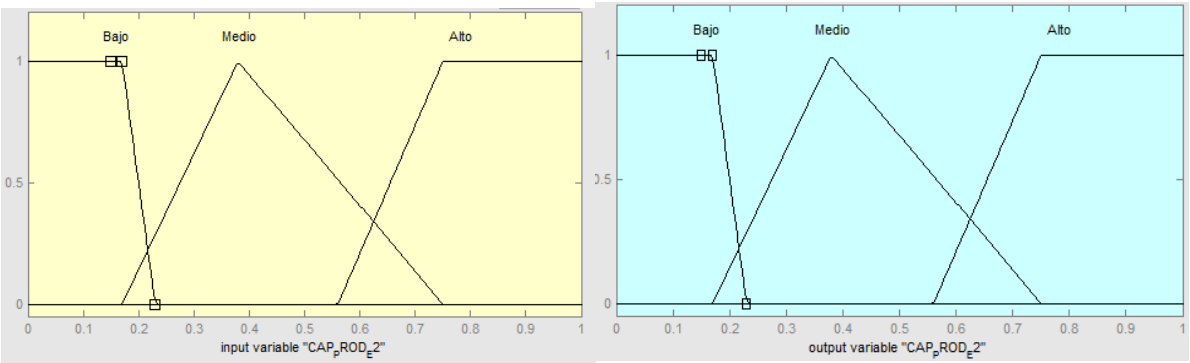
4.4.5. Capacidad de productividad

Para determinar la capacidad de Productividad de la EDIT II, se tiene en cuenta dos conjuntos difusos que se representan en la tabla 34.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ECPE2	0,00	0,15	0,17	0,23	0,17	0,38	0,75	0,56	0,75	0,82	1,00
ICPPE2											
DCCE2											

Tabla 34: Conjunto difuso definidos para capacidad de Productividad – Nivel II

Referenciando la información que se tiene en tabla 34, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 53, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 18.



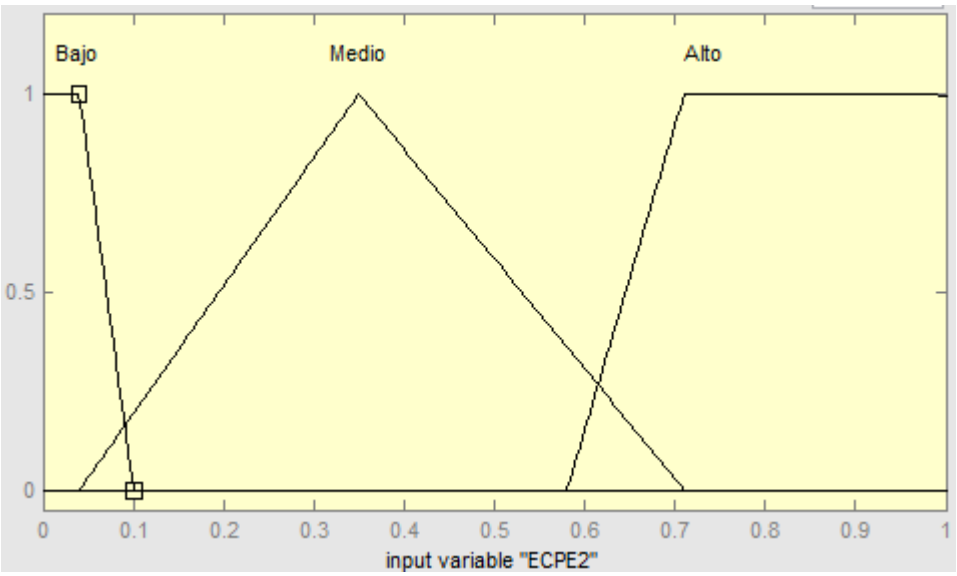
Gráfica 53: Conjunto difuso - Capacidad de productividad – Nivel II

Con el objetivo de obtener la capacidad de Productividad, se valida las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos:

4.4.5.1. Empleo calificado en productividad (ECPE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ECPE2	0,00	0,04	0,04	0,10	0,04	0,35	0,71	0,58	0,71	0,75	1,00

Tabla 35: Conjunto difuso definidos para Empleo calificado en productividad – Nivel I

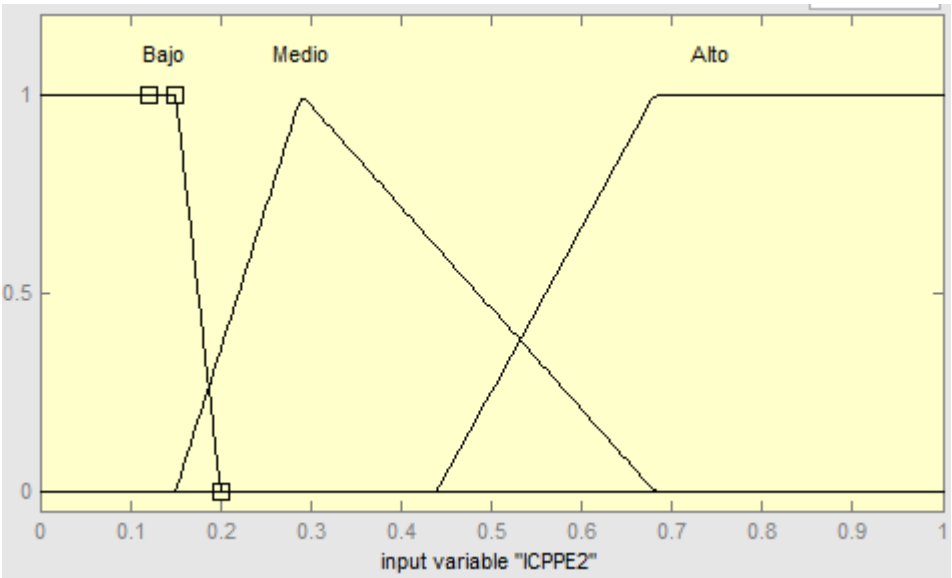


Gráfica 54: Conjunto difuso – Empleo calificado en productividad – Nivel I

4.4.5.2. Inversión en cambios del proceso productivo (ICPPE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICPPE2	0,00	0,12	0,15	0,20	0,15	0,29	0,68	0,44	0,68	0,80	1,00

Tabla 36: Conjunto difuso definidos para Inversión en cambios del proceso productivo – Nivel I

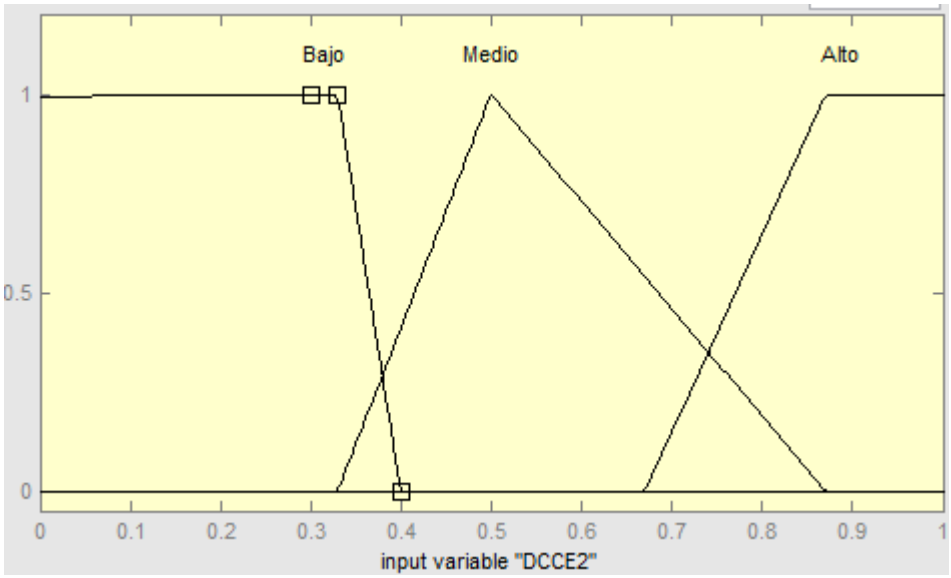


Gráfica 55: Conjunto difuso – Inversión en cambios del proceso productivo – Nivel I

4.4.5.3. Departamento de control de calidad (DCCE2)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
DCCE2	0,00	0,30	0,33	0,40	0,33	0,50	0,87	0,67	0,87	0,90	1,00

Tabla 37: Conjunto difuso definidos para departamento de Control de Calidad – Nivel I



Gráfica 56: Conjunto difuso – Departamento de control de calidad – Nivel I

4.5. Datos EDIT III - Capacidad innovación tecnológica

Para determinar cada uno de los conjuntos difusos de las EDIT II, se utilizaron las variables de salida de las cinco capacidades que se encuentran descritas en la tabla 38, de acuerdo al puntaje que brinda el reporte “The Global Information Technology” para cada una de las capacidades seleccionadas, teniendo en cuenta el ranking y la variable a la cual pertenece cada capacidad, teniendo como base lo planteado en el ítem 4 de este trabajo.

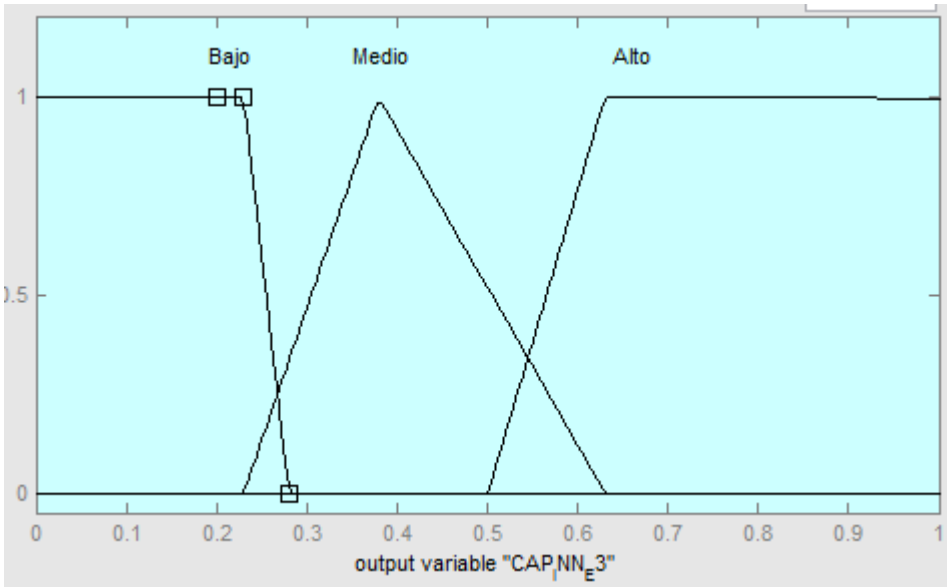
Los conjuntos difusos que se muestran a continuación tienen un valor inicial y un valor final por cada tipo de gráfica ya que se cuenta con los valores máximos y mínimos de acuerdo a los datos obtenidos tanto de las encuestas de innovación como del reporte que se tiene como base, por tal razón se podrá visualizar para las gráficas trapezoidales y triangulares cuyos valores límites se encuentran inmersos en las gráficas.

Adicionalmente, la estructura que se maneja a través del documento es la de mostrar los conjuntos difusos finales (resultantes) por encuesta de innovación y a partir de allí se comienza a desglosar cada una de las capacidades.

CAPACIDAD	SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
		Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	Trap 2	Max
Capacidad de I+D	CAP_I+D_E3	0,00	0,20	0,23	0,28	0,23	0,38	0,63	0,50	0,63	0,69	1,00
Capacidad de Gestión de Recursos	CAP_GR_E3											
Capacidad de Aprendizaje Organizacional	CAP_AO_E3											
Capacidad de Planeación Estratégica	CAP_PE_E3											
Capacidad de Producción	CAP_PROD_E3											

Tabla 38: Conjunto difuso definidos para la CIT – Nivel Final

Al ingresar las resultantes a la herramienta y el sistema al aplicar el motor de inferencia, se obtiene la gráfica 57, la cual posee el conjunto difuso de salida.



Gráfica 57: Conjuntos Difusos - Variable CIT – Nivel Final

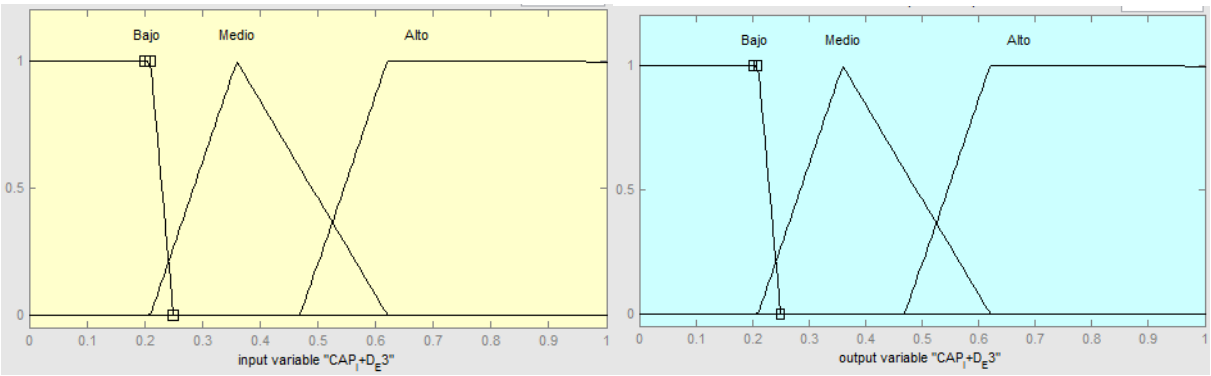
4.5.1. Capacidad de I+D

Para determinar la capacidad de I+D de la EDIT III, se tiene en cuenta tres conjuntos difusos, los cuales se observan en la tabla 43.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PERSE3	0,00	0,20	0,21	0,25	0,21	0,36	0,62	0,47	0,62	0,72	1,00
INVE3											
PATE3											

Tabla 39: Conjunto difuso definidos para la capacidad de I+D – Nivel II

De acuerdo a los datos de la tabla 39, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 58, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 19.



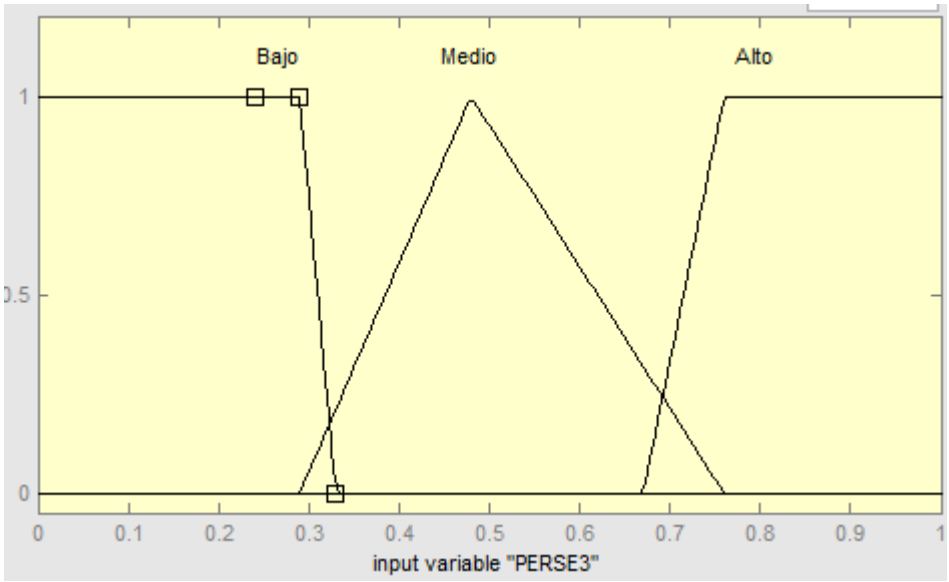
Gráfica 58: Conjunto difuso - Capacidad de I+D – Nivel II

Según lo anterior, para evaluar la capacidad de I+D es necesario examinar las variables de entrada (Nivel I) con sus respectivos conjuntos difusos.

4.5.1.1. Número de Personas en I+D (PERSE3)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PERSE3	0,00	0,24	0,29	0,33	0,29	0,48	0,76	0,67	0,76	0,83	1,00

Tabla 40: Conjunto difuso definidos para número de Personas en I+D – Nivel I

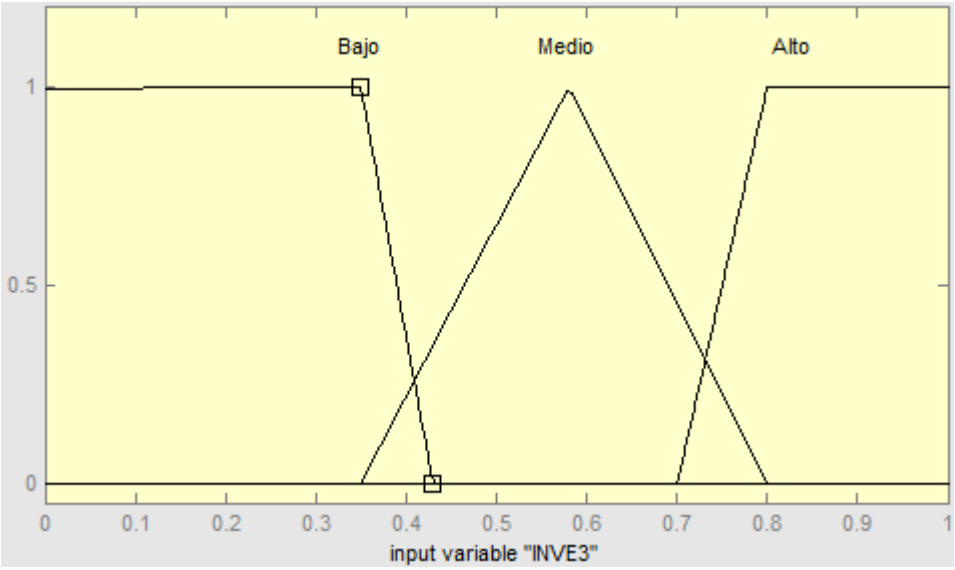


Gráfica 59: Conjunto difuso – Número de Personas en I+D – Nivel I

4.5.1.2. Inversión en I+D (INVE3)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
INVE3	0,00	0,35	0,35	0,43	0,35	0,58	0,80	0,70	0,80	0,85	1,00

Tabla 41: Conjunto difuso definidos para Inversión en I+D – Nivel I

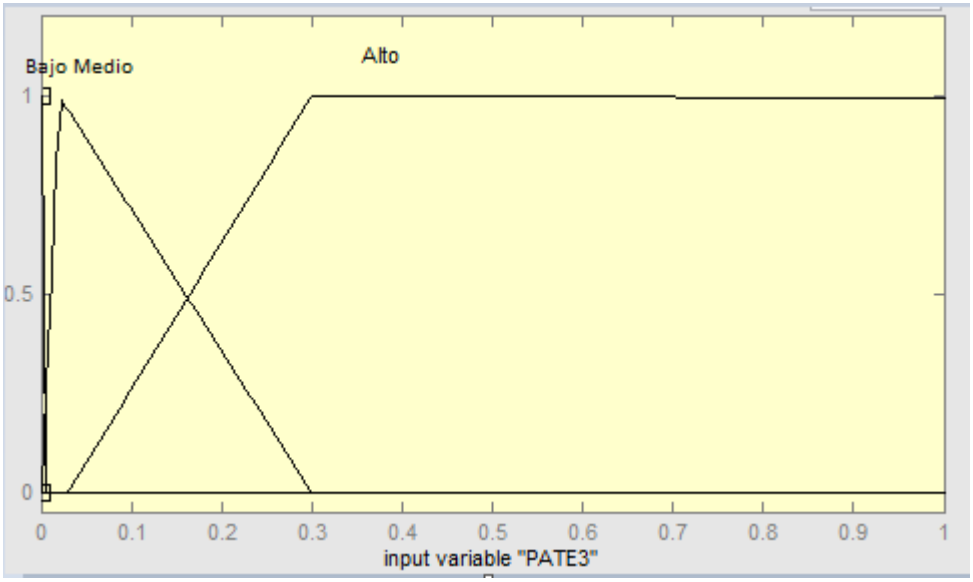


Gráfica 60: Conjunto difuso – Inversión en I+D – Nivel I

4.5.1.3. Solicitud de patentes (PATE3)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
PATE3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,30	0,03	0,30	0,46	1,00

Tabla 42: Conjunto difuso definidos para solicitud de Patentes – Nivel I



Gráfica 61: Conjunto difuso – Solicitud de patentes – Nivel I

4.5.2. Capacidad de gestión de recursos

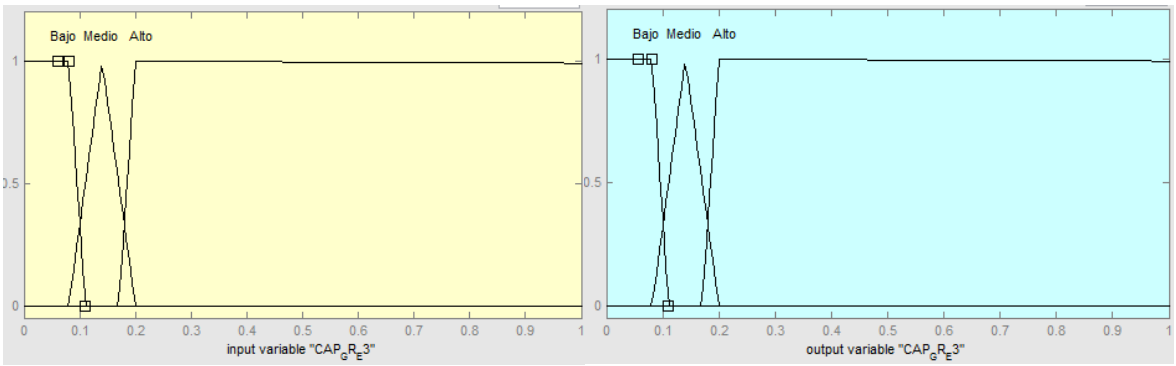
Para determinar la capacidad de gestión de recursos de la EDIT III, se tiene en cuenta un conjunto difuso que se representan en la tabla 43.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
FCDTE3	0,00	0,06	0,08	0,11	0,08	0,14	0,20	0,17	0,20	0,22	1,00

Tabla 43: Conjunto difuso definidos para capacidad de gestión de recursos – Nivel II

Según los datos de la tabla 43, se establece el conjunto difuso que se visualiza en la gráfica 62, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida

(gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 19.



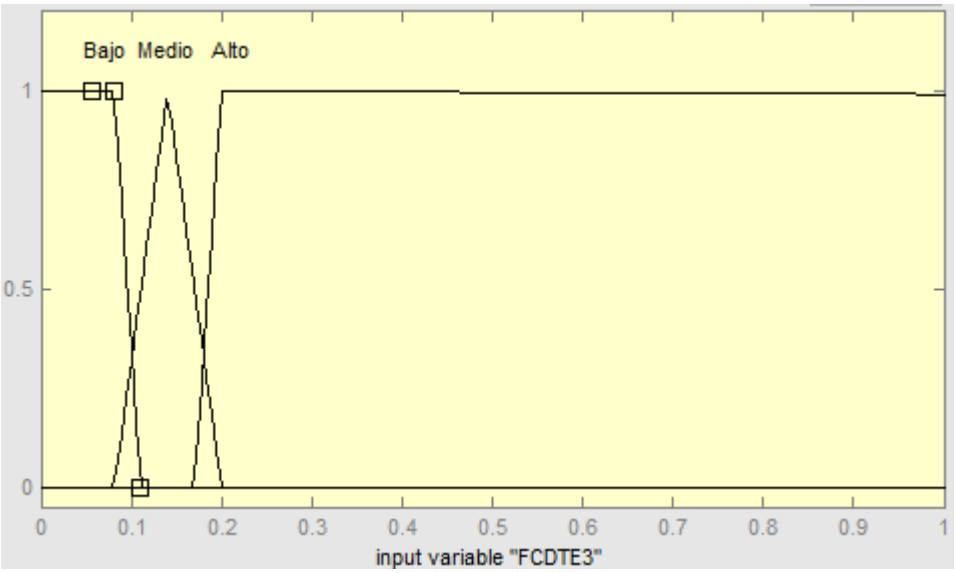
Gráfica 62: Conjunto difuso - Capacidad de gestión de recursos – Nivel II

Con el fin de determinar la capacidad de gestión de recursos, se valida la variable de entrada (Nivel I) con el respectivo conjunto difuso.

4.5.2.1. Financiación de centros de desarrollo tecnológico (FCDTE3)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
FCDTE3	0,00	0,06	0,08	0,11	0,08	0,14	0,20	0,17	0,20	0,22	1,00

Tabla 44: Conjunto difuso definidos para financiación de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I



Gráfica 63: Conjunto difuso – Financiación de centros de desarrollo tecnológico – Nivel I

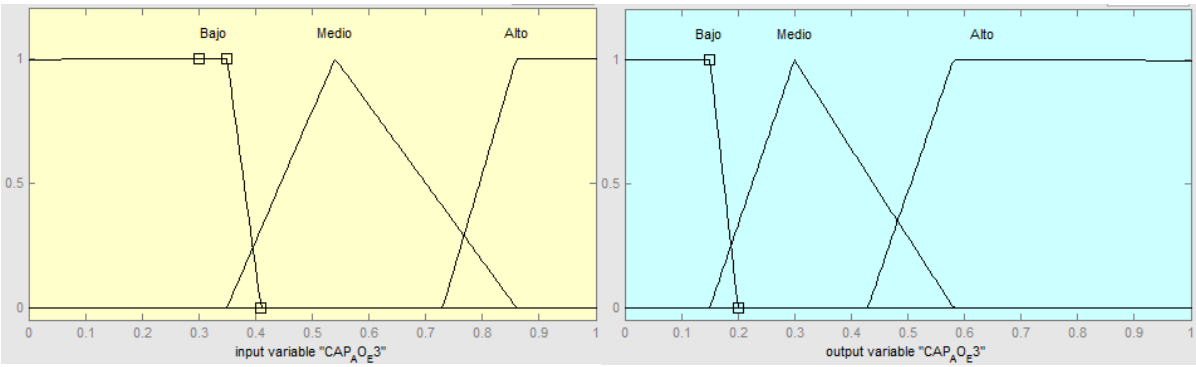
4.5.3. Capacidad de aprendizaje organizacional

Con el fin de obtener un conjunto difuso para la capacidad de aprendizaje organizacional de la EDIT III, se tiene en cuenta un conjunto difuso que se representan en la tabla 45.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICTE3	0,00	0,30	0,35	0,41	0,35	0,54	0,86	0,73	0,86	0,86	1,00

Tabla 45: Conjunto difuso definidos para capacidad aprendizaje organizacional – Nivel II

Conforme a la información de la tabla 45, se establece el conjunto difuso que se observan en la gráfica 64, obteniendo la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 19.



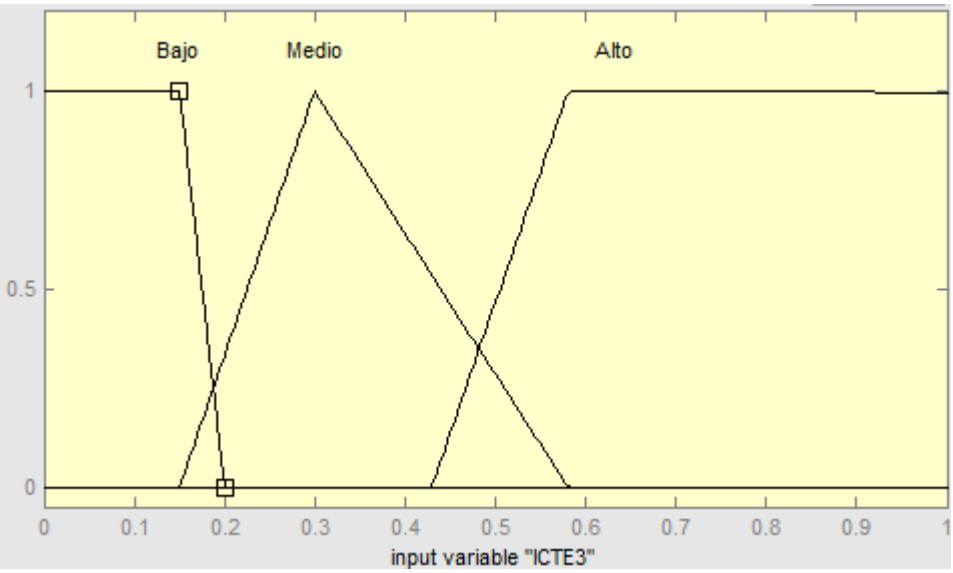
Gráfica 64: Conjunto difuso - Capacidad de aprendizaje organizacional – Nivel II

Con el fin de determinar la capacidad de aprendizaje organizacional, se valida la variable de entrada (Nivel I) con su respectivo conjunto difuso.

4.5.3.1. Inversión en capacitación tecnológica (ICTE3)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICTE3	0,00	0,30	0,35	0,41	0,35	0,54	0,86	0,73	0,86	0,86	1,00

Tabla 46: Conjunto difuso definidos para inversión en capacitación tecnológica – Nivel I



Gráfica 65: Conjunto difuso - Inversión en capacitación tecnológica – Nivel I

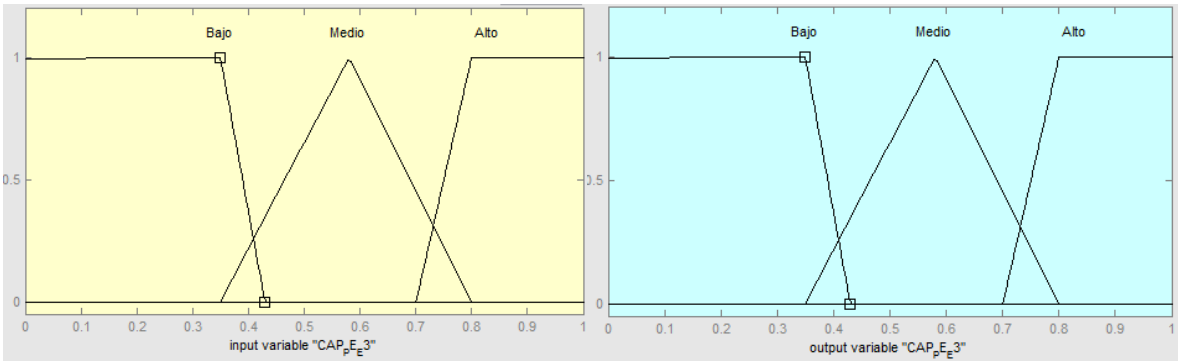
4.5.4. Capacidad de planeación estratégica

Sobre la capacidad de planeación estratégica de la EDIT III, se tiene en cuenta un conjunto difuso, el cual se indica en la tabla 47.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IEIE3	0,00	0,35	0,35	0,43	0,35	0,58	0,80	0,70	0,80	0,85	1,00

Tabla 47: Conjunto difuso definidos para capacidad de planeación estratégica – Nivel II

Acorde a los datos de la tabla 47, se genera el conjunto difuso que se muestran en la gráfica 66, en donde se visualiza la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 19.



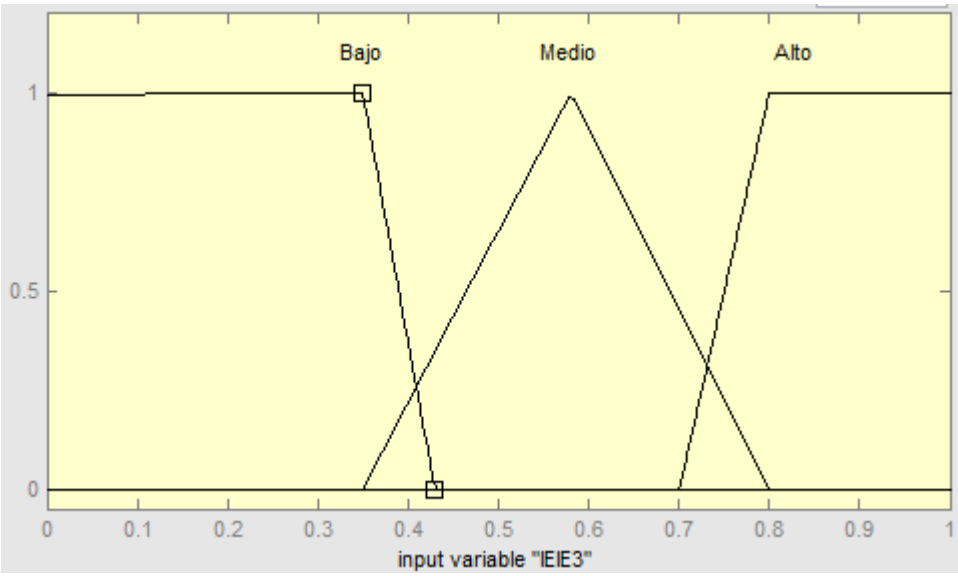
Gráfica 66: Conjunto difuso - Capacidad de planeación estratégica – Nivel II

Para hallar la capacidad de planeación estratégica, se valida la variable de entrada (Nivel I) con su respectivo conjunto difuso.

4.5.4.1. Importancia estratégica de la innovación (IEIE3)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
IEIE3	0,00	0,35	0,35	0,43	0,35	0,58	0,80	0,70	0,80	0,85	1,00

Tabla 48: Conjunto difuso definidos para Importancia estratégica de la innovación – Nivel I



Gráfica 67: Conjunto difuso - Importancia estratégica de la innovación – Nivel I

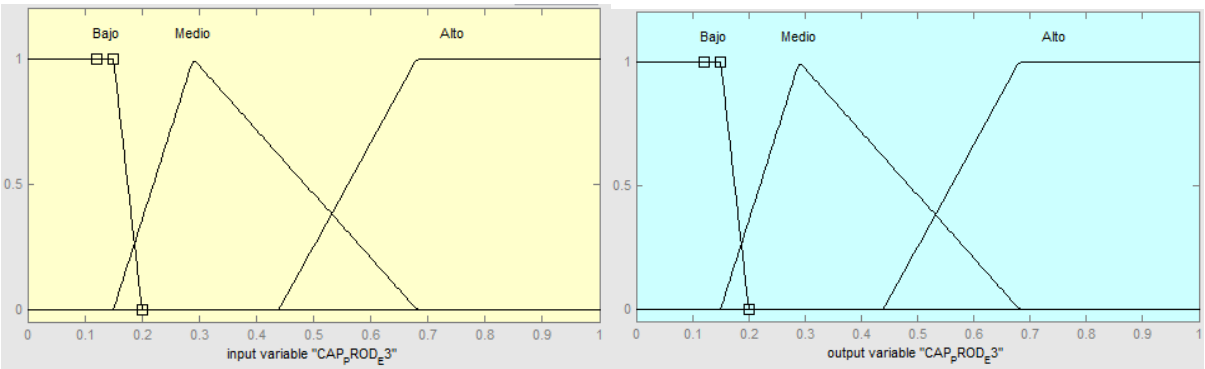
4.5.5. Capacidad de productividad

Para determinar la capacidad de Productividad de la EDIT III, se tiene en cuenta un conjunto difuso que se representa en la tabla 49.

SIGLAS VARIABLE	Bajo				Medio			Alto			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICPPE3	0,00	0,12	0,15	0,20	0,15	0,29	0,68	0,44	0,68	0,80	1,00

Tabla 49: Conjunto difuso definidos para capacidad de Productividad – Nivel II

Referenciando la información que se tiene en tabla 49, se establecen el conjunto difuso que se visualiza en la gráfica 68, en donde se muestra la variable de entrada (gráfica de la izquierda) y variable de salida (gráfica de la derecha). Es importante hacer la distinción entre estos gráficos ya que para determinar la CIT, es necesario que esta variable cumpla con ambas funciones tal y como se describe en la gráfica 19.



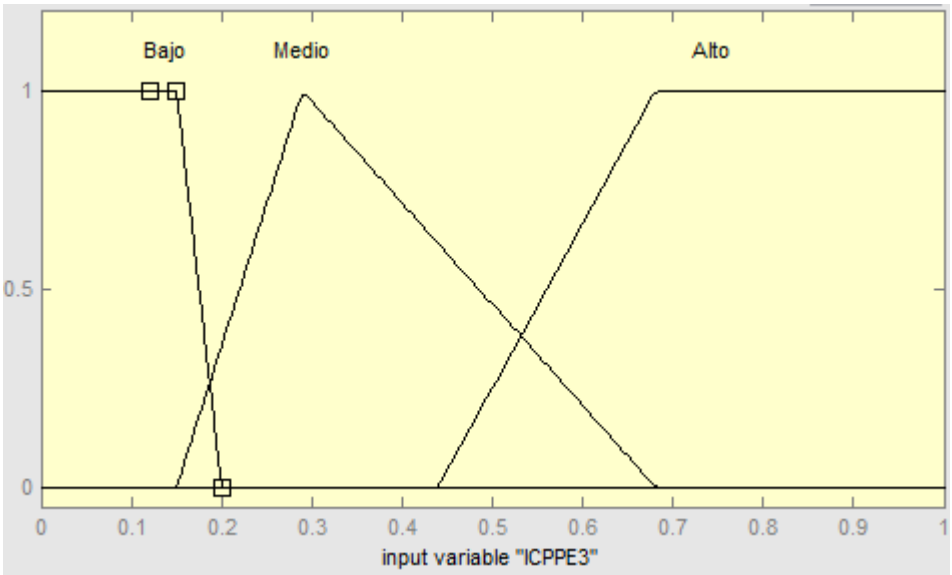
Gráfica 68: Conjunto difuso - Capacidad de productividad – Nivel II

4.5.5.1. Inversión en cambios del proceso productivo (ICPPE3)

SIGLAS VARIABLE	Alto				Medio			Bajo			
	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
ICPPE3	0,00	0,12	0,15	0,20	0,15	0,29	0,68	0,44	0,68	0,80	1,00

Tabla 50: Conjunto difuso definidos para Inversión en cambios del proceso productivo Nivel I

Con el objetivo de obtener la capacidad de Productividad, se valida la variable de entrada (Nivel I) con su respectivo conjunto difuso.



Gráfica 69: Conjunto difuso - Inversión en cambios del proceso productivo – Nivel I

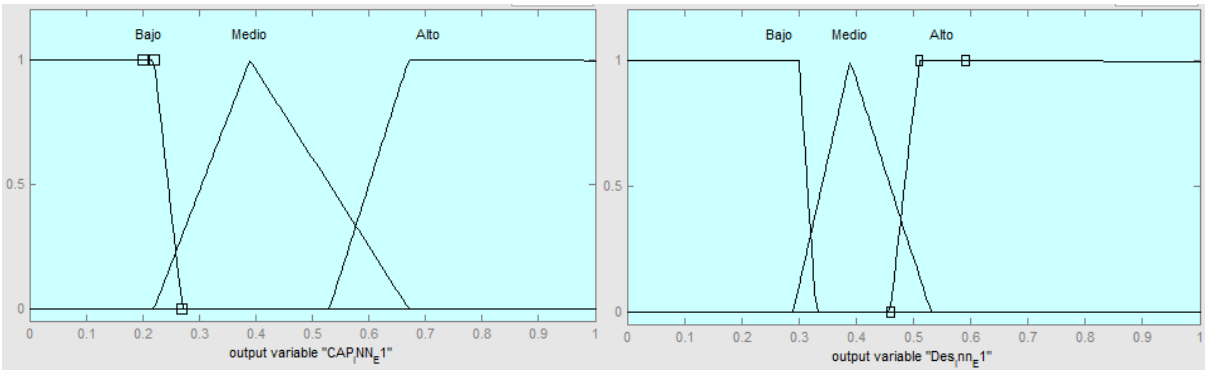
4.6. Datos EDIT I - Desempeño innovador

Para determinar la relación entre las CIT y desempeño innovador de la EDIT I, se tiene en cuenta la información que se representan en la tabla 51.

CAPACIDAD	VARIABLE	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
CIT - EDIT I	Capacidad de I+D Capacidad de Gestión de Recursos Capacidad de Aprendizaje Organizacional Capacidad de Planeación Estratégica Capacidad de Producción	0,00	0,20	0,22	0,27	0,22	0,39	0,67	0,53	0,67	0,74	1,00
Desempeño Innovador	Innovaciones Internacionales Innovaciones Nacionales Innovaciones Internas	0,00	0,23	0,30	0,33	0,29	0,39	0,53	0,46	0,51	0,59	1,00

Tabla 51: Conjunto difuso definidos para relacionar CIT y desempeño innovador

Referenciando la información que se tiene en tabla 51, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 70, en donde se muestra la variable de entrada (CIT) y variable de salida (desempeño innovador). Allí se observa el impacto que tienen las capacidades teniendo en cuenta los conjuntos difusos resultantes junto con los datos que obtenidos de la EDIT I sobre el desempeño innovador.



Gráfica 70: Conjuntos difusos – Relación CIT y desempeño innovador

La resultante para determinar la relación entre CIT y desempeño innovador, se obtiene de las variables de entrada descritas en la tabla 51, en donde se observan las cinco capacidades de innovación tecnológica y las tres variables de desempeño innovador.

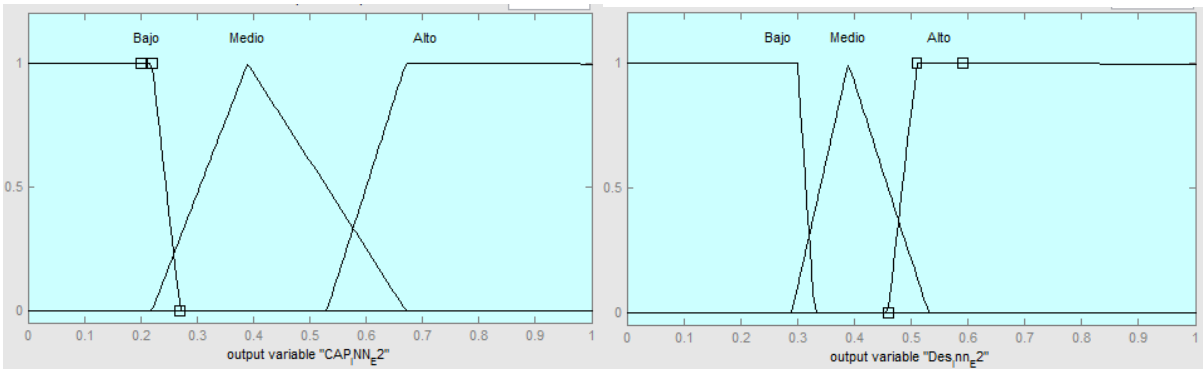
4.7. Datos EDIT II - Desempeño innovador

Para determinar la relación entre las CIT y desempeño innovador de la EDIT II, se tiene en cuenta la información que se representan en la tabla 52.

CAPACIDAD	VARIABLE	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
CIT - EDIT II	Capacidad de I+D	0,00	0,20	0,22	0,27	0,22	0,39	0,67	0,53	0,67	0,74	1,00
	Capacidad de Gestión de Recursos											
	Capacidad de Aprendizaje Organizacional											
	Capacidad de Planeación Estratégica											
	Capacidad de Producción											
Desempeño Innovador	Innovaciones Internacionales	0,00	0,23	0,30	0,33	0,29	0,39	0,53	0,46	0,51	0,59	1,00
	Innovaciones Nacionales											
	Innovaciones Internas											

Tabla 52: Conjunto difuso definidos para relacionar CIT y desempeño innovador

Referenciando la información que se tiene en tabla 52, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 71, en donde se muestra la variable de entrada (CIT) y variable de salida (desempeño innovador). Allí se observa el impacto que tienen las capacidades teniendo en cuenta los conjuntos difusos resultantes junto con los datos que obtenidos de la EDIT II sobre el desempeño innovador.



Gráfica 71: Conjuntos difusos – Relación CIT y desempeño innovador

La resultante para determinar la relación entre CIT y desempeño innovador, se obtiene de las variables de entrada descritas en la tabla 52, en donde se observan las cinco capacidades de innovación tecnológica y las tres variables de desempeño innovador.

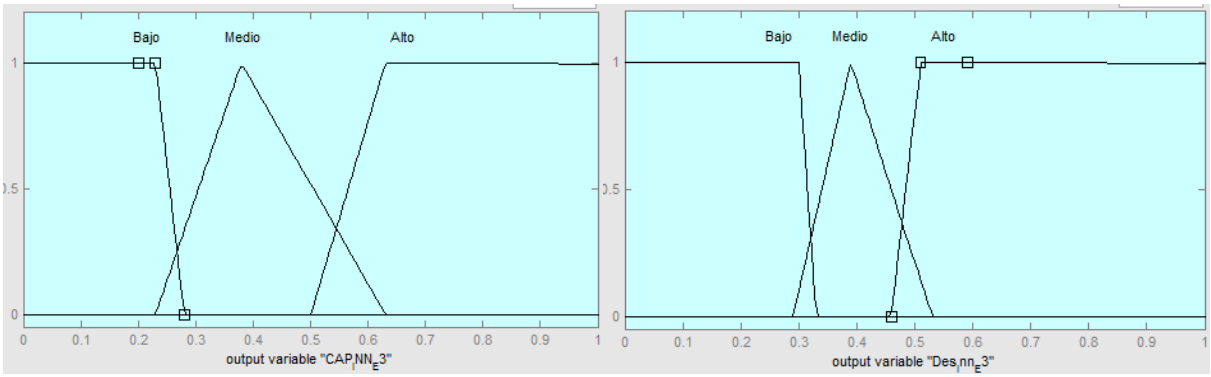
4.8. Datos EDIT III - Desempeño innovador

Para determinar la relación entre las CIT y desempeño innovador de la EDIT III, se tiene en cuenta la información que se representan en la tabla 53.

CAPACIDAD	VARIABLE	Min	Trap 1	Trap 2	Max	Min	Prom	Max	Min	Trap 1	trap 2	Max
CIT - EDIT III	Capacidad de I+D	0,00	0,20	0,23	0,28	0,23	0,38	0,63	0,50	0,63	0,69	1,00
	Capacidad de Gestión de Recursos											
	Capacidad de Aprendizaje Organizacional											
	Capacidad de Planeación Estratégica											
	Capacidad de Producción											
Desempeño Innovador	Innovaciones Internacionales	0,00	0,23	0,30	0,33	0,29	0,39	0,53	0,46	0,51	0,59	1,00
	Innovaciones Nacionales											
	Innovaciones Internas											

Tabla 53: Conjunto difuso definidos para relacionar CIT y desempeño innovador

Referenciando la información que se tiene en tabla 53, se establecen los conjuntos difusos que se visualizan en la gráfica 72, en donde se muestra la variable de entrada (CIT) y variable de salida (desempeño innovador). Allí se observa el impacto que tienen las capacidades teniendo en cuenta los conjuntos difusos resultantes junto con los datos que obtenidos de la EDIT I sobre el desempeño innovador.



Gráfica 72: Conjuntos difusos – Relación CIT y desempeño innovador

La resultante para determinar la relación entre CIT y desempeño innovador, se obtiene de las variables de entrada descritas en la tabla 53, en donde se observan las cinco capacidades de innovación tecnológica y las tres variables de desempeño innovador.

5. Definición de las reglas difusas/base de conocimiento

En los numerales 5.1, 5.2 y 5.3 y sus derivaciones, se plantean las estructuras que se tuvieron en cuenta para cada una de las variables, teniendo como base las variables de entrada y su correspondiente variable de salida.

Las variables de entrada para este trabajo son las cinco capacidades que se indicaron en el capítulo 2.2, posteriormente, se visualiza la estructura del modelo difuso implementado y el cual fue explicado en el capítulo 3.3, en donde se lleva a cabo un proceso de inferencia para arrojar como resultado un conjunto difuso teniendo presente reglas. Estas reglas se obtuvieron por cada una de las encuestas de innovación, después de realizar los filtros en donde se eliminan las reglas repetidas.

Las reglas se pueden visualizar en el software que se entrega anexo a este trabajo.
Éstas se generaron a partir de la aplicación de lógica clásica, sin embargo, se tiene en cuenta condiciones de acuerdo a los valores límites determinados en el reporte “The Global Information Technology 2012”. A continuación se plantea de forma general como se determinaron las reglas que se tuvieron en cuenta en este trabajo dentro de cada uno de los niveles.

1. Se normalizaron los datos entregados por el DANE de cada una de las encuestas.
2. Para hallar la capacidad de innovación de cada encuesta entonces se agruparon las variables por cada capacidad, tal y como se evidencia en la tabla 54.

PERSE1	INVE1	PATE1
0,0005	0,0806	0,00000
0,0005	0,0645	0,00000
0,0008	0,0645	0,00000
0,0010	0,0806	0,00000
0,0014	0,0806	0,00000
0,0010	0,0806	0,00000
0,0005	0,1129	0,00000
0,0014	0,1290	0,00000
0,0014	0,0806	1,00000

Tabla 54: Ejemplo de agrupación por capacidades de acuerdo a las variables.

3. Se establece la condición (3) para cada uno de los datos, teniendo como base los límites que se observan desde la tabla 2 hasta la tabla 53.

SI(Y(celda>=0; celda<0,033);"Bajo"; SI(Y(celda>=0,029; celda<0,076);"Medio"; SI(celda>=0,067;"Alto"))) (3)

4. Se obtiene el resultado cualitativo por cada uno de los datos, los cuales se visualizan en la tabla 55.

PERSE1	PERSE1	INVE1	INVE1	PATE1	PATE1
0,0005	Bajo	0,0806	Alto	0,00000	Bajo
0,0005	Bajo	0,0645	Medio	0,00000	Bajo
0,0008	Bajo	0,0645	Medio	0,00000	Bajo
0,0010	Bajo	0,0806	Alto	0,00000	Bajo
0,0014	Bajo	0,0806	Alto	0,00000	Bajo
0,0010	Bajo	0,0806	Alto	0,00000	Bajo
0,0005	Bajo	0,1129	Alto	0,00000	Bajo
0,0014	Bajo	0,1290	Alto	0,00000	Bajo

Tabla 55: Ejemplo de agrupación por capacidades de acuerdo a las variables. Cálculo de valores cualitativos por cada dato.

5. Se genera una nueva tabla con los valores cualitativos con los datos arrojados de la tabla 55.

PERSE1	INVE1	PATE1
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Alto	Alto

Tabla 56: Ejemplo de agrupación por capacidades de acuerdo a las variables. Resultantes cualitativas.

6. Una vez se tiene los valores cualitativos, se realiza el cálculo de los valores promedio, teniendo en cuenta los datos cuantitativos que se tiene por cada una de

las variables y se calcula el valor promedio por fila, tal y como se evidencia en la tabla 57.

PERSE1	INVE1	PATE1	Promedio
0,0005	0,0806	0,00000	0,0271
0,0005	0,0645	0,00000	0,0217
0,0008	0,0645	0,00000	0,0218
0,0010	0,0806	0,00000	0,0272
0,0014	0,0806	0,00000	0,0273
0,0010	0,0806	0,00000	0,0272
0,0008	0,0161	0,00000	0,0057
0,0005	0,1129	0,00000	0,0378
0,0014	0,1290	0,00000	0,0435

Tabla 57: Ejemplo de agrupación por capacidades de acuerdo a las variables. Valor Promedio.

7. Se establece la condición (4) para cada uno de los promedios, teniendo como base los límites que se observan desde la tabla 2 hasta la tabla 53.

SI(Y(promedio>=0; promedio<0,025);"Bajo"; SI(Y(promedio>=0,0213; promedio<0,065);"Medio"; SI(promedio>=0,047;"Alto"))) (4)

8. Se obtiene el resultado cualitativo por cada uno de las filas, los cuales se visualizan en la tabla 58.

PERSE1	INVE1	PATE1	Promedio	Resultante
0,0005	0,0806	0,00000	0,0271	Medio
0,0005	0,0645	0,00000	0,0217	Bajo
0,0008	0,0645	0,00000	0,0218	Bajo
0,0010	0,0806	0,00000	0,0272	Medio
0,0014	0,0806	0,00000	0,0273	Medio
0,0010	0,0806	0,00000	0,0272	Medio
0,0008	0,0161	0,00000	0,0057	Medio
0,0005	0,1129	0,00000	0,0378	Medio
0,0014	0,1290	0,00000	0,0435	Medio

Tabla 58: Ejemplo de agrupación por capacidades de acuerdo a las variables. Resultantes cualitativas.

9. Se agrupan los datos cualitativos de las tablas56 y 58, obteniendo la tabla 59.

PERSE1	INVE1	PATE1	Resultante
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Alto	Alto	Medio

Tabla 59: Ejemplo de agrupación por capacidades de acuerdo a las variables. Resultantes cualitativas.

10. Finalmente, se comienza a realizar los filtros con el fin de eliminar las reglas que se repitan. Para este ejemplo se obtienen tres reglas, las cuales se plasman en la herramienta establecida.

PERSE1	INVE1	PATE1	Resultante
Bajo	Alto	Bajo	Medio
Bajo	Medio	Bajo	Bajo
Bajo	Alto	Alto	Medio

Tabla 60: Ejemplo de agrupación por capacidades de acuerdo a las variables. Resultantes cualitativas.

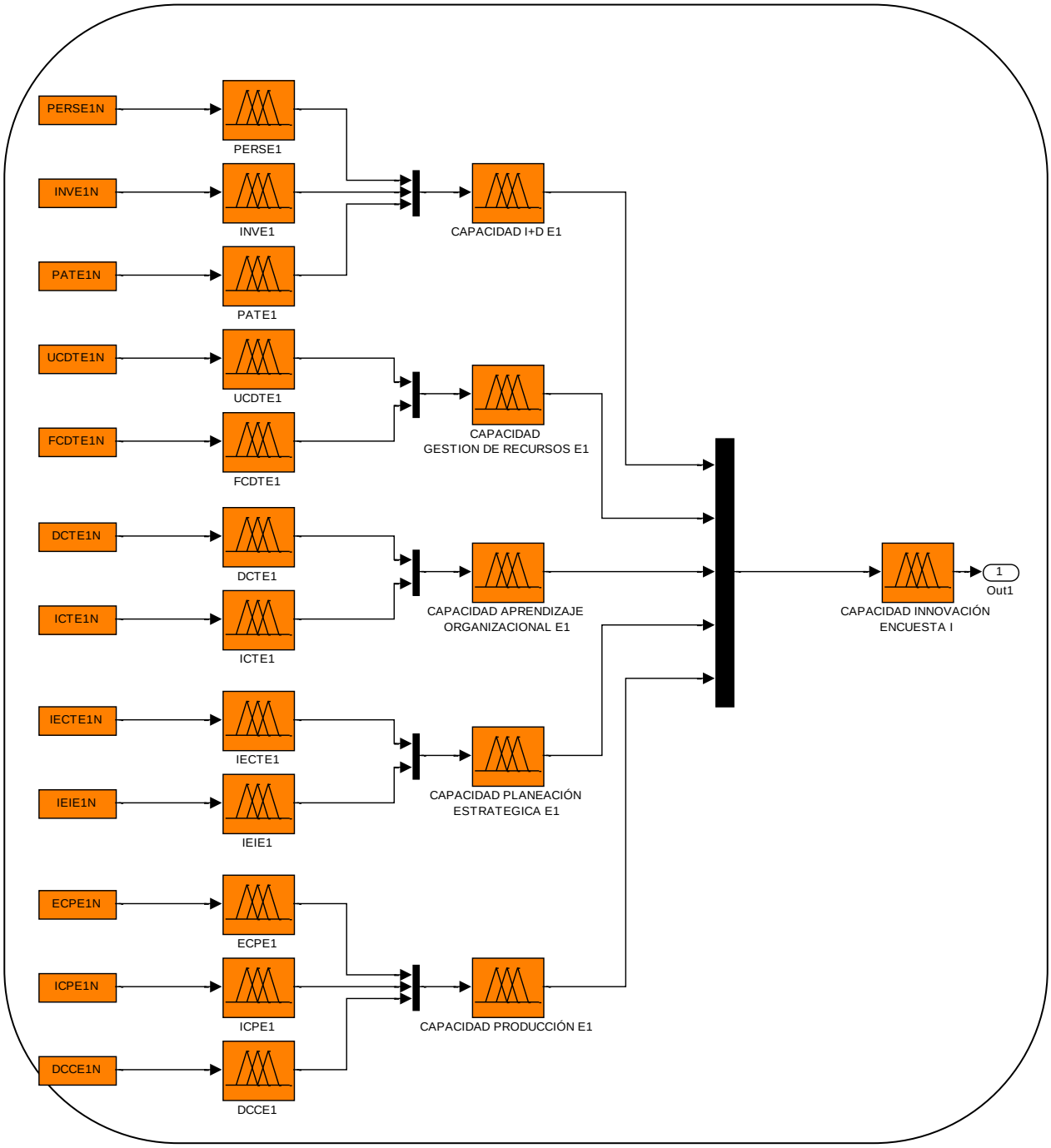
5.1. Estructura final del sistema de inferencia difuso aplicado a las encuestas de innovación colombianas.

En las gráficas 73, 74 y 75, se evidencia la estructura del sistema de inferencia para cada una de las encuestas de innovación que se tienen en cuenta dentro de este trabajo, mostrando el flujo lógico entre las variables tanto de entrada como de salida que se

emplearon. El motor de inferencia utiliza las reglas que se tienen establecidas dentro de la base del conocimiento, las cuales coinciden con los valores lingüísticos determinados (Alto, Medio y Bajo), obteniendo como variables de salida un valor que se encuentra incluido dentro de este rango. Finalmente en la concreción, la variable final se incluye dentro de las variables lingüísticas, sin embargo, el sistema tiene la propiedad de interpretar este valor y mostrar un dato numérico.

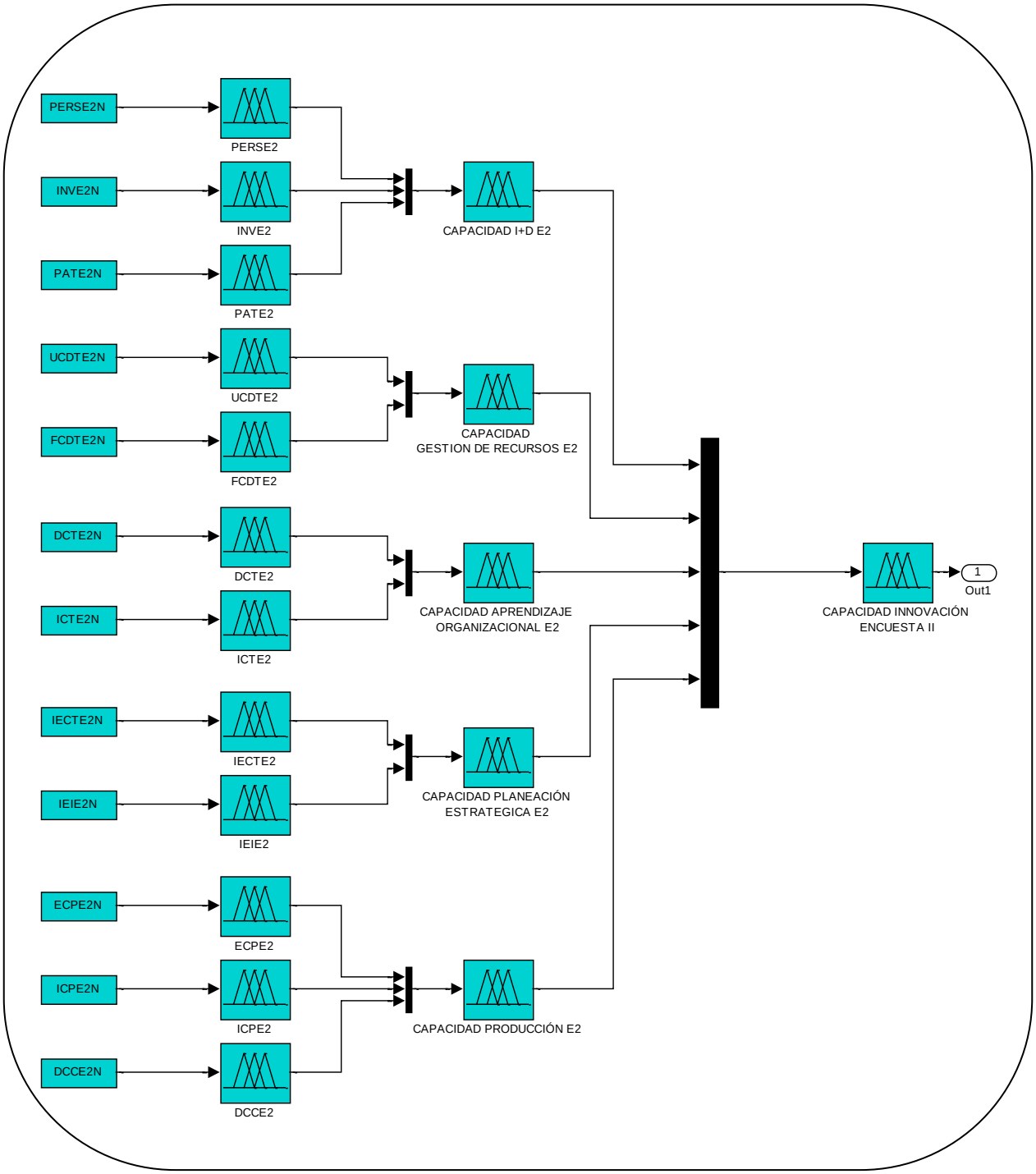
Adicionalmente, en estas gráficas se visualizan las tres estructuras de los sistemas difusos implementados, con sus respectivas variables de entrada, base de conocimiento y las variables de salida.

5.1.1. Primera encuesta de innovación tecnológica



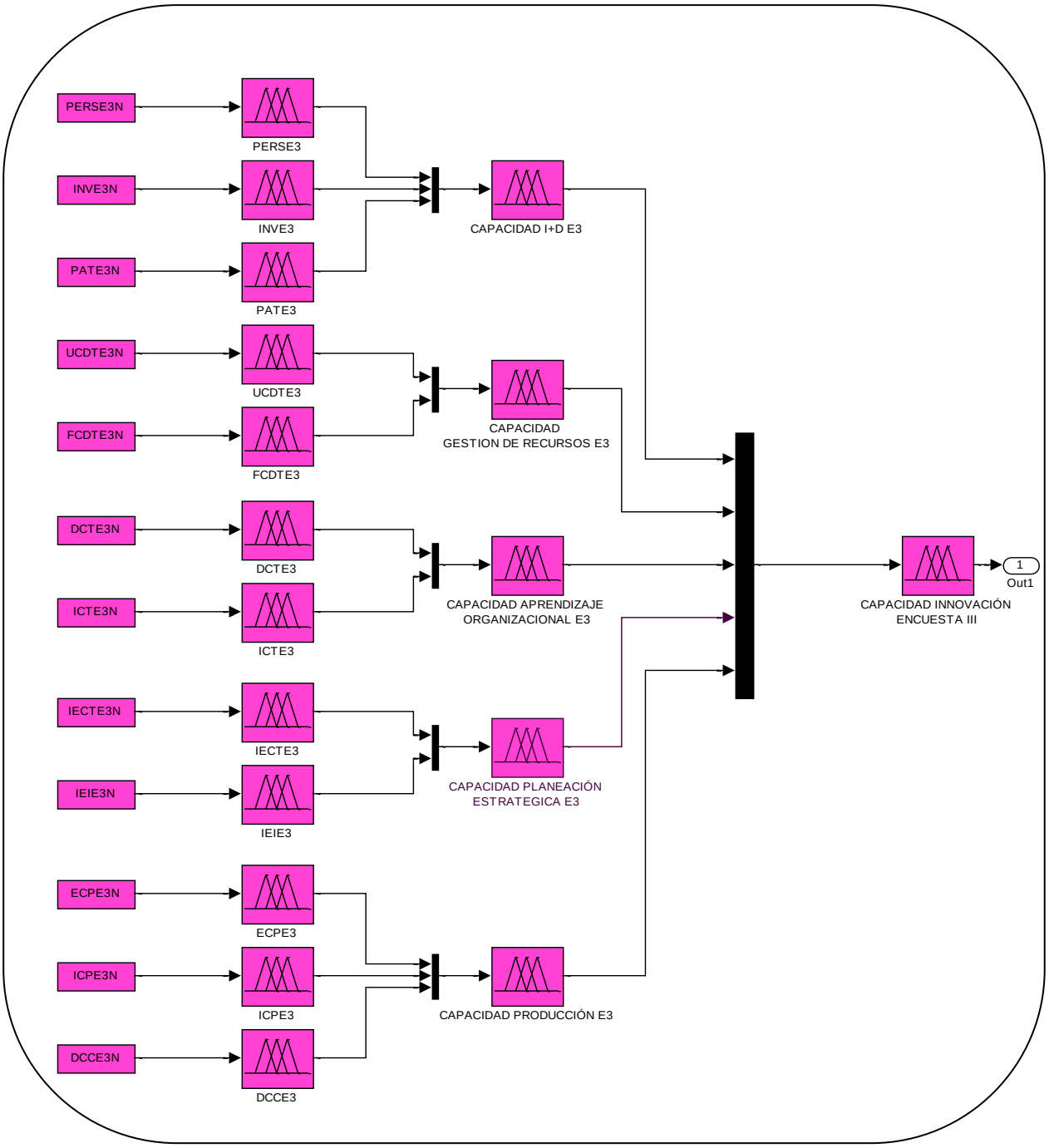
Gráfica 73: Estructura del sistema de lógica difusa para determinar la CIT teniendo como base la primera encuesta de innovación

5.1.2. Segunda encuesta de innovación tecnológica



Gráfica 74: Estructura del sistema de lógica difusa para determinar la CIT teniendo como base la segunda encuesta de innovación

5.1.3. Tercera encuesta de innovación tecnológica



Gráfica 75: Estructura del sistema de lógica difusa para determinar la CIT teniendo como base la tercera encuesta de innovación

6. Análisis de resultados

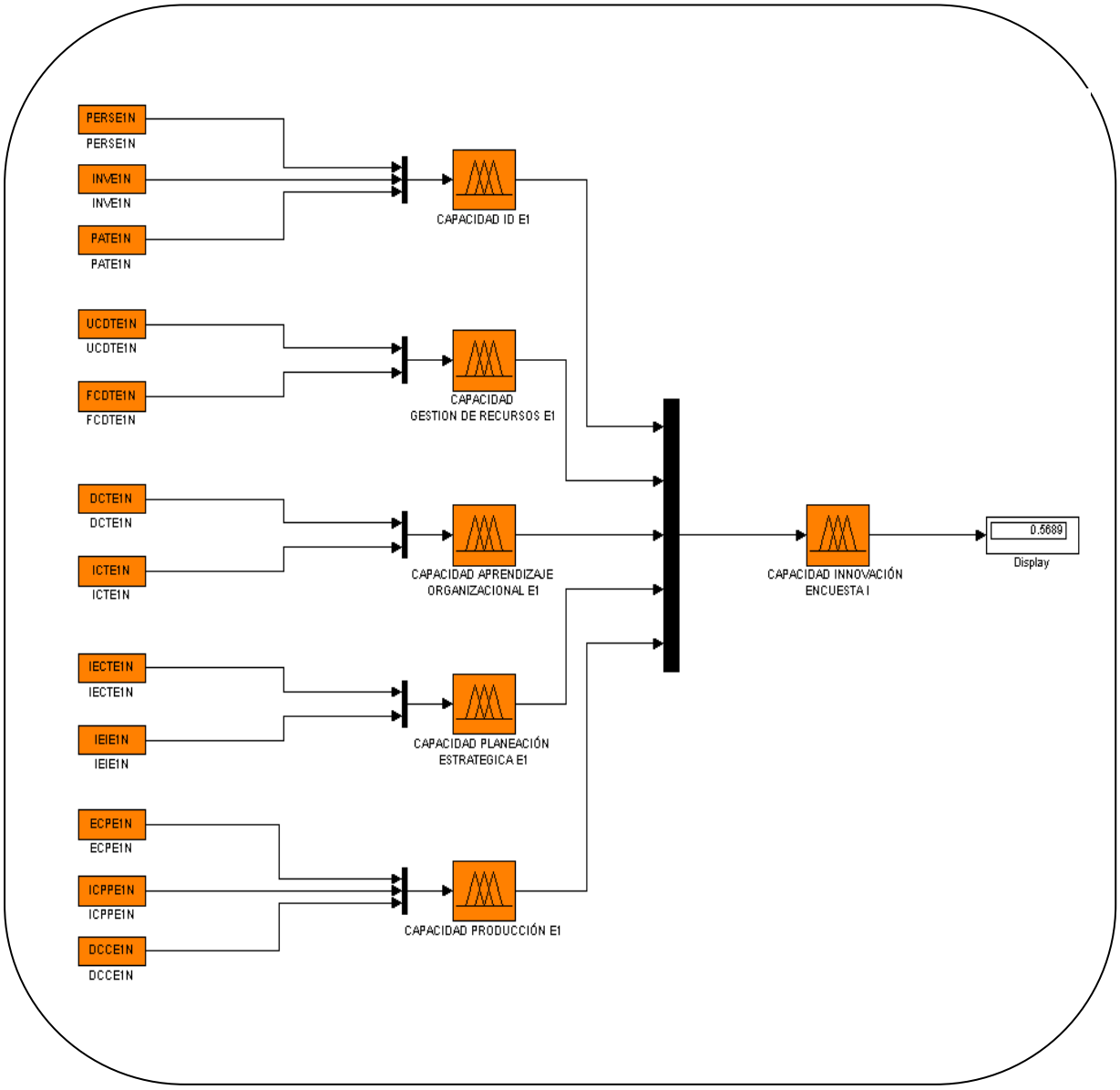
Con el fin de obtener una mayor certeza sobre los resultados de cada una de las encuestas de innovación que fueron objeto de este estudio, se llevó a cabo el proceso a través del toolbox de Fuzzy de Matlab®® y se realizó la simulación sobre “Simulink” de Matlab® En ambos casos para cada una de las encuestas el resultado fue exactamente igual.

De acuerdo a los datos arrojados, se evidencia que en el año 1996 el porcentaje de innovación del país era de un 56.9%, mientras que en los años 2005 y 2010 la innovación del país disminuyó a un 50%. Contrastando la información obtenida con el reporte base, éstos coinciden en que el país actualmente se encuentra en el nivel medio.

Revisando cada una de las capacidades, se muestra que la capacidad de “I+D” aumentó en la segunda encuesta, sin embargo, esto no provocó un aumento sobre el desempeño innovador, lo cual supone que esta variable no posee mayor incidencia sobre el proceso. Sucede lo contrario con las capacidades de “Aprendizaje Organizacional”, “Planeación Estratégica” y “Productividad”, las cual influyen directamente sobre el desempeño innovador de las organizaciones, en caso de que estas variables disminuyan, el nivel de innovación se reducirá y si éstas aumentan, el nivel de innovación acrecentará, generando una fórmula directamente proporcional.

6.1. CIT – EDIT I:

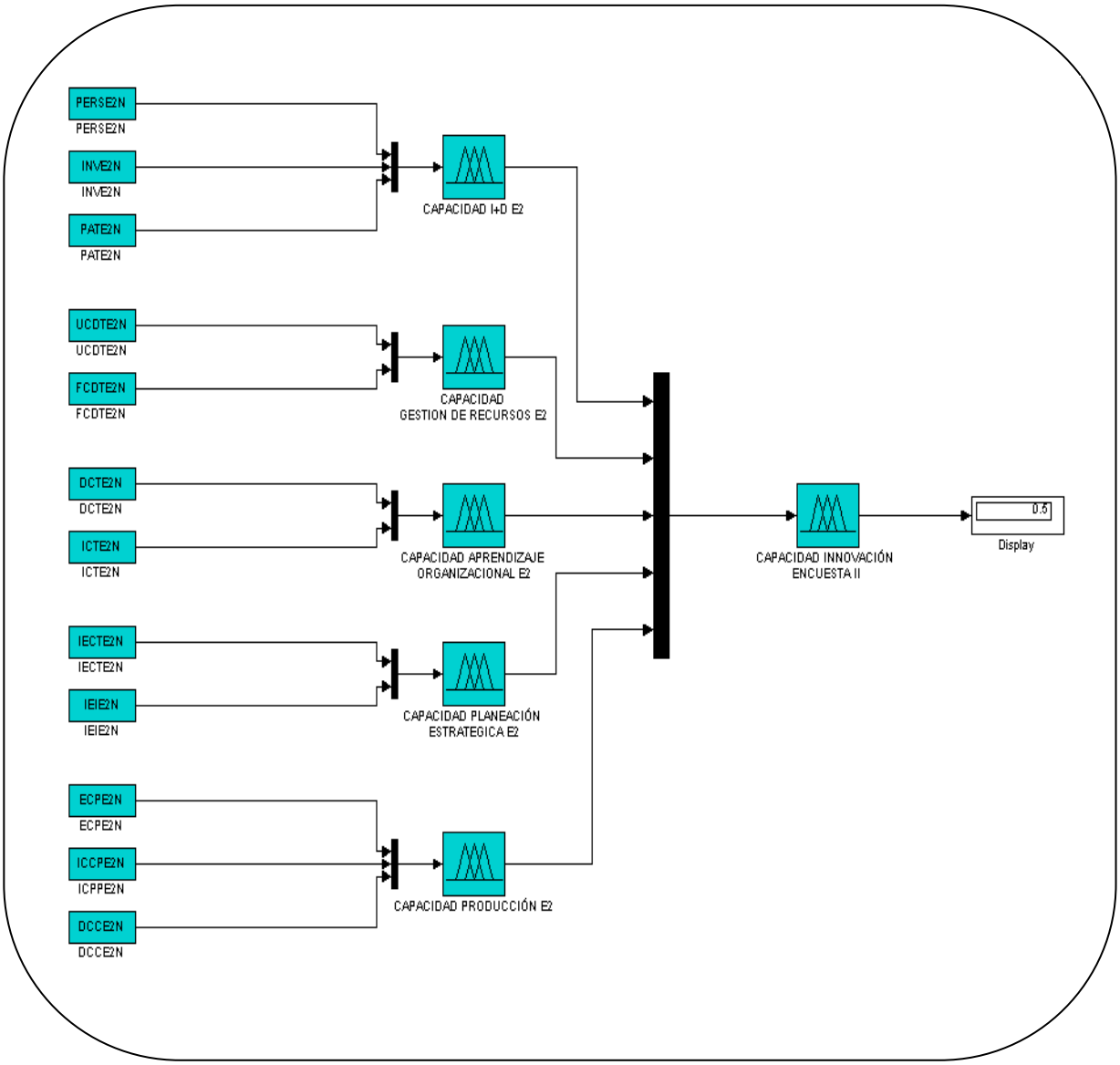
Resultante: 56.9%



Gráfica 76: Resultados de la EDIT I al ejecutar el simulador Matlab®

6.2. CIT – EDIT II:

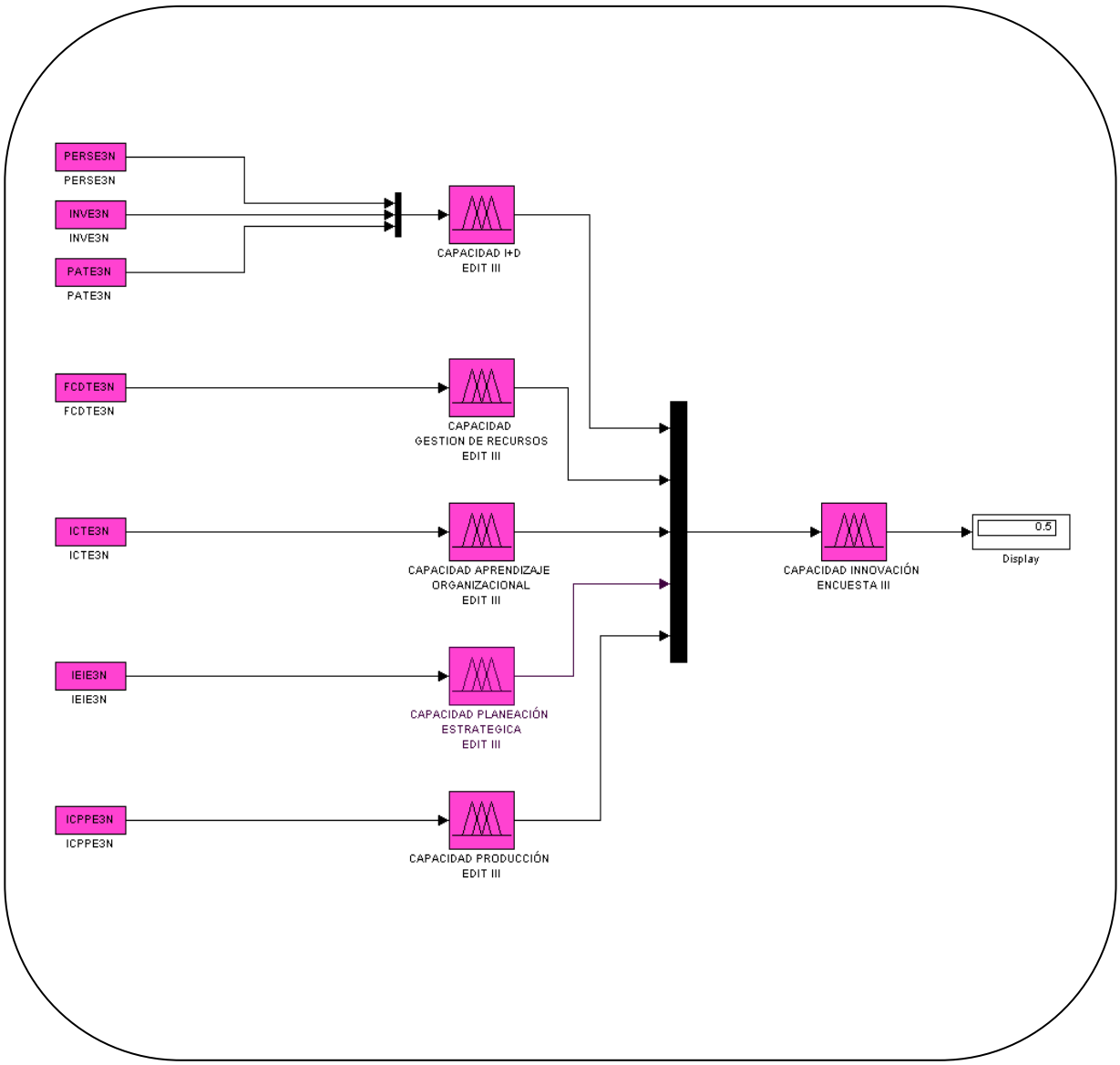
Resultante: 50%



Gráfica 77: Resultados de la EDIT II al ejecutar el simulador Matlab®

6.3. CIT – EDIT III:

Resultante: 50%



Gráfica 78: Resultados de la EDIT III al ejecutar el simulador Matlab®

7. CONCLUSIONES

Durante el trabajo expuesto se evidenció la relación entre las capacidades de innovación y desempeño innovador, teniendo como base las encuestas de innovación que se llevaron a cabo en el país durante los años 1996, 2005 y 2010. Dicha relación se demuestra a través de la aplicación de lógica difusa, con el fin de brindar información más asertiva y precisa, , teniendo como objetivo principal la exploración la relación entre Capacidades de Innovación Tecnológica y desempeño innovador de las empresas Colombianas a partir de los resultados de las encuestas de innovación, aplicando lógica difusa.

Para llevar a cabo el análisis planteado, se construyó un modelo cuyo fin era el de relacionar las capacidades de innovación y desempeño innovador. Este modelo se llevó a cabo en la herramienta de Matlab®®, utilizando el toolbox de Fuzzy Logic y Simulink para evidenciar la efectividad del modelo planteado, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos fueron iguales, siendo este el comportamiento esperado y normal.

Colombia dentro del ranking del reporte “The Global Information Technology 2012” ocupa el puesto 72 de 142 países, encontrándose en el punto intermedio. Así mismo, al revisar la información que arrojaron los simuladores los cuales se encuentran sincronizados con la información que se plantea en este trabajó, se ratifica que Colombia hace parte de ese nivel. De acuerdo a esto se debe aumentar el desempeño innovador de cada una de las organizaciones con el fin de que el país aumente el promedio de innovación, teniendo en cuenta el acrecentamiento en cada una de las capacidades estudiadas, dado que estas influyen directamente sobre la innovación no solo a nivel regional y nacional sino también a nivel mundial.

Con el fin de determinar las variables de innovación, se revisó cada una de las encuestas de innovación y se tomó como referencia tesis y trabajos de grado que se expusieron acerca del tema. En total se trabajó con 40 variables durante todo el proceso, las cuales permitieron establecer el nivel de innovación del país en los años relacionados. Para determinar las capacidades de innovación, se tuvieron en cuenta estadísticas basadas en la innovación a nivel mundial, lo cual evidenció una visión a nivel internacional sobre el tema de innovación en Colombia.

Sobre trabajos anteriores a éste se validó el tema aplicando lógica clásica, se tiene la tesis denominada: “Las Capacidades de Innovación Tecnológica y el Desempeño Empresarial y Sectorial en Colombia”, tomando datos de la primera encuesta de innovación. A diferencia de este trabajo se tuvieron en cuenta las tres encuestas de innovación que se han tenido en el país y que por la aplicación de lógica difusa, brinda una perspectiva más amplia sobre los resultados y no tan restrictiva cuando se realizan estudios con lógica clásica.

Entre las ventajas que se evidenciaron con la aplicación de lógica difusa, es que se cuenta con datos más precisos, lo cual conlleva a que se posea mayor asertividad sobre cada uno de los procesos, sin embargo, como desventaja se hace visible la restricción de herramientas sobre las cuales se pueda hacer demostraciones. Adicionalmente, en el país la aplicación de lógica difusa sobre este tipo de información aún es muy limitada, lo cual produjo un impacto alto en este trabajo, sin embargo, una vez se conoce una de las herramientas que aplican lógica difusa, su adaptabilidad es muy rápida ya que los aplicativos se caracterizan por su usabilidad.

8. TRABAJO FUTURO

Acerca de trabajos para el futuro, se recomienda tener en cuenta variables de desempeño económico aplicando lógica difusa, abarcando nuevas variables que transciendan en este medio. Adicionalmente, se recomienda hacer una evaluación a nivel nacional, con el fin de determinar las capacidades específicas sobre las cuáles las organizaciones deben poner su atención con el fin de ir creciendo en el mercado en el que se encuentra su compañía.

Bibliografía

Adler, & Shenbar. (1990). Adapting your technological base: the organizational challenge. Sloan Management. Review 25, 25 - 37.

Aguirre, Robledo, & Pérez. (2009). Metodología para medir y evaluar las capacidades tecnológicas de innovación en fábricas de software utilizando lógica difusa.

Burgelman, R., & Maidique, M. (2004). Wheelwright, S.C., (2004). Strategic Management of Technology and Innovation. 8–12. New York: McGraw-Hill.

Capaldo, Landoli, Rafia, & Zollo. (2003). The Evaluation of Innovation Capabilities in Small Software. *(21)*, 343-354.

Cheng, J. Y. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. European Journal of Operational Research, 170, 971–986.

D'Negri, & Vito, D. (2006). Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa. Revista Argentina de Medicina Respiratoria. *(4)*, 126 - 136.

Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: What are they?. Strategic Management Journal. 1105 - 1121.

Gómez, J. (2009). Las Capacidades de Innovación Tecnológica y el Desempeño Empresarial y Sectorial en Colombia.

Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese Firms. *(23 9)*, 737–747. . (Technovation, Ed.)

Henard, D., & Szymanski, D. (2001). Why some new products are more sucessfulthan others? *38*, 362-75. Journal of Marketing Research.

Hult, G. (2004). Innovativeness: its antecendents and impact on business performance. *33*, 429-38. (I. M. Management, Ed.)

Hult, G. T., Snow, C., & Kandemir, D. (2003). The role of entrepreneurship in building cultural competitiveness in different organizational types, Journal of Management. *29(3)*, 401-426.

Hurley, R., & Hult, G. (1998). Innovation, market orientation and organizational learning: an integration and empirical examination, Journal of Marketing. *63(3)*, 42 - 54.

Jimenez, D., & Sanz, R. (2006). Innovación, Aprendizaje organizativo y resultados empresariales. Cuadernos de Economía y Dirección de Empresas. *29*, 31-56.

Karsak. (2002). A fuzzy multiple objective programming approach for the selection of a flexible manufacturing system. International Journal of Production economics. v79. 101-111.

Lee, C. (1990). Fuzzy logic in control systems. IEEE Trans. on Syst. *20, 2*, 404 – 435. Man & Cyb.

Lundvall, B. A., & Borras, S. (1997). The Globalising Learning Economy: Implications for Innovation Policy. (C. E. Informe de DG XII, Ed.)

Medina, H. S. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. *19*, 195 – 223. (C. A. Universidad Javeriana, Ed.)

OCDE, M. D. (2005). Guidelines for collecting and interpreting innovation data. . *3rd Edition.* . Paris: European Comission, Organization for Economic Co-operation and Development, Statistical Office of the European Communities.

Ordaz, G. (2011). Detección de Leucemia Linfoblástica Aguda usando Lógica Difusa y Redes Neurales. Tesis – Magíster en Ciencias en Ingeniería Electrónica. Instituto Politécnico Nacional.

Ramirez, R. (2008). Simulación en simmechanics de un sistema de control difuso para el robot udlap. Tesis Licenciatura. Ingeniería Mecatrónica. Universidad de las Américas Puebla. Capitulo 3.

Robledo, & Ceballos. (2008). Estudio de un Proceso de Innovación Utilizando Dinámica de Sistemas. Cuadernos de Administración.

Robledo, V., & Malaver, R. (2009). Encuestas, datos y técnicas de descubrimiento de conocimiento sobre la Innovación en Colombia. *(4 y 11)*.

Rousseva, R. (2008). Identifying technological capabilities with different degrees of coherence: The challenge to achieve high technological sophistication in latecomer software companies. *(75)*, 1007–1031. Technological Forecasting & Social Change.

Sher, & Yang. (2005). “The effects of innovative capabilities and R&D clustering on firm performance: the evidence of Taiwan’s semiconductor industry”. Technovation 25 33–43.

Teece, D., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *18(7)*, 509-533. Strategic Management Journal.

Verona, G., & Ravasi, D. (2003). Unbundling dynamic capabilities: an exploratory study of continuous product innovation. 577-606. Industrial and Corporate Change.

Wang et al. (N.D.). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty - Technovation.

Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (ND). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty, Technovation, in press.

Wang, Lu, & Chen. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. Technovation, 28, 349–363.

Winter, S. G. (2003). Understanding dynamic capabilities. 991 - 995. Strategic Management Journal.

Yam, R., Guan, J., Pun, K., & Tang, E. (2004). An audit of technological innovation capabilities in Chinese firms: some empirical findings in Beijing. *8*, 1123 – 1140. Beijing, China: Research Policy 33.

Zadeh, L. (1965). A fuzzy set. Information and Control. *8.*, 338 – 353.