

**EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE POR COMPETENCIAS UTILIZANDO LOGICA
DIFUSA**

DIANA PATRICIA BEDOYA RUIZ

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE INGENIERIA

MEDELLIN

2014

**EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE POR COMPETENCIAS UTILIZANDO LOGICA
DIFUSA**

DIANA PATRICIA BEDOYA RUIZ

Proyecto de Investigación para Optar por el título de Maestría en Ingeniería

Grupo de Investigación SICOSIS

Asesor

CARLOS MARIO SIERRA DUQUE

Doctorado en Ingeniería. Énfasis Sistemas e Informática.

Maestría En Ingeniería de Sistemas

UNIVERSIDAD DE ATIOQUIA

FACULTAD DE INGENIERIA

MEDELLIN

2014

DEDICATORIA

A mis padres, ejemplo de perseverancia y amor por el estudio y el trabajo, ustedes que han forjado los cimientos de la mujer en la que me he convertido.

Natalia, luz y alegría, motivación para asumir cada reto que la vida me ha planteado, gracias por ser el mejor regalo que Dios me ha dado

A Willian, compañero constante y apoyo incondicional tu amor me ha llenado de fuerza y ha reescrito los límites de lo posible

AGRADECIMIENTOS

Carlos Mario, profesor, MAESTRO, guía, infinitas gracias por la orientación que me ha brindado en cada una de las etapas de este proyecto, sus palabras y consejos permitieron hacerlo realidad y me han permitido redescubrir y amar mi profesión y oficio, gracias, muchas gracias por ser un ejemplo a seguir.

A la Universidad y sus docentes, me han brindado todas las herramientas necesarias para afrontar mi vida profesional con amor y alegría.

A mi familia, todos aprendieron algo sobre lógica difusa para acompañarme en este camino, gracias por hacer parte de este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN.....	13
2	INTRODUCCION.....	15
3	DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO O SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	17
4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
4.1	HIPOTESIS	21
5	OBJETIVOS	22
5.1	OBJETIVO GENERAL.....	22
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	22
6	JUSTIFICACIÓN.....	23
6.1	USUARIOS POTENCIALES	23
6.2	SECTORES BENEFICIADOS	23
7	ALCANCE.....	25
8	MARCO DE REFERENCIA	26
8.1	DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS.....	26
8.2	ASPECTOS DE EVALUACION POR COMPETENCIAS.....	28
8.3	CONJUNTOS DIFUSOS.....	33
8.3.1	Definiciones.....	34
8.3.2	Operaciones sobre conjuntos difusos:	35
8.4	SISTEMA DE INFERENCIA DIFUSO: EL MODELO MAMDANI	36
8.5	SISTEMAS DE VALORACIÓN DE PRUEBAS ESCRITAS UTILIZANDO CONJUNTOS BORROSOS	40
8.5.1	Valoración de pruebas escritas basada en aritmética difusa.....	40
8.5.2	Valoración de pruebas escritas basada en sistemas de inferencia difusa... 44	
8.7	DISCUSION ACERCA DE LOS SISTEMAS DE VALORACIÓN DE PRUEBAS ESCRITAS UTILIZANDO CONJUNTOS DIFUSOS, REFERIDOS EN LA SECCIÓN 8.6	48
9	PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	50
9.1	MODELO MATEMATICO DE VALORACIÓN	50
9.1.1	Módulo de Valoración por Actor.....	50
9.1.2	Módulo Integrador de actores	63

9.2	MODELO LÓGICO	69
9.3	MÉTODO PARA LA CREACIÓN DE LA REPRESENTACIÓN, MEDIANTE CONJUNTOS DIFUSOS, DE LA ESCALA DE VALORACIÓN	73
9.4	UN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE RÚBRICAS DE VALORACIÓN, RESPETANDO LA TAXONOMÍA DE BLOOM	74
9.5	MOTOR DE INFERENCIA.....	78
9.6	CARACTERIZACION LINGÜÍSTICA DE RESULTADOS.....	81
9.7	REPORTE DE RESULTADOS	82
10	MODELO DE DESARROLLO POR PROTOTIPOS.....	83
10.1	Identificar los requerimientos conocidos	84
10.1.1	Identificar los requerimientos conocidos que deben satisfacerse:.....	84
10.1.2	Determinar los fines del sistema y el alcance de su capacidad.....	84
10.2	DESARROLLAR EL MODELO	85
10.2.1	Módulos esenciales de procesamiento	85
10.2.2	Interfaces Graficas al Usuario y formatos para la entrada de datos	86
10.2.3	Salida del sistema	88
10.3	Utilizar el prototipo.....	88
11	PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	90
11.1	DISEÑO DE LA PRUEBA	92
11.1.1	Notas Utilizadas.....	92
11.1.2	Método Del Promedio:	92
11.1.3	Rúbrica De Valoración:.....	92
11.1.4	Modelo Difuso Mamdani:	94
11.2	SIMULACIONES	96
11.2.1	Comparación de Valoraciones numéricas.....	96
11.2.2	Comparación de valoraciones Lingüísticas.....	97
11.2.3	Proporción de notas aprobadas	98
11.2.4	Resultados atípicos en el sistema.....	99
11.3	ASPECTOS SENSIBLES DESDE LO PEDAGÓGICO	100
11.4	ASPECTOS SENSIBLES DEL MODELO DIFUSO	101
11.5	VALIDACIÓN DE RESULTADOS DEL SISTEMA DIFUSO	101

11.6	SIMULACIONES RESULTANTES DE LOS CAMBIOS EFECTUADOS EN LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DIFUSO PRODUCTO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN	119
11.6.1	–Simulaciones con los ajustes hechos al sistema de inferencia con los resultados obtenidos teniendo en cuenta las encuestas no diligenciadas.....	119
11.6.2	Simulaciones con los ajustes hechos al sistema de inferencia con los resultados obtenidos sin tener en cuenta las encuestas no diligenciadas.....	122
12	CONCLUSIONES	124
13	BIBLIOGRAFIA	126
	ANEXO 1. VARIACIONES A LAS ESCALAS DE VALORACIÓN DEL MODELO DIFUSO	129
	ANEXO 2 COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA DIFERENTES METODOS DE DEFUZIFICACIÓN.....	133
14	MEDIA DE LA DIFERENCIA COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA DIFERENTES METODOS DE DEFUZIFICACIÓN	133
14.1	SIMULACIÓN CON DOS CRITERIOS.....	133
14.2	SIMULACION CON TRES CRITERIOS.....	134
	ANEXO 3. TABULACIÓN DE ENCUESTAS: RESULTADOS POR ÁREAS.....	136
	ANEXO 4- ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA.....	151
14.3	DEFINICIÓN DE PROYECTO	151
14.3.1	Objetivo	151
14.3.2	Agentes	151
14.4	OBTENCIÓN DE REQUISITOS.....	151
14.4.1	Objetivos de Contexto	151
14.4.2	Diagrama de Contexto.....	153
14.5	MODELO DE DOMINIO.....	154
14.5.1	Definición del sistema.....	154
14.5.2	Definición de requerimientos del sistema.....	155
14.5.3	Actores	156
14.5.4	Listado de casos de uso	156
14.5.5	Diagramas de Casos de Uso	159
	ANEXO 5. MANUAL DE USUARIO PROTOTIPO.....	214
	ANEXO 6. PROTOTIPO	221
	ANEXO 7. PROCESO DE EVALUACION POR COMPETENCIAS	222

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 8-1 Clasificación de las Competencias [MEN, 2010]	27
Ilustración 8-2 Instrumentos de los tres saberes [Tobón, 2010]	30
Ilustración 8-3 Sistema de Inferencia Difusa [Mendel 2001]	38
Ilustración 9-1 Arquitectura del modelo matemático	50
Ilustración 9-2 Solución propuesta	72
Ilustración 9-3 Flujograma registro creación de conjuntos difusos para la escala de valoración	74
Ilustración 9-4 Flujograma, Creación de criterios de desempeño respetando la taxonomía de Bloom	76
Ilustración 9-5 Flujograma, Creación de rúbrica de valoración, base de reglas	77
Ilustración 9-6 Flujograma, proceso de agregación del sistema de inferencia	80
Ilustración 9-7 Flujograma, proceso de concreción del conjunto difuso resultante.	81
Ilustración 10-1 Fases del modelo de desarrollo por prototipos	83
Ilustración 10-2 Interfaz para el registro de funciones de pertenencia para los conjuntos que representan los niveles de la escala de valoración nacional	86
Ilustración 10-3 Interfaz para el registro de criterios de valoración o desempeño	87
Ilustración 10-4 Interfaz para la valoración del estudiante	88
Ilustración 11-1 Funciones de pertenencia, niveles de la escala de valoración nacional en el rango de la escala numérica	95
Ilustración 11-2 Comparación de Valoraciones numéricas, dos criterios	96
Ilustración 11-3 Comparación de Valoraciones numéricas, tres criterios	96
Ilustración 11-4 Comparación diferencia en notas Lingüísticas, dos criterios	97
Ilustración 11-5 Comparación diferencia en notas Lingüísticas, tres criterios	97
Ilustración 11-6 Proporción de notas aprobadas, dos criterios	98
Ilustración 11-7 Proporción de notas aprobadas, tres criterios	98
Ilustración 11-8. Representación Gráfica escala nacional	102
Ilustración 11-9 Ubicación de los puntos en las funciones de pertenencia.	105
Ilustración 11-10 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la moda	106
Ilustración 11-11 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la mediana.	107
Ilustración 11-12 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la media.	108
Ilustración 11-13 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Moda	111
Ilustración 11-14 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Mediana	112
Ilustración 11-15 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico la Media	113

Ilustración 11-16 Número posible de aprobaciones en las diferentes configuraciones del sistema de inferencia, con la información aportada por todos los docentes	119
Ilustración 11-17 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por promedios para tres criterios con la información aportada por todos los docentes	120
Ilustración 11-18 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por rúbricas para tres criterios con la información aportada por todos los docentes	121
Ilustración 11-19 Número posible de aprobaciones en las diferentes configuraciones del sistema de inferencia, con la información aportada por todos los docentes	122
Ilustración 11-20 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por promedios para tres criterios con la información aportada solo por los docentes que prepusieron cambios a las funciones iniciales	122
Ilustración 11-21 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por rúbricas para tres criterios con la información aportada solo por los docentes que prepusieron cambios a las funciones iniciales	123

LISTA DE TABLAS

Tabla 8-1 Ejemplo, Resultados de aprendizaje.....	29
Tabla 8-2 Rubrica ejemplo, de Niveles de valoración.....	31
Tabla 8-3 Niveles de satisfacción para la valoración de estudiantes.....	42
Tabla 8-4 Cuadro comparativo métodos encontrados.....	48
Tabla 11-1 Rango de Asignación de puntos para rúbrica de valoración.....	92
Tabla 11-2 Rango numérico establecido para los niveles de la escala de valoración nacional.....	93
Tabla 11-3 Casos anormales (o atípicos), resultados obtenidos para dos criterios de valoración.....	99
Tabla 11-4 Casos particulares, resultados obtenidos para tres criterios de valoración...	100
Tabla 11-5 Escala de valoración.....	102
Tabla 11-6 Nivel de aceptación de las funciones de pertenencia definidas para los conjuntos difusos que representan la escala de valoración nacional.	103
Tabla 11-7 Agrupación de los nivel de aceptación de las funciones de pertenencia definidas para los conjuntos difusos que pretenden representar la escala de valoración nacional.	103
Tabla 11-8. Estructura para diligenciar las nuevas funciones de pertenencia propuestas por los docentes.	104
Tabla 11-9 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la moda.....	105
Tabla 11-10 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la mediana.	107
Tabla 11-11 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la media.....	108
Tabla 11-12. Variancia de la media encontrada para los puntos establecidos por los docentes para las funciones de pertenencia, teniendo en cuenta todos los resultados..	109
Tabla 11-13 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico la moda.....	110
Tabla 11-14 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Mediana.....	111
Tabla 11-15 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Media.....	113
Tabla 11-16 Variancia de la media encontrada para los puntos establecidos por los docentes para las funciones de pertenencia, teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos.....	114
Tabla 11-17 Formato para ingresar los resultados de valoración lingüística	114
Tabla 11-18 Resultados obtenidos del proceso de valoración lingüística.....	115
Tabla 11-19 Comparativo de los resultados obtenidos del proceso de valoración lingüística y los resultados definidos en la base de reglas.....	116

Tabla 11-20 Resultados de valoración numérica para tres criterios de desempeño usando los métodos difuso, promedio y rúbrica.....	117
Tabla 11-21 Resultado de selección de valoraciones obtenidas con los diferentes métodos difuso, promedio, rúbrica.....	118
Tabla 0-1. Escala de valoración.....	136

1 RESUMEN

El proceso de evaluación de aprendizaje por competencias requiere una evaluación integral del estudiante que incluya los aspectos: afectivo, cognitivo y psicomotor. El seguimiento, a lo largo del proceso de aprendizaje, se hace con el fin de establecer la consistencia en el desarrollo de la competencia por parte de los estudiantes. Los sistemas para la evaluación del aprendizaje, en su mayoría, efectúan la valoración del nivel alcanzado por el estudiante en un momento específico y toman como base de valoración sólo el aspecto cognitivo; esta forma de valoración tiene como falencias que desconoce la historia del proceso de aprendizaje y omite en dicha valoración las otras dimensiones de la formación de los aprendices.

Uno de los principios de la evaluación por competencias es la búsqueda de la articulación de la valoración cualitativa y la cuantitativa, para esto se plantean diferentes criterios de evaluación y a cada uno de ellos se les asigna un peso en la evaluación final. Los criterios de evaluación deben estar orientados a valorar el desarrollo del estudiante en los diferentes dominios psicológicos: cognitivo, afectivo, y psicomotor [CHURCES, 2009] permitiendo, a través de valoraciones lingüísticas de criterios de desempeño, establecer el nivel de desarrollo de la competencia, para este proceso se lleva a cabo la construcción de rubricas de valoración. Este trabajo presenta una propuesta para construcción de una rúbrica difusa de valoración cuyo objetivo es utilizar el potencial de las rubricas de valoración tradicionales fusionándolas con las características de los sistemas de inferencia difusa.

Palabras clave: Evaluación por competencias, Rúbricas de valoración, Inferencia difusa.

ABSTRACT

The process of evaluation of learning competencies requires a comprehensive assessment of the student that includes aspects: affective, cognitive and psychomotor. The follow-up, throughout the learning process, is done in order to establish consistency in the development of the competition from students. Systems for the assessment of learning, mostly, carried out the estimation of the level reached by the student in a specific time and

taken as a basis of assessment only the cognitive aspect; This form of assessment has as shortcomings that ignores history and ignores learning process assessment the other dimensions of the training of apprentices.

One of the principles of the competency assessment is the quantitative and qualitative assessment joint, for this there are different criteria of evaluation and is assigned to each of them a weight in the final evaluation. Evaluation criteria must be oriented to assess the development of the student in the different psychological domains: cognitive, affective, and psychomotor [CHURCES, 2009] allowing, through linguistic assessments of performance criteria, set the level of the competence, This paper presents a proposal for construction of a diffuse rubric for the evaluation which aims to use the potential of traditional assessment rubrics fusing with the features of the fuzzy inference system.

Key words: Evaluation by competences, assessment, fuzzy inference rubrics.

2 INTRODUCCION

El proceso de evaluación de aprendizaje por competencias requiere una evaluación integral del estudiante que incluya los aspectos: afectivo, cognitivo y psicomotor. En el aspecto afectivo, saber ser, se promueve la convivencia, se induce al individuo a ser buen ciudadano para que asuma sus derechos y deberes con responsabilidad y construya su identidad personal; en el aspecto cognitivo, saber conocer, se busca desarrollar la capacidad para utilizar un conjunto de herramientas que permitan procesar e interpretar la información, y brindar soluciones a las situaciones que se le plantean; el aspecto psicomotor, saber hacer, se enfoca en el desempeño del individuo ante situaciones de la vida real, induce la utilización del saber de manera sistémica y reflexiva para la consecución de las metas; el saber hacer implica el desempeño del individuo frente a la realización de una actividad o frente a la solución de un problema teniendo como base la planeación y la comprensión del dominio del problema.

El seguimiento, a lo largo del proceso de aprendizaje, se hace con el fin de establecer la consistencia en el desarrollo de la competencia por parte de los estudiantes. Los sistemas para la evaluación del aprendizaje, en su mayoría, efectúan la valoración del nivel alcanzado por el estudiante en un momento específico y toman como base de valoración sólo el aspecto cognitivo; esta forma de valoración tiene como falencias el desconocer la historia del proceso de aprendizaje como también el omitir en dicha valoración, las otras dimensiones de la formación de los aprendices.

Uno de los principios de la evaluación por competencias es la búsqueda de la articulación de la valoración cualitativa y la valoración cuantitativa, para esto se plantean diferentes criterios de evaluación y a cada uno de ellos se les asigna un peso en la evaluación final. Los criterios de evaluación deben estar orientados a valorar el desarrollo del estudiante en los diferentes dominios psicológicos: cognitivo, afectivo, y psicomotor [CHURCES, 2009] permitiendo, a través de valoraciones lingüísticas de criterios de desempeño, establecer el nivel de desarrollo de la competencia, para este proceso se lleva a cabo la construcción de rubricas de valoración.

Este trabajo presenta una propuesta para construcción de una rúbrica difusa de valoración cuyo objetivo es utilizar el potencial de las rubricas de valoración tradicionales fusionándolas con las características de los sistemas de inferencia difusa. En las rubricas tradicionales, los docentes, para cada uno de los criterios de valoración, asignan un puntaje de acuerdo con el desempeño de los estudiantes, luego se realiza la sumatoria de los puntos obtenidos y estos se llevan a una nota numérica.

El sistema de valoración propuesto en este trabajo de investigación permite realizar la construcción de una rúbrica difusa. En tal sistema se definen cuáles serán los niveles a tener en cuenta en la escala de valoración deseada; estos niveles son definidos mediante conjuntos difusos. Si bien los sistemas de rúbricas definen sus niveles de valoración mediante intervalos excluyentes de valores numéricos (y no difusos por definición), la valoración de los procesos de adquisición de conocimientos tienen un comportamiento que puede ser representada de una forma más satisfactoria desde la lógica difusa, pues se habla de un nivel de alcance de competencia, y se establece un nivel mínimo para la certificación de la adquisición de la misma. El sistema desarrollado permite al docente realizar la valoración de los criterios de desempeño tanto mediante la asignación de una etiqueta lingüística como con el empleo de valores numéricos. Los resultados de valoración arrojados por el sistema - que integran los de distintos criterios de desempeño, y actores del proceso valorativo- se ubican, en general, en algún punto intermedio entre los valores que producirían el sistema de rúbrica no difuso y el del sistema de valoración por promediado.

3 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO O SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

A partir del año 2002, con base en el documento Revolución Educativa 2002-2010, la mayor preocupación del gobierno Colombiano frente a las políticas educativas del país, llevó a orientar los esfuerzos a mejorar o aumentar los niveles de cobertura de educación en el país, logrando que estos niveles superen el 90% de la población en la actualidad. Aunque este resultado puede interpretarse como un gran logro para el sistema educativo colombiano, él ha servido para evidenciar otro aspecto trascendental del sistema: *la baja calidad en la formación académica adquirida por los estudiantes inmersos en el mismo*. Convirtiéndose éste en el nuevo objetivo para el Ministerio de Educacional Nacional (MEN), se han suscitado una serie de cambios estructurales como son: la definición de competencias para cada ciclo de formación, la reestructuración de los planes de estudio, la definición del ciclo que deben seguir las instituciones para lograr alcanzar estándares de calidad nacionales e internacionales. Por ello, la *“Revolución Educativa ha considerado parte esencial del ciclo de calidad: 1) proponer, difundir y lograr la comprensión de los referentes normativos y conceptuales en los cuales se enmarca la política, 2) consolidar una cultura de la evaluación que se refleje en un sistema de evaluación centrado en el desarrollo de competencias y 3) plantear acciones que refuercen las competencias de los estudiantes, estimulen el avance profesional de los docentes y rectores y mejoren las instituciones que conforman el sistema educativo –las instituciones educativas y las secretarías de educación– mediante el acompañamiento en la administración escolar, el uso de herramientas de gestión como los planes de mejoramiento, el tiempo escolar, la articulación entre los diferentes niveles de las escuelas, el mejoramiento de la infraestructura y la formulación de proyectos educativos congruentes con las necesidades de los estudiantes y sus comunidades”* [MEN, 2010]

En el sistema de educación colombiano, se encargó al Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), diseñar pruebas para la evaluación de la calidad de los estudiantes. Inicialmente, estas pruebas se orientaron a evaluar los saberes de los estudiantes, midiendo su conocimiento sobre áreas específicas., enmarcado dentro del programa o proyecto “Revolución Educativa” planteado desde el MEN, estas pruebas fueron rediseñadas para evaluar las competencias adquiridas por los educandos a lo largo

de su proceso de enseñanza-aprendizaje, esto implicó hacer cambios sustanciales en el diseño de las pruebas debido a que se pasó de los exámenes tradicionales orientados a medir conocimientos y aptitudes, a evaluaciones que buscan medir un saber hacer en contexto, es decir, enfrentar a los estudiantes a situaciones concretas donde muestren su capacidad de identificar conocimientos y su habilidad para aplicarlos. Una vez logrados estos cambios se buscó que los estudiantes se presentaran a pruebas de evaluación a nivel internacional, para establecer el avance real en comparación con los otros países. Una de las evaluaciones en las que se buscó participar fue la evaluación planteada por el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés); ésta se centra en la capacidad de los jóvenes para aplicar su conocimiento y habilidades a problemas y situaciones de la vida real, en lugar de evaluar cuánto conocimiento poseen de sus respectivos programas de estudio. Por lo tanto, la prueba se enfoca en la evaluación de las capacidades y la disposición de los estudiantes para el aprendizaje permanente, siendo estos factores importantes en una economía basada en el conocimiento. En el año 2006, *“En todas las áreas temáticas de la prueba, Colombia obtiene calificaciones por debajo de la línea de calificación pronosticada. Por otro lado, la brecha entre las calificaciones estimadas y las reales es mayor para las matemáticas, seguida de la de ciencias. Sólo las calificaciones reales de lectura están cerca de las calificaciones pronosticadas”*. En matemáticas, Colombia y Brasil son los participantes de más bajo desempeño de la región, con una proporción mayor de sus examinados: casi la mitad ubicada en el segmento de competencia “por debajo del nivel 1”. Es decir los estudiantes no son capaces de responder a las preguntas más básicas en la prueba. Para que Colombia logre un crecimiento económico sostenible y equitativo, tiene que mejorar los resultados del aprendizaje entre todos sus estudiantes, pero en particular entre la proporción significativa de su población que no logra niveles mínimos de desempeño. [Banco Mundial, 2009.]

El uso del término competencia es una consecuencia de la necesidad de superar la enseñanza reducida, en algunos casos, al aprendizaje memorístico de conocimientos; este tipo de aprendizaje dificulta que dichos conceptos sean aplicables en la vida real [Zabala, 2009].

Tradicionalmente, los mecanismos de evaluación le imponen al docente la tarea de diseñar y analizar las pruebas que determinan el nivel de aprendizaje que alcanza el estudiante. Un cambio en los decretos que rigen la evaluación de la educación en Colombia (Decreto 1290,

2008) llevó a la necesidad de modificar los procesos evaluativos que ayuden a *determinar el nivel de aptitud del estudiante para enfrentar los retos del ciclo de formación académica y desarrollo profesional*. La satisfacción de esta necesidad implica un cambio del papel desempeñado tanto por parte del docente como del alumno, frente a los procesos evaluativos; además pone de manifiesto que la evaluación debe ser permanente, participativa, contextual, flexible, formativa, democrática, comprensiva y técnica. “*En pocas palabras, la institución educativa deberá velar por que la evaluación sea minuciosa, consciente y constante para determinar cómo ayudar al estudiante a alcanzar los objetivos académicos y desarrollar su máximo potencial*” [Artículo 12, Decreto 1290]. Esto último requiere involucrar al estudiante en la evaluación con el fin de que se autoevalúe y detecte sus fortalezas y debilidades frente al proceso de aprendizaje y se imponga retos que lo lleven a un mejoramiento continuo con miras a superar las debilidades y sacar el máximo provecho de sus fortalezas.

En Colombia los procesos evaluativos se han enfocado en la dimensión cognitiva de la formación, Desconociendo los resultados obtenidos en los aspectos afectivo y psicomotor durante su proceso de aprendizaje [Villegas, 2010]. Según el Artículo 12 del decreto 1290 el estudiante tiene derecho a: “*Ser evaluado de manera integral en todos los aspectos académicos, personales y sociales*”.

Por muchos años, el sistema de evaluación de la educación se centró en un mecanismo *cuantitativo* (numérico) para estimar los resultados intermedios y final del proceso evaluativo. A partir del año 2002 y obedeciendo lo estipulado en el decreto 230, el proceso de evaluación debe basarse en una valoración *cualitativa* del nivel de logro alcanzado por el estudiante. Aunque no se conoce estudio o investigación formal, la evidencia parece señalar que la falta de homogenización en la concepción de los rúbricos cualitativos empleados en la valoración y de la ausencia de un mecanismo objetivo que procese tales valoraciones lingüísticas, justificó la posibilidad de optar por el método cuantitativo que había sido eliminado. Siempre y cuando los resultados obtenidos por el estudiante, con el método escogido por la institución, puedan ser llevados a las escala de valoración nacional que está definida como: Superior, Alto, Básico, Bajo. La definición de los niveles relacionados a cada escala de valoración, estarán sujetos a las políticas de calidad establecidas por cada institución. Esto quedó estipulado en el Decreto 1290 del año 2009, expedido por el MEN.

Con el cambio de paradigma el docente se ha visto en la necesidad de valorar de manera cualitativa, esto supone un cambio difícil de asimilar si se cuenta con la escasa capacitación y las pocas herramientas que se brindaron a los docentes para afrontar el nuevo modelo de valoración.

Hoy el docente no cuenta con los mecanismos para materializar el objetivo de la valoración integral, lo que hace que el proceso de evaluación no sea claro y coherente y dificulta tanto la participación del estudiante, como la detección de las aptitudes que éste posee para asumir con éxito el proceso de aprendizaje.

4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los procesos de evaluación por competencias exigen que los docentes, estudiantes y entes reguladores tengan una participación activa en los procesos de evaluación y valoración de dichos estudiantes. Ésta debe realizarse de forma continua y teniendo en cuenta la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación. Actualmente a los docentes se les dificulta tener en cuenta los registros de todas estas valoraciones para realizar la evaluación y el seguimiento de los estudiantes; a esto se suma la complejidad de la naturaleza de las valoraciones, pues para cada competencia se deben definir niveles de desempeño, para cada nivel de desempeño se deben establecer las tablas de saberes con los criterios de valoración para el saber ser, el saber hacer y el saber conocer. La valoración en cada uno de los dominios del aprendizaje puede realizarse de forma cualitativa o cuantitativa indistintamente, pero esta característica dificulta aún más llevar a cabo una evaluación clara de los estudiantes, pues en la aritmética tradicional no se presentan herramientas para operar valoraciones lingüísticas y valoraciones numéricas.

De igual forma llevar a cabo un seguimiento del desempeño de los estudiantes a lo largo de su proceso de aprendizaje para ser tenido en cuenta en el momento de la evaluación final, requiere que las valoraciones de todas las evidencias de desempeño (pruebas escritas, talleres, foros, entre otros) sean tenidas en consideración en este proceso, ya sea por una valoración acumulativa o por valoración promediada.

4.1 HIPOTESIS

El proceso de evaluación por competencias puede ser modelado mediante lógica difusa, permitiendo valorar los logros de los estudiantes de forma cuantitativa y cualitativa.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Modelar matemáticamente el proceso de evaluación por competencias utilizando lógica difusa.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

El modelo propuesto debe concebir, integrar y elaborar un prototipo funcional que considere los siguientes aspectos:

- Un método para la creación participativa de la representación, mediante conjuntos difusos, de la escala de valoración.
- Un proceso de construcción de rúbricas de valoración, respetando la taxonomía de Bloom.
- Un sistema de inferencia para la evaluación de momentos valorativos.
- Integrar los diferentes modelos.
- Un método para caracterizar lingüísticamente, los resultados.
- Un mecanismo para validar y verificar el modelo planteado.

6 JUSTIFICACIÓN

6.1 USUARIOS POTENCIALES

El sistema de información por competencias, tendrá como usuarios directos a los docentes, estudiantes y directivos de las instituciones educativas. Los docentes podrán llevar a cabo un seguimiento del desarrollo de las competencias de los estudiantes, los estudiantes podrán conocer cuál ha sido su desarrollo en el proceso de aprendizaje, cuáles son sus puntos de mayor desarrollo y mejor desempeño, así como las competencias en la cuales presenta dificultades para fortalecer su desarrollo. Un sistema de valoración por competencias permite al estudiante tener un adecuado conocimiento de los aspectos tenidos en cuenta en su proceso valorativo y es a su vez una base que permitirá al docente un mejor conocimiento de las características a tener en cuenta en el proceso evaluativo, es decir, del proceso pedagógico de análisis y retroalimentación al estudiante de los resultados obtenidos. Si bien el sistema propuesto, no realiza en sí mismo la evaluación, permite al docente tener mayores argumentos para realizarla al analizar los resultados obtenidos por los estudiantes.

6.2 SECTORES BENEFICIADOS

El sector educativo busca que los individuos que ingresan al sistema de educación desarrollen unas competencias, conjuntos de saberes integrales, que les permitan desempeñarse de forma adecuada en la sociedad a lo largo de su vida.

Se consideran beneficiarios del desarrollo de un sistema de valoración por competencias a los diferentes sectores poblacionales involucrados con el sistema educativo. Educadores, educandos, entes rectores.

Los educandos, pueden contar con un sistema que haga seguimiento de su desempeño particular, permitiéndoles evidenciar los logros y dificultades de su proceso enseñanza-aprendizaje.

Los educadores contarán con una herramienta que permite procesar la información recolectada en los diferentes momentos de medición o valoración, esta herramienta tiene como diferenciador la posibilidad de manipular la incertidumbre propia de la medición de los procesos de aprendizaje, la integración de la evaluación cuantitativa y cualitativa, presentando los resultados en ambas formas.

Los entes rectores, cuentan con un sistema que permite estandarizar los niveles de medición de resultados y de procesamiento de los mismos, teniendo así una herramienta que integra las diferentes escalas de valoración utilizadas por los docentes y que está en condiciones de procesarla de forma adecuada sin importar las características de la misma, es decir si es cuantitativa o cualitativa.

7 ALCANCE

Se plantea una propuesta que permita la integración y aplicación de valoraciones de tipo cuantitativo y cualitativo, desde los aspectos del proceso de evaluación por competencias que implican la selección, registro y procesamiento de información referente a las actividades valorativas. Esta propuesta se validará a través de un prototipo funcional de software.

Lo apropiado de los resultados arrojados por el sistema está limitado por la selección de los criterios de desempeño utilizados para llevar a cabo la valoración, y del diseño de los conjuntos difusos seleccionados para la representación de la escala valorativa.

Los aspectos referentes a los componentes didácticos del proceso evaluativo no se incluyen en la implementación del prototipo; estos aspectos son:

- Articular los procesos didácticos a los procesos evaluativos, establecer cuáles son las estrategias didácticas más adecuadas para facilitar el desarrollo de las competencias y asegurar la pertinencia de la participación docente.
- Identificar los instrumentos con los que se llevarán a cabo los momentos valorativos, esto requiere establecer cuáles son los elementos de valoración más adecuados para evidenciar el desarrollo de las competencias en cada una de las dimensiones del aprendizaje.
- Determinar los instrumentos de observación, chequeo y registro de los aprendizajes que servirán como apoyo al proceso; se hace referencia específicamente al diseño de las rúbricas.

8 MARCO DE REFERENCIA

Los métodos presentados a continuación pretenden obtener información sobre el nivel de aprendizaje logrado por el estudiante mediante la valoración de una prueba escrita, teniendo en cuenta solamente los componentes cognitivos del proceso de aprendizaje.

8.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS

Los procesos de valoración tradicionales enfatizan en los conocimientos específicos adquiridos por los educandos. La valoración que se busca actualmente hace énfasis en acciones integrales ante problemas presentados en el entorno, dando paso a los procesos de evaluación por competencias.

El concepto de competencia nace de la necesidad que tiene el empresario, de valorar no sólo el conocimiento teórico, sino las habilidades que posee una persona, además de la capacidad de utilizarlas para resolver un problema determinado. Son consideradas un punto de encuentro entre el sector empresarial y el sector educativo [PARRA, 2009].

A lo largo de los años el concepto de competencia ha tomado diferentes connotaciones, coincidiendo en su mayoría en definir ésta como la capacidad comprobada de desempeñar un trabajo en el contexto de una ocupación. Adicionalmente, algunos autores e instituciones, alrededor de la noción de competencia, hacen referencia a cuestiones tales como:

- La capacidad que se refiere a lo que la persona es capaz de hacer, no a lo que hace siempre en cualquier situación [MCCLELLAND, 1973].
- Rodríguez y Feliz (1996) definen las competencias como "Conjuntos de conocimientos, habilidades, disposiciones y conductas que posee una persona, que le permiten la realización exitosa de una actividad" [RODRÍGUEZ Y FELIZ, 1996].
- "La competencia tiene una vigencia en el tiempo, es dinámica en función de los cambios tecnológicos y científicos que la fundamentan y de las situaciones que la promueven o la potencian; es por ello que una articulación directa con el mundo del trabajo es clave para la identificación y validación

de competencias laborales. También se explicita que la competencia debe poder evidenciarse mediante comportamientos observables, suficiencia en conocimientos o desempeño social y laboral adecuados [MEN, 2010].”

Las competencias se han clasificado en competencias básicas y específicas, adicionalmente, se encuentran las competencias transversales las cuales están presentes en todas las profesiones. Esta clasificación está referenciada por el Ministerio de Educación Nacional tal como puede observarse en la siguiente figura.

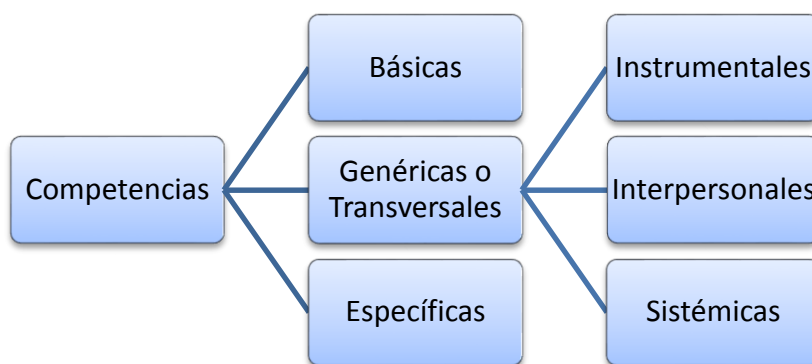


Ilustración 8-1 Clasificación de las Competencias [MEN, 2010]

COMPETENCIAS BASICAS: Permiten el ingreso al trabajo o a la educación superior; por ello, deben ser identificadas desde ambos sectores. Para los que ingresan al mundo laboral se consideran como requisitos para el desempeño de una ocupación u oficio, sino, prioritariamente, para desenvolverse adecuadamente en los espacios sociales. En lo que se refiere a la educación, determinan tanto el perfil de ingreso a la educación superior, como las bases de competencias más complejas que se desarrollarán a lo largo de la formación profesional.

COMPETENCIAS GENÉRICAS O TRANSVERSALES: Son competencias requeridas en un amplio campo de profesiones y ocupaciones y aportan las bases necesarias de un trabajador profesional para analizar los problemas, evaluar las estrategias a utilizar y aportar soluciones pertinentes en situaciones nuevas.

COMPETENCIAS ESPECIFICAS: Son las requeridas para el desempeño de una ocupación en concreto, están relacionadas más con funciones o puestos de trabajo. Aportan al estudiante o al trabajador los conocimientos, actitudes, habilidades y valores propios de cada profesión y actividad laboral [2010,MEN].

8.2 ASPECTOS DE EVALUACION POR COMPETENCIAS

El proceso de evaluación por competencias se considera un proceso de retroalimentación entre el educador y el educando en el cual se debe determinar la idoneidad y certificación de los aprendizajes de los estudiantes de acuerdo con las competencias de referencia, mediante el análisis del desempeño de las personas en tareas y problemas pertinentes. En ese sentido se debe tener una total claridad sobre para quién, para qué, por qué y cómo es la evaluación que deben tener los educandos [Parra, 2009].

La evaluación por competencias no es un promedio de las valoraciones realizadas a lo largo de un período de enseñanza-aprendizaje; la evaluación por competencias se hace por medio de indicadores y niveles de logro. Se dice que un educando ha alcanzado una competencia cuando está en condiciones de desempeñarse ante una situación o problema con motivación, ética, conocimiento teórico y habilidades procedimentales; si falta alguno de esos aspectos no se puede certificar el alcance de la competencia en el nivel de desarrollo deseado; esto significa que para certificar el desarrollo de una competencia, los estudiantes deben legitimar el desarrollo de sus habilidades en los diferentes aspectos del aprendizaje, es decir el afectivo, cognitivo y el psicomotor.

Para diseñar un proceso de evaluación por competencias deben considerarse los siguientes aspectos [Parra, 2009]:

Definir los resultados de aprendizaje y los criterios de evaluación¹ y desempeño para la competencia o competencias a evaluar. *“Un resultado de aprendizaje es un*

¹ Criterios de Evaluación o criterios de desempeño, son los nombres que se dan indistintamente a los criterios utilizados para llevar a cabo el proceso de medición de los logros del estudiante. Se llaman criterios de evaluación, no porque representen la evaluación en sí mismos, sino porque son el punto de partida del docente para la realización de la misma.

enunciado escrito acerca de lo que se espera de un estudiante o aprendiente sea capaz de hacer al finalizar una unidad de un módulo/curso o titulación”. [Adam, 2004]. Un criterio de desempeño, es la descripción o estándar de la realización que expresa el tipo y grado de aprendizaje que se espera hayan alcanzado los estudiantes con respecto a las competencias expresadas como objetivos del módulo.

Tabla 8-1 Ejemplo, Resultados de aprendizaje

MODULO	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
IDENTIFICACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE	Comprender las distintas fases del Ciclo de Vida del desarrollo de Software con el fin de reconocer las actividades que se llevan a cabo en cada una de estas fases.
	Conocer las técnicas que se pueden emplear en las fases de desarrollo de Software mediante su exploración y su aplicación desde el punto de vista técnico.

Junto con los resultados de aprendizaje, los criterios de desempeño especifican cuáles son los requerimientos mínimos para la obtención de la competencia; estos requerimientos se establecen a través de los saberes esenciales, que son los saberes requeridos para que una persona logre los resultados a evidenciar en el proceso. Estos saberes se clasifican en saber ser, saber conocer y saber hacer; cada uno de ellos tiene diferentes instrumentos a considerar en la valoración, como se muestra en la figura 1, estos instrumentos deben ser tenidos en cuenta en el momento de diseñar las evidencias de desempeño, las cuales son estrategias y herramientas de seguimiento al proceso de aprendizaje de los estudiantes.

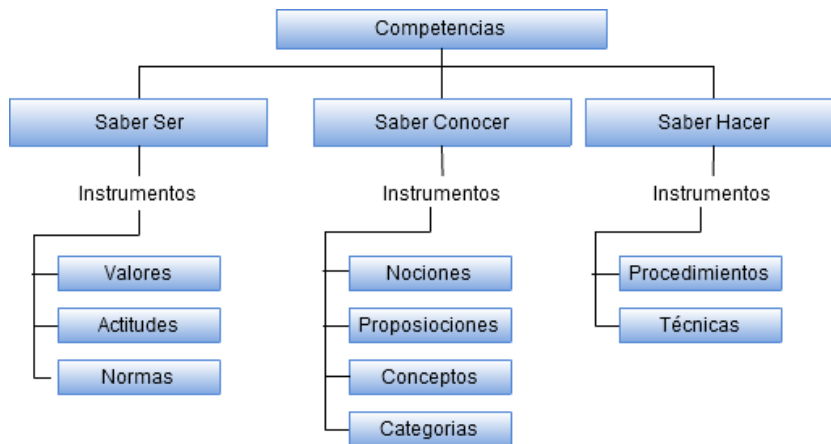


Ilustración 8-2 Instrumentos de los tres saberes [Tobón, 2010]

Cuando se determinan las competencias a desarrollar es usual establecer los resultados de aprendizaje por medio de los cuales el alcance de la competencia será evidenciado. Un resultado de aprendizaje define cuál es el objetivo a lograr, que debe realizar el estudiante como evidencia de desarrollo de una competencia o conjuntos de competencias. Estos se concretan como una definición textual que explicita la tarea a realizar por el estudiante, los saberes involucrados en esta tarea, los procedimientos y/o técnicas que debe utilizar y las componentes actitudinales de dicho proceso. La definición de los resultados de aprendizaje es recomendable más no obligatoria, es utilizada para trazar una meta clara a lograr con los estudiantes por cada ciclo formativo, estos resultados serán medidos o monitoreados a lo largo del proceso con diferentes criterios de desempeño que serán pequeñas descripciones de las características a medir en cada momento valorativo.

Tradicionalmente para la valoración de competencias se ha utilizado, como técnica, la construcción de *matrices de valoración* o *rúbricas*, pues ellas facilitan la calificación del desempeño de los estudiantes a través de conjuntos de criterios de desempeño graduados en complejidad. Como se muestra en la tabla 2.

Las rúbricas son escalas de medición usadas para valorar el desempeño, definidas como guías de puntaje; consisten en un conjunto de criterios preestablecidos,

empleados en la valoración del trabajo del estudiante o productos resultantes de las tareas desempeñadas por ellos [Mertler,2001].

En los procesos de evaluación por competencias es importante que el estudiante tenga una correcta retroalimentación del proceso de valoración, así como una orientación para mejorar las falencias, completando así el proceso evaluativo.

Tabla 8-2 Rubrica ejemplo, de Niveles de valoración

No.	CRITERIO DE DESEMPEÑO	RUBRICAS PARA VALORACIÓN			
		DEFICIENTE (0)	INSUFICIENTE (1)	ACEPTABLE (2)	BUENO (3)
1	Interpretación del proyecto	No demuestra preparación o no interpreta adecuadamente el proyecto.	Demuestra poco dominio y la interpretación no es la adecuada.	Demuestra estar bastante preparado, pero requiere mejorar su interpretación.	Demuestra dominio e interpreta correctamente el proyecto entregado.
2	Creatividad en la explicación del proyecto a través del Video o animación	No usan los medios definidos para la presentación del proyecto o no explican el proyecto.	Demuestran poca creatividad para hacer la explicación del proyecto.	Demuestran creatividad para hacer la explicación del proyecto pero podrían mejorar.	Demuestran mucha creatividad para hacer la explicación del proyecto.
3	Bosquejar avance del mapa de navegación del sistema	Bosqueja de manera incorrecta el avance del mapa de navegación o no presenta el mapa de navegación	El avance del bosquejo del mapa de navegación no es claro y necesita volver a plantearse.	El avance del bosquejo del mapa de navegación es algo claro, pero presenta algunos ítems que necesitan volver a definirse	El avance del bosquejo del mapa de navegación es claro y está correctamente descrito
4	Explicar Impactos por medio de mapa conceptual	No demuestra preparación o no presenta los impactos del proyecto	Los impactos no son claros y la interpretación no es la adecuada.	Los impactos no son muy claros, requiere mejorarlos.	Los impactos son claros y están acordes con el proyecto.
5	Avance bosquejo diseño de ventanas del software.	No presenta el bosquejo de las ventanas o los errores son significativos.	El bosquejo de las ventanas presenta poca creatividad y debe mejorarse.	El bosquejo de las ventanas es el adecuado, pero puede mejorar.	El bosquejo de las ventanas es excelente y adecuado al software a desarrollar.
6	Registrar fuentes de información bibliográfica	Las fuentes de información son incorrectas o no están planteadas.	Las fuentes de información están incompletas y se necesita indagar algunas más para mejorar.	Las fuentes de información son las adecuadas, pero necesita complementarlas.	Las fuentes de información son las adecuadas y ayudan en la documentación del proyecto.
7	Usar herramientas ofimáticas	No usa herramientas ofimáticas	Usa herramientas ofimáticas, pero de forma insuficiente.	Usa herramientas ofimáticas, pero necesita mejorar.	El uso de las herramientas ofimáticas es excelente y apropiado

Una vez establecidas las competencias a evaluar y sus diferentes criterios, se debe identificar la equivalencia del puntaje obtenido con la rúbrica en la escala numérica y en la escala de valoración estándar, el proceso de convertir los puntajes de las rubricas en valoraciones estándar se considera un proceso más lógico que matemático, es de esperar que si el estudiante alcanza el máximo puntaje otorgable en la rúbrica tendrá la máxima valoración, de obtener todos los ítems en puntaje aceptable, la valoración será como mínimo, la más baja valoración que se considere aprobado, así mismo si para todos los ítems se le valora con el puntaje más bajo, su nota será la mínima posible en la escala de valoración, para los demás puntajes, se establecerá una valoración numérica proporcional.

Algunos autores, han establecido fórmulas para la conversión de los puntajes a la escala numérica (0-5) [Rosero, 2012], para hacer una ilustración del posible proceso, se debe tener en cuenta que la escala de calificación depende de la cantidad de criterios de evaluación estipulados. Se calculará aplicando las siguientes fórmulas:

$$x = C * 3$$

$$y = C * 2$$

C = Cantidad de criterios de desempeño

x= Total de puntos obtenidos necesarios para nota máxima aprobación

y= Total de puntos obtenidos necesarios para nota mínima aprobación

N = Nota en escala numérica de 0 a 5

P = Sumatoria de Puntos (Total de puntos obtenidos por el estudiante)

$$N = \begin{cases} 0 & P < (C * 1) \\ 3.0 + \frac{(P - y) * 2}{(x - y)} & P \geq (C * 1) \end{cases}$$

- **Llevar a cabo la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación de los aprendizajes del estudiante.** En la autoevaluación el educando valora su proceso de formación tomando como referencia criterios y evidencias preestablecidos y, como base, matrices con niveles de dominio. Ésta busca fomentar en los estudiantes, el autoconocimiento y la autorregulación. La coevaluación, permite que los estudiantes se valoren entre sí, con el fin de posibilitar que los educandos reciban la retroalimentación de sus pares. La Heteroevaluación, posibilita que los estudiantes reciban retroalimentación de personas diferentes a sus pares, como el

docente o docentes de la asignatura, la institución, las empresas, o el estado; ésta busca reconocer el estado del estudiante frente a la evaluación de la competencia teniendo en cuenta la multidimensionalidad de la actuación y de la inteligencia.[Tobón, 2010]

- **Articular los procesos didácticos a los procesos evaluativos.** Establecer cuáles son las estrategias didácticas más adecuadas para facilitar el desarrollo de las competencias y asegurar la pertinencia de la participación docente.
- **Determinar los instrumentos de observación, chequeo y registro de los aprendizajes que servirán como apoyo al proceso.** El proceso de Evaluación por competencias, se explica de forma más detallada en el anexo 7

8.3 CONJUNTOS DIFUSOS

En teoría de conjuntos clásica, un conjunto está bien definido si se puede determinar de manera absoluta si determinado elemento pertenece o no al conjunto sin ninguna ambigüedad. La teoría de conjuntos difusos, introducida por Zadeh [Zadeh,1965], permite representar de forma matemática conceptos difusos, borrosos o imprecisos. La matemática difusa tiene en cuenta que solo en pocas ocasiones el concepto de verdadero/falso es absoluto. Por el contrario, existen infinitos valores de verdad en muchos de los aspectos de la realidad, por esto ha sido ampliamente utilizada en la solución de problemas en varios campos ingenieriles y recientemente en los sistemas de evaluación para la educación. Para facilidad en la lectura del presente documento se presentarán brevemente algunos conceptos básicos propios de la teoría de conjuntos difusos.

Un conjunto difuso en un universo de discurso U se caracteriza por una función de pertenencia o función característica μ_A , que toma valores en el intervalo $[0,1]$; $\mu_A(x)$ es el grado de pertenencia del elemento x al conjunto A . Formalmente, un conjunto borroso A se puede representar como $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\}$.

8.3.1 Definiciones

A continuación se definen algunas propiedades de los conjuntos difusos [KLIR, YUAN 1995]

8.3.1.1 Corte Alfa: El *Corte Alfa* (${}^{\alpha}A$), dado un conjunto difuso A definido en un universo de discurso X y un número cualquiera α tal que $\alpha \in [0,1]$, es el conjunto concreto definido por:

$${}^{\alpha}A = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

Adicionalmente, el corte estricto, ${}^{\alpha+}A$, es el conjunto concreto definido mediante:

$${}^{\alpha+}A = \{x | \mu_A(x) > \alpha\}$$

8.3.1.2 Soporte: El *Soporte* de un conjunto difuso A es el conjunto de los elementos x en X tal que $\mu_A(x) > 0$.

$$sup(A) = \{x | \mu_A(x) > 0\}.$$

8.3.1.3 Núcleo: El *Núcleo* – *core* de un conjunto difuso A se define como la región del universo que se caracteriza por la total pertenencia de sus elementos al conjunto A . Es decir:

$$core(A) = \{x | \mu_A(x) = 1\}$$

Luego el centro de A se puede definir como el corte 1A .

Un conjunto difuso es *Normal* si $core(A) \neq \emptyset$,

Un conjunto difuso es llamado *Subnormal* si $core(A) = \emptyset$

8.3.1.4 La *Frontera* (*boundary*) de una función de pertenencia para un conjunto difuso A se define como la región del universo que se caracteriza por tener un grado de pertenencia al conjunto A , que sea mayor que 0, pero menor que 1; esto es, es el conjunto clásico definido como:

$$frontera\ de\ A = \{x | 0 < \mu_A(x) < 1\}$$

Luego la frontera de A se puede definir como ${}^{o+}A \cap {}^1A$.

8.3.1.5 **Altura:** La altura $h(A)$ de un conjunto difuso A es el mayor grado de pertenencia obtenido por cualquier elemento en ese conjunto. Formalmente:

$$h(A) = \sup_{x \in X} \mu_A(x)$$

Donde, sí el conjunto difuso cumple la propiedad de normalidad, se tiene que $h(A) = 1$.

8.3.2 Operaciones sobre conjuntos difusos:

Las tres operaciones difusas estándar, que son las que se tendrán en cuenta de ahora en adelante, y se definen a continuación [KLIR, YUAN 1995]

8.3.2.1 **Complemento:** El *complemento* normal \bar{A} , de un conjunto difuso A con respecto al conjunto universo X es definido para todo $x \in X$ por la ecuación

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

Los elementos de x para los que $\mu_{\bar{A}}(x) = \mu_A(x)$ se llaman puntos de equilibrio de A .

Para el complemento normal, es claro que el grado de función de pertenencia de los puntos de equilibrio es de 0,5.

8.3.2.2 **Unión:** dados dos conjuntos difusos, A y B , la unión normal, $A \cup B$, se define para todo $x \in X$ por las ecuaciones

$$\mu_{(A \cup B)}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

8.3.2.3 **Intersección:** Dado dos conjuntos difusos, A y B su intersección normal, $A \cap B$, se define para todo $x \in X$ por las ecuaciones

$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

Donde el *min* y *max* denotan al operador mínimo y al operador máximo, respectivamente.

Debido a la propiedad asociativa de *min* y *max*, estas definiciones pueden extenderse a cualquier número finito de conjuntos difusos.

8.3.2.4 Cardinalidad Escalar ó cuenta *sigma*. Para cualquier conjunto difuso *A* definido en un conjunto universo finito *X*, se define $|A|$ mediante la expresión

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x)$$

8.3.2.5 Grado de Inclusión: Sean *A, B* un par cualquiera de conjuntos difusos definidos en un conjunto universo finito *X*. El grado de inclusión de *A* en *B*, denotado por $S(A, B)$, se define mediante la expresión

$$S(A, B) = \frac{1}{|A|} \left(|A| - \sum_{x \in X} \max[0, \mu_A(x) - \mu_B(x)] \right)$$

La cual puede expresarse de manera resumida como

$$S(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A|}$$

8.4 SISTEMA DE INFERENCIA DIFUSO: EL MODELO MAMDANI

Una relación difusa representa el grado de presencia o ausencia de asociación, interacción o interconexión entre elementos de dos o más conjuntos universo; si *X* y *Y* son dos universos de discurso, la relación difusa $R(X, Y)$ es un conjunto difuso en el espacio producto $X \times Y$ que se caracteriza por la función de pertenencia $\mu_R: X \times Y \rightarrow [0, 1]$. Una regla difusa simple es una proposición de la forma Si-Entonces, donde cada una de estas proposiciones tiene asociada una función de pertenencia; al conjunto de reglas que modelan el problema que se desea resolver, se le denomina *base de reglas* difusas y se le representa formalmente como:

R^l : SI x_1 es F_1^l y x_2 es F_2^l y ... x_p es F_p^l Entonces y es G^l con $l = 1, \dots, M$ donde M es la cantidad de reglas difusas, A_i^m es un conjunto difuso definido en U_i $i = 1, \dots, p$ en la regla l ; G^l es un conjunto difuso definido en Y en la regla l ; con $X_i \subseteq \mathbb{R}$ y $Y \subseteq \mathbb{R}$. Teóricamente un conjunto de reglas se obtendría considerando todas las posibles combinaciones calculadas según el número de proposiciones difusas simples p y el número de conjuntos difusos definidos para cada una de esas proposiciones A_i $i = 1, \dots, p$. Así, el número de reglas teóricamente posibles será: $P_t = \prod_{i=1}^p |X_i|$ Donde $|X_i|$ es el número de conjuntos difusos definidos para el universo X_i . De estas P_t reglas teóricamente posibles habrá algunas que no tengan sentido físico o lógico y otras que no se ajusten a las características del problema a resolver, por lo tanto, se debe seleccionar el conjunto de reglas más adecuado para el problema en consideración. La inferencia difusa es el proceso de razonamiento deductivo que se aplica cuando se tiene un conjunto de proposiciones borrosas y se obtiene una conclusión que es generalmente difusa; puesto que en ciertas áreas del conocimiento se requieren valores concretos debe llevarse a cabo un proceso de concreción o defusificación.

Uno de los sistemas difusos más aplicados en cuanto a la representación de problemas en los que se emplean términos lingüísticos, es el sistema de inferencia difusa tipo Mamdani. A muy grosso modo; este sistema de inferencia difusa está conformado por 4 subsistemas: el fusificador, la base de reglas, el motor de inferencia y el defusificador. Cuando este sistema entra en acción, lleva a cabo los siguientes pasos [Mendel 2001]:

Paso1: Fusificar los valores de entrada al sistema. Ello se efectúa en caso de que los valores que se ingresan a él sean de tipo concreto; estos valores son introducidos al subsistema *fusificador*.

Paso 2: Evaluar el antecedente de cada regla borrosa, si las reglas difusas están relacionadas por una conjunción (and), se utilizara un operador $T - norma$, o el operador $T - conorma$ si las reglas difusas están relacionadas por una disyunción (or).

Paso 3: Obtener la conclusión de cada regla a partir del consecuente y del valor del antecedente obtenido en el paso 2. Ello requiere aplicar un operador borroso de implicación, el cual se incorpora a través del subsistema *motor de inferencia*; la conclusión alcanzada de esta manera es un nuevo conjunto borroso.

Paso 4: Obtener una única conclusión borrosa, con base en las resultantes en cada regla del paso 3.

Paso 5: Desfusificar la conclusión borrosa obtenida en el paso 4 con el fin de estimar un valor concreto de salida.

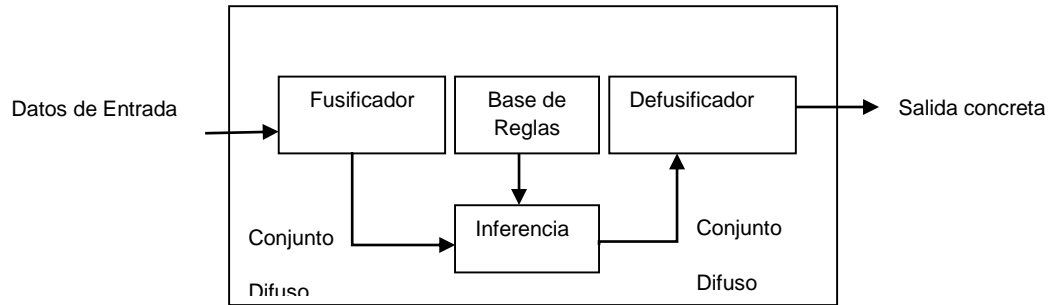


Ilustración 8-3 Sistema de Inferencia Difusa [Mendel 2001]

8.5.1 DEFINICION MATEMATICA DEL PROCESO DE INFERENCIA

Se debe llevar cada regla definida en la base de reglas difusas a un conjunto difuso en $X_1 \times \dots \times X_p$, a un conjunto difuso en Y , Cada regla es interpretada como una implicación difusa, si $F_1^l \times \dots \times F_p^l = A^l$, entonces se puede expresar como:

$$R^l: F_1^l \times \dots \times F_p^l \rightarrow G^l = A^l \rightarrow G^l \quad l = 1, \dots, M \quad (2)$$

R^l Es descrita por la función de pertenencia $\mu_{R^l}(x, y)$ donde

$$\mu_{R^l}(x, y) = \mu_{A^l \rightarrow G^l}(x, y) \quad (3)$$

Donde $x = (x_1 \dots x_p)^T$, en consecuencia, $\mu_{R^l}(x, y) = \mu_{R^l}(x_1 \dots x_p, y)$ y

$$\mu_{R^l}(x, y) = \mu_{A^l \rightarrow G^l}(x, y) = \mu_{F_1^l \times \dots \times F_p^l \rightarrow G^l}(x, y)$$

$$\mu_{R^l}(x, y) = \mu_{F_1^l \times \dots \times F_p^l}(x) \star' \mu_{G^l}(y)$$

$$\mu_{R^l}(x, y) = \left[\mu_{F_1^l}(x_1) \star \dots \star \mu_{F_p^l}(x_p) \right] \star' \mu_{G^l}(y) \quad (4)$$

$$\mu_{R^l}(x, y) = \left[T_{i=0}^p \mu_{F_i^l}(x_i) \right] \star' \mu_{G^l}(y)$$

Donde T es la abreviatura para $T - norma$

La entrada p -dimensional a la regla R^l es dada por un conjunto difuso A_x cuya función de pertenencia es

$$\mu_{A_x}(x) = \mu_{A_{x_1}}(x_1) \star \dots \star \mu_{A_{x_p}}(x_p) = T_{i=1}^p \mu_{A_{x_i}}(x_i)$$

Cada regla R^l determina un conjunto difuso $B^l = A_x \circ R^l$ en Y tal que

$$\mu_{B^l}(y) = \mu_{A_x \circ R^l} = \sup_{x \in X} [\mu_{A_x}(x) \star' \mu_{A^l \rightarrow G^l}(x, y)], y \in Y$$

$$\mu_{B^l}(y) = \sup_{x \in X} [\mu_{A_x}(x) \star' \mu_{A^l \rightarrow G^l}(x, y)]$$

$$\mu_{B^l}(y) = \sup_{x \in X} [T_{i=1}^p \mu_{A_{x_i}}(x_i) \star [T_{i=1}^p \mu_{F_i^l}(x_i)] \star' \mu_{G^l}(y)]$$

$$\mu_{B^l}(y) = \sup_{x \in X} \left[\left[T_{i=1}^p \mu_{A_{x_i}}(x_i) \star \mu_{F_i^l}(x_i) \right] \star' \mu_{G^l}(y) \right]$$

$$\mu_{B^l}(y) = \sup_{x \in X} \left[\left[T_{i=1}^p \mu_{A_{x_i}}(x_i) \star \mu_{F_i^l}(x_i) \right] \star' \mu_{G^l}(y) \right]$$

$$\mu_{B^l}(y) = \mu_{G^l}(y) \star' \left\{ \left[\sup_{x_1 \in X_1} \mu_{x_1}(x_1) \star \mu_{F_1^l}(x_1) \right] \star \dots \star \left[\sup_{x_p \in X_p} \mu_{x_p}(x_p) \star \mu_{F_p^l}(x_p) \right] \right\}, y \in Y$$

Se define

$$\mu_{Q_k^l} \equiv \mu_{x_k}(x_k) \star \mu_{F_p^l}(x_p)$$

Donde $K = 1, \dots, p$ y $l = 1, \dots, M$, y el valor de x_k como el supremo de $\mu_{Q_k^l}$, será denotado por $x_{k,max}^l$

$$\mu_{B^l}(y) = \mu_{G^l}(y) \star' \left[T_{k=1}^p \mu_{Q_k^l}(x_{k,max}^l) \right]$$

Al final el conjunto B , se determina por las M reglas

$$B = A_x \circ [R^1, \dots, R^M]$$

Se usa para esto una $t - conorma$

$$A_x \circ [R^1, \dots, R^M] = \cup_{i=1}^M A_x \circ R^i$$

8.5 SISTEMAS DE VALORACIÓN DE PRUEBAS ESCRITAS UTILIZANDO CONJUNTOS BORROSOS

8.5.1 Valoración de pruebas escritas basada en aritmética difusa

8.5.1.1 Método Biswas: Este mecanismo formulado en [Biswas, 1994] plantea el “*método de evaluación difusa*” o fem (fuzzy evaluation method); para esto se introduce el concepto de vector de pertenencia difusa o fum (fuzzy mark vector). El procedimiento fem parte de la hoja de respuestas entregada por un estudiante para una prueba escrita en la que un evaluador revisa la respuesta para cada pregunta Q_i , $i = 1, \dots, m$; esta evaluación procede según los siguientes pasos: a) el evaluador asigna un vector de pertenencia difusas para el desempeño del estudiante en la pregunta Q_i b) calcula los grados de similitud de estos grados de pertenencia con los conjuntos difusos estandarizados $S(E, F_i)$, $S(V, F_i)$, $S(G, F_i)$, $S(S, F_i)$, $S(U, F_i)$, para los vectores base definidos de la siguiente forma:

$$E(\text{excelente}) = \{0/0, 0/20, 0.8/40, 0.9/60, 0.1/0.8\}$$

$$E(\text{excelente}) = \{0, 0, 0.8, 0.9, 1, 1\}$$

$$V(\text{muybueno}) = \{0, 0, 0.8, 0.9, 0.9, 0.8\}$$

$$G(\text{bueno}) = \{0, 0.1, 0.8, 0.9, 0.4, 0.2\}$$

$$S(\text{satisfactorio}) = \{0.4, 0.4, 0.4, 0.6, 0.2, 0\}$$

$$U(\text{insatisfactorio}) = \{1, 1, 0.4, 0.2, 0, 0\}$$

El grado de similitud entre dos vectores se calcula:

$$S(E, F) = \frac{\hat{E} \cdot \hat{F}}{\max(\hat{E} \cdot \hat{E}, \hat{F} \cdot \hat{F})}$$

c) Se asigna el grado en letras y el punto de grado medio, los grados en letras son “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y corresponden a los vectores E, V, G, S, U respectivamente, los puntos de grado medio P toman los siguientes valores $P(A) = 95, P(B) = 80, P(C) = 60, P(D) = 40, P(E) = 15$

Este procedimiento se repite para cada una de las preguntas, al tener todos los grados se calcula el puntaje final con la siguiente fórmula:

$$PuntajeTotal = \frac{1}{100} \sum [T(Q_i) \times P(g_i)]$$

Donde $T(Q_i)$ es el puntaje adjudicado a la pregunta en la hoja de preguntas y g_i es el grado asignado por el evaluador.

En caso tal de que para dos grados se encuentre un nivel máximo de similitud, se tomará el del grado mayor.

Para el *método generalizado de evaluación difusa* gfem, en el método de evaluación difusa fem, cada pregunta es valorada a partir de un vector de marcas difusas fum, en gfem las preguntas son valoradas por una matriz de 4*6 donde cada fila es un fum, los parámetros a ser valorados en cada fum son:

- a) Exactitud de la información
- b) Cobertura en la respuesta
- c) Consistencia
- d) Claridad

Un gfum debe tener la siguiente estructura:

$\begin{pmatrix} F_{i1} \\ F_{i2} \\ F_{i3} \\ F_{i4} \end{pmatrix}$ donde cada F_{ij} son vectores de marcas difusas, fum.

En este método se calculará la marca m_i por cada pregunta Q_i

$$m_i = \frac{1}{400} \cdot T(Q_i) \sum_{j=1}^4 P(g_{ij})$$

8.5.1.2 Método de Chen y Lee: [Chen y Lee, 1997] en el método de evaluación propuesto por Chen y Lee se tienen en cuenta once niveles de evaluación con diferentes niveles de satisfacción como se muestra en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3 Niveles de satisfacción para la valoración de estudiantes

Niveles de Satisfacción	Grados de Satisfacción
Extremadamente Bueno (EG)	100%
Muy Muy Bueno (VVG)	91%-99%
Muy bueno (VG)	81%-90%
Bueno (G)	71%-80%
Mas o Menos Bueno (MG)	61%-70%
Justo (F)	51%-60%
Mas o Menos Malo (MB)	41%-50%
Malo (B)	25%-40%
Muy Malo (VB)	10%-24%
Muy Muy Malo (VVB)	1%-9%
Extremadamente Malo (EB)	0%

Para cada una de las respuestas del estudiante el docente debe asignar una valoración y_i dentro del intervalo $[0, 1]$ para cada uno de los niveles planteados anteriormente, el grado de satisfacción D de la pregunta Q_i se calcula así:

$$D(Q_i) = \frac{y_1 * T(EG) + y_2 * T(VVG) + \dots + y_{11} * T(EB)}{y_1 + y_2 + \dots + y_{11}} \text{ donde } D(Q_i) \in [0,1]$$

Si se consideran las valoraciones dadas a 100 hojas de respuestas se obtendría que cada pregunta Q_i lleva S_i marcas donde $\sum_{i=1}^n S_i = 100$, $0 \leq S_i \leq 100$ y $1 \leq i \leq n$ el grado de satisfacción con la pregunta Q_i para el puntaje total del estudiante pueda ser evaluado por

$$S_1 * D(Q_1) + S_2 * D(Q_2) + \dots + S_n * D(Q_n)$$

Para la generalización del método se tienen en cuenta las asignaciones del docente para los criterios de exactitud ($C1$), cobertura ($C2$), consistencia ($C3$) y claridad ($C4$) en las respuestas de los estudiantes, para cada uno de los criterios se asigna un peso w_i en el intervalo $[0,1]$ para $1 \leq i \leq 4$ el grado de satisfacción P en la pregunta Q_i , teniendo en cuenta todos los criterios puede evaluarse así:

$$P(Q_i) = \frac{w_1 * D(C_{i1}) + w_2 * D(C_{i2}) + w_3 * D(C_{i3}) + w_4 * D(C_{i4})}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4} \text{ Donde } P(Q_i) \in [0,1]$$

El puntaje total de los estudiantes puede ser evaluado como:

$$S_1 * P(Q_1) + S_2 * P(Q_2) + \dots + S_n * P(Q_n)$$

8.5.1.3 Método de Weon y Kim:

[Weon y Kim, 2001] desarrollaron una estrategia de evaluación basada en funciones características difusas (membership functions fuzzy) o funciones de pertenencia difusa, ellos plantean que un sistema de evaluación difusa que considera para cada pregunta realizada a los estudiantes los siguientes aspectos: la dificultad, la pertinencia o importancia y la complejidad. Para la evaluación del estudiante se consideran las respuestas dadas a diferentes preguntas de un dominio específico, el criterio de importancia indica cuánto puede entender un estudiante sobre el tema o dominio evaluado, al dar respuesta a una pregunta específica; si un estudiante responde una pregunta que es de un nivel de importancia relativamente alto entonces el factor de exactitud de la respuesta se incrementa; si el estudiante soluciona una pregunta con

un nivel de importancia bajo el factor de exactitud de la respuesta disminuye; si el nivel de importancia de la pregunta es promedio, el factor de exactitud es mantenido. Cuando se evalúa el criterio de complejidad, se estudia el nivel en el cual fue clasificada la pregunta en cuanto a su complejidad; si una pregunta es compleja, el tiempo que el estudiante invierte en responderla es mayor. Weon y Kim dividen la complejidad de las preguntas en tres categorías (compleja, media y simple); se obtiene la desviación estándar, σ , del tiempo de respuesta, si la pregunta es compleja el tiempo límite de respuesta se aumenta en σ ; si es considerada simple el tiempo límite de respuesta se disminuye en σ , si la complejidad de la pregunta es media el tiempo límite de respuesta se mantiene. Las preguntas están clasificadas en tres niveles según su grado de dificultad, si la pregunta es considerada de alto nivel de dificultad, el factor de exactitud de la respuesta incrementa, si el nivel de dificultad es medio, el factor de exactitud de la respuesta se mantiene, si la pregunta es clasificada como simple el factor de exactitud de la respuesta, se decrementa. Cada pregunta es normalizada, el valor de exactitud de la respuesta normalizado se evalúa por la función de pertenencia previamente seleccionada, y luego se calcula el valor de la respuesta.

Este método puede presentar problemas en la evaluación dado que el concepto de dificultad es muy subjetivo pues depende del criterio del experto que este clasificando las preguntas. Al utilizar este método para rendimiento de los estudiantes en proceso de aprendizaje pueden darse clasificaciones no adecuadas.

8.5.2 Valoración de pruebas escritas basada en sistemas de inferencia difusa

8.5.2.1 Método de Bai y Chen :

[Bai y Chen, 2008] proponen un método para evaluar los logros en el aprendizaje de los estudiantes utilizando funciones de pertenencia difusa y reglas difusas, el método considera la complejidad, la importancia y la dificultad; y provee, además, una forma de clasificar a los estudiantes que posean puntuaciones similares, asegurando que su clasificación es la adecuada según el proceso. En tal método, el nivel de dificultad se calcula en función de la precisión de los estudiantes en las respuestas y el tiempo que les toma dar las respuestas a las preguntas. Igual que el método presentado por Weon

y Kim, este método presenta problemas de subjetividad pues las valoraciones finales dependen de múltiples pesos que son asignados por los expertos según su conocimiento.

Para la evaluación de los estudiantes se debe tener la siguiente información inicial:

Los valores de exactitud de las respuestas y el tiempo de respuesta de los estudiantes y el vector de puntajes G donde g_i es la puntuación lograda por el estudiante en la pregunta Q_i para $i = 1, \dots, m$; Los valores de importancia y de complejidad para cada pregunta son establecidos por los expertos en forma matricial. Para la matriz de complejidad C , por ejemplo, cada fila hace referencia a una pregunta en particular; cada columna se asocia con un grado de complejidad (bajo, medio, alto, ...). Así entonces, un elemento de la matriz, C_{ij} , informa sobre el grado de cumplimiento de la pregunta Q_i con el nivel de complejidad j . De manera similar se establece la matriz de importancia IM .

Para la evaluación se llevan a cabo los siguientes pasos.

Paso 1: Basados en los valores de exactitud de las respuestas y en el registro de los tiempos alcanzados por los estudiantes, se calculan el valor promedio de exactitud y el tiempo promedio de respuesta, luego se fusifican según su grado de pertenencia a los conjuntos difusos “bajo”, “más o menos bajo”, “medio”, “más o menos alto”, “alto”; finalmente, y con base en estos valores difusos, se organizan las matrices para la exactitud y el tiempo de respuesta, respectivamente,

A continuación, el proceso requiere efectuar los siguientes cálculos:

Promedio de exactitud en la respuesta i : $AvgA_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n}$ donde a_{ij} es la medida de exactitud del estudiante j para la respuesta i , y n es el número de estudiantes.

Promedio de tiempo de respuesta: $AvgT_i = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij}}{n}$ donde t_{ij} es la medida de tiempo del estudiante j para la respuesta i e i es el número de estudiantes.

Paso 2: Basados en la matriz de exactitud y de tiempo de respuesta se lleva a cabo el razonamiento que evalúa el grado de dificultad de cada pregunta, utilizando las reglas borrosas asociadas y se obtiene la matriz de dificultad D . En esta matriz, el elemento d_{ij} representa la dificultad encontrada para la pregunta Q_i respecto del nivel de dificultad j .

Paso 3: Basados en las matrices de complejidad y dificultad, se lleva a cabo el razonamiento borroso para evaluar el costo de la respuesta para cada pregunta; para esta proceso se utilizan reglas borrosas previamente definidas.

Paso 4. Basados en la matriz de costo de la respuesta y en la matriz de importancia se lleva a cabo el razonamiento borroso para determinar el *valor de ajuste* de cada pregunta.

Paso 5. Para un grupo de k estudiantes que tengan el mismo puntaje total se construye la matriz de grados con los niveles de ajuste de cada estudiante.

Paso 6. Se calcula la suma de las diferencias (SOD) en los ajustes para cada uno de los estudiantes.

$$SOD_i = \sum_{p=1}^k \sum_{i=1}^m (ea_{ij} - ea_{ip}) * g_i * (0.5 + adv_i)$$

Donde:

ea_{ij} es la rata de exactitud del estudiante respecto a la pregunta i ; m es el número de preguntas; k representa el número de estudiantes; g_i el puntaje de la pregunta i y adv_i grado de ajuste de la pregunta i .

Finalmente se obtienen los valores de evaluación de cada estudiante ordenados de forma descendente.

8.5.2.2 Método Saleh y Kim

[Saleh y Kim, 2009] proponen un sistema de evaluación con lógica difusa, considerando la importancia, la dificultad y la complejidad de las preguntas, basados en el método de inferencia difusa de Mamdani y el método de desfusificación del centro

de gravedad (Centroide); este proceso se divide en 3 nodos el primero es el nodo de dificultad, el segundo es el nodo de esfuerzo y el tercero es el nodo de ajuste. Cada nodo se comporta como un controlador lógico difuso para lo cual lleva a cabo tres pasos.

Paso1 Fusificación: Las entradas son convertidas en valores de pertenencia al conjunto difuso.

Paso 2 Inferencia: Empleando la base de reglas borrosas, se aplica el método de inferencia de Mamdani. Este tipo de razonamiento borroso, consiste en un conjunto de operaciones “*max – min*” que se llevan a cabo en diferentes pasos: a) evaluación del antecedente de cada regla borrosa, b) obtención de la conclusión de cada regla y c) obtención de una conclusión general borrosa .

Paso 3 Defusificación: Las salidas difusas son convertidas en valores concretos; para esto se utiliza el método del centroide, que utiliza como salida del sistema el centro de gravedad de la función característica del conjunto borroso producido en c) en el paso2.

[Liu,Chen, 2010] Predicción y evaluación del aprendizaje de los estudiantes en estructura mecánica. Busca proporcionar a los instructores un instrumento para predecir el rendimiento de los estudiantes basado en algunos factores relevantes. Cuando se predice que el estudiante tendrá un rendimiento bajo su instructor puede encaminar el aprendizaje a través de las dificultades a lo largo del curso. Para lograrlo la metodología involucra cuatro pasos: 1) Usando la teoría difusa para identificar los factores influyentes en los resultados de los estudiantes, 2) Usando minería de datos se analizan las relaciones sobre los factores entonces se construye un diagrama de influencias, 3) Usando una máquina de aprendizaje se establecen las relaciones de inferencia difusa a través de cuestionarios y parámetros de aprendizaje, 4) se usa el modelo para predecir los resultados de los exámenes al inicio del curso y de ese modo ayudar a los estudiantes a alcanzar los resultados de acuerdo a sus debilidades. Este sistema ha sido aceptado porque su tasa de precisión ha sido del 82.1%.

[Yadav, Soni, Pal, 2014] Un sistema experto difuso (NFES) para la evaluación del rendimiento académico de los estudiantes sobre a partir de la lógica difusa.e ilustra

cómo estos principios podrían ser aplicados por educadores a evaluar el rendimiento académico de los estudiantes. el objetivo de NFES propuso ajustar adaptativamente la capacitación para cada estudiante en particular sobre la base de su propio ritmo de aprendizaje. Esto significa que el NFES supervisará el progreso del estudiante y tienen la capacidad de tomar decisiones acerca de la próxima capacitación paso. Utiliza un sistema de inferencia tipo Mamdani para realizar la valoración del rendimiento de los estudiantes semestre a semestre, No logran una total adaptación al sistema de valoración tradicional, pero el sistema propuesto presentan una adecuada caracterización de los resultados esperados en un proceso evaluativo.

8.7 DISCUSION ACERCA DE LOS SISTEMAS DE VALORACIÓN DE PRUEBAS ESCRITAS UTILIZANDO CONJUNTOS DIFUSOS, REFERIDOS EN LA SECCIÓN 8.6

Tabla 8-4 Cuadro comparativo métodos encontrados

METODO			TIPO	CRITERIOS DE	DOMINIO(S)	TIPO DE
TIPO	AUTORES	NOMBRE DEL MÉTODO	PRUEBA	VALORACIÓN	VALORADO(S)	VALORACIÓN
ARITMETICA DIFUSA	Biswas, 1994	<i>Método de evaluación difusa (FEM)</i>	Escrita		Saber	Heteroevaluación: docente(s)
	Chen y Lee, 1997	FEM ²	Escrita	exactitud, cobertura, consistencia y claridad	Saber	Heteroevaluación: docente(s)
	Weon y Kim, 2001	<i>Estrategia de evaluación basada en funciones características difusas</i>	Escrita	Dificultad, pertinencia o importancia	Saber	Heteroevaluación: docente(s)
INFERENCIA DIFUSA	Bai y Chen, 2008	<i>Método para evaluar los logros en el aprendizaje de los estudiantes utilizando funciones de pertenencia difusa y reglas difusas</i>	Escrita	Dificultad, pertinencia o importancia	Saber	Heteroevaluación: docente(s)
	Saleh y Kim, 2009	<i>Sistema de evaluación con lógica difusa, basado en el método de inferencia difusa de Mamdani</i>	Escrita	Importancia, dificultad y complejidad	Saber	Heteroevaluación: docente(s)
	Liu, Chen, 2010	<i>Predicción y evaluación del aprendizaje</i>	Escrita		Saber	Heteroevaluación
	Yadav, Soni, Pal, 2014	NFES	Final de Semestre		Saber	Heteroevaluación

² Los autores emplean el mismo nombre, sólo que advierten que su propuesta es mejorada.

Los sistemas de evaluación de estudiantes utilizando aritmética difusa permiten valorar las respuestas de los estudiantes de acuerdo con el grado de similitud de los vectores respuesta con los vectores predefinidos para los conjuntos difusos; el método de Weon y Kim permite además ajustar este nivel de similitud dependiendo de la dificultad, pertinencia o importancia de cada una de las preguntas; esta valoración de las respuestas es realizada por un experto (docente) en el momento de realizar la valoración. Todos los métodos basados en aritmética difusa están diseñados para la valoración de hojas de respuestas y solo se han utilizado para la valoración de los saberes del estudiante.

Los métodos de valoración basados en inferencia difusa permiten medir el saber del estudiante considerando los criterios de importancia, dificultad y complejidad de las preguntas, a partir de la definición de conjuntos difusos para cada criterio y de la definición de la base de reglas difusas. La definición de la base de reglas permite plasmar en el sistema de evaluación el conocimiento del docente utilizado para la valoración de los estudiantes.

Es claro que en todos los métodos de valoración planteados en las secciones 8.6.1 y 8.6.2 se han utilizado para estimar “los saberes” de un estudiante en un momento valorativo de tipo *prueba escrita*, pero no permiten que la valoración sea realizada de forma conjunta por varios entes evaluadores³ como sería necesario para implantar un sistema de evaluación por competencias; tampoco es claro que estos sistemas de valoración se presten para valorar de forma integrada los diferentes dominios del aprendizaje y de igual manera, permitan establecer el nivel de desarrollo de la competencia, ni el desempeño del educando en cada dominio en un momento dado. Sin embargo, el hecho de que algunos sistemas incorporen más de un aspecto al valorar las respuestas de los estudiantes, permite suponer que la metodología de evaluación por competencias podría modelarse por medio de un sistema de inferencia difuso, que facilite la valoración de los estudiantes utilizando diversos entes evaluadores y considerando los diferentes dominios del conocimiento

³ Se hace referencia con esta expresión a: Pares, docentes, entidades reguladoras y el mismo estudiante.

9 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

9.1 MODELO MATEMATICO DE VALORACIÓN

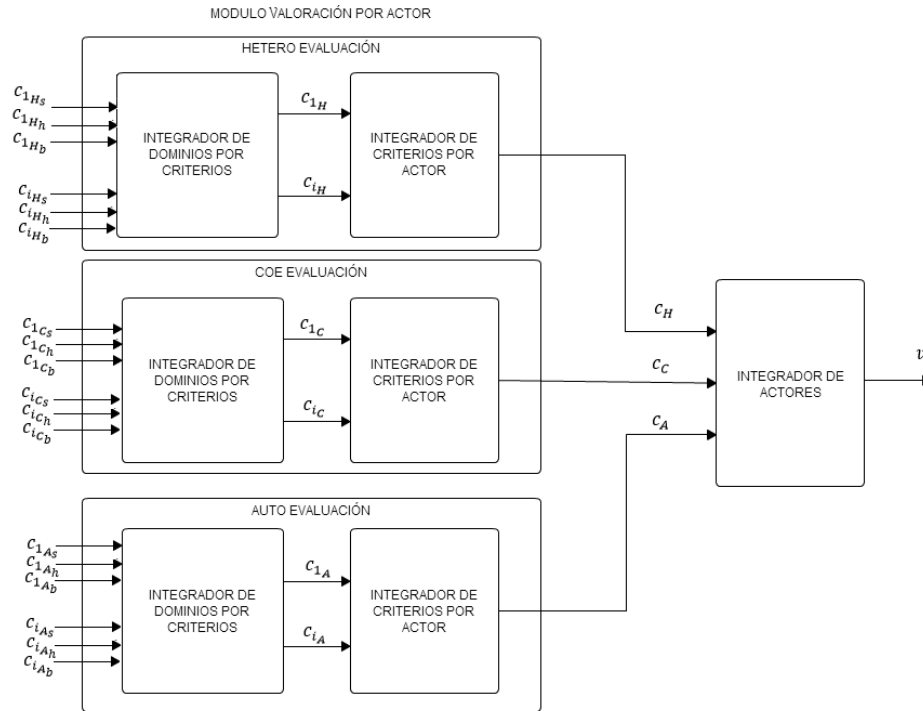


Ilustración 9-1 Arquitectura del modelo matemático

9.1.1 Módulo de Valoración por Actor

9.1.1.1 Módulo integrador de dominios por criterio

Definición de la base de reglas

Se define la estructura general de la base de reglas para este tipo de módulo – *valoración por actor* - como:

$$R_{ik}^l: \text{Si } c_{i_{s_k}} \text{ es } F_{i_{s_k}}^l \text{ y } c_{i_{h_k}} \text{ es } F_{i_{h_k}}^l \text{ y } c_{i_{b_k}} \text{ es } F_{i_{b_k}}^l \text{ entonces } c_{i_k} \text{ es } G_{i_k}^l, 1 \leq l \leq M_{i_k} \quad (1)$$

Donde:

R_i^l : identifica la regla l que establece una posible combinación de valoraciones para el criterio i , donde $1 \leq l \leq M_{i_k}$. Más adelante se definirá la manera en que se calcula el valor M_{i_k} .

$c_{i_{jk}}$: representa una variable que podrá tomar números o etiquetas lingüísticas en la valoración del criterio (i), en el dominio de valoración (j), realizado mediante el tipo de valoración⁴ (k).

El índice $k \in Av$, donde Av es el conjunto de *tipo de valoraciones* de (o *tipo de actores* que valorarían) un criterio i . En este trabajo se ha definido que $Av = \{H, C, A\}$; donde H : heterovaloración, C : covaloración y A : autovaloración.

El índice $j \in Dv$, donde Dv es el conjunto de *dominios* en los que se podría efectuar la valoración de un criterio i . Para el caso, se ha dispuesto que $Dv = \{s, h, b\}$, donde s corresponde al dominio actitudinal o del ser; h está asociado al dominio procedimental o del hacer, y b ligado con el dominio cognitivo o del saber.

Ahora bien, se establece que X_j es el universo de discurso donde se encuentran los valores numéricos posibles que pueden tomarse en el *dominio de valoración* j , donde $j \in Dv$.

El índice $i \in Dc$, donde Dc es el conjunto de *criterios* que se tendrán para efectuar la valoración de un actor k .

La variable $c_{i_{jk}}$ también puede asumir valores lingüísticos; estos valores lingüísticos los tomará de su *Conjunto de Términos*, representado como $T(c_{i_{jk}})$.

c_{i_k} se utiliza para representar una variable que puede tomar tanto valores numéricos como lingüísticos, y denota la integración de los valores obtenidos para el criterio i ahora sin distinción de dominios de valoración, realizado mediante el tipo de valoración k , $k \in Av$.

⁴ O el actor tipo (k)

Los valores numéricos que podría asignársele a c_{i_k} los toma del conjunto universo Y , y cuando se pretende asignar etiquetas lingüísticas, ellas se deben extraer del conjunto de términos asociados $T(c_{i_k})$.

El número máximo de reglas correspondiente al tipo de valoración k , M_{i_k} $k \in Av$, depende de las combinaciones de los valores lingüísticos que puede asumir un criterio en cada dominio de su antecedente. Este valor se representa, y calcula, como: $M_{i_k} = \prod_{j=1}^{|Dv|} |T(c_{i_{jk}})|$, donde $|Dv|$ es la cantidad de dominios en los que se efectúa la valoración en las reglas empleadas, en el tipo de valoración k . En este trabajo, el número de dominios es 3.

$F_{i_{jk}}^l$, $j \in Dv$ y son conjuntos difusos para efectuar la valoración de un criterio i , en cada dominio de valoración mediante los distintos actores que realizan la valoración. Cada conjunto difuso se encuentra asociado con alguna de las etiquetas que componen el conjunto de términos $T(c_{i_{jk}})$.

$G_{i_k}^l$ es un conjunto difuso que integraría los valores atribuidos al criterio i , sin distingo de dominio de valoración, efectuado por el evaluador tipo k , en la regla l . En este caso también se asume que $G_{i_k}^l$ es un conjunto borroso asociado con alguna de las etiquetas lingüísticas pertenecientes a $T(c_{i_k})$. Es importante manifestar que una misma combinación de valores difusos en el antecedente, no puede dar pie a más de una regla difusa.

Desde el punto de vista formal, cada regla $R_{i_k}^l$ se representa mediante una relación borrosa $\mathbb{R}_{i_k}^l$. Esta relación borrosa debe representar el mapeo: $\mathbb{R}_{i_k}^l: F_{i_k}^l \rightarrow G_{i_k}^l$; donde $F_{i_k}^l$ es un conjunto borroso que se construye en $X_s \times X_h \times X_b$, con base en los conjuntos difusos $F_{i_{s_k}}^l$, $F_{i_{h_k}}^l$, $F_{i_{b_k}}^l$; por su parte, la relación borrosa se establece en $X_s \times X_h \times X_b \times Y$.

Una manera de definir el conjunto $F_{i_k}^l$ es mediante su función de pertenencia $\mu_{F_{i_k}^l}$. El grado de pertenencia de un punto específico $x = (x_s, x_h, x_b)$ se simboliza como $\mu_{F_{i_k}^l}(x) = \mu_{F_{i_k}^l}(x_s, x_h, x_b)$, consecuentemente, $\mu_{\mathbb{R}_{i_k}^l}(x, y) = \mu_{\mathbb{R}_{i_k}^l}(x_s, x_h, x_b, y)$.

Una forma de representar el cálculo del valor del grado de pertenencia a la relación $\mathbb{R}_{i_k}^l$ del punto (x, y) es mediante un operador *T-norma*, \star' .

$$\mu_{\mathbb{R}_{i_k}^l}(x, y) = \mu_{F_{i_k}^l}(x) \star' \mu_{G_{i_k}^l}(y)$$

De manera análoga, y dado que los componentes de valoración en los distintos dominios se relacionan lógicamente mediante la operación lógica “y”, el grado de pertenencia del punto (x_s, x_h, x_b) en el conjunto borroso $F_{i_k}^l$, $\mu_{F_{i_k}^l}(x_s, x_h, x_b)$, hace empleo también de una operación *T-norma* \star (No necesariamente la misma \star').

Es decir,

$$\mu_{\mathbb{R}_{i_k}^l}(x, y) = \left(\mu_{F_{i_s k}^l}(x_s) \star \mu_{F_{i_h k}^l}(x_h) \star \mu_{F_{i_b k}^l}(x_b) \right) \star' \mu_{G_{i_k}^l}(y)$$

En este trabajo se asume que $\star = \star' = \wedge$; donde $a \wedge b$ obtiene el valor mínimo entre sus operandos.

Por tanto,

$$\mu_{\mathbb{R}_{i_k}^l}(x, y) = \left(\mu_{F_{i_s k}^l}(x_s) \wedge \mu_{F_{i_h k}^l}(x_h) \wedge \mu_{F_{i_b k}^l}(x_b) \right) \wedge \mu_{G_{i_k}^l}(y)$$

$$\mu_{\mathbb{R}_{i_k}^l}(x, y) = \mu_{F_{i_s k}^l}(x_s) \wedge \mu_{F_{i_h k}^l}(x_h) \wedge \mu_{F_{i_b k}^l}(x_b) \wedge \mu_{G_{i_k}^l}(y)$$

Razonamiento difuso empleando la base de reglas

En este punto, el sistema ha definido su base de M_{i_k} reglas para realizar la valoración tipo k , en los distintos dominios $j \in Dv$, para cada criterio i . Ahora hay que formalizar el procedimiento que producirá conclusiones utilizando esa base de reglas, es decir, presentar matemáticamente el razonamiento que debería emprenderse luego que al sistema se le suministre una valoración por cada dominio $F'_{i_s k}, F'_{i_h k}, F'_{i_b k}$.

Este proceso de deducción difusa o razonamiento difuso se simboliza mediante:

$$G_{i_k}^l = \left(F'_{i_s k} \times F'_{i_h k} \times F'_{i_b k} \right) \circ \mathbb{R}_{i_k}^l$$

Donde \circ es un símbolo utilizado para representar la operación *composición*; y $G'_k{}^l$ es el conjunto difuso que se obtendría de tal razonamiento.

En este trabajo de investigación se utilizará la conocida *regla de inferencia composicional* que implica realizar las siguientes operaciones para obtener el grado de pertenencia de un elemento y :

$$\mu_{G'_k{}^l}(y) = \left(\mu_{F'_{i_s k}}(x_s) \wedge \mu_{F'_{i_h k}}(x_h) \wedge \mu_{F'_{i_b k}}(x_b) \right) \circ \left(\mu_{F^l_{i_s k}}(x_s) \wedge \mu_{F^l_{i_h k}}(x_h) \wedge \mu_{F^l_{i_b k}}(x_b) \wedge \mu_{G^l_{i_k}}(y) \right)$$

$$\mu_{G'_k{}^l}(y) = \bigvee_{x_s, x_h, x_b} \left\{ \left(\mu_{F'_{i_s k}}(x_s) \wedge \mu_{F'_{i_h k}}(x_h) \wedge \mu_{F'_{i_b k}}(x_b) \right) \wedge \left(\mu_{F^l_{i_s k}}(x_s) \wedge \mu_{F^l_{i_h k}}(x_h) \wedge \mu_{F^l_{i_b k}}(x_b) \wedge \mu_{G^l_{i_k}}(y) \right) \right\}$$

Donde \bigvee hace referencia a la operación *máx*, es decir, $a \vee b$ obtiene el máximo valor entre sus operandos. Luego de aplicar algunas de las propiedades (conmutatividad, asociatividad y distributividad) que poseen las operaciones *máx* y *min*, se obtiene la siguiente expresión:

$$\mu_{G'_k{}^l}(y) = \left(\bigvee_{x_s} \left(\mu_{F'_{i_s k}}(x_s) \wedge \mu_{F^l_{i_s k}}(x_s) \right) \right) \wedge \left(\bigvee_{x_h} \left(\mu_{F'_{i_h k}}(x_h) \wedge \mu_{F^l_{i_h k}}(x_h) \right) \right) \wedge \left(\bigvee_{x_b} \left(\mu_{F'_{i_b k}}(x_b) \wedge \mu_{F^l_{i_b k}}(x_b) \right) \right) \wedge \mu_{G^l_{i_k}}(y)$$

$$\mu_{G'_k{}^l}(y) = \left(w_{i_s k}^l \wedge w_{i_h k}^l \wedge w_{i_b k}^l \right) \wedge \mu_{G^l_{i_k}}(y)$$

Donde $w_{i_j k}^l = \bigvee_{x_j} \left(\mu_{F'_{i_j k}}(x_j) \wedge \mu_{F^l_{i_j k}}(x_j) \right)$ se conoce como el *grado de consistencia* entre los conjuntos difusos $F'_{i_j k}$ y $F^l_{i_j k}$.

A la cantidad producida mediante $w_{i_k}^l = w_{i_s k}^l \wedge w_{i_h k}^l \wedge w_{i_b k}^l$ se le denomina el *grado de cumplimiento* de la regla l .

El módulo de valoración para el actor k , como se dijo previamente, puede tener en teoría hasta M_{i_k} reglas. Y según ello, cuando se le ingrese al sistema una valoración particular se podrían producir hasta M_{i_k} conjuntos difusos $G'_{i_k}{}^l$, $l = 1, \dots, M_{i_k}$.

El conjunto difuso que ofrecería finalmente el sistema de reglas es: $G'_{i_k} = \cup_{l=1, \dots, M_{i_k}} G'_{i_k}{}^l$; en el que el signo \cup simboliza la operación unión de conjunto difusos. El grado de pertenencia en el conjunto difuso G'_{i_k} se obtiene mediante:

$$\mu_{G'_{i_k}}(y) = \max_{l=1, \dots, M_{i_k}} \mu_{G'_{i_k}{}^l}(y)$$

Salida o respuesta del sistema

El sistema ha sido pensado para que responda o con un valor numérico único, o con una etiqueta lingüística. Dependiendo del caso, se emprenderán dos procesos distintos; si se pretende suministrar un valor numérico, concreto, o no-difuso debe aplicarse lo que se denomina “método de concreción”; si lo deseado es arrojar como resultado una etiqueta lingüística, lo que debe efectuarse es un proceso de “aproximación lingüística”.

En el caso de los métodos de concreción el propósito es obtener un valor único a partir del conjunto difuso G'_{i_k} , que se denotará como n_{i_k} . Por su parte, el objetivo de las técnicas de aproximación lingüística es asociar con el conjunto difuso G'_{i_k} una de las etiquetas de $T(c_{i_k})$, a tal valor lingüístico se lo denotará como L_{i_k} .

A continuación se presentan las formas adoptadas en este trabajo para realizar los procesos de concreción y de aproximación lingüística.

Método de concreción

El método de concreción utilizado para hallar el valor n_{i_k} a partir del conjunto difuso G'_{i_k} , fue el del centroide, o centro de masa, y se calcula de la siguiente forma:

$$n_{i_k} = \text{centroide}(G'_{i_k}) = \frac{\int_{y \in Y} y \mu_{G'_{i_k}}(y) dy}{\int_{y \in Y} \mu_{G'_{i_k}}(y) dy}, \text{ cuando } Y \text{ es un dominio continuo.}$$

$$n_{i_k} = \text{centroide}(G'_{i_k}) = \frac{\sum_{y \in Y} y \mu_{G'_{i_k}}(y)}{\sum_{y \in Y} \mu_{G'_{i_k}}(y)}, \text{ cuando } Y \text{ es un dominio discreto}$$

Método de aproximación lingüística

De manera resumida, el método empleado para encontrar una etiqueta lingüística que pueda dar cuenta de lo arrojado en el conjunto difuso G'_{i_k} , consiste en hallar uno de los conjuntos difusos asociados con las etiquetas de $T(c_{i_k})$ con el centroide más cercano al centroide del conjunto difuso G'_{i_k} . En caso de empate entre dos conjuntos, se elige aquel que beneficie al estudiante. El procedimiento es el siguiente:

- Calcular centroides de los conjuntos difusos asociados con los términos $t \in T(c_{i_k})$.

$$q_t = \text{centroide}(t)$$

- Calcular la distancia del centroide n_{i_k} del conjunto difuso G'_{i_k} con cada centroide q_t :

$$n_{i_k}^t = \|q_t, n_{i_k}\|, t \in T(c_{i_k})$$

Donde $\| \quad \|$ es una medida de distancia o norma.

- Identifique la distancia más pequeña, y asígnelo a $n_{i_k}^{t^*}$ donde t^* corresponde al término t con el que se obtuvo ese valor mínimo:

$$n_{i_k}^{t^*} = \min_{t \in T(c_{i_k})} (n_{i_k}^t)$$

- Asigne el valor t^* como el valor lingüístico buscado para G'_{i_k} :

$$L_{i_k} = t^*$$

Especificidades en el modelo general desarrollado, para generar el modelo particular a emplear en este tipo de módulo.

En este trabajo de investigación se efectuarán algunos supuestos y simplificaciones.

- Las valoraciones numéricas que pueden asignarse en cada uno de los 3 dominios de valoración es el mismo: $X_j = [0,5], j \in Dv$; otra manera de expresarlo es que

todos los dominios tendrán el mismo universo de valores numéricos. Esta misma simplificación se adopta para el universo de discurso Y .

- El *conjunto de términos* de cada una de las variables lingüísticas que representan los componentes de valoración de un criterio i –una por cada dominio de valoración– es el mismo; es decir, $T(c_{i_{jk}}) = \{bajo, básico, alto, superior\}$, $j \in Dv$ y $k \in Av$. Estas 4 etiquetas lingüísticas corresponden a cada uno de los niveles de la escala de valoración establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), es decir, $T(c_{i_{sH}}) = T(c_{i_{hH}}) = T(c_{i_{bH}})$. Esta simplificación también se aplica para c_{i_H} , o sea, $T(c_{i_H}) = \{bajo, básico, alto, superior\}$.
- En la fórmula que calcula el número máximo de reglas, $M_{i_k} = \prod_{j=1}^{|Dv|} |T(c_{i_{jk}})|$, se efectúan las siguientes determinaciones: $|Dv| = 3$; y $|T(c_{i_{jk}})| = 4$, luego, $M_{i_k} = |T(c_{i_{jk}})|^3 = 4^3 = 64$.
- Las entradas a cada conjunto de reglas pueden ser tanto numéricas como una etiquetas lingüísticas.

Cuando la entrada es numérica, se tiene que:

$$F'_{i_{jk}} = \left\{ \left(x_j, \mu_{F'_{i_{jk}}}(x_j) \right) \right\} = \{(x_j, 1)\}; \text{ donde } x_j \in [0,5]; j \in |Dv|$$

Cuando corresponde a una etiqueta lingüística, $F'_{i_{jk}}$ es un conjunto difuso asociado con una de las etiquetas pertenecientes a $T(c_{i_{jk}})$ y sólo ellas. Sin embargo el tool Box de MATLAB no permite el ingreso de valores lingüísticos; obliga esto a que en lugar de ingresar el conjunto $F'_{i_{jk}}$ se utilice un valor representativo, en este caso el centroide. Se es consciente que en la implementación final del sistema, no debe aplicarse este método.

9.1.1.2 Módulo de valoración integrador de criterios por actor

Definición de la base de reglas

Se define la estructura general de la base de reglas para este tipo de módulo así:

$$R_k^l: \text{ Si } c_{1_k} \text{ es } F_{1_k}^l \text{ y } c_{2_k} \text{ es } F_{2_k}^l \text{ y } \dots \text{ y } c_{n_k} \text{ es } F_{n_k}^l \text{ entonces } c_k \text{ es } G_k^l, \quad 1 \leq l \leq M_k \quad (1)$$

Donde:

R_i^l : identifica la regla l que establece una posible combinación de valoraciones para el actor i , donde $1 \leq l \leq M_k$. Más adelante se definirá la manera en que se calcula el valor M_k .

c_{i_k} se utiliza para representar una variable que puede tomar tanto valores numéricos como lingüísticos, y denota la integración de los valores obtenidos para el criterio i ahora sin distinción de dominios de valoración, realizado mediante el tipo de valoración k , $k \in Av$.

Ahora bien, se establece que X_i es el universo de discurso donde se encuentran los valores numéricos posibles que puede tomarse en el *criterio de desempeño* i ; donde $i \in Dc$.

La variable c_{i_k} también puede asumir valores lingüísticos; estos valores lingüísticos los tomará de su *Conjunto de Términos*, representado como $T(c_{i_k})$.

c_k se utiliza para representar una variable lingüística que denota la integración de los valores obtenidos para el tipo de valoración k , $k \in Av$, ahora sin distinción de criterios.

El número máximo de reglas correspondiente al número de criterios i , M_k , $k \in Av$. depende de las combinaciones de los valores lingüísticos que pueden asumir los criterios en su antecedente. Este valor se representa, y calcula, como: $M_k = \prod_{j=1}^n |T(c_{i_{j_k}})|$ donde n es el número de criterios a valorar en las reglas empleadas en el tipo de valoración k . Este número n queda establecido por la cantidad de criterios de valoración, pues la estructura de la regla así lo contempla.

$F_{i_k}^l$, $k \in Av$, son conjuntos difusos para efectuar la valoración de un criterio específico, en cada tipo valoración. Cada conjunto difuso se encuentra asociado con alguna de las etiquetas que componen $T(c_{i_k})$.

G_k^l es un conjunto difuso que integraría los valores atribuidos al evaluador k , sin distingo de criterio de valoración, en la regla l . En este caso también se asume que G_k^l es un conjunto borroso asociado con alguna de las etiquetas lingüísticas pertenecientes a $T(c_k)$. Es importante observar que una misma combinación de valores difusos en el antecedente, no puede dar pie a más de una regla difusa.

Desde el punto de vista formal, cada regla R_i^l se representa mediante una relación borrosa \mathbb{R}_i^l . Esta relación borrosa debe representar: $\mathbb{R}_i^l: F_k^l \rightarrow G_k^l$; donde F_k^l es un conjunto borroso que se construye en $X_1 \times \dots \times X_n$, con base en los conjuntos difusos $F_{1k}^l, \dots, F_{nk}^l$; por su parte, la relación borrosa se establece en $X_1 \times \dots \times X_n \times Y$.

Una manera de establecer el conjunto F_k^l es mediante su función de pertenencia $\mu_{F_k^l}$. El grado de pertenencia de un punto específico $x = (x_1, \dots, x_n)$ se simboliza como: $\mu_{F_k^l}(x) = \mu_{F_k^l}(x_1, \dots, x_n)$. consecuentemente, $\mu_{\mathbb{R}_i^l}(x, y) = \mu_{\mathbb{R}_i^l}(x_1, \dots, x_n, y)$.

Una forma de representar la manera de calcular el valor del grado de pertenencia a la relación \mathbb{R}_i^l del punto (x, y) es mediante un operador T -norma cualquiera \star' .

$$\mu_{\mathbb{R}_i^l}(x, y) = \mu_{F_k^l}(x) \star' \mu_{G_k^l}(y)$$

De manera análoga, y dado que los componentes de valoración en los distintos criterios se relacionan lógicamente mediante la operación γ , el grado de pertenencia del punto (x_1, \dots, x_n) en el conjunto borroso F_k^l , $\mu_{F_k^l}(x_1, \dots, x_n)$, hace empleo también de una operación T -norma \star (No necesariamente la misma \star').

Es decir,

$$\mu_{\mathbb{R}_i^l}(x, y) = \left(\mu_{F_{1k}^l}(x_1) \star \dots \star \mu_{F_{nk}^l}(x_n) \right) \star' \mu_{G_k^l}(y)$$

En este trabajo se asume que $\star = \star' = \wedge$; donde $a \wedge b$ obtiene el valor mínimo entre sus operandos.

Por tanto,

$$\mu_{\mathbb{R}_i^l}(x, y) = \left(\mu_{F_{1k}^l}(x_1) \wedge \dots \wedge \mu_{F_{n_k}^l}(x_n) \right) \wedge \mu_{G_k^l}(y)$$

$$\mu_{\mathbb{R}_i^l}(x, y) = \mu_{F_{1k}^l}(x_1) \wedge \dots \wedge \mu_{F_{n_k}^l}(x_n) \wedge \mu_{G_k^l}(y)$$

Razonamiento difuso empleando la base de reglas

En este punto, el sistema ha definido su base de M_k reglas para realizar la valoración tipo k , para los distintos criterios i mediante la regla l . Ahora hay que formalizar el procedimiento que producirá conclusiones utilizando esa base de reglas, es decir, presentar matemáticamente el razonamiento que debería emprenderse luego que al sistema se le suministren n valoraciones F'_{1k}, \dots, F'_{n_k} no necesariamente iguales a las que se presentan en las reglas.

Este proceso de deducción difusa o razonamiento difuso se simboliza mediante:

$$G'^l_k = (F'_{1k} \times \dots \times F'_{n_k}) \circ \mathbb{R}_i^l$$

Donde \circ es un símbolo utilizado para representar la operación *composición*; y G'^l_k es el conjunto difuso que se obtendría de tal razonamiento.

En este trabajo de investigación se utilizará la conocida *regla de inferencia composicional* que implica realizar las siguientes operaciones para obtener el grado de pertenencia de un elemento:

$$\mu_{G'^l_k}(y) = \left(\mu_{F'_{1k}}(x_1) \wedge \dots \wedge \mu_{F'_{n_k}}(x_n) \right) \circ \left(\mu_{F_{1k}^l}(x_1) \wedge \dots \wedge \mu_{F_{n_k}^l}(x_n) \wedge \mu_{G_k^l}(y) \right)$$

$$\mu_{G'^l_k}(y) = \bigvee_{x_1, \dots, x_n} \left\{ \left(\mu_{F'_{1k}}(x_1) \wedge \dots \wedge \mu_{F'_{n_k}}(x_n) \right) \wedge \left(\mu_{F_{1k}^l}(x_1) \wedge \dots \wedge \mu_{F_{n_k}^l}(x_n) \wedge \mu_{G_k^l}(y) \right) \right\}$$

Donde \bigvee hace referencia a la operación *máx*, es decir, $a \vee b$ obtiene el máximo valor entre sus operandos. Luego de aplicar algunas de las propiedades (conmutatividad, asociatividad y distributividad) que poseen las operaciones *máx* y *min*, se obtiene la siguiente expresión:

$$\mu_{G'^l_k}(y) = \left(\bigvee_{x_1} \left(\mu_{F'_{1k}}(x_1) \wedge \mu_{F_{1k}^l}(x_1) \right) \right) \wedge \dots \wedge \left(\bigvee_{x_n} \left(\mu_{F'_{n_k}}(x_n) \wedge \mu_{F_{n_k}^l}(x_n) \right) \right) \wedge \mu_{G_k^l}(y)$$

$$\mu_{G_k^l}(y) = (w_{1_k}^l \wedge \dots \wedge w_{n_k}^l) \wedge \mu_{G_k^l}(y)$$

Donde $w_{i_k}^l = V_{x_i}(\mu_{F_{i_k}'}(x_i) \wedge \mu_{F_{i_k}^l}(x_i))$ se conoce como el *grado de consistencia* entre los conjuntos difusos F_{i_k}' y $F_{i_k}^l$.

A la cantidad producida mediante $w_k^l = w_{1_k}^l \wedge \dots \wedge w_{n_k}^l$ se le denomina el *grado de cumplimiento* de la regla l .

El sistema, como se dijo previamente, puede tener en teoría hasta M_k reglas. Y según ello, cuando se le ingrese al sistema una valoración particular se podrían producir hasta M_k conjuntos difusos G_k^l , $l = 1, \dots, M_k$.

El conjunto difuso que ofrecería finalmente el sistema de reglas es: $G_k' = \cup_{l=1, \dots, M_k} G_k^l$; en el que el signo \cup simboliza la operación unión de conjunto difusos. El grado de pertenencia en el conjunto difuso G_k' se obtiene mediante:

$$\mu_{G_k'}(y) = \max_{l=1, \dots, M_k} \mu_{G_k^l}(y)$$

Salida o respuesta del sistema

El sistema ha sido pensado para que responda o con un valor numérico único, o con una etiqueta lingüística. Dependiendo del caso, se emprenderán dos procesos distintos; si se pretende suministrar un valor numérico, concreto, o no-difuso debe aplicarse lo que se denomina “método de concreción”; si lo deseado es arrojar como resultado una etiqueta lingüística, lo que debe efectuarse es un proceso de “aproximación lingüística”.

En el caso de los métodos de concreción el propósito es obtener un valor único a partir del conjunto difuso G_k' , que se denotará como n_k . Por su parte, el objetivo de las técnicas de aproximación lingüística es asociar con el conjunto difuso G_k' una de las etiquetas de $T(c_k)$ a tal valor lingüístico se lo denotará como L_k .

A continuación se presentan las formas adoptadas en este trabajo para realizar los procesos de concreción y de aproximación lingüística.

Método de concreción

El método de concreción utilizado para hallar el valor y_k a partir del conjunto difuso G'_k , se denomina el método del centroide, o centro de masa, y se calcula de la siguiente forma:

$$n_k = \text{centroide}(G'_k) = \frac{\int_{y \in Y} y \mu_{G'_k}(y) dy}{\int_{y \in Y} \mu_{G'_k}(y) dy}, \text{ cuando } Y \text{ es un dominio continuo}$$

$$n_k = \text{centroide}(G'_k) = \frac{\sum_{y \in Y} y \mu_{G'_k}(y)}{\sum_{y \in Y} \mu_{G'_k}(y)}, \text{ cuando } Y \text{ es un dominio discreto}$$

Método de aproximación lingüística

Se debe calcular el centroide para cada uno de los conjuntos definidos en los consecuentes de la base de reglas, que están relacionados con cada valor $t \in T(c_k)$.

$$q_t = \text{centroide}(t) = \frac{\int_{y \in Y} y \mu_t(y) dy}{\int_{y \in Y} \mu_t(y) dy}$$

Una vez se obtienen los centroides, se halla n_k^t que representa una medida de distancia entre n_k y q_t

$$n_k^t = \|q_t, n_k\|$$

$$n_k^{t^*} = \min_{t \in T(c_k)} (n_k^t)$$

Donde t^* es la etiqueta lingüística asociada con la meda de distancia más pequeña, finalmente, entonces

$$L_k = t^*$$

Especificidades en el modelo general desarrollado, para generar el modelo particular a emplear en este tipo de módulo.

En este trabajo de investigación se efectuarán algunos supuestos y simplificaciones.

- Las valoraciones numéricas que pueden asignarse en cada uno de los tipos de valoración es el mismo: $X_j = [0,5]$, $k \in Av$, otra manera de expresarlo es que todos los dominios tendrán el mismo universo de valores numéricos. Esta misma simplificación se adopta para el universo de discurso Y .
- El *conjunto de términos* de cada una de las variables lingüísticas que representan los componentes de valoración de un criterio i –una por cada tipo de valoración- es el mismo; es decir, $T(c_k) = \{bajo, básico, alto, superior\}$, $k \in Av$. Estas 4 etiquetas lingüísticas corresponden a cada uno de los niveles de la escala de evaluación establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN).
- En la fórmula que calcula el número máximo de reglas, $M_k = \prod_{k=1}^{p_k} |T(c_k)|$, se efectúan las siguientes determinaciones $p_k = n$; y $|T(c_k)| = 4$, luego, $M_k = |T(c_k)|^n = 4^n$.
- Las entradas a cada conjunto de reglas pueden ser tanto numéricas como una etiquetas lingüísticas. Cuando la entrada es numérica se tiene que $F'_{i_k} \in [0,5]$; cuando corresponde a un etiqueta lingüística, F'_{i_k} es un conjunto difuso asociado con una de las etiquetas pertenecientes a $T(c_{i_k})$ y sólo ellas.
- Para el caso particular del prototipo planteado, los valores n_{i_k} obtenidos en el módulo integrador por dominios, son los valores que toman los c_{i_k} para el modulo integrador por criterios.

9.1.2 Módulo integrador de actores

Definición de la base de reglas

Se define la estructura general de la base de reglas para este tipo de módulo como:

$$R^l: \text{Si } c_H \text{ es } F_H^l \text{ y } c_C \text{ es } F_C^l \text{ y } c_A \text{ es } F_A^l \text{ entonces } c \text{ es } G^l, \quad 1 \leq l \leq M \quad (1)$$

Donde:

R^l : identifica la regla l que establece una posible combinación de valoraciones para la valoración final, donde $1 \leq l \leq M$. Más adelante se definirá la manera en que se calcula el valor M .

c : representa una variable que podrá tomar números o etiquetas lingüísticas en la valoración final realizada; se establece que Y es el universo de discurso donde se encuentran los valores numéricos posibles que puede tomar la valoración.

La variable c también puede asumir valores lingüísticos; estos valores lingüísticos los tomará de su *Conjunto de Términos*, representado como $T(c)$.

c_k se utiliza para representar una variable lingüística que denota la integración de los valores obtenidos mediante el tipo de valoración $k, k \in Av$

El número máximo de reglas M , correspondiente a la integración de actores depende de las combinaciones de los valores lingüísticos que pueden asumir los criterios en su antecedente. Este valor se representa, y calcula, como: $M = \prod_{j=1}^{p_k} |T(c)|$ donde p_k es el número de actores que participan en la valoración.

$F_k^l, k \in Av$ son conjuntos difusos para efectuar la valoración mediante los distintos actores que realizan la valoración. Cada conjunto difuso se encuentra asociado con alguna de las etiquetas que componen $T(c_i)$.

G^l es un conjunto difuso que integraría los valores de los resultados obtenidos en la regla l . En este caso también se asume que G^l es un conjunto borroso asociado con alguna de las etiquetas lingüísticas pertenecientes a $T(c)$. Es importante observar que una misma combinación de valores difusos en el antecedente, no puede dar pie a más de una regla difusa.

Desde el punto de vista formal, cada regla R^l se representa mediante una relación borrosa \mathbb{R}^l . Esta relación borrosa debe representar: $\mathbb{R}^l: F^l \rightarrow G^l$; donde F_k^l es un conjunto borroso que se construye en $X_H \times X_C \times X_A$, con base en los conjuntos difusos F_H^l, F_C^l, F_A^l ; por su parte, la relación borrosa se establece en $X_H \times X_C \times X_A \times Y$.

Una manera de establecer el conjunto F^l es mediante su función de pertenencia μ_{F^l} . El grado de pertenencia de un punto específico $x = (x_H, x_C, x_A)$ se simboliza como: $\mu_{F^l}(x) = \mu_{F^l}(x_H, x_C, x_A)$. consecuentemente, $\mu_{\mathbb{R}^l}(x, y) = \mu_{\mathbb{R}^l}(x_H, x_C, x_A, y)$.

Una forma de representar la manera de calcular el valor del grado de pertenencia a la relación \mathbb{R}^l del punto (x, y) es mediante un operador *T-norma* cualquiera \star' .

$$\mu_{\mathbb{R}^l}(x, y) = \mu_{F^l}(x) \star' \mu_{G^l}(y)$$

De manera análoga, y dado que los componentes de valoración en los distintos dominios se relacionan lógicamente mediante la operación *and*, el grado de pertenencia del punto (x_H, x_C, x_A) en el conjunto borroso F^l , $\mu_{F^l}(x_H, x_C, x_A)$, hace empleo también de una operación *T-norma* \star (No necesariamente la misma \star').

Es decir,

$$\mu_{\mathbb{R}^l}(x, y) = \left(\mu_{F_H^l}(x_H) \star \mu_{F_C^l}(x_C) \star \mu_{F_A^l}(x_A) \right) \star' \mu_{G^l}(y)$$

En este trabajo se asume que $\star = \star' = \wedge$; donde $a \wedge b$ obtiene el valor mínimo entre sus operandos.

Por tanto,

$$\mu_{\mathbb{R}^l}(x, y) = \left(\mu_{F_H^l}(x_H) \wedge \mu_{F_C^l}(x_C) \wedge \mu_{F_A^l}(x_A) \right) \wedge \mu_{G^l}(y)$$

$$\mu_{\mathbb{R}^l}(x, y) = \mu_{F_H^l}(x_H) \wedge \mu_{F_C^l}(x_C) \wedge \mu_{F_A^l}(x_A) \wedge \mu_{G^l}(y)$$

Razonamiento difuso empleando la base de reglas

En este punto, el sistema ha definido su base de reglas para realizar la valoración mediante la regla l . Ahora hay que formalizar el procedimiento que producirá conclusiones utilizando esa base de reglas, es decir, presentar matemáticamente el razonamiento que debería emprenderse luego que al sistema se le suministren 3 valoraciones F'_H, F'_C, F'_A no necesariamente iguales a las que se presentan en las reglas.

Este proceso de deducción difusa o razonamiento difuso se simboliza mediante:

$$G^l = (F'_H \times F'_C \times F'_A) \circ \mathbb{R}^l$$

Donde \circ es un símbolo utilizado para representar la operación *composición*; y G^l es el conjunto difuso que se obtendría de tal razonamiento.

En este trabajo de investigación se utilizará la conocida *regla de inferencia composicional* que implica realizar las siguientes operaciones para obtener el grado de pertenencia de un elemento:

$$\mu_{G^l}(y) = \left(\mu_{F'_H}(x_H) \wedge \mu_{F'_C}(x_C) \wedge \mu_{F'_A}(x_A) \right) \circ \left(\mu_{F_H^l}(x_H) \wedge \mu_{F_C^l}(x_C) \wedge \mu_{F_A^l}(x_A) \wedge \mu_{G^l}(y) \right)$$

$$\mu_{G^l}(y) = \bigvee_{x_H, x_C, x_A} \left\{ \left(\mu_{F'_H}(x_H) \wedge \mu_{F'_C}(x_C) \wedge \mu_{F'_A}(x_A) \right) \wedge \left(\mu_{F_H^l}(x_H) \wedge \mu_{F_C^l}(x_C) \wedge \mu_{F_A^l}(x_A) \wedge \mu_{G^l}(y) \right) \right\}$$

Donde \bigvee hace referencia a la operación *máx*, es decir, $a \vee b$ obtiene el máximo valor entre sus operandos. Luego de aplicar algunas de las propiedades (conmutatividad, asociatividad y distributividad) que poseen las operaciones *máx* y *min*, se obtiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \mu_{G^l}(y) &= \left(\bigvee_{x_H} \left(\mu_{F'_H}(x_H) \wedge \mu_{F_H^l}(x_H) \right) \right) \wedge \left(\bigvee_{x_C} \left(\mu_{F'_C}(x_C) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \wedge \mu_{F_C^l}(x_C) \right) \right) \wedge \left(\bigvee_{x_A} \left(\mu_{F'_A}(x_A) \wedge \mu_{F_A^l}(x_A) \right) \right) \wedge \mu_{G^l}(y) \\ \mu_{G^l}(y) &= (w_H^l \wedge w_C^l \wedge w_A^l) \wedge \mu_{G^l}(y) \end{aligned}$$

Donde $w_k^l = \bigvee \left(\mu_{F'_k}(x_k) \wedge \mu_{F_k^l}(x_k) \right)$ se conoce como el *grado de consistencia* entre los conjuntos difusos F'_k y F_k^l .

A la cantidad producida mediante $w^l = w_H^l \wedge w_C^l \wedge w_A^l$ se le denomina el *grado de cumplimiento* de la regla l .

El sistema, como se dijo previamente, puede tener en teoría hasta M reglas. Y según ello, cuando se le ingrese al sistema una valoración particular se podrían producir hasta M conjuntos difusos G^l , $l = 1, \dots, M$

El conjunto difuso que ofrecería finalmente el sistema de reglas es: $G' = \bigcup_{l=1, \dots, M} G'^l$; en el que el signo \cup simboliza la operación unión de conjunto difusos. El grado de pertenencia en el conjunto difuso G' se obtiene mediante:

$$\mu_{G'}(y) = \max_{l=1, \dots, M} \mu_{G'^l}(y)$$

Salida o respuesta del sistema

El sistema ha sido pensado para que responda o con un valor numérico único, o con una etiqueta lingüística. Dependiendo del caso, se emprenderán dos procesos distintos; si se pretende suministrar un valor numérico, concreto, o no-difuso debe aplicarse lo que se denomina “método de concreción”; si lo deseado es arrojar como resultado una etiqueta lingüística, lo que debe efectuarse es un proceso de “aproximación lingüística”.

En el caso de los métodos de concreción el propósito es obtener un valor único a partir del conjunto difuso G' , que se denotará como n . Por su parte, el objetivo de las técnicas de aproximación lingüística es asociar con el conjunto difuso G' una de las etiquetas de $T(c)$ a tal valor lingüístico se lo denotará como L .

A continuación se presentan las formas adoptadas en este trabajo para realizar los procesos de concreción y de aproximación lingüística.

Método de concreción

El método de concreción utilizado para hallar el valor n a partir del conjunto difuso G' , se denomina el método del centroide, o centro de masa, y se calcula de la siguiente forma:

$$n = \text{centroide}(G') = \frac{\int_{y \in Y} y \mu_{G'}(y) dy}{\int_{y \in Y} \mu_{G'}(y) dy}, \text{ cuando } Y \text{ es un dominio continuo}$$

$$n = \text{centroide}(G') = \frac{\sum_{y \in Y} y \mu_{G'}(y)}{\sum_{y \in Y} \mu_{G'}(y)}, \text{ cuando } Y \text{ es un dominio discreto}$$

Se halla el cancroide para cada uno de los elementos del conjunto de términos $T(c)$.

Método de aproximación lingüística

Se debe calcular el centroide para cada uno de los conjuntos definidos en los consecuentes de la base de reglas, que están relacionados con cada valor $t \in T(c)$.

$$q_t = \text{centroide}(t) = \frac{\int_{y \in Y} y \mu_t(y) dy}{\int_{y \in Y} \mu_t(y) dy}$$

Una vez se obtienen los centroides se halla n^t que representa una medida de distancia entre n y q_t

$$n^t = \|q_t, n\|$$

$$n^{t^*} = \min_{t \in T(c)} (n^t)$$

Donde t^* es la etiqueta lingüística asociada con la meda de distancia más pequeña, finalmente, entonces

$$L = t^*$$

El modelo recién elaborado se aplica para la integración de tres actores del proceso valorativo.

Especificidades en el modelo general desarrollado, para generar el modelo particular a emplear en este tipo de módulo.

En este trabajo de investigación se efectuarán algunos supuestos y simplificaciones.

- Las valoraciones numéricas que pueden asignarse en cada valoración es el mismo: $X = [0,5]$; otra manera de expresarlo es que todos los tipos de valoración, tendrán el mismo universo de valores numéricos. Esta misma simplificación se adopta para el universo de discurso Y .
- El conjunto de términos de cada una de las variables lingüísticas que representan los componentes de valoración es el mismo; es decir, $T(c) =$

{bajo, básico, alto, superior}. Estas 4 etiquetas lingüísticas corresponden a cada uno de los niveles de la escala de valoración establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN).

- En la fórmula que calcula el número máximo de reglas, $M = \prod_{j=1}^{p_k} |T(c)|$, se efectúan las siguientes $p_k = 3$; y $|T(c)| = 4$, luego, $M = |T(c)|^3 = 4^3 = 64$.
- Las entradas a cada conjunto de reglas pueden ser tanto numéricas como una etiquetas lingüísticas. Cuando la entrada es numérica se tiene que $F' \in [0,5]$; cuando corresponde a un etiqueta lingüística, F' es un conjunto difuso asociado con una de las etiquetas pertenecientes a $T(c)$ y sólo ellas.
- Para el caso particular del prototipo planteado, los valores n_k obtenidos en el módulo integrador de criterios por actor, son los valores que toman los c_k para el modulo integrador por actores de valoración .

9.2 MODELO LÓGICO

El sistema de información para la evaluación por competencias tiene como base de procesamiento lógico un sistema de inferencia difusa tipo Mamdani, a partir de la implementación y adaptación de los siguientes componentes:

- Un método para especificar la representación, mediante conjuntos difusos, de la escala de valoración. Cada institución educativa tiene la posibilidad de definir las características de los conjuntos difusos que representan su escala de valoración, así como los niveles de la escala; la correcta definición de ellas afectará directamente los resultados obtenidos.

Una vez establecidas las funciones de pertenencia de los conjuntos a representar éstas son usadas durante todo el proceso, es decir, las diferentes valoraciones y los resultados de éstas, son dados en la misma escala. El sistema no acepta variaciones de las escalas de valoración en los diferentes componentes e ítems del mismo proceso valorativo.

- Un proceso de construcción de rúbricas de valoración, respetando la taxonomía de Bloom, para esto se diseña una interfaz que permita al docente, usuario del sistema, seleccionar el nivel de desarrollo de la competencia que desea evaluar y según esto escoger el verbo más adecuado para la redacción del criterio de desempeño que valora la competencia. Si el verbo seleccionado no fue cargado en el repositorio del sistema, éste se marca como equívoco. La carga inicial se hace con una de las categorizaciones de verbos definida por Andrew Churches en el 2009 [Churches, 2009], acorde a la taxonomía.
- Un motor de inferencia para el cálculo de la valoración obtenida por el estudiante; es el encargado de procesar la información ingresada por el usuario (docente, compañero, el mismo estudiante, quien lo certifique) para la medición de los resultados de aprendizaje a partir de las valoraciones obtenidas para los diferentes criterios de desempeño; el motor de inferencia cuenta con un método fusificador responsable de establecer el valor de pertenencia difusa de una valoración numérica a cada uno de los conjuntos definidos en el sistema para la representación de la escala de valoración.

Para la aplicación de la base de reglas, se estable cuáles son las reglas que se activan, es decir, cuales reglas tienen en el antecedente conjuntos difusos con valores de pertenencia mayores a cero para las valoraciones ingresadas por el usuario, el valor de activación de la regla es el menor de los valores de pertenencia obtenido entre obtenidos en las proposiciones del antecedente, con el valor de activación de la regla se determina el valor de pertenencia a la escala del conjunto resultante; una vez se evalúan todas las reglas se requiere llevar a cabo un proceso de agregación con los resultados arrojados por cada regla, entregando el conjunto difuso resultante, una vez establecido este conjunto es se identifica el valor concreto que mejor representa dicho conjunto, esto lo hace el congresor del sistema.

La valoración del proceso de aprendizaje de un educando puede ser realizado por diferentes entes (estudiantes, docentes, entidades), cada valoración requiere la configuración de una rúbrica de valoración, la cual es procesada en el motor de inferencia, obteniendo para cada una de las rúbricas una valoración resultante, para

que el proceso de valoración final sea llevado a cabo, es decir para conocer cuál es la valoración final obtenida por el estudiante para un momento valorativo, se deben integrar los resultados de las valoraciones de los distintos entes, en este proceso se toman los valores obtenidos del procesamiento de las rúbricas y se lleva a un nuevo proceso de inferencia, en el cual se define una base de reglas de 3 entradas, cada una de ellas dada por los resultados de los procesos de valoración anteriores.

- Un método para la caracterización lingüística de los resultados, éste permite establecer cuál es la escala de valoración a la que más se acerca el valor resultante del sistema de inferencia, para esto se calcula la distancia existente entre el valor resultante en el proceso de inferencia y los centroides de los conjuntos borrosos, y se selecciona aquel conjunto hacia el cual se tenga una distancia menor. No se plantean resultados lingüísticamente complejos porque los sistemas de valoración deben entregar los resultados en la escala de valoración estándar, para facilitar la movilidad de los estudiantes a otras instituciones educativas.

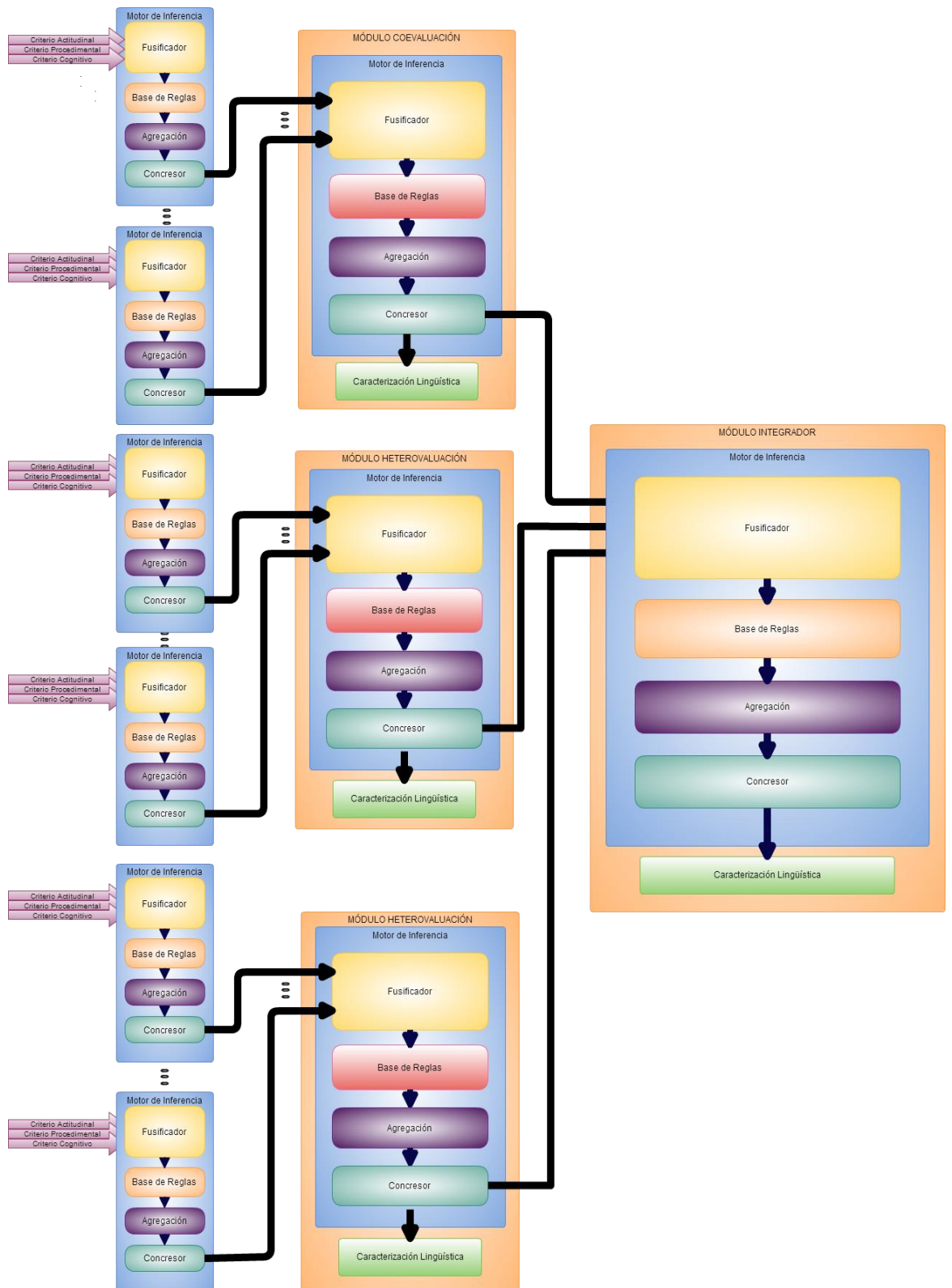


Ilustración 9-2 Solución propuesta.

9.3 MÉTODO PARA LA CREACIÓN DE LA REPRESENTACIÓN, MEDIANTE CONJUNTOS DIFUSOS, DE LA ESCALA DE VALORACIÓN

Para la definición de los conjuntos difusos que representan cada uno de los niveles de la escala de valoración establecida por la entidad educativa, el sistema permite realizar el registro de la escala de valoración a partir de los siguientes pasos:

Paso 1: Registrar el nombre de la escala de valoración que se desea ingresar al sistema.

Paso 2: Determinar el número de niveles de la escala de valoración. Para cada nivel se dará una etiqueta lingüística, y un tipo de conjunto para la representación.⁵

Paso 3: Para cada nivel de la escala de valoración, según el tipo de conjunto seleccionado se hará el registro de los parámetros

Paso 4: Se verifica que los parámetros ingresados sean apropiados para los rangos de trabajo definidos en la escala.

⁵ Por ser un prototipo, el sistema fue implementado para funciones Trapezoidales; se espera ampliar el tipo de funciones permitidas en trabajos futuros.

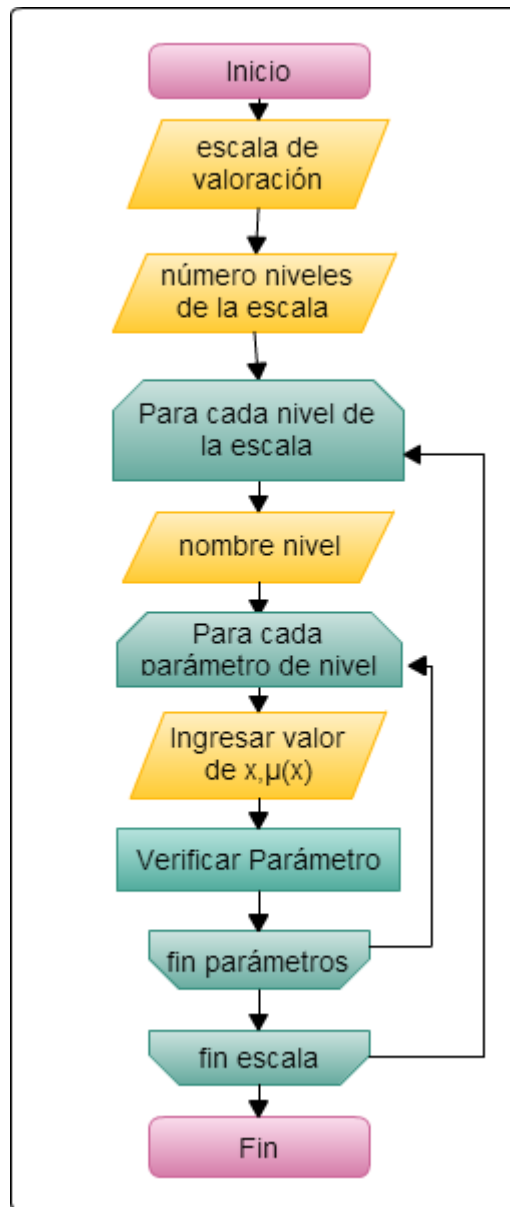


Ilustración 9-3 Flujograma registro creación de conjuntos difusos para la escala de valoración

9.4 UN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE RÚBRICAS DE VALORACIÓN, RESPETANDO LA TAXONOMÍA DE BLOOM

Para la definición de las rúbricas de valoración debemos tener en cuenta la concepción de rúbrica que se plantea para el sistema de inferencia, tradicionalmente una rúbrica de

valoración posee en sus filas los criterios de desempeño y en las columnas los diferentes niveles que la rúbrica desea valorar para cada criterio, junto con los puntos otorgados por cada nivel; la rúbrica le permite al docente establecer el total de puntos obtenidos por el estudiante según su desempeño al sumar los puntos obtenidos en cada criterio. Además de la matriz, se establece el valor de conversión de los puntos obtenidos por el estudiante a una nota numérica en la escala deseada, como se mostró en la sección 8.2 de este documento. En el sistema de inferencia difusa Tipo Mamdani la función de la rúbrica de valoración la cumple la base de reglas difusas, donde cada regla permite conocer, según las valoraciones obtenidas en los diferentes criterios, cuál debe ser la valoración final del estudiante, según lo establecido en la configuración de cada regla. Al igual que la rúbrica tradicional, la base de reglas me permite conocer todas las posibles combinaciones en el antecedente para la escala de valoración nacional.

Para la definición de los criterios de desempeño se debe:

Paso 1: El docente, o usuario, selecciona el nivel de desarrollo de la competencia que desea evaluar, acorde a la clasificación de la taxonomía. Estos niveles son: 1-Conocimiento, 2-Comprensión, 3- Aplicación, 4-Análisis, 5-Síntesis, 6-Evaluación

Paso 2: El docente selecciona el verbo que considera más adecuado para la redacción del criterio, de la lista predefinida para el nivel seleccionado en el paso anterior.

Paso 3: Se digita el complemento⁶ textual del verbo que dará forma al criterio de desempeño.

Paso 4: Se almacena el criterio de desempeño.

La construcción de la rúbrica se lleva a cabo generando la matriz de combinaciones de los diferentes criterios de desempeño y los niveles de valoración de la escala deseada. Para el sistema esta rúbrica también constituye la Base de Reglas del sistema de inferencia difusa, es decir, se generarán las reglas de valoración en las cuales se presentan todas las posibles combinaciones de los criterios de desempeño en cada una de las escalas. La construcción

⁶ El complemento del criterio de desempeño, presenta la caracterización de la forma en la cual se espera que estudiante lleve a cabo la acción demarcada por el verbo del criterio.

de la base de reglas es un proceso crítico en el sistema, pues éste determina la capacidad del sistema para realizar la valoración del estudiante en todos los posibles estados de desarrollo de las competencias a evaluar.

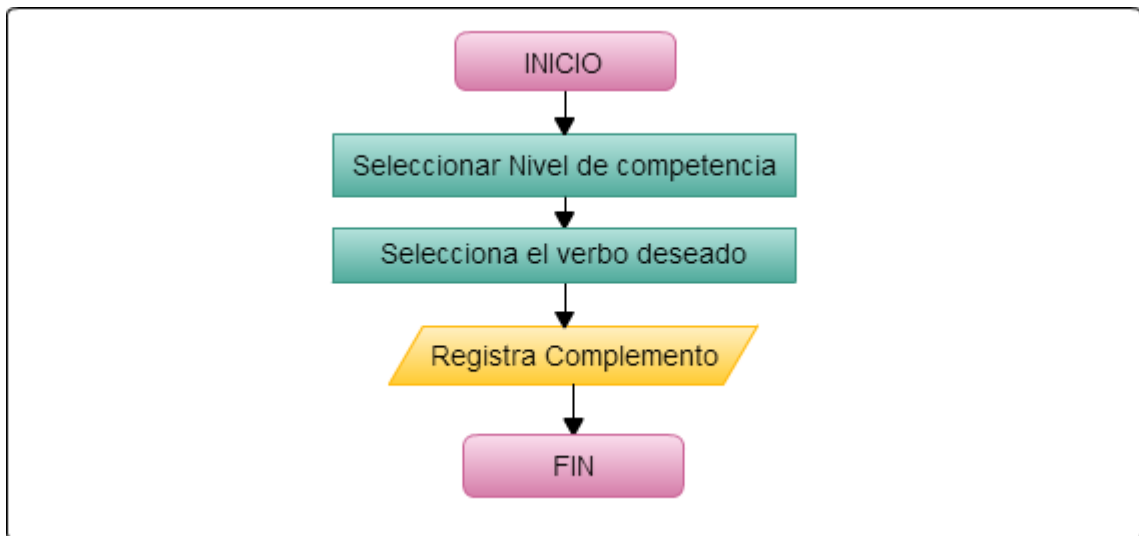


Ilustración 9-4 Flujograma, Creación de criterios de desempeño respetando la taxonomía de Bloom

Para la construcción de la rúbrica de valoración se deben llevar a cabo los siguientes pasos

Paso 1: seleccionar la escala de valoración y el número de criterios en el antecedente para los cuales se diseñará la base de reglas.

Paso 2: Calcular el número de reglas total para la base, esto se computa como

$$totalReglas = nroNiveles^{nroCriterios},$$

Este cálculo informa cuantas son las reglas generadas al realizar todas las combinaciones posibles de criterios con sus posibles niveles en la escalas.

Paso 3: Para cada posible regla se definen los criterios que se evalúan en el antecedente, más el criterio requerido para el consecuente.

Paso 4: Recorrer las reglas para asignar el nivel a cada ítem de regla.

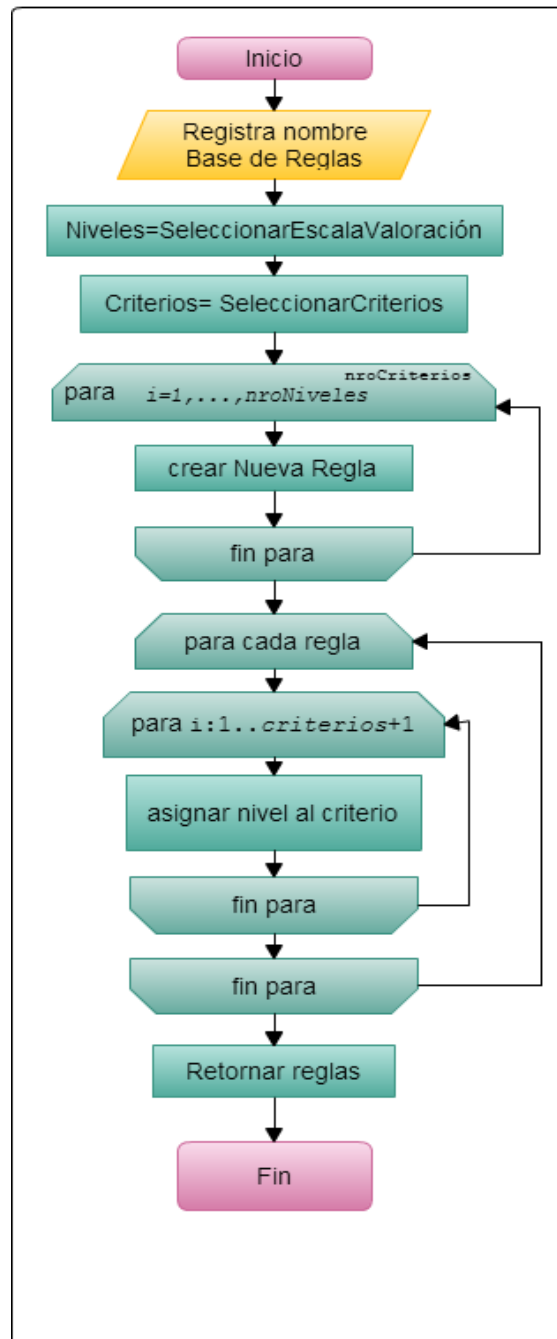


Ilustración 9-5 Flujograma, Creación de rúbrica de valoración, base de reglas

9.5 MOTOR DE INFERENCIA.

El motor de inferencia permite hacer el cálculo difuso de la valoración final del estudiante, éste proceso requiere como insumo la definición previa de las escalas de valoración con sus respectivos conjuntos difusos y la construcción de la rúbrica de valoración como base de reglas difusas. Para llevar a cabo el proceso de inferencia se seguirán los siguientes pasos:

Paso 1: Seleccionar la base de reglas con la cual se desea hacer la valoración.

Paso 2: Ingresar las valoraciones del docente para cada uno de los criterios de desempeño, estas mediciones pueden ser ingresadas de forma numérica o lingüística. Cuando se realiza de forma numérica esta valoración debe ser fusificada, es decir se debe encontrar el grado de pertenencia de la valoración ingresada a los diferentes conjuntos difusos que representan la escala de valoración, si la entrada es realizada de forma textual o lingüística, esta etiqueta debe estar definida en la misma escala de valoración de la base de reglas y el paso de fusificación no se llevaría a cabo.

Paso 3: Una vez obtenidos los valores difusos de cada criterio valorativo, se procede a evaluar la regla, es decir, se identifica si para todos los criterios involucrados en el antecedente de la regla, el valor de pertenencia es mayor a cero; de ser así, se aplica el operador de implicación, para este caso el *max-min* el valor resultante se denominará *valor de activación*; este es llevado al consecuente para establecer el nuevo conjunto difuso. Este conjunto se construye así: para el elemento del conjunto predefinido en el consecuente, se busca su grado de pertenencia, si éste es menor que el valor de activación del antecedente, se conserva en el nuevo conjunto, de lo contrario el nuevo valor de pertenencia del elemento será el valor de activación.

Si el grado de pertenencia es menor que el valor de activación se conserva como grado de pertenencia, de lo contrario el nuevo grado de pertenencia será el valor de activación.

Paso 4: Se debe llevar a cabo el proceso de agregación de las reglas activas en el consecuente, se verifica para cada punto en el rango definido de salida, cuál es el máximo

grado de pertenencia en los conjuntos resultantes de la evaluación de las reglas, este valor será el grado de pertenencia del elemento en el conjunto resultante.

Paso 5. Llevar a cabo el proceso de concreción del conjunto resultante del proceso de agregación, para esto se busca el valor del centroide del conjunto utilizando la siguiente formula[KLIR, YUAN 1995]

$$centroide(A) = \frac{\sum_i x_i * \mu_A(x_i)}{\sum_i \mu_A(x_i)}$$

Para el conjunto resultante A , x_i elemento y $\mu_A(x_i)$ grado de pertenencia de x_i en A , el valor del centroide será la valoración numérica resultante del proceso.

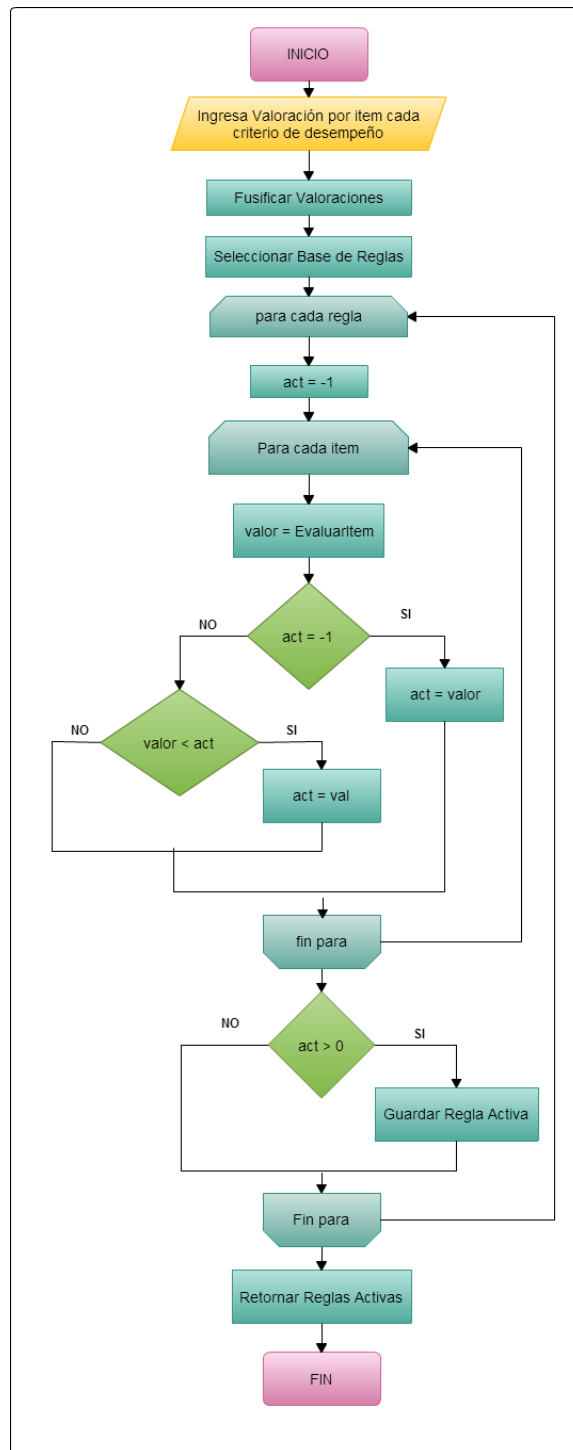


Ilustración 9-6 Flujograma, proceso de agregación del sistema de inferencia.

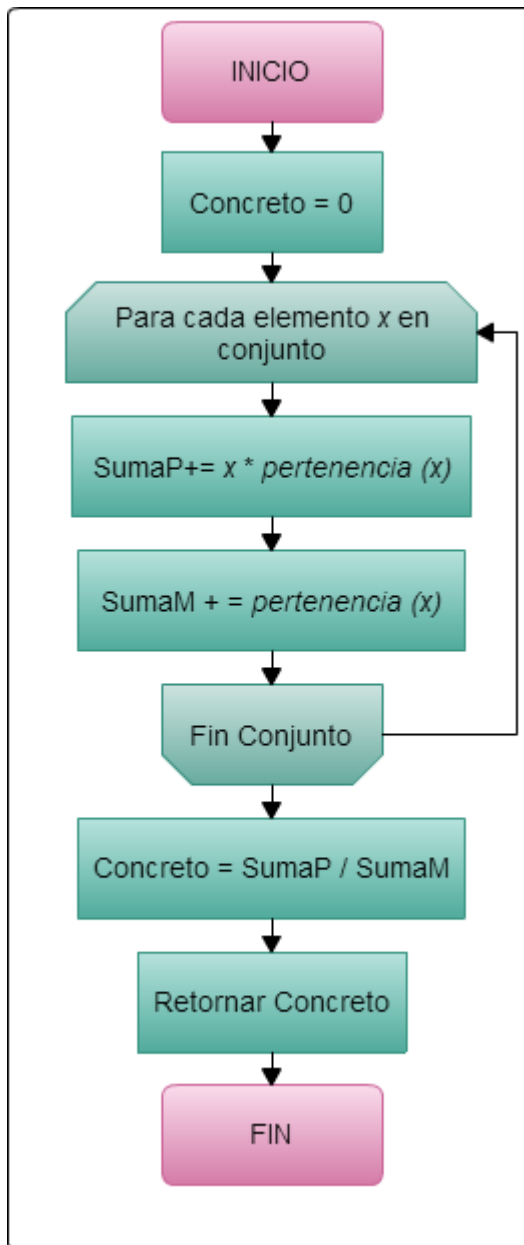


Ilustración 9-7 Flujograma, proceso de concreción del conjunto difuso resultante.

9.6 CARACTERIZACION LINGÜÍSTICA DE RESULTADOS

Los resultados de la valoración realizada por el sistema deben ser entregados a los usuarios tanto de forma numérica como lingüística, la valoración numérica es entregada por el sistema congresor, sin embargo la valoración lingüística no ha sido determinada.

Para llevar a cabo este proceso se debe determinar cuál es el grado de representación o cercanía del conjunto difuso resultante, con los conjuntos difusos de la escala de valoración, esto se conoce verificando cuál de los centroides o valores concretos de los conjuntos difusos definidos para los niveles de la escala de valoración es el más cercano al centroide del conjunto resultante. En caso tal de que se presenten dos centros con igual cercanía se tomará la valoración de mayor valor, por el principio de beneficio al estudiante [Dec 1290].

9.7 REPORTE DE RESULTADOS

Para el reporte de resultados se presentarán al usuario el valor concreto y lingüístico que arroja la escala de valoración, así como un listado de los criterios de desempeño en los cuales la valoración no obtuvo valores satisfactorios, estos se presenta por estudiante. Se busca con la entrega de estos resultados darle al usuario una base para la realización de la **Evaluación**, es decir para el análisis de los resultados obtenidos en el proceso de valoración.

10 MODELO DE DESARROLLO POR PROTOTIPOS

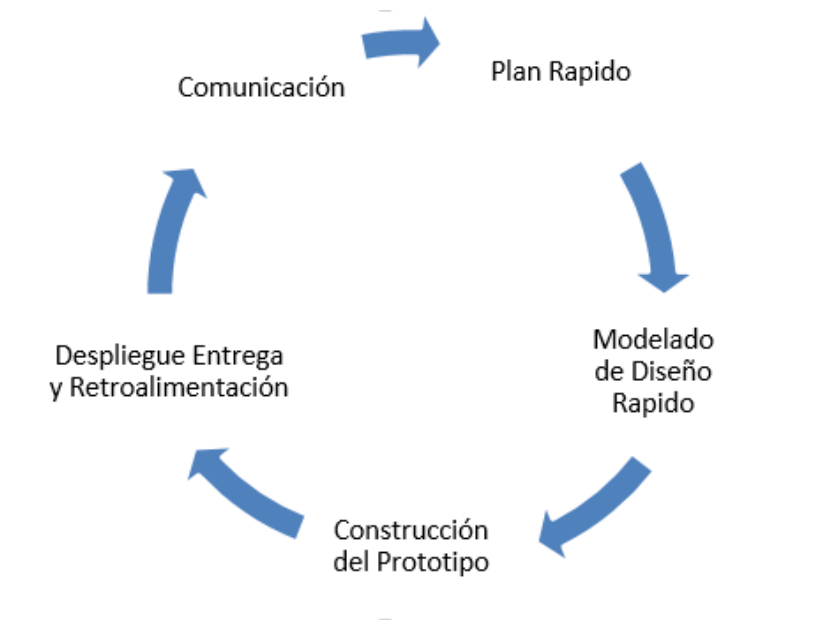


Ilustración 10-1 Fases del modelo de desarrollo por prototipos

El modelo de construcción por prototipos se utiliza cuando solo se tiene un conjunto de objetivos a cumplir pero no se cuenta con las especificaciones exactas del funcionamiento y las necesidades del sistema final; en otros casos, el responsable del desarrollo del software puede no estar seguro de la eficiencia de un algoritmo, de la calidad de adaptación de las herramientas a usar o de la forma en que debería orientarse la interacción hombre-máquina.

El paradigma de construcción de prototipos comienza con la recolección de requisitos para establecer cuáles son las necesidades de información que el sistema debe satisfacer, se encuentran y definen los objetivos globales para el software, se identifican los requisitos conocidos y las áreas del sistema donde es obligatoria más definición; entonces se construye un diseño rápido, este se centra en una representación de los aspectos del software que son críticos para el usuario. El diseño rápido lleva a la construcción de un prototipo, que muestra la forma en la cual el desarrollador espera satisfacer las necesidades planteadas, así como la interpretación y solución que da a los aspectos críticos del sistema. El prototipo es evaluado, con la retroalimentación recibida se procede a refinar los requisitos

del software a desarrollar. La iteración ocurre cuando el prototipo se pone a punto para satisfacer las necesidades del cliente, permitiendo al mismo tiempo que el desarrollador comprenda mejor lo que se necesita hacer. [PRESSMAN, 2010]

Para construir un software utilizando el modelo de prototipos se deben llevar a cabo los siguientes pasos

10.1 IDENTIFICAR LOS REQUERIMIENTOS CONOCIDOS

10.1.1 Identificar los requerimientos conocidos que deben satisfacerse:

Una vez se realiza el estudio del marco teórico se determina que el sistema para evaluación por competencias debe permitir:

- Diseñar los criterios de valoración respetando la taxonomía de Bloom
- El sistema debe permitir la creación de funciones de pertenencia para los conjuntos difusos que representarán los valores lingüísticos de la escala seleccionada.
- El sistema debe permitir realizar la valoración de los diferentes dominios del aprendizaje.
- El sistema debe permitir ingresar la heteroevaluación, la coevaluación y la autoevaluación

10.1.2 Determinar los fines del sistema y el alcance de su capacidad.

Para que el sistema permita realizar valoraciones debe tener en cuenta:

- El diseño de las funciones de pertenencia debe ser simple y visual, pues los docentes, en general, no tienen conocimiento de los principios de la lógica difusa y no es el fin del sistema que adquieran este conocimiento. Por lo tanto, se utilizarán para la construcción del prototipo funciones trapezoidales.
- La definición de los criterios se hará respetando la taxonomía de Bloom, para esto se dispondrá, en primera instancia, de un conjunto de verbos, según el nivel correspondiente al que pertenecen en la taxonomía; los verbos que no estén predefinidos no podrán ser usados en principio.

- En general las rúbricas permiten combinar criterios para la valoración de los diferentes dominios del aprendizaje, se establece que para el prototipo se permitirán evaluar 2 o 3 criterios para cada uno de los dominios, lo que correspondería a una rúbrica de máximo 9 criterios.
- Las rúbricas para los momentos valorativos de tipo heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación tendrán la misma estructura.

10.2 DESARROLLAR EL MODELO

10.2.1 Módulos esenciales de procesamiento

Se construyen diferentes configuraciones para el sistema de inferencia, variando:

- Funciones de pertenencia
- Operaciones para la implicación
- Operaciones para la agregación
- Métodos de defusificación

Se establece que los resultados que mejor pueden simular el comportamiento del proceso de valoración por competencias utilizan como operación de implicación el *mínimo*, y como operación de agregación el *máximo*⁷, para los métodos de defusificación los resultados más acordes son el centroide y el bisector, como se muestra en el anexo 2 para la construcción del prototipo final se selecciona el método de centroide

⁷ Esto se determina al realizar un estudio de la bibliografía, y realizar pruebas para la t-norma producto, y para la t-conorma la suma algebraica

10.2.2 Interfaces Graficas al Usuario y formatos para la entrada de datos

Se diseñan las siguientes interfaces gráficas para el prototipo:

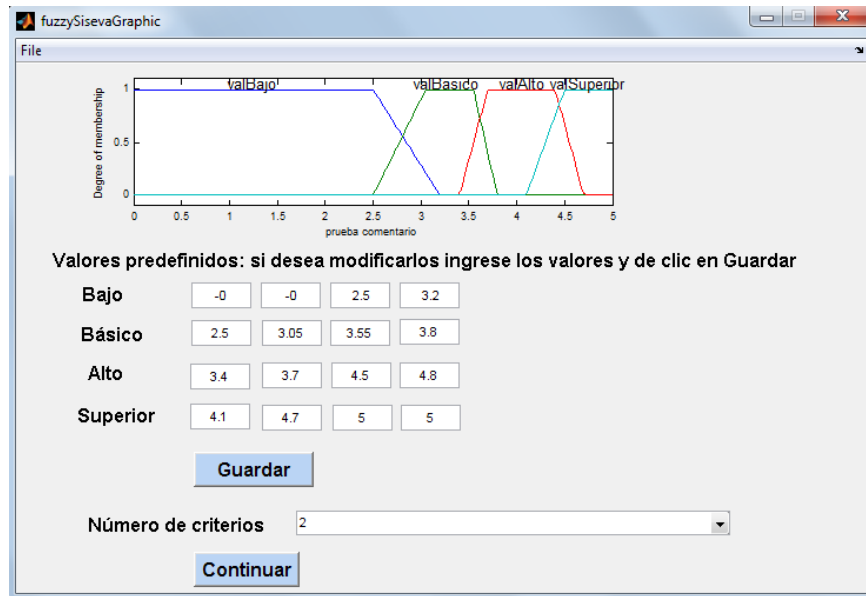


Ilustración 10-2 Interfaz para el registro de funciones de pertenencia para los conjuntos que representan los niveles de la escala de valoración nacional

File

Nivel Número de Criterios **3**

Criterios Heteroevaluación

Nombre

Nombre

Nombre

Criterios Autoevaluación

Nombre

Nombre

Nombre

Criterios Coevaluación

Nombre

Nombre

Nombre

Ilustración 10-3 Interfaz para el registro de criterios de valoración o desempeño

Criterios Heteroevaluación

Nombre

Nombre

Nombre

The image shows a software window titled 'valoracion' with a 'File' menu. It contains three main sections for evaluation:

- Heteroevaluación:**
 - Partes Célula: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Tipo Célula: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Medio ambiente: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Resultado Heteroevaluación: (empty input box)
- Autoevaluación:**
 - Partes Célula: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Diferencias Célula: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Manejo Residuos: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Resultado Autoevaluación: (empty input box)
- Co Evaluación:**
 - Partes Célula: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Funcionalidad: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Reciclaje: Valoración Cognitiva (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Procedimental (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración Actitudinal (dropdown: Seleccione, value: 0), Valoración criterio (two empty input boxes).
 - Resultado CoEvaluación: (empty input box)

At the bottom of the window, there are three buttons: 'Valorar', 'Valoración' (with an empty input box), and 'Resultados por dominio'.

Ilustración 10-4 Interfaz para la valoración del estudiante.

10.2.3 Salida del sistema

El sistema presentará los resultados parciales de cada criterio en los diferentes dominios y el resultado de la valoración final.

10.3 UTILIZAR EL PROTOTIPO

- En la primera fase se utiliza una herramienta para facilitar el ingreso de las valoraciones y la interpretación de resultados, el ejercicio es realizado con 5 docentes de grados 10 y 11 de Instituciones educativas de Medellín quienes, con apoyo, realizaron un proceso simple de valoración. Se busca que la interfaz gráfica para el usuario sea amigable y sin términos técnicos sobre matemática difusa, pues es un concepto desconocido para ellos; en general, los resultados obtenidos son satisfactorios, a partir de esta experiencia se definen las primeras representaciones de la escala nacional en conjuntos difusos y permiten refinar el modelo.
- En la segunda fase el objetivo es validar la aceptación de:

- Las funciones de pertenencia seleccionadas para la representación de la escala de valoración nacional
- La lógica utilizada para la configuración de la base de reglas
- La aceptación de los resultados del modelo difuso, frente a los resultados obtenidos con otros modelos tradicionales de valoración

Los resultados de esta interacción se detallan en la sección 11 de este documento

- Se integran los sistemas configurados en la etapa anterior a interfaces gráficas diseñadas con el fin de mejorar las apreciaciones de la primera interacción con el usuario. Esta experiencia permite probar el sistema bajo condiciones reales y determinar cambios o mejoras futuras.

Una vez establecidas las necesidades del sistema para funcionar en su totalidad, se realiza el análisis y diseño inicial del sistema, estos son detallados en el anexo 4.

11 PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Para la validación del módelo difuso propuesto se busca establecer la concordancia de los resultados obtenidos y los resultados arrojados por los modelos de valoración tradicionales, del promedio y rúbrica; para esto se definen tres simulaciones. Además se quiere establecer el nivel de aceptación de los resultados arrojados por el motor de inferencia; para esto se realiza una encuesta de validación de la información con algunos miembros de la población docente

La primera simulación se obtienen los resultados numéricos arrojados por cada método de valoración, en la segunda se comparan los resultados lingüísticos obtenidos en cada método y en la tercera simulación se establece la proporción de aprobación de un momento valorativo, partiendo de los resultados obtenidos en las anteriores, esta última simulación busca establecer la proporción de estudiantes que pueden presentar un resultado lingüístico de aprobación y el resultado numérico de no aprobación.

Una vez establecidos los criterios X_1, \dots, X_n que se van a tener en cuenta en cada momento valorativo⁸, se le suministra a cada método las combinaciones de valoraciones numéricas posibles para esos n criterios, a través del vector $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{in})$ obteniendo un resultado numérico y_i del momento valorativo Y de interés; por cada método, y_{mi} para Mamdani, y_{pi} para promedios y por ultimo y_{ri} para rúbrica; una vez encontrados estos resultados y tomando los métodos por pares, se calculan los valores absolutos de las diferencias existentes entre los resultados correspondientes, para todo i es decir: $|y_{mi} - y_{pi}|$, $|y_{ri} - y_{pi}|$ y $|y_{mi} - y_{ri}|$, luego se procede a calcular el valor medio de esas diferencias y la varianza con el fin de establecer el nivel de dispersión de las mismas, como se muestra a continuación:

$$\overline{dif_{m-r}} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_{mi} - y_{ri}|}{n} \quad (11-1) \quad \sigma_{m-r} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|y_{mi} - y_{ri}| - \overline{dif_{m-r}})^2} \quad (11-2)$$

⁸ Las actividades pedagógicas realizadas para la valoración se denominan momentos valorativos

$$\overline{dif_{m-p}} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_{mi} - y_{pi}|}{n} \quad (11-3) \quad \sigma_{m-p} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|y_{mi} - y_{pi}| - \overline{dif_{m-p}})^2} \quad (11-4)$$

$$\overline{dif_{r-p}} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_{ri} - y_{pi}|}{n} \quad (11-5) \quad \sigma_{r-p} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|y_{ri} - y_{pi}| - \overline{dif_{r-p}})^2} \quad (11-6)$$

Para obtener la información necesaria en la segunda simulación, se procede a buscar las etiquetas lingüísticas correspondientes a las notas numéricas obtenidas con los métodos de valoración tradicionales, a cada etiqueta de la escala nacional se le asignó un rango numérico, se establece a que rango pertenece la nota numérica obtenida y se asigna dicha etiqueta como nota cualitativa en la respectivo etiqueta lingüística. Para el método difuso se determina de entre los centroides correspondientes a los conjuntos borrosos establecidos para representar la escala de valoración nacional, aquel centroide que sea más cercano a la nota numérica obtenida, utilizando el método de valoración difuso propuesto. El rótulo obtenido es el que se asigna como resultado, pues éste representará más apropiadamente la valoración numérica. Al finalizar este proceso, se verifica el número de coincidencias, por pares de métodos, en las valoraciones lingüísticas y se calcula el porcentaje de coincidencias. Los resultados de esta simulación se encuentran en la sección 11.2.2

La tercera simulación, busca la proporción de aprobación en los datos simulados, para esto asumimos como nota mínima de aprobación 3.0 para los resultados numéricos por convención entre instituciones y se aprueba en básico, alto o Superior para valoraciones lingüísticas. Los resultados de esta simulación se encuentran en la sección 11.2.3

Para medir la aceptación del motor de inferencia utilizado, se realiza una encuesta a docentes de las áreas de matemáticas, lengua materna, ética y tecnología de varias instituciones educativas del municipio de Medellín, en ella se valida la definición de los conjuntos difusos, la caracterización de la base de reglas y los niveles de aceptación de las notas numéricas resultantes de la utilización del modelo de inferencia. Los resultados se encuentran en la sección 11.3

11.1 DISEÑO DE LA PRUEBA

11.1.1 Notas Utilizadas.

Para el experimento diseñado, se ha establecido que cada criterio de valoración puede alcanzar uno de 17 resultados numéricos, o notas, en el intervalo 0 a 5; así:

$$\text{notas} = [0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 2.7, 2.9, 3.1, 3.3, 3.5, 3.7, 3.9, 4.1, 4.3, 4.5, 4.7, 4.9]$$

Esto significa que el número de combinaciones de resultados numéricos posibles para n criterios, asumiendo que el orden no importa, dado que los criterios poseen el mismo peso, sería:

$$(17 + n - 1)!/n! (17 - 1)! \quad (11-7)$$

Como será evidente más adelante, la selección de este conjunto de notas estuvo influenciada por las funciones de pertenencia empleadas por los conjuntos borrosos que se usarán en el método difuso.

11.1.2 Método Del Promedio:

Este tipo de valoración toma los valores numéricos asignados a cada criterio, se suman y el resultado se divide por la cantidad de criterios valorados.

11.1.3 Rúbrica De Valoración:

Una rúbrica de valoración se presentan como una matriz de criterios de desempeño contra niveles alcanzables en dichos criterios; cada nivel se concreta mediante un intervalo de notas numéricas y se le asocia, además, un puntaje. Se asume que se poseen 4 niveles de valoración por criterio: Deficiente (0 pts), Insuficiente (1 pts), Aceptable (2 pts), y Bueno. (3 pts), con el fin de igualar el número de niveles de la escala de valoración nacional, ver Tabla 12-1.

Tabla 11-1 Rango de Asignación de puntos para rúbrica de valoración

Intervalos por cada nivel	
Puntos/nivel	Rúbrica 1
0/Deficiente	[0 – 3)
1/Insuficiente	[3 – 3,5)
2/Aceptable	[3,5 – 4,5)
3/Bueno	[4,5 – 5]

¿Cómo se procede con el método de rúbrica? En un momento valorativo se establece el nivel de desempeño por cada criterio a valorar, se toman los puntajes correspondientes a esos niveles y se suman. Posteriormente, la nota numérica asignable a la competencia se calcula mediante la fórmula, como se explicó en la sección 8.2

$$N = \begin{cases} 0 & P < (C * 1) \\ 3.0 + \frac{(P-y)*2}{(x-y)} & P \geq (C * 1) \end{cases} \quad (11-8)$$

$$x = C * 3 \quad (11-9)$$

$$y = C * 2 \quad (11-10)$$

Donde,

N = Nota en escala numérica de 0 a 5

C = Cantidad de criterios de desempeño

P = Sumatoria de Puntos (Total de puntos obtenidos por el estudiante)

x = Total de puntos necesarios para nota máxima de aprobación

y = Total de puntos necesarios para nota mínima de aprobación

Es importante aclarar que tanto la rúbrica empleada como la manera en que se obtiene finalmente la nota numérica, pueden cambiar según la institución educativa.

La nota numérica resultante de la rúbrica, se ubica en el intervalo correspondiente de la Escala Nacional, ver columna derecha de Tabla 12-2, lo que determina, finalmente, el nivel de desempeño alcanzado, según esta escala -observar columna izquierda de la misma tabla.

Tabla 11-2 Rango numérico establecido para los niveles de la escala de valoración nacional

Escala Nacional	Rango
Superior	[4.5; 5]
Alto	[3.8; 4.5)
Básico	[3.0,3.8)
Bajo	[0; 3)

11.1.4 Modelo Difuso Mamdani:

Para la simulación y pruebas se diseña un modelo de inferencia difusa de tipo Mamdani, con dos o tres criterios, que representarán las valoraciones dadas por los docentes a cada uno ellos. Por cada entrada, criterio, se define un número de conjunto borrosos, cada conjunto borroso se asocia con una posible valoración lingüística; cada conjunto borroso, a su vez, tiene asociado una función de pertenencia establecida sobre el rango numérico de 0 a 5; ellas fueron construidas con la ayuda de algunos docentes de colegios públicos de Medellín. Sin embargo, la configuración de los conjuntos puede cambiar según las necesidades y exigencias de las instituciones educativas para su sistema evaluativo. La definición de las funciones de pertenencia para cada conjunto borroso, se muestra en la Ilustración 12-1.

Para la operación del sistema de inferencia se definen las siguientes características:

- Operación para conjunción de enunciados difusos: 'min'
- Operación para disyunción de enunciados difusos: 'max'
- Método de defuzificación: 'centroide'
- Operación de implicación 'max-min'
- Operación de agregación de resultados de reglas con el mismo consecuente: 'max'
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Bajo'; MF1=[-0 - 0 2.5 3.2]
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Básico'; MF2=[2.5 3.05 3.55 3.8]
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística
- 'Alto': MF3= [3.4 3.7 4.5 4.8]
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística
- 'Superior': MF4=[4.1 4.7 5 5]

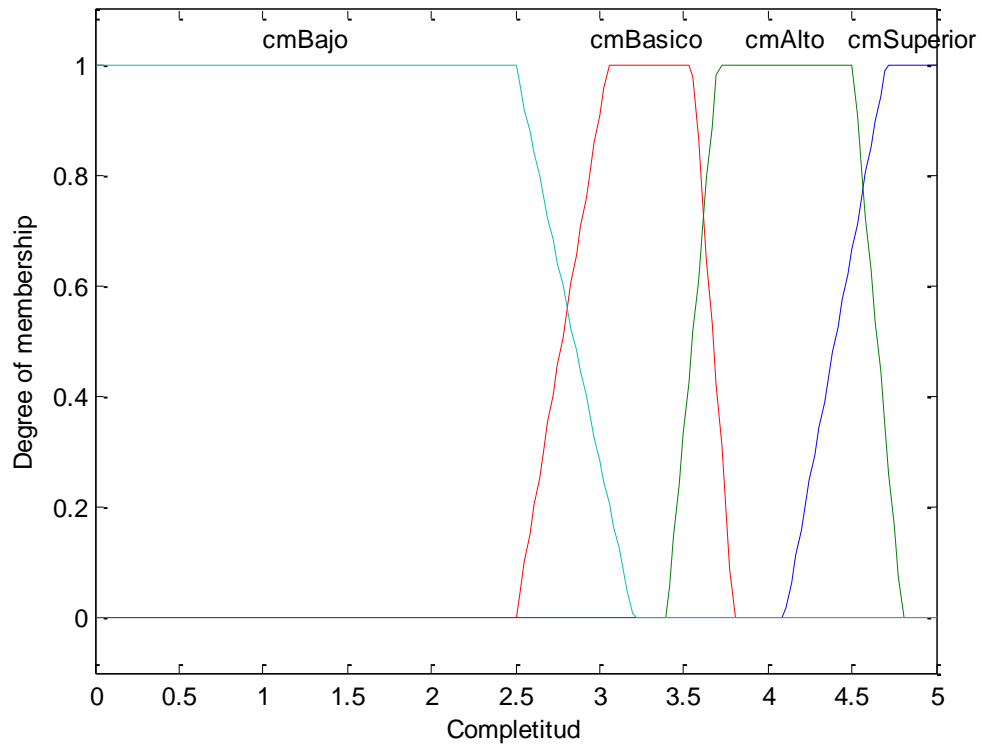


Ilustración 11-1 Funciones de pertenencia, niveles de la escala de valoración nacional en el rango de la escala numérica

11.2 SIMULACIONES

11.2.1 Comparación de Valoraciones numéricas

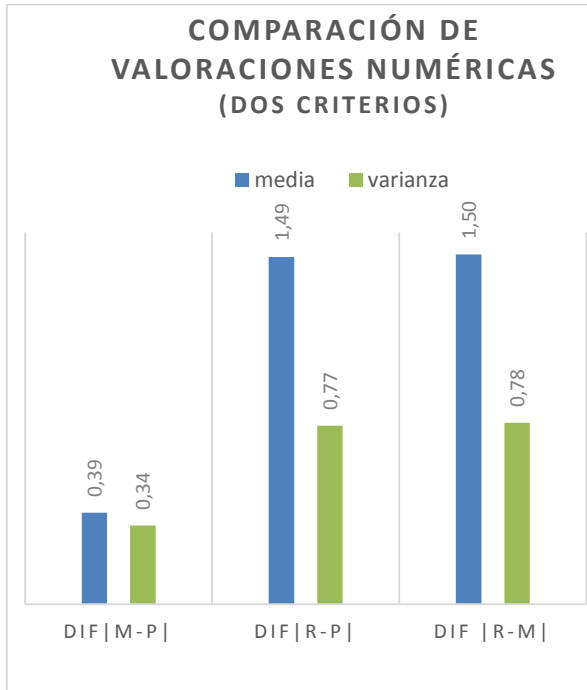


Ilustración 11-2 Comparación de Valoraciones numéricas, dos criterios

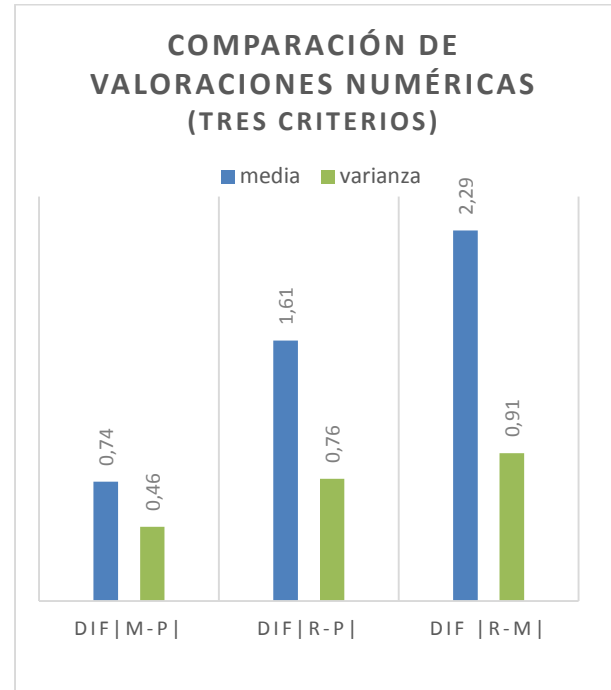


Ilustración 11-3 Comparación de Valoraciones numéricas, tres criterios

Al comparar los resultados obtenidos del cálculo de la media de las diferencias entre los diferentes métodos se puede determinar que el modelo más similar al método tradicional de valoración por promedio es el método de valoración difuso planteado, a pesar de tener una dispersión alta respecto al dominio de las notas, se puede apreciar que al sumar la diferencia media con el valor la varianza para dos criterios $0,39 + 0,34 = 0,73$ y $0,74 + 0,46 = 1,2$ para tres criterios, el resultado es menor que las medias de las diferencias entre los métodos de rúbrica vs promedio y rúbrica vs Mamdani; de acuerdo a los resultados obtenidos, los métodos de promedio y difuso, establecido para la simulación, no caracterizan de forma adecuada el modelo de evaluación por rúbricas, presentando una diferencia significativa respecto al rango de datos.

11.2.2 Comparación de valoraciones Lingüísticas

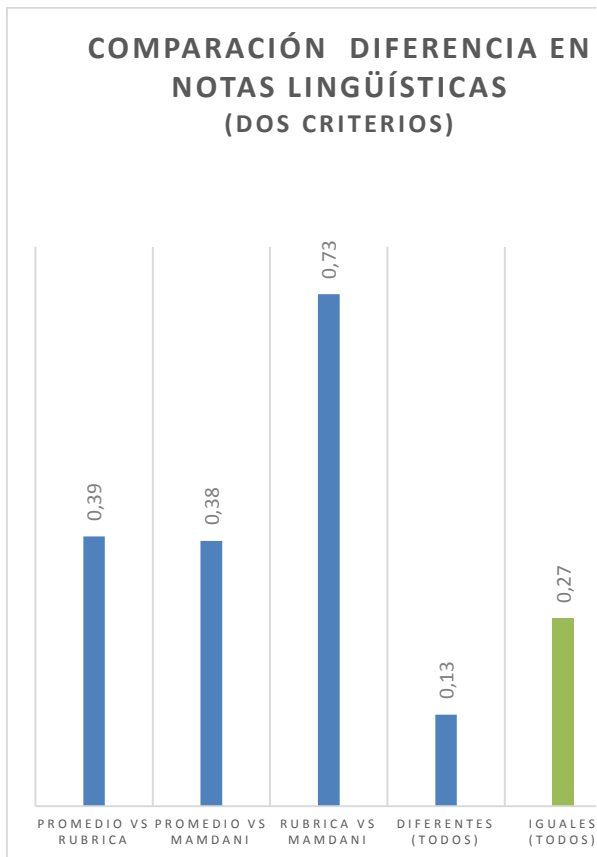


Ilustración 11-4 Comparación diferencia en notas Lingüísticas, dos criterios

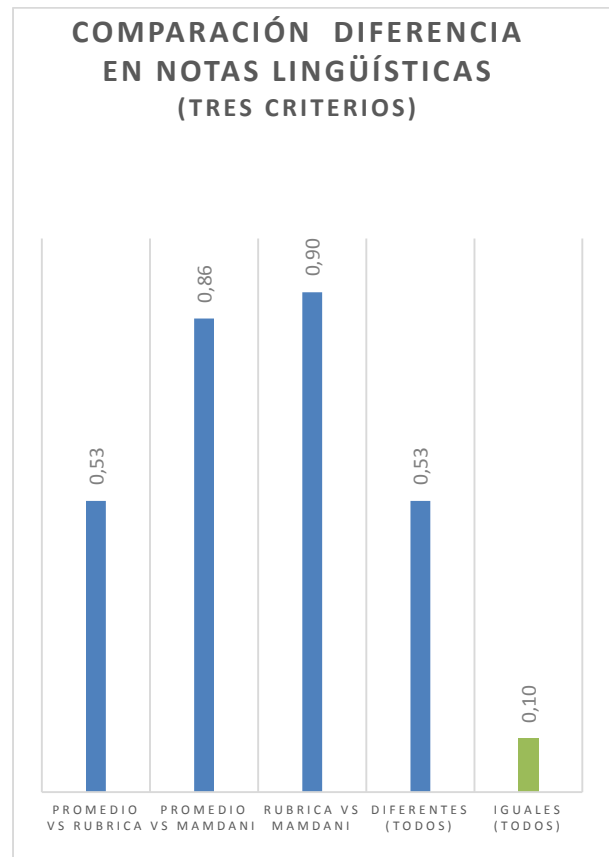


Ilustración 11-5 Comparación diferencia en notas Lingüísticas, tres criterios

Para encontrar las valoraciones lingüísticas Y_l de los métodos tradicionales, se requiere tener como insumo los resultados de numéricos de las valoraciones, una vez obtenidos estos resultados se procede a establecer de acuerdo a la tabla 12.2 cuál es la etiqueta lingüística correspondiente, como se muestra a continuación

si $0 \geq y_{pi} < 3$ entonces $y_{lpi} = bajo$

si $0 \geq y_{ri} < 3$ entonces $y_{lri} = bajo$

si $3 \geq y_{pi} < 3,8$ entonces $y_{lpi} = basico$

si $3 \geq y_{ri} < 3,8$ entonces $y_{lri} = basico$

si $3,8 \geq y_{pi} < 4,5$ entonces $y_{lpi} = alto$

si $3,8 \geq y_{ri} < 4,5$ entonces $y_{lri} = alto$

si $4,5 \geq y_{pi} < 5$ entonces $y_{lpi} = superior$

si $4,5 \geq y_{ri} < 5$ entonces $y_{lri} = superior$

(11-2)

Para el resultado obtenido con el método Mamdani se establece cuál dendroide de los conjuntos definidos para representar la escala de valoración nacional es más cercano el valor obtenido por el sistema de inferencia, el rotulo lingüístico perteneciente al centroide más cercano será el rotulo dado a la valoración cualitativa

Una vez establecidas las valoraciones cualitativas, se procede a comparar los rótulos obtenidos de apares, y se realiza un conteo de todas aquellas diferencias que se encuentran en los resultados, luego, se verifican cuantos rótulos son diferentes para los tres métodos de valoración y cuantos son iguales para todos los métodos, luego se calcula la proporción de los resultados obtenidos dividiendo por el número de valoraciones obtenidas para cada método, 153 para dos criterios y 969 para tres.

Los resultados lingüísticos tienen un margen de diferencia entre el método del promedio y el método difuso, sin embargo el valor similitud presentado es muy alto; los métodos de valoración por rúbrica y el método difuso; al comparar las diferencias entre los tres métodos, se puede establecer que la proporción de diferencias entre los resultados lingüísticos crece a medida que se aumentan los criterios, en el momento de seleccionar el modelo de valoración a ser debe ser consciente de la diferencia existente y del grado de exigencia que se desea aplicar.

11.2.3 Proporción de notas aprobadas

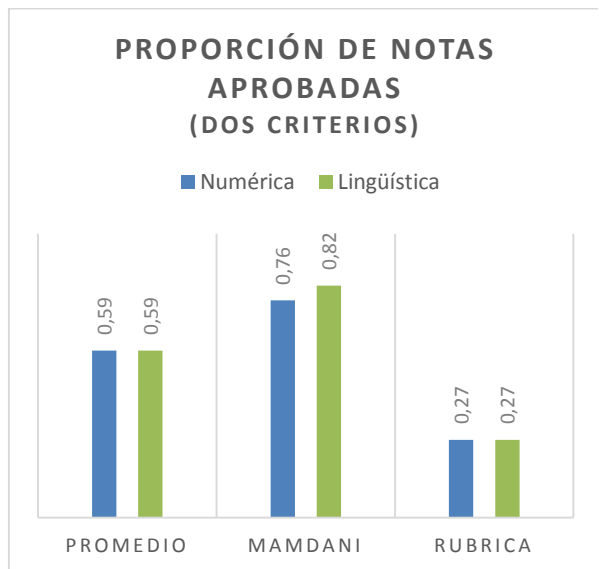


Ilustración 11-6 Proporción de notas aprobadas, dos criterios

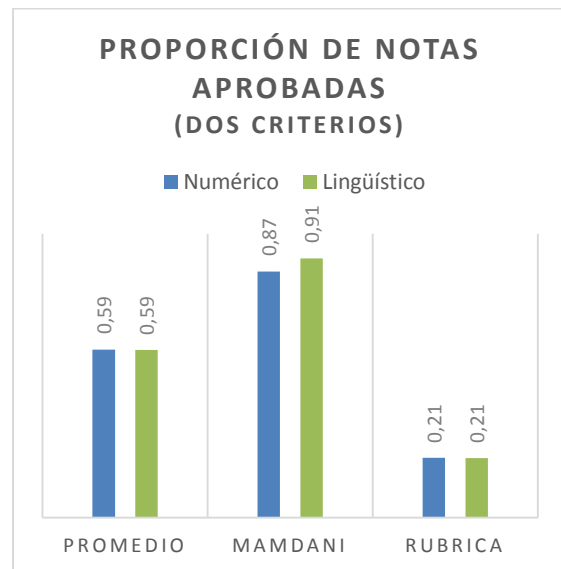


Ilustración 11-7 Proporción de notas aprobadas, tres criterios

Los resultados muestran que el número de posibles combinaciones de notas en los criterios de valoración con los cuales se logra un valor de aprobación es mayor para el método de valoración difuso, creciendo levemente en los resultados lingüísticos entregados por este, igualmente se evidencia que el método de valoración por rubricas es el más estricto, en la obtención de resultados considerados satisfactorios

11.2.4 Resultados atípicos en el sistema

Tabla 11-3 Casos anormales (o atípicos), resultados obtenidos para dos criterios de valoración

Caso	Nota	criterio de valoración 1	criterio de valoración 2	Resultado de Valoración		
				Difuso	Promedio	Rúbrica
1	numérica	0,5	4,9	4,1	2,7	2
	escala nacional	bajo	superior	alto	bajo	bajo
2	numérica	4,9	4,9	4,69	4,9	5
	escala nacional	superior	superior	superior	superior	superior

En el primer caso, la nota resultante del método difuso, es muy alta para tener un criterio de valoración cercano a cero; es un resultado explicable y correcto desde la teoría de la matemática difusa pues el método Mamdani, encuentra un valor concreto al hallar el centroide de un área activa; sin embargo, para el proceso de la valoración académica de un estudiante, podría especular que este resultado sería inaceptable para alguna proporción de la población docente tanto en la valoración numérica como en la valoración lingüística, de igual forma el resultado presentado en el segundo caso, para muchos alumnos puede resultar incompresible porque si los resultados de sus valoraciones son tan altos e iguales el resultado final de la valoración es menor al tradicionalmente esperado.

Tabla 11-4 Casos particulares, resultados obtenidos para tres criterios de valoración

Caso	Nota	critério de	critério de	critério de	Resultado de Valoración		
		valoración 1	valoración 2	valoración 3	Difuso	Promedio	Rúbrica 1
1	numérica	0,5	0,5	0,5	1,42	0,5	0
	escala nacional	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo
2	numérica	3,3	3,5	3,9	4,1	3,57	2,33
	escala nacional	básico	básico	alto	alto	básico	bajo
3	numérica	4,9	4,9	4,9	4,69	4,9	5
	escala nacional	superior	superior	superior	superior	superior	superior

En el primer caso, la nota resultante del método difuso, es muy alta en términos numéricos para tener todos los criterios de valoración cercanos a cero, sin embargo en términos lingüísticos el resultado es aceptable; en el segundo caso se evidencia la exigencia de la valoración por el método de rúbricas, si bien el método de valoración difuso es menos exigente que los tradicionales, está más cercano al resultado dado por el método de valoración por promedios que el método de valoración por rúbricas, el resultado presentado en el tercer caso, para muchos alumnos puede resultar incompresible porque si los resultados de sus valoraciones son tan altos e iguales el resultado final de la valoración es menor al tradicionalmente obtenido por otros métodos de valoración

11.3 ASPECTOS SENSIBLES DESDE LO PEDAGÓGICO

- ▶ La definición de los niveles seleccionados para la construcción de la rúbrica de valoración afecta el ajuste de los método de valoración difuso propuesto y el método de valoración por rubricas tradicional.
- ▶ Dadas las características del modelo de valoración por competencias, que busca establecer un nivel mínimo de desarrollo de la competencia, la presencia de criterios que no lleguen a este mínimo afecta, llevándola a disminuir la valoración final de

una manera más significativa que los niveles de alcance básico, alto y superior, esto se debe a que el área bajo la función que define el conjunto bajo, es más grande que el área que define las demás funciones.

- ▶ Los sistemas de valoración tradicionales, promedio y rúbrica, son más exigentes, es decir se dan menos combinaciones en las cuales se logra la nota mínima de aprobación numérica que el sistema difuso definido actualmente; sin embargo, el sistema difuso puede incrementar el nivel de exigencia según la configuración que el usuario desee para éste, por medio de la configuración de las funciones de pertenencia de cada uno de los conjuntos y de la definición de la base de reglas.

11.4 ASPECTOS SENSIBLES DEL MODELO DIFUSO

- ▶ La definición de los conjuntos difusos, tanto en diseño de las funciones de pertenencia como en la definición de la granularidad de estos, afecta el desempeño y nivel de representación de los modelos de valoración por competencias tradicionales al modelo difuso, como se muestra en el anexo 1.
- ▶ El modelo planteado es altamente sensible al método de defusificación seleccionado, siendo el método del centroide para la valoración con tres criterios y el método de bisector para la valoración con dos criterios el que presenta un mayor ajuste en los resultados, como se muestra en el anexo 2.
- ▶ La selección de las operaciones de implicación y agregación, afecta el proceso de modelado difuso del fenómeno de valoración. Se selecciona el min como operación de implicación y el max como operación de agregación por ser las operaciones que mejores resultados presentan hasta el momento, para esto se realizaron simulaciones, con los métodos producto para la t-norma, probor como t-conorma, aunque la variación no es significativa se obtienen mejores resultados. Esto puede ser explicado desde el punto de vista pedagógico, puesto que el proceso de valoración de cada competencia se busca ser estricto en el nivel de alcance de la misma, pero al realizar una valoración general del estudiante siempre se busca que el resultado final sea creciente y beneficioso para él[Dec 1290].

11.5 VALIDACIÓN DE RESULTADOS DEL SISTEMA DIFUSO

Para el proceso de validación de resultados del sistema difuso se realizó una encuesta a docentes de colegios públicos del área metropolitana del Valle de Aburra que imparten

asignaturas en las áreas de matemáticas, español, ética, y tecnología para los grados 10 y/o 11. En esta encuesta se le presentaron las siguientes preguntas:

Pregunta 1. En una escala de 1 a 5, siendo 5 *completamente de acuerdo* y 1 *nada de acuerdo*, ¿le parece que la representación gráfica de los diferentes niveles de la escala de valoración nacional Bajo, Básico, Alto, Superior, desplegada en la ilustración 1, es adecuada?

Tabla 11-5 Escala de valoración.

	5	4	3	2	1
Bajo					
Básico					
Alto					
Superior					

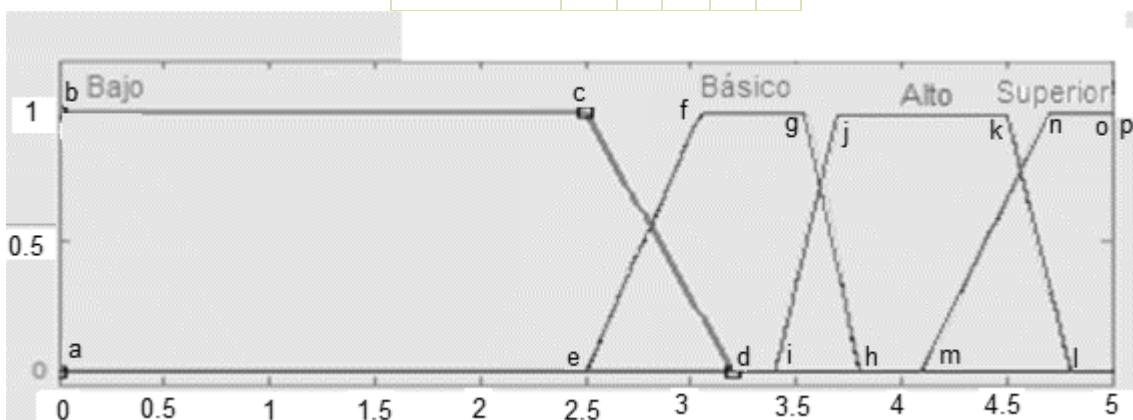


Ilustración 11-8. Representación Gráfica escala nacional

En general los docentes se presentan escépticos en el momento de la presentación de la gráfica, es se hace hizo necesario dar una explicación verbal a la audiencia sobre la interpretación de la gráfica para poder diligenciar la encuesta.

Tabla 11-6 Nivel de aceptación de las funciones de pertenencia definidas para los conjuntos difusos que representan la escala de valoración nacional.

Resultados	Total encuestados 52				
	5	4	3	2	1
Bajo	42%	19%	17%	13%	8%
Básico	23%	29%	25%	12%	12%
Alto	31%	25%	23%	12%	10%
Superior	29%	38%	17%	8%	8%

Se evidencia que la función del conjunto difuso utilizado para caracterizar el nivel básico es la que más desacuerdo genera en los docentes, mientras que el porcentaje de aceptación es bastante parejo en los diferentes niveles encontrados.

Si se toman como niveles de acuerdo o aceptación los resultados obtenidos para 3 puntos, 4 y 5, por convención y por niveles de desacuerdo el uno y el dos, al sumar los niveles de acuerdo y desacuerdo se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 11-7 Agrupación de los nivel de aceptación de las funciones de pertenencia definidas para los conjuntos difusos que pretenden representar la escala de valoración nacional.

Resultados	Aceptación	
	Acepta	No acepta
Bajo	79%	21%
Básico	77%	23%
Alto	79%	21%
Superior	85%	15%

Los niveles de aceptación de la escala de valoración propuesta son altos, sin embargo, varios de los encuestados, presentaron como sugerencia iniciar la escala de valoración en 1, pues en algunas instituciones educativas se modificó el rango de la escala de valoración a [1,5]; esto da una muestra de la falta de homogeneidad que se tiene en el momento de valorar el desempeño de los estudiantes.

Pregunta 2. Si tuviera la oportunidad de modificar la ubicación de los puntos demarcados por letras en la Ilustración 12-7, ¿dónde los localizaría (x, y) para conciliar las gráficas presentadas en el punto 1, con su percepción de esos niveles?

Tabla 11-8. Estructura para diligenciar las nuevas funciones de pertenencia propuestas por los docentes.

Ejemplo	i	j	k	l
Alto	3.4	3.7	4.5	4.8

	a	b	c	d
Bajo				
	e	f	g	h
Básico				
	i	j	k	l
Alto				
	m	n	o	p
Superior				
	r	s	t	u
Nivel extra⁹				

En el momento de responder las preguntas, los docentes manifestaron, que no diligenciarían esta pregunta si estaban de acuerdo con la escala propuesta, por lo tanto en esta tabulación de los resultados, las encuestas no diligenciadas se tuvieron en cuenta con

⁹ Agregue niveles de valoración *extra* si Ud. considera que los determinados por el ministerio son insuficientes

los datos de la escala propuesta en el punto 2; se tabulan en total 39 encuestas, y se obtienen los siguientes resultados

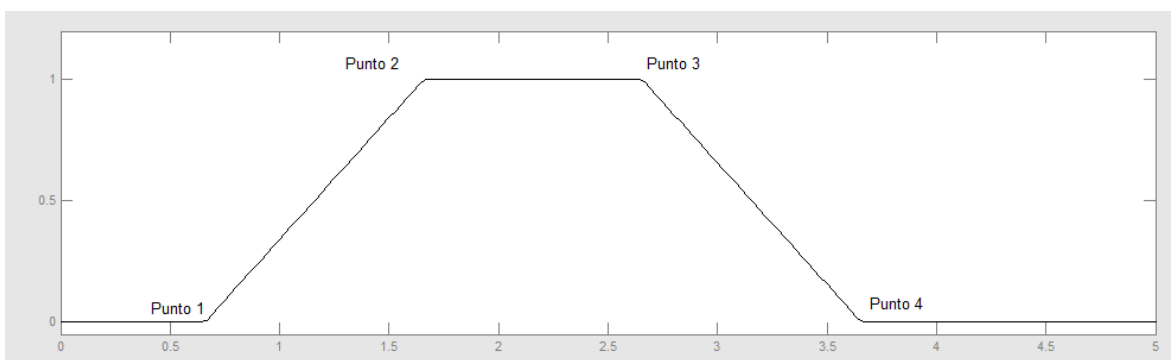


Ilustración 11-9 Ubicación de los puntos en las funciones de pertenencia.

Tabla 11-9 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la moda.

MODA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	0	0	2,5	3,3
básico	2,5	3	3,5	3,8
alto	3,4	3,7	4,5	4,8
superior	4,4	4,7	5	5

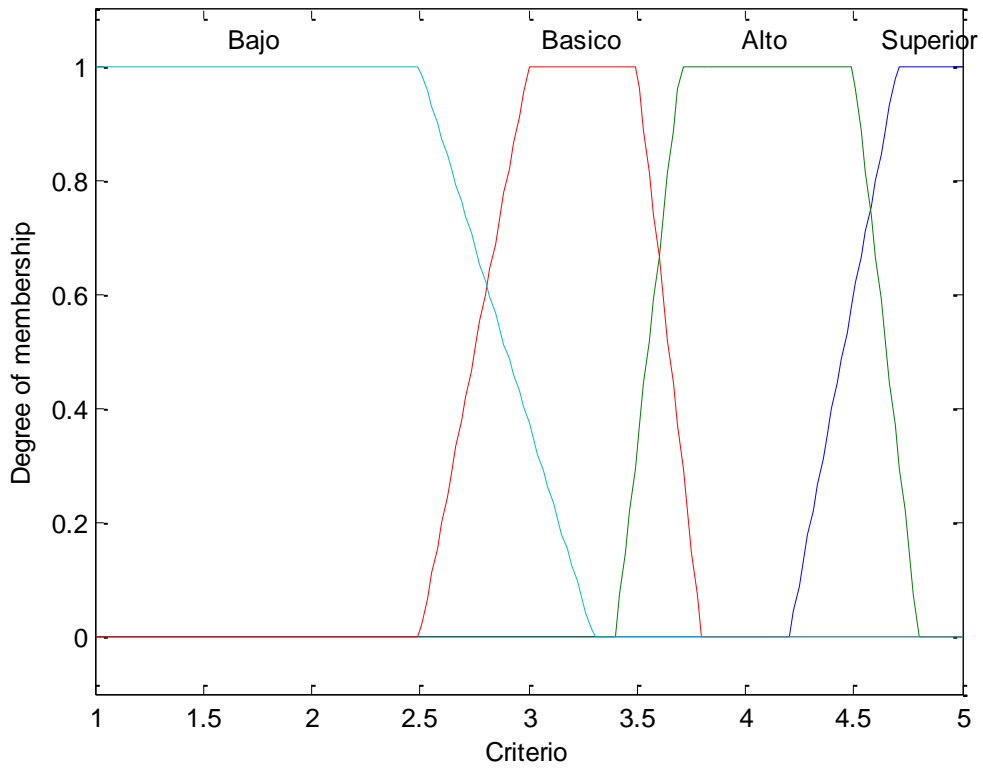


Ilustración 11-10 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la moda.

Tabla 11-10 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la mediana.

MEDIANA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	0	1	2,5	3,3
básico	2,9	3	3,5	3,8
alto	3,4	3,7	4,5	4,8
superior	4,4	4,7	5	5

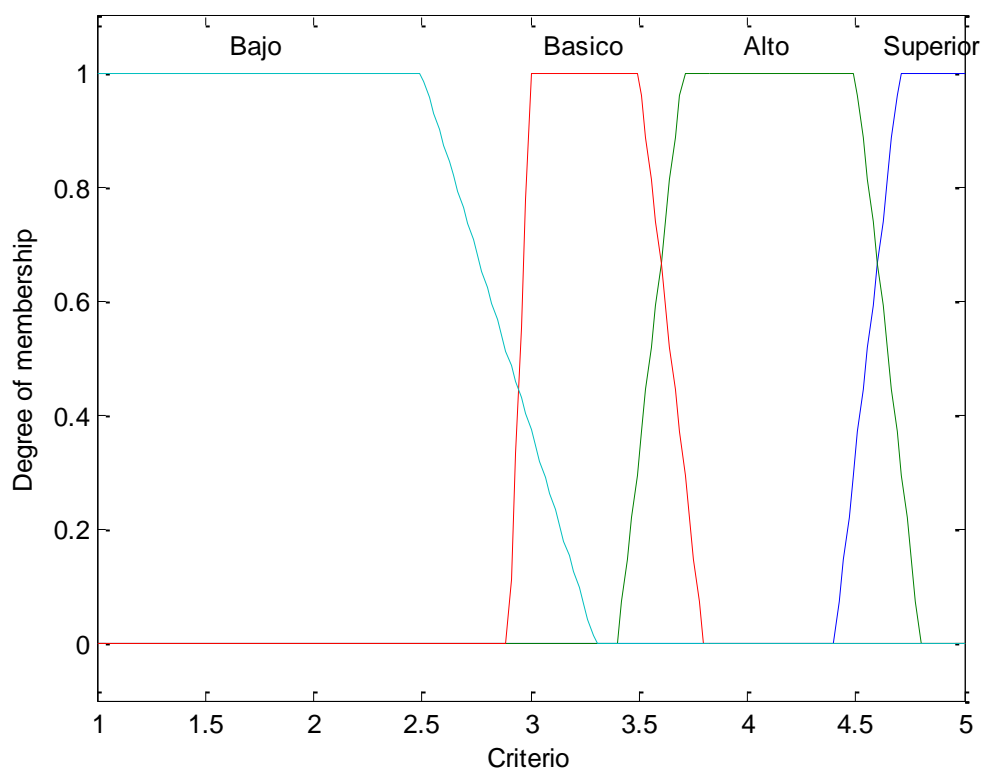


Ilustración 11-11 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la mediana.

Tabla 11-11 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la media.

MEDIA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	0,38	0,67	2,60	3,15
básico	2,73	3,08	3,53	3,82
alto	3,64	3,88	4,45	4,71
superior	4,43	4,72	4,96	5

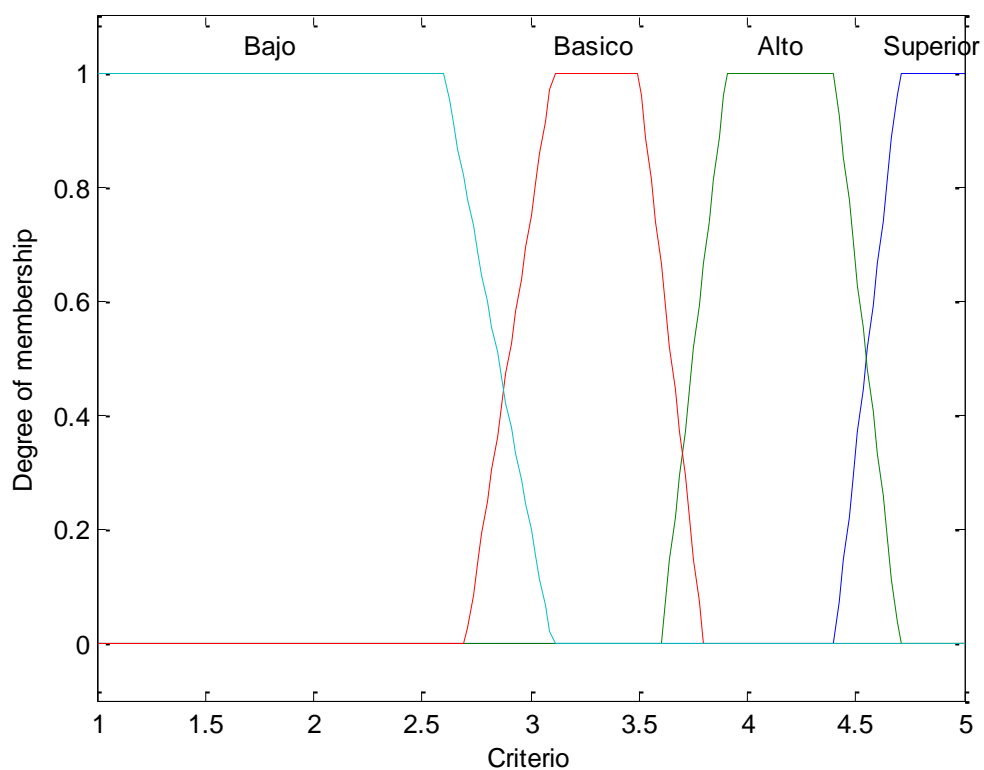


Ilustración 11-12 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta todos los resultados y como estadístico la media.

Tabla 11-12. Variancia de la media encontrada para los puntos establecidos por los docentes para las funciones de pertenencia, teniendo en cuenta todos los resultados

VARIANZA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	0,48	0,75	0,23	0,20
básico	0,32	0,21	0,16	0,10
alto	0,28	0,24	0,15	0,14
superior	0,28	0,15	0,10	0,02

A continuación se presentan las funciones de pertenencia resultantes de tabular solo aquellas encuestas que proponen algún tipo de variación a la distribución definida en la pregunta 1, se tabulan en total 26 encuestas

Tabla 11-13 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico la moda

MODA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	1	1	2,5	2,9
básico	3	3	3,5	3,9
alto	3,7	4.0	4,5	4,5
superior	4,5	4,7	5	5

Al analizar esta distribución de la escala lingüística en la escala numérica preocupa que algunos puntos, al sumar los grados de pertenencia a los diferentes conjuntos no alcanzan un grado de pertenencia total igual a 1 y se identifica que algunos elementos de la escala numérica no pertenecen a ningún nivel de la escala lingüística, es el caso del intervalo (2,9 ,3,0), estas situaciones pueden alterar los resultados obtenidos por las valoraciones, incrementando la media de la diferencia existente entre los métodos, como se muestra en el anexo 1.

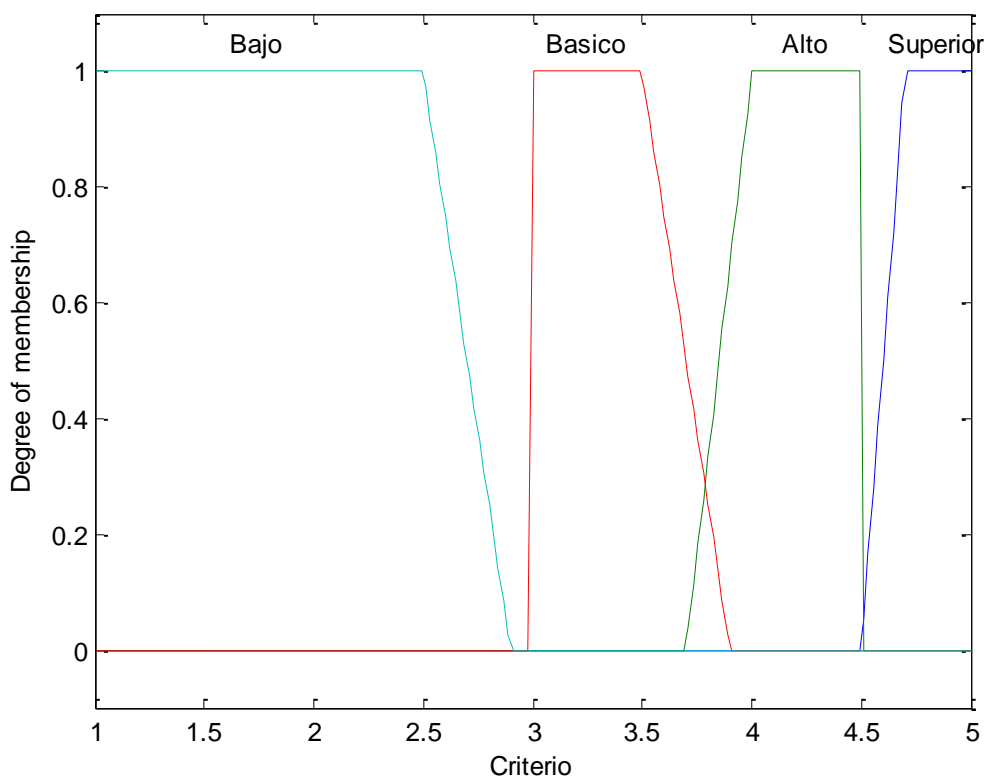


Ilustración 11-13 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Moda

Tabla 11-14 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Mediana

MEDIANA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	1	1	2,5	3
básico	3	3	3,5	3,8
alto	3,9	4.0	4,5	4,7
superior	4,5	4,7	5	5

El rango de notas (3,8; 39) no es tenido en cuenta en la distribución de los docentes, según esto un estudiante que obtenga una nota de 3,85 no estará definido en el escala nacional,

por lo tanto al calcular la el valora aportado por este criterio al sistema de inferencia, el grado de pertenencia de este criterio a todas las funciones será cero, por tanto afecta la valoración final obtenida.

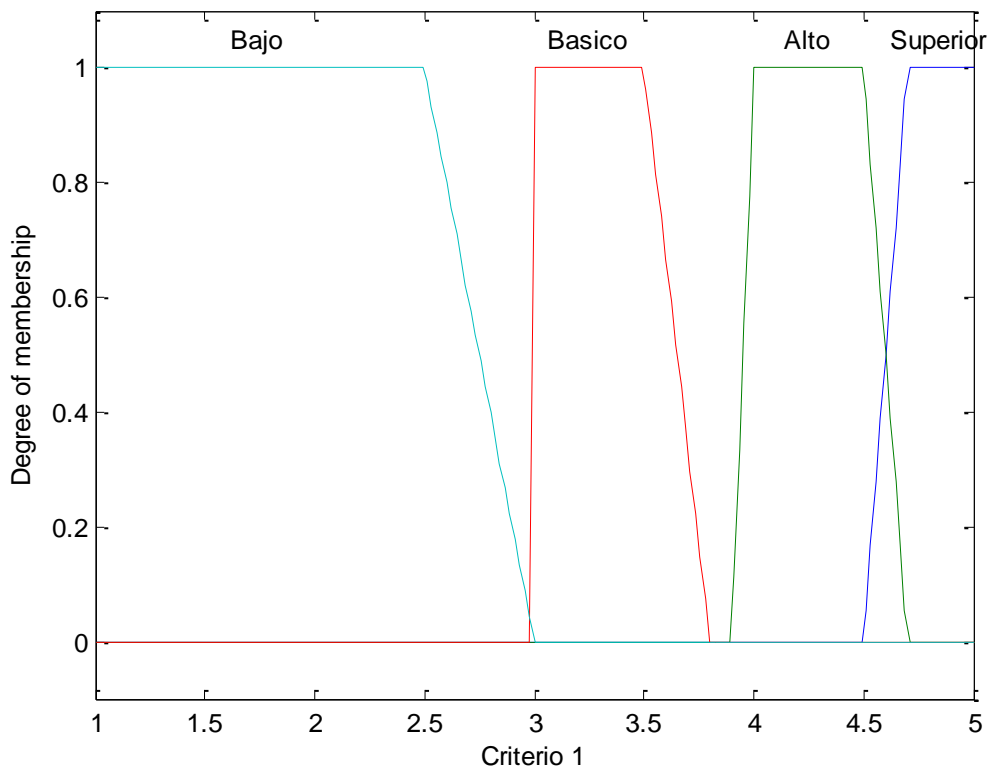


Ilustración 11-14 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Mediana

Tabla 11-15 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico Media

MEDIA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	0,54	0,97	2,64	3,08
básico	2,83	3,11	3,54	3,82
alto	3,74	3,96	4,42	4,66
superior	4,54	4,73	4,94	5

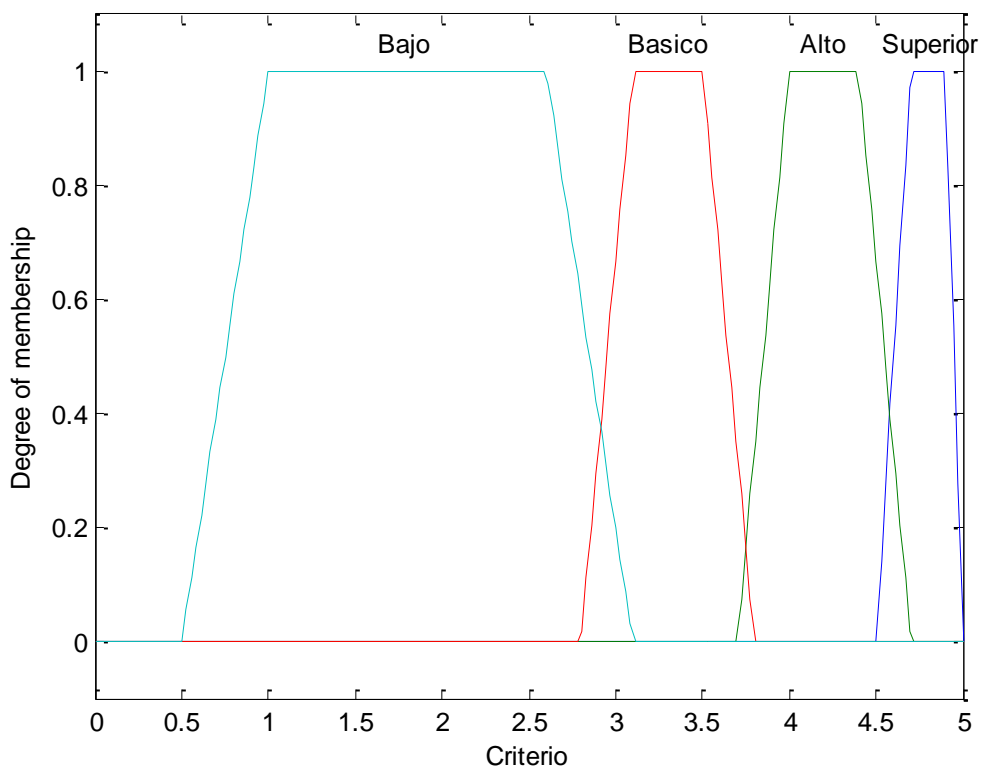


Ilustración 11-15 Definición de funciones de pertenencia propuesta por docentes teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos y como estadístico la Media

Esta distribución sugiere que sería necesario redefinir el rango de la escala de valoración nacional para iniciar en 0,5 o 1,0 idealmente, como se ha hecho en varias instituciones educativas

Tabla 11-16 Variancia de la media encontrada para los puntos establecidos por los docentes para las funciones de pertenencia, teniendo en cuenta solo los resultados con cambios propuestos

VARIANZA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Bajo	0,49	0,73	0,27	0,20
básico	0,34	0,24	0,19	0,13
alto	0,28	0,25	0,18	0,15
superior	0,28	0,18	0,11	0,02

Pregunta 3. Suponga que se encuentra en un momento valorativo en el que se busca evidenciar el resultado de aprendizaje de una competencia específica, y para ello se emplean tres criterios de desempeño de igual importancia. Por cada combinación presentada en las 3 primeras columnas, coloque una x en la casilla de **uno de los cuatro** niveles de valoración presentados en la tabla 2, con el fin de establecer el correspondiente resultado de aprendizaje de la competencia.

Tabla 11-17 Formato para ingresar los resultados de valoración lingüística

Valoración Criterio de desempeño 1	Valoración Criterio de desempeño 2	Valoración Criterio de desempeño 3	Valoración Resultado de Aprendizaje de competencia			
			bajo	básico	alto	superior
superior	alto	bajo				
superior	superior	bajo				
superior	bajo	bajo				
superior	alto	básico				
superior	básico	básico				
superior	básico	superior				
superior	básico	bajo				
superior	alto	alto				
superior	superior	alto				
Alto	alto	bajo				
Alto	básico	bajo				
Alto	alto	básico				
Alto	bajo	bajo				
Alto	básico	básico				
básico	básico	bajo				
básico	bajo	bajo				

Los resultados de esta pregunta permitirán hacer ajustes en la base de reglas del sistema de inferencia difuso, determinando cual es la configuración que mejor representa la forma de realizar valoración de los diferentes docentes encuestados.

Para hacer la nueva simulación solo se cambiarán aquellos resultados cuyo porcentaje de aceptación este por debajo del 60%, esta decisión se toma, ya que al seleccionar valores más altos para el grado de aceptación la nueva configuración de la base de reglas no representaría de forma adecuada el razonamiento de los docentes encuestados.

Tabla 11-18 Resultados obtenidos del proceso de valoración lingüística

Valoración Criterio de desempeño 1	Valoración Criterio de desempeño 2	Valoración Criterio de desempeño 3	Valoración					Resultado	Sistema	de
			Resultado de Aprendizaje de competencia					resultado base de reglas ¹⁰	Porcentaje de Concordancia	
			bajo	básico	alto	superior	no marcada			
superior	alto	bajo	5	36	17	0	1	básico	61,02	
superior	superior	bajo	4	9	42	1	3	alto	71,19	
superior	bajo	bajo	33	25	0	0	1	básico	42,37	
superior	alto	básico	1	13	42	0	3	alto	71,19	
superior	básico	básico	1	42	15	0	1	básico	71,19	
superior	básico	superior	0	2	48	7	2	alto	81,36	
superior	básico	bajo	3	51	3	0	2	básico	86,44	
superior	alto	alto	0	0	48	8	3	alto	81,36	
superior	superior	alto	0	0	17	40	2	alto	28,81	
Alto	alto	bajo	2	39	17	0	1	básico	66,10	
Alto	básico	bajo	7	50	1	0	1	básico	84,75	
Alto	alto	básico	1	21	35	0	2	básico	35,59	
Alto	bajo	bajo	20	31	8	0	0	bajo	33,90	
Alto	básico	básico	0	56	1	1	1	básico	94,92	
básico	básico	bajo	20	35	1	0	3	bajo	33,90	
básico	bajo	bajo	40	17	1	0	1	bajo	67,80	

¹⁰ Resultado base de reglas definido por autor.

Los resultados muestran que el proceso de valoración del sistema de inferencia difuso, presenta aceptación en 10/14 opciones presentadas en términos de valoraciones lingüísticas. Para la prueba fueron seleccionadas un conjunto de combinaciones que hicieran una muestra representativa de la forma de razonamiento difuso; cabe resaltar que en aquellas opciones en donde se presenta un bajo nivel de aceptación, inferior al 60% se da porque la forma de razonamiento planteado en la configuración es más estricto que la forma de razonamiento de los docentes en el día a día, esto se debe a que los procesos de valoración buscan siempre estar a favor del estudiante, exceptuando el primer caso, en el cual el razonamiento planteado era más permisivo que el razonamiento normal de los docentes

Es de anotar, que la encuesta está diseñada para que los docentes determinen las valoraciones (notas) independiente del estudiante que obtuviese los resultados; es evidente la disparidad de los resultados, esto evidencia el nivel de subjetividad que tiene el proceso de valoración; se espera que de implementarse el sistema con estudiantes reales el nivel de subjetividad del proceso valorativo aumente.

Tabla 11-19 Comparativo de los resultados obtenidos del proceso de valoración lingüística y los resultados definidos en la base de reglas

Pregunta 4. Suponga que se encuentra en un momento valorativo en el cual se busca evidenciar el resultado de aprendizaje de una competencia específica, y para ello se emplean tres criterios de desempeño de igual importancia. Por cada combinación presentada en las 3 primeras columnas de la Tabla 3, seleccione **dos resultados (por fila)** que considere cercanos a la valoración numérica que asignaría Ud. al resultado de aprendizaje de la competencia.

Tabla 11-20 Resultados de valoración numérica para tres criterios de desempeño usando los métodos difuso, promedio y rúbrica

<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 1	<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 2	<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 3	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 1	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 2	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 3
1	2,9	3,5	3,20	2,47	0,00
4,7	4,5	3,1	4,22	4,10	3,67
3,1	4,5	4,3	4,16	3,97	3,0
3,1	4,1	4,7	4,10	3,97	3,00
3,1	4,5	4,3	4,16	3,97	3,00
4,5	2,7	4,9	4,18	4,03	3,00
4,3	0,5	4,3	4,10	3,03	1,67
3,5	3,5	4,5	4,16	3,83	3,67
3,3	4,9	2,9	4,10	3,70	1,67
0,5	3,9	3,5	3,49	2,63	1,67
4,1	4,7	3,1	4,10	3,97	3,00
1,5	3,3	4,5	3,63	3,10	1,67
3,5	3,5	3,9	4,10	3,63	3,00
2,5	4,9	4,3	4,10	3,90	2,33
4,5	2	2,7	3,55	3,07	0,00
4,3	2	4,5	4,10	3,60	2,33
2,7	4,7	2	3,55	3,13	0,00
4,7	3,7	4,3	4,41	4,23	0,00

Obteniendo los siguientes resultados

Tabla 11-21 Resultado de selección de valoraciones obtenidas con los diferentes métodos difuso, promedio, rúbrica

Valoración numérica Criterio de desempeño o 1	Valoración numérica Criterio de desempeño o 2	Valoración numérica Criterio de desempeño o 3	Valoración numérica Resultado de aprendizaje 1 Difuso		Valoración numérica Resultado de aprendizaje 2 Promedio		Valoración numérica Resultado de aprendizaje 3 Rúbrica	
			nota	votos	nota	votos	nota	votos
1	2,9	3,5	3,2	31	2,47	38	0	3
4,7	4,5	3,1	4,22	30	4,1	38	3,67	8
3,1	4,1	4,7	4,1	34	3,97	38	3	4
3,1	4,5	4,3	4,16	34	3,97	37	3	2
4,5	2,7	4,9	4,18	30	4,03	38	3	6
4,3	0,5	4,3	4,1	22	3,03	38	1,67	12
3,5	3,5	4,5	4,16	13	3,83	38	3,67	23
3,3	4,9	2,9	4,1	30	3,7	37	1,67	5
0,5	3,9	3,5	3,49	23	2,63	38	1,67	14
4,1	4,7	3,1	4,1	31	3,97	38	3	7
1,5	3,3	4,5	3,63	33	3,1	38	1,67	5
3,5	3,5	3,9	4,1	21	3,63	38	3	15
2,5	4,9	4,3	4,1	33	3,9	38	2,33	4
4,5	2	2,7	3,55	34	3,07	38	0	2
4,3	2	4,5	4,1	28	3,6	38	2,33	7
2,7	4,7	2	3,55	33	3,13	38	0	3
4,7	3,7	4,3	4,41	37	4,23	38	0	1

En general cuando a los docentes se les pide seleccionar dos notas como posibles métodos de valoración en resultados numéricos, tienden a promediar las notas dadas; para la selección del segundo resultado numérico, que consideran más acorde, en la mayoría de los casos, los docentes seleccionan la valoración entregada por el método difuso.

11.6 SIMULACIONES RESULTANTES DE LOS CAMBIOS EFECTUADOS EN LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DIFUSO PRODUCTO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN

11.6.1 –Simulaciones con los ajustes hechos al sistema de inferencia con los resultados obtenidos teniendo en cuenta las encuestas no diligenciadas.

Para la simulación, se toman las mismas notas utilizadas anteriormente, se vuelve a procesar los datos con los conjuntos de la simulación inicial, luego se realiza el ajuste del sistema de inferencia, se asignan las nuevas funciones de pertenencia de acuerdo a los datos resultantes de la tabulación de la encuesta como se muestra en las tablas 8, 9 y 10 de esta sección. La base de reglas también debe ser configurada con los cambios resultantes de la pregunta 2.

Se obtienen los siguientes resultados:

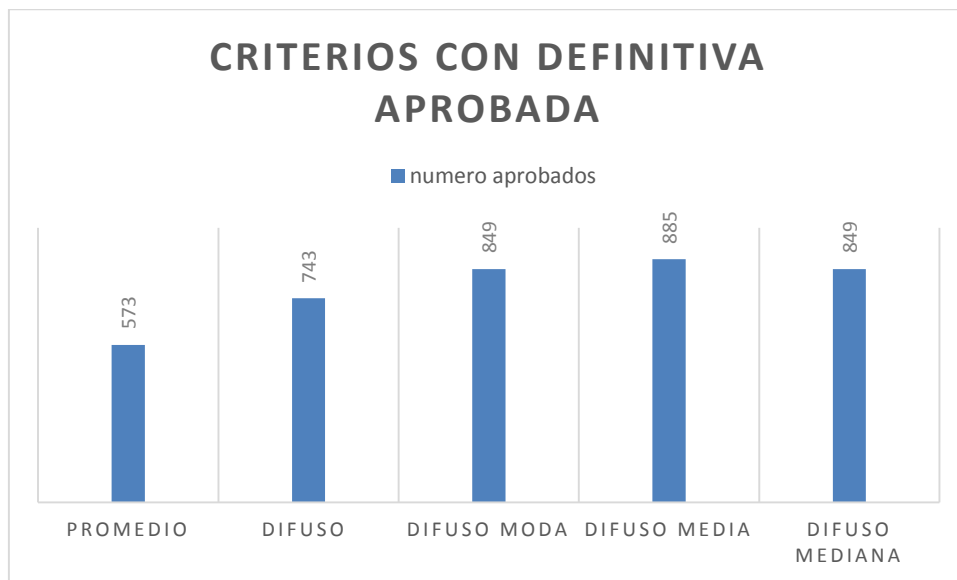


Ilustración 11-16 Número posible de aprobaciones en las diferentes configuraciones del sistema de inferencia, con la información aportada por todos los docentes

Los resultados de las simulaciones muestran una leve cercanía a los resultados obtenidos con el método del promedio en cuanto a número de valoraciones aprobadas.

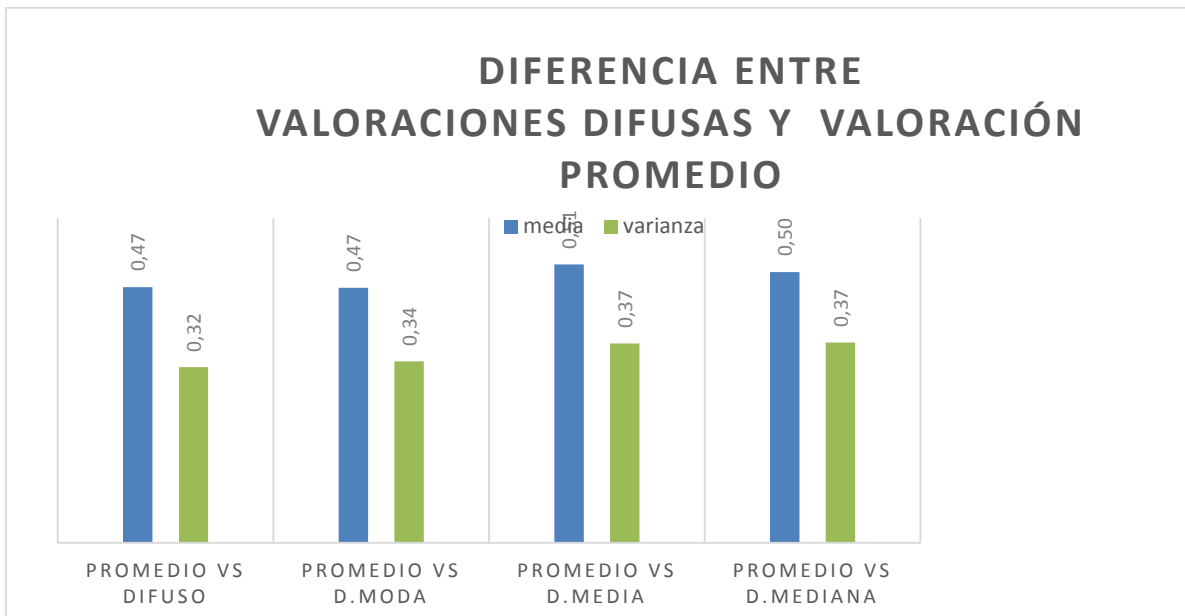


Ilustración 11-17 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por promedios para tres criterios con la información aportada por todos los docentes

La diferencia media de los resultados de obtenidos entre con los diferentes método de inferencia y el promedio p, sin embargo los resultados permanece igual para el resultado del sistema de inferencia con los valores de la moda, respecto a los valores de la media y la mediana aumentaron respecto a los valores del sistema de inferencia inicial. Esto se da porque en general las funciones de pertenencia no sufrieron un cambio grande en su estructura, presentaron un desplazamiento en el eje x, lo que hace que el área bajo las funciones sea muy similar, cuando algunas notas se acercan más al valor dado en el promedio otras se alejan.

Al comparar los resultados encontrados con la rubrica1 encontramos los siguientes resultados

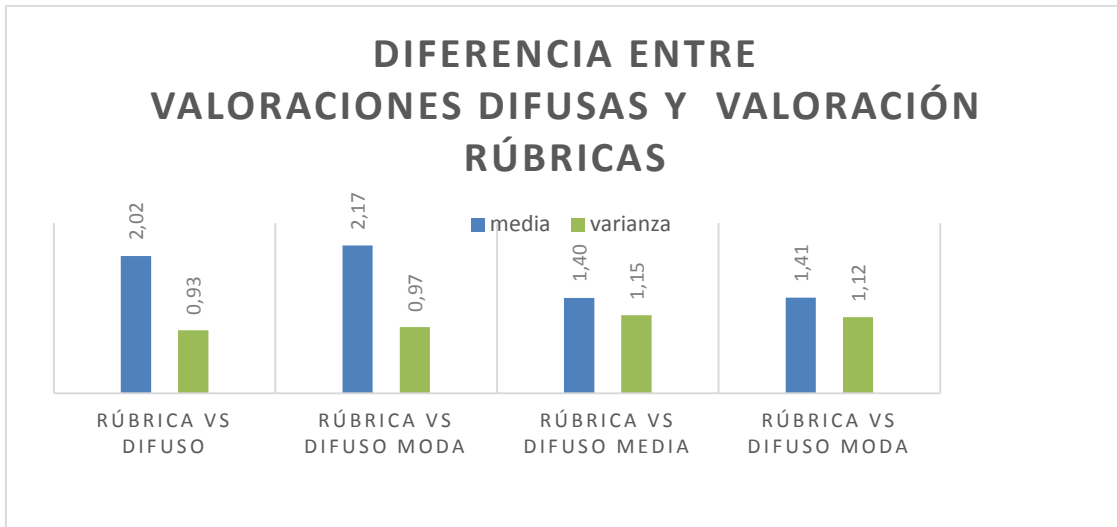


Ilustración 11-18 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por rúbricas para tres criterios con la información aportada por todos los docentes

La media de la diferencia entre el sistema difuso inicialmente, en esta configuración de los sistemas de inferencia la mayoría de los datos vienen dados por la configuración del sistema difuso con el cual se realizaron simulaciones inicialmente, si bien para las configuraciones dadas por la media y la moda se logra una gran disminución en la media de la diferencia, la varianza muy alta y permite saber que en general los elementos están igual de dispersos alrededor de la media, en un valor muy alto, lo que evidencia que esta configuración no logra representar el modelo de evaluación por medio de rúbricas

11.6.2 Simulaciones con los ajustes hechos al sistema de inferencia con los resultados obtenidos sin tener en cuenta las encuestas no diligenciadas.

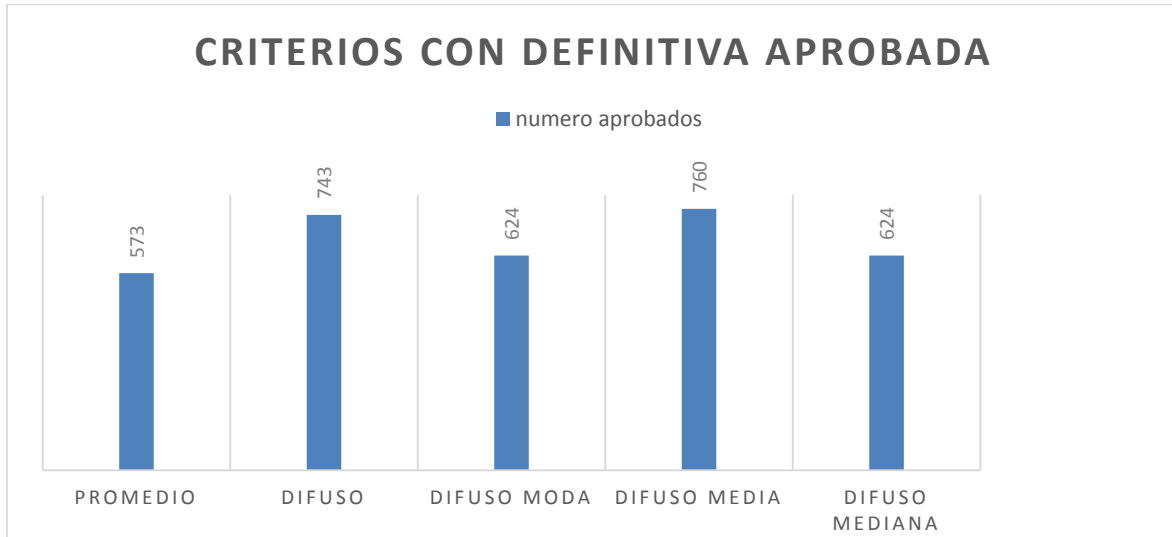


Ilustración 11-19 Número posible de aprobaciones en las diferentes configuraciones del sistema de inferencia, con la información aportada por todos los docentes

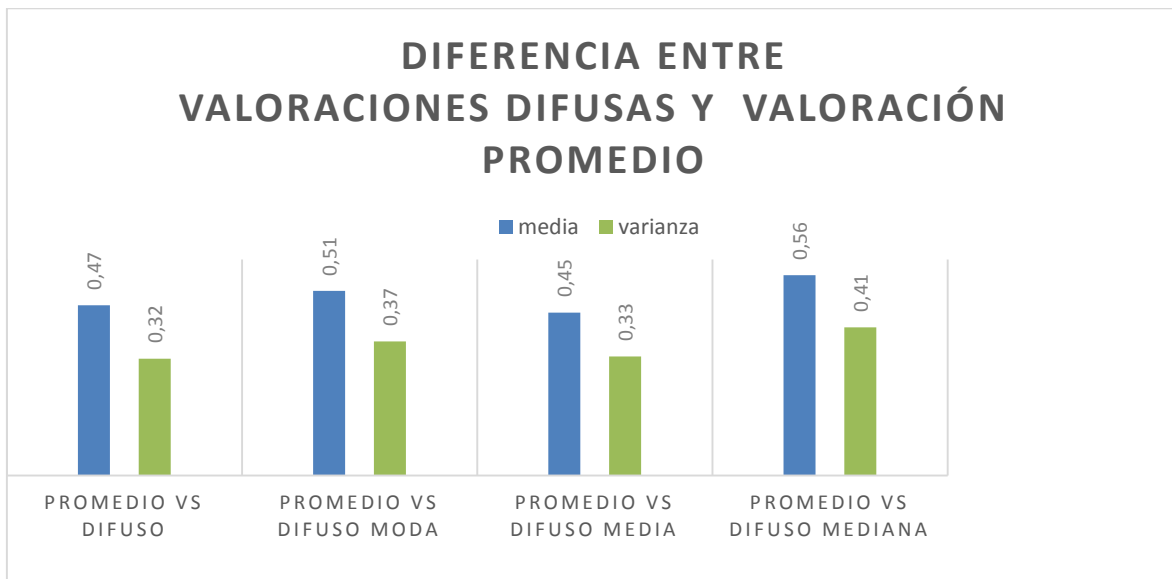


Ilustración 11-20 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por promedios para tres criterios con la información aportada solo por los docentes que prepusieron cambios a las funciones iniciales

Si bien los resultados obtenidos logran demostrar un acercamiento al método difuso en cuanto a valoraciones aprobadas, en general la variación encontrada entre las diferencias

obtenidas con los sistemas de inferencia propuesta por los docentes no presenta información que permita establecer una mejoría entre la escala propuesta inicialmente y la escala propuesta por los docentes, los resultados obtenidos se pueden acercar más a los deseados en algunos niveles de la escala pero también se aleja en otros, no obstante, el método presenta una base que puede ser ajustada para obtener mejores resultados, es importante que todos los elementos del rango de valoración sean tenidos en cuenta y que las funciones sean definidas como una partición difusa.

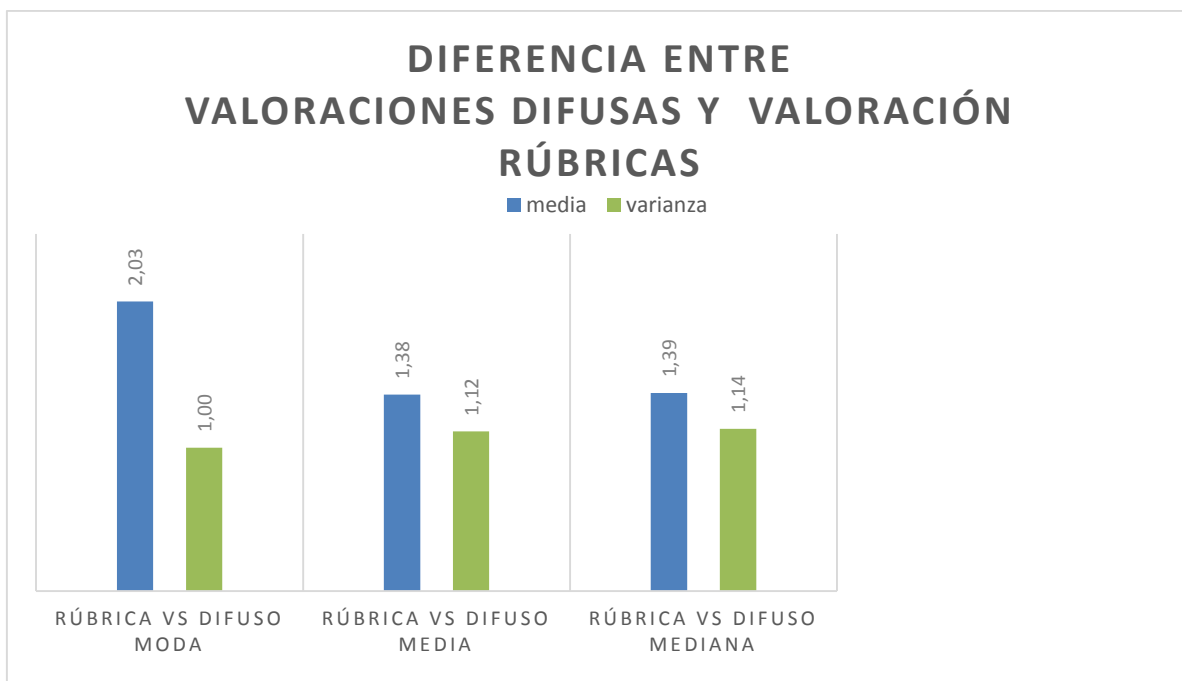


Ilustración 11-21 Media de la diferencia y varianza entre métodos de valoración difusas y la valoración por rúbricas para tres criterios con la información aportada solo por los docentes que prepusieron cambios a las funciones iniciales

Los resultados obtenidos comparados con la rúbrica de valoración tradicional presentan marcadas diferencias, el método de valoración por rúbricas sigue siendo el más exigente entre los métodos tradicionales de valoración, se requiere hacer una reconfiguración conjunta de las funciones de pertenencia presentadas en los conjuntos y la base de reglas definida para el sistema de inferencia.

12 CONCLUSIONES

Los resultados presentan una marcada diferencia media de los resultados obtenidos entre los diferentes métodos utilizados, incluso existe una diferencia muy significativa entre los dos métodos de valoración tradicionalmente utilizados; lo que significa que la selección de cualquiera de los métodos puede presentar una variación importante en la valoración final que obtendrá el estudiante, como los métodos de valoración tradicionales son indistintamente utilizados en las diferentes instituciones y en muchos casos son mezclados en el proceso de valoración no es viable asumir ninguno de los métodos como el más adecuado para la valoración.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el proceso de validación, se puede establecer que el modelo de valoración difuso planteado hace una representación aceptable del proceso de valoración por competencias, y facilita la valoración de los estudiantes en términos cualitativos.

Para que el modelo de inferencia tenga un comportamiento aceptable se debe tener especial cuidado en la construcción de las funciones de pertenencia que representaran la escala lingüística, las funciones de pertenencia deben ser construidas como una partición difusa; al igual que la definición de la base de reglas a utilizar, debe contemplar todos los posibles casos y debe plasmar el nivel de exigencia deseado de la institución, esto determinará el nivel de exigencia a tener en cuenta en modelo de valoración difuso. Cuando los conjuntos se distribuyen aceptando solapamiento entre las funciones el sistema de inferencia tiene un comportamiento más cercano al modelo de valoración tradicional de promedios, cuando se seleccionan las funciones de forma tal que no tenga solapamiento, el sistema tiende a comportarse de forma más similar al sistema tradicional de valoración por rúbricas, en algunos resultados, pero el número de resultados anómalos es mayor, por lo que se recomienda mantener el solapamiento entre los conjuntos.

El modelo para valoración por competencias utilizando lógica difusa permite al docente optimizar el proceso de configuración de herramientas para la valoración, pues solo requiere determinar cuáles son los criterios de valoración a tener en cuenta en cada momento, y le permitirá tener un conocimiento discriminado de los resultados obtenidos por el estudiante por cada uno de sus dominios, si bien el sistema presenta facilidades desde lo pedagógico para efectuar los procesos valorativos y estandariza los resultados de la

medición para los estudiantes en cuanto a la valoración cualitativa, al dar un valor final de acuerdo a unos criterios de entrada, el proceso es altamente costoso en términos computacionales, debido al crecimiento de la base de reglas al aumentar el número de criterios de valoración , para poder llevar a cabo un seguimiento del proceso del estudiantes no solo se requiere manejar computación distribuida para el procesamiento sino que requiere el diseño de un repositorio de almacenamiento de información bien estructurado para permitir el procesamiento de los resultados obtenidos por el estudiante en cada momento valorativo para llevar a cabo la valoración final. Una vez establecidos estos mecanismos se puede pensar en integrar un proceso semi-evaluativo al sistema de valoración

13 BIBLIOGRAFIA

[ADAM, 2004] Adam, Stephen. Using Learning Outcomes: A consideration of the nature, role, application and implications for European education of employing learning outcomes at the local, national and international levels. Report on United Kingdom Bologna Seminar, July 2004, Herriot-Watt University

[BAI Y CHEN, 2008] Bai, S.-M; Chen, S.-M. Evaluating students' learning achievement using fuzzy membership functions and fuzzy rules. *Expert Systems with Applications*, 34, 399–410

[BANCO MUNDIAL, 2009] Unidad de Gestión del Sector Humano, Oficina Regional de América Latina y el Caribe. *La Calidad de la Educación en Colombia: Un análisis y algunas Opciones para un programa de Política*. 2009

[BISWAS, 1995] R. Biswas, An application of fuzzy sets in students' evaluation, *Fuzzy Sets and Systems* 74 .1995. pag 187-194

[CHEN Y LEE, 1997] Chen, S. M., & Lee, C. H. (1999). New methods for students' evaluating using fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 104(2), 209–218.

[CHURCES, 2009] CHURCES, Andrew. *Taxonomía de Bloom para la era digital*. Eduteka. 2009

[CONEJO, GUZMÁN Y OTROS, 2004] CONEJO, Ricardo., GUZMAN, Eduardo, OTROS. *SIETTE: A Web-Based Tool for Adaptive Testing*. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Facultad de Informática, Campus de Teatinos, 29071. Málaga, Spain.

[GONZI y ATHANASOU, 1996] GONZI, Andrew; ATHANASOU, James. *Instrumentación de la educación basada en competencias. Perspectiva de la teoría y la práctica en Australia*. Ed. Limusa. 1996

[KLIR, YUAN, 1995] KLIR, George, YUAN, Bo. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*. Prentice Hall, 1995

[MCCLELLAND, 1973] MCCLELLAND, D.C. "Testing for Competence rather than for Intelligence", in *American Psychologist*. January 1973, 1-14p.

[MEN, 2010] Ministerio de Educación Nacional. *Revolución Educativa 2002-2010. Acciones y Lecciones*, Bogotá. 2010.

[MENDEL, 2001] Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2001

[MERTLER, 2001] MERTLER, Craig A. Designing scoring rubrics for your classroom. Practical Assessment, Research & Evaluation, 7(25). Retrieved April 19, 2014 from <http://PAREonline.net/getvn.asp?v=7&n=25>

[PARRA, 2009] PARRA A. Claudia Patricia. EVALUACION POR COMPETENCIAS PROPUESTA DESDE EL DECRETO 1290. Alianza Medellín Futuro Digital. 2009

[PRESSMAN, 2010] PRESSMAN, Roger. Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. McGrawHill, 7maEdicion 2010.pag 37.

[RODRÍGUEZ Y FELIZ ,1996]. FELIÚ SALAZAR Pedro. Y RODRÍGUEZ TRUJILLO Nelson. “Manual descriptivo y de aplicación de la prueba de estilo gerencial” (PEG01) PsicoConsult. (1996)

[ROSETO, 2012] ROSETO, Claudia. Estrategia Metodológica Para El Seguimiento Al Desarrollo De Competencias En Estudiantes De La Media Técnica Del Proyecto Alianza Futuro Digital Medellín (Afdm). Tesis de trabajo de grado no publicada, Universidad EAFIT, Escuela de Posgrado, Medellín, Colombia. 2012

[SALEH Y KIM, 2009] Saleh,I; Kim,s. (2009)A fuzzy system for evaluating students' learning achievement. Elsevier

[SÁNCHEZ DE DIOS, 1998]SÁNCHEZ DE DIOS, Lorenzo. Revista: Capital Humano No 110 Abril 1998. Artículo: Metodología de Evaluación de Competencias Directivas. CISS S.A- Especial Directivos. p.22

[TOBÓN, 2010] . TOBON, Sergio. Formación integral y competencias, Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación, ECOE Ediciones. 3ra Edicion. 2010.

[WEON Y KIM, 2001] Weon, Sunghyun; Kim, Jinil.Learning achievement evaluation strategy using fuzzy membership function.31st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. 2001

[YADAV, SONI, PAL, 2014] YADAV,Ramjeet. SONI,A.K., PAL,Saurabj.A Study of Academic Performance Ecaluation Using Fuzzy ogic Techniques, IEEE,2014

[ZABALA, 2009] zabala, antoni. Aprendre i ensenyar competències. Ciclo parlant d'educació, organizado por la aprep. 12 de febrero de 2009

[ZADEH, 1965] Zadeh L. A. (1965): Fuzzy Sets. Information and Control, 8, pp. 338-353

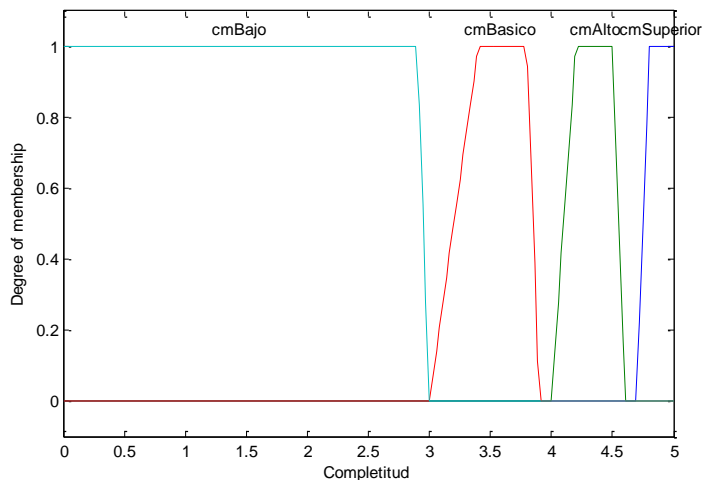
ANEXO 1. VARIACIONES A LAS ESCALAS DE VALORACIÓN DEL MODELO DIFUSO

Para las siguientes simulaciones se conservan las notas y la rúbrica de valoración, presentadas en la sección 11, las variaciones se harán sobre el modelo difuso

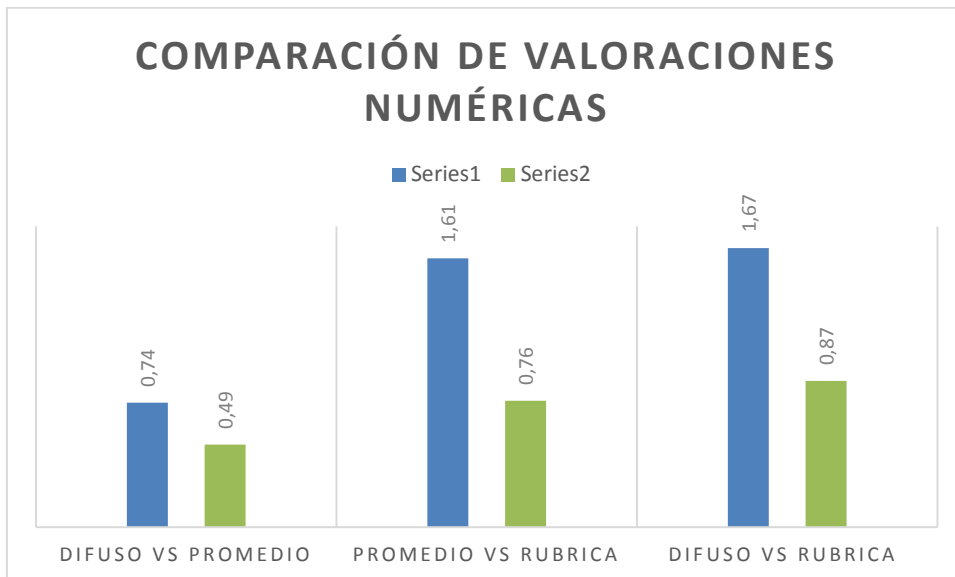
VARIACIÓN A LA DISTRIBUCIÓN DE LA ESCALA DE VALORACION.

Para esta simulación se presentan las siguientes variaciones en el modelo difuso

- Operación para conjunción de enunciados difusos: 'min'
- Operación para disyunción de enunciados difusos: 'max'
- Método de defuzificación: 'centroide'
- Operación de implicación 'min'
- Operación de agregación de resultados de reglas con el mismo consecuente: 'max'
- Funciones de Pertenencia de los conjuntos
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'MBajo';
MF1=[-0 -0 2.9 3.0]
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Bajo';
MF2=[3.0 3.4 3.8 3.9]
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Básico';
MF3=[4.0 4.2 4.5 4.6]
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Alto';
MF4=[4.7 4.8 5 5]



Se obtienen los siguientes resultados:



Al variar las funciones de pertenencia de los conjuntos para que no se dé solapamiento entre ellos, se logra que el modelo difuso tenga una media de diferencia menor, sin embargo la diferencia existente entre el modelo difuso y de promedio incrementa.

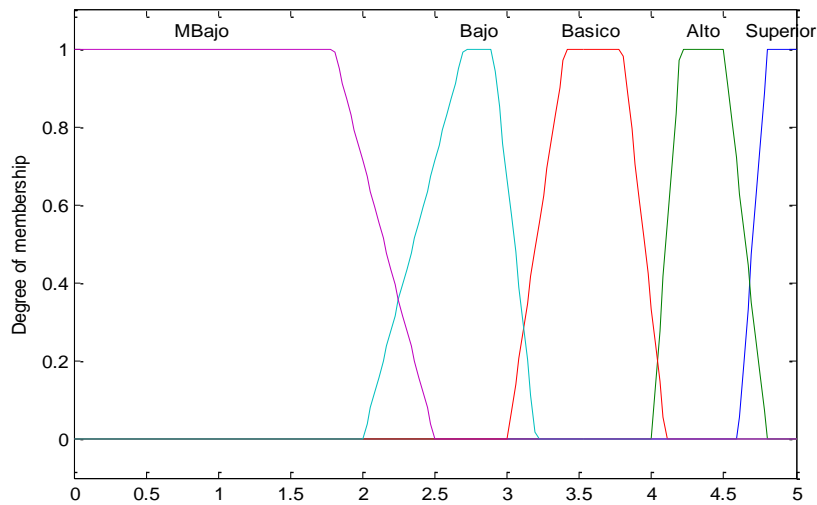
En esta modelo disminuye el número de combinaciones en las cuales se logra una nota de aprobación a 484, al quitar el solapamiento entre los conjuntos bajo y básico se logra hacer que el sistema de inferencia sea más exigente en la valoración.

VARIACIÓN A LA ESCALA DE VALORACION, AUMENTO DE LA GRANULARIDAD EN UN CONJUNTO PARA LOS CRITERIOS DE LOS CRITERIOS DE ENTRADA

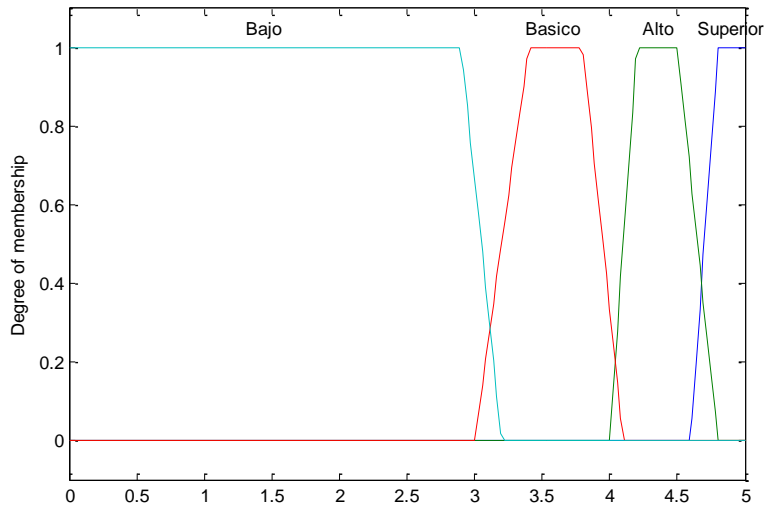
Para esta simulación se presentan las siguientes variaciones en el modelo difuso

- Operación para conjunción de enunciados difusos: 'min'
- Operación para disyunción de enunciados difusos: 'max'
- Método de defuzificación: 'centroide'
- Operación de implicación 'min'
- Operación de agregación de resultados de reglas con el mismo consecuente: 'max'
- Funciones de Pertenencia de los conjuntos de entrada

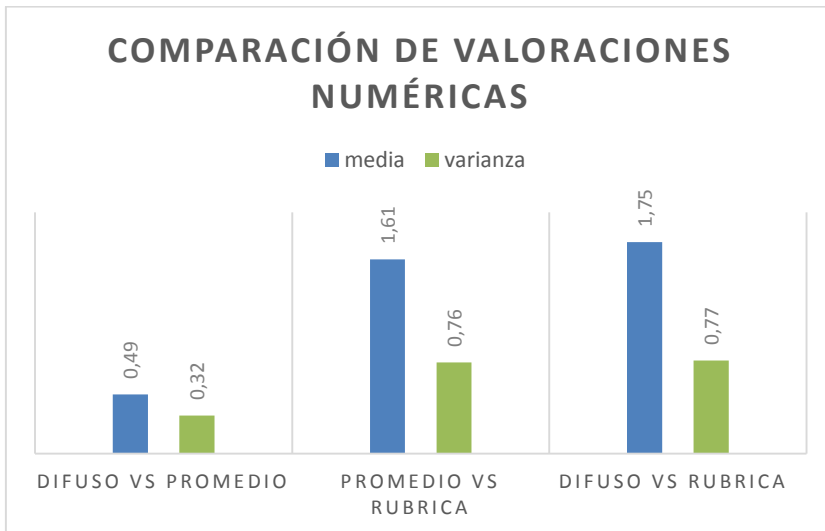
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'MBajo';
MF1=[-0 -0 1.8 2.5]
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Bajo';
MF2=[2 2.7 2.9 3.2]
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Básico';
MF3=[3.0 3.4 3.8 4.1]
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Alto';
MF4= [4.0 4.2 4.5 4.8]
- Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Superior':
MF5=[4.6 4.8 5 5]



- Funciones de Pertenencia de los conjuntos de salida
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Bajo';
MF1=[-0 -0 2.5 3.2]
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Básico';
MF2=[2.5 3.05 3.55 3.8]
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Alto';
MF3= [3.4 3.7 4.5 4.8]
 - Función de pertenencia tipo trapezoidal para valoración lingüística 'Superior':
MF4=[4.1 4.7 5 5]



Se obtienen los siguientes resultados

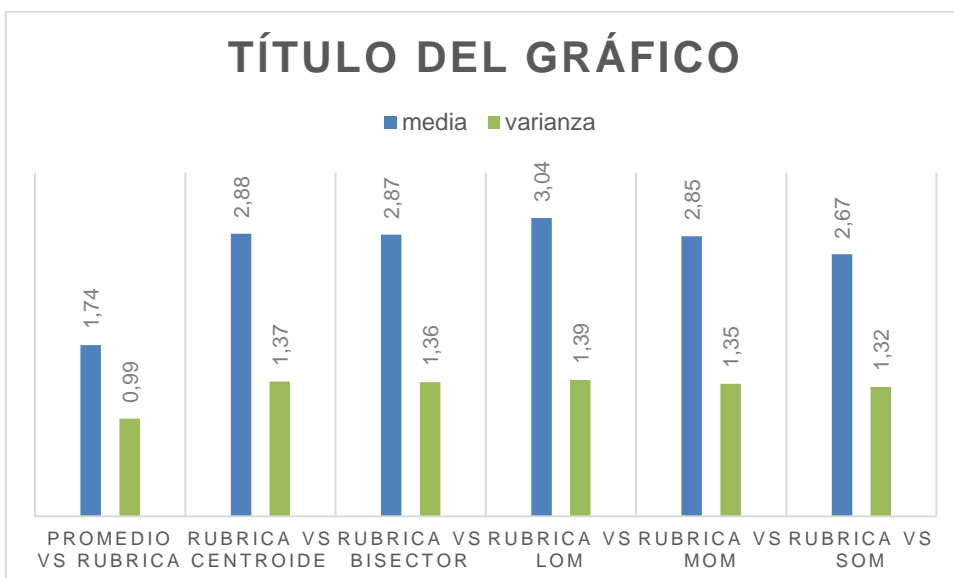
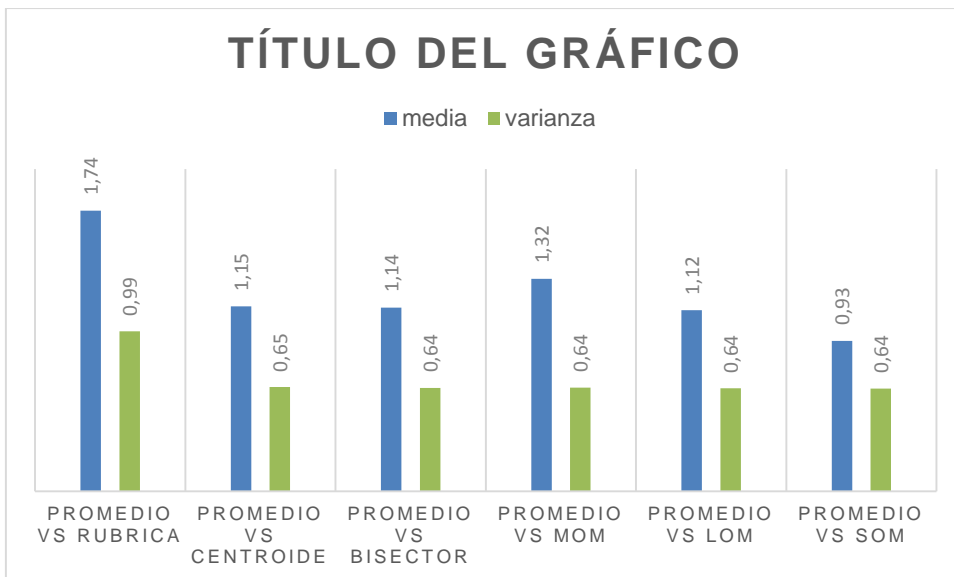


Si bien la media diferencia entre el método difuso y los resultados obtenidos en esta simulación no presenta grandes cambios, la media de la diferencia entre el método difuso y el método de rubrica logra disminuirse considerablemente, llegando a parecerse a la diferencia existente entre los métodos tradicionales de valoración.

ANEXO 2 COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA DIFERENTES METODOS DE DEFUZIFICACIÓN

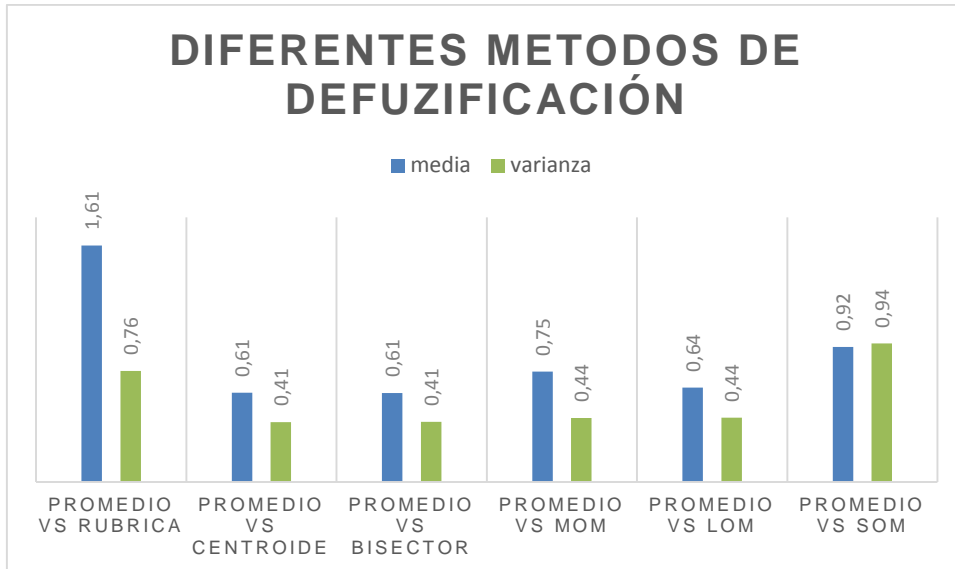
14 MEDIA DE LA DIFERENCIA COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA DIFERENTES METODOS DE DEFUZIFICACIÓN

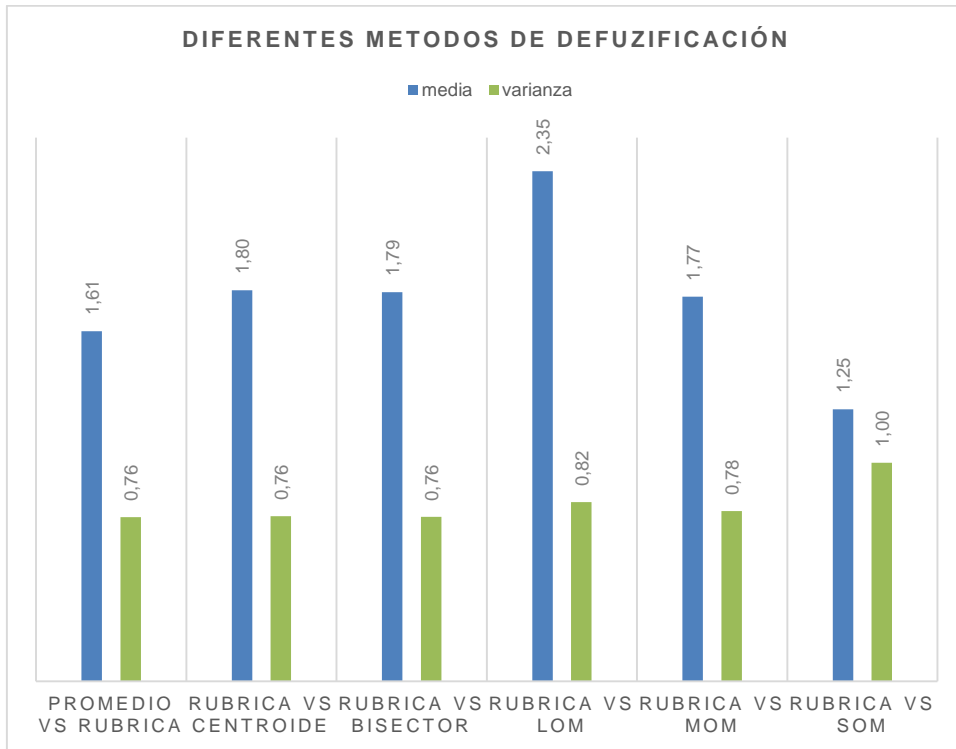
14.1 SIMULACIÓN CON DOS CRITERIOS



Al realizar la comparación de los métodos de defusificación más comunes para dos criterios se observa que los resultados obtenidos para la media de la diferencia y la varianza, los menores valores se encuentran en el método de defusificación bisector

14.2 SIMULACION CON TRES CRITERIOS





Al realizar la comparación de los métodos de defusificación más comunes para tres criterios se observa que los resultados obtenidos para la media de la diferencia y la varianza, los menores valores se encuentran en el centroide y el biselector

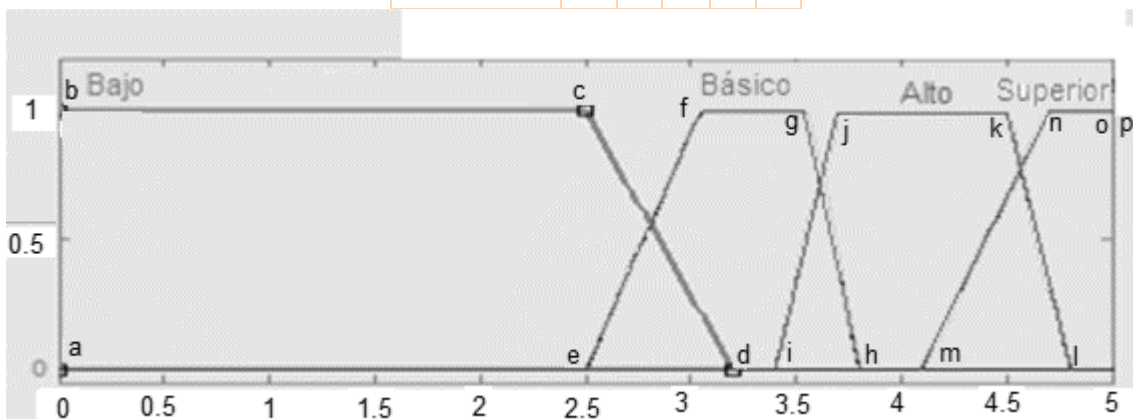
ANEXO 3. TABULACIÓN DE ENCUESTAS: RESULTADOS POR ÁREAS

ENCUESTA VALIDACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELO DE EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA.

1. En una escala de 1 a 5, siendo 5 *completamente de acuerdo* y 1 *nada de acuerdo*, ¿le parece que la representación gráfica de los diferentes niveles de la escala de valoración nacional Bajo, Básico, Alto y Superior, desplegada en la ilustración 1 es adecuada?

Tabla 0-1. Escala de valoración.

	5	4	3	2	1
Bajo					
Básico					
Alto					
Superior					



RESULTADOS:

Al realizar la tabulación de las encuestas se obtiene:

Martes: matemáticas

Total encuestas: 10

	5	4	3	2	1
Bajo	3	2	2	3	
Básico	1	3	3	3	
Alto	1	4	3	2	
Superior	1	7	1	1	

Miércoles	Lengua Materna				total	15
	5	4	3	2	1	
Bajo	7		5	2	1	
Básico	3	3	5	1	3	
Alto	4	1	5	2	3	
Superior	4	3	4	1	3	

Viernes	ética				total	12
	5	4	3	2	1	
Bajo	5	3	1	2	1	
Básico	5	3	1	1	2	
Alto	4	4	1	2	1	
Superior	5	3	1	2	1	

Lunes	Tecnología				total	15
	5	4	3	2	1	
Bajo	7	5	1		2	
Básico	3	6	4	1	1	
Alto	7	4	3		1	
Superior	5	7	3			

2. Si tuviera la oportunidad de modificar la ubicación de los puntos demarcados por letras en la Ilustración 1, ¿dónde los localizaría (x, y) para conciliar las gráficas presentadas en el punto 1, con su percepción de esos niveles?

<i>Ejemplo</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
<i>Alto</i>	3.4; 0	3.7; 1	4.5; 1	4.8; 0
		1		

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
<i>Bajo</i>				
<i>Básico</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
<i>Alto</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
<i>Superior</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	<i>p</i>
<i>Nivel extra¹¹</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>

RESULTADOS:

Martes Matemática			MEDIA	VARIANZA	MODA	MEDIANA
			bajo	1	0	0
		2	0,4	0,54772256	0	0
		3	2,48	0,31937439	2,5	2,5
		4	3,12	0,16431677	3	3
	básico	1	2,5	0,61237244	3	2,5
		2	3	0,36055513	#N/A	3

¹¹ Agregue niveles de valoración *extra* si Ud. considera que los determinados por el ministerio son insuficientes

		3	3,3	0,18708287	3,3	3,3
		4	3,68	0,21679483	3,5	3,6
	alto	1	3,56	0,25099801	3,5	3,5
		2	3,86	0,36469165	3,7	3,7
		3	4,32	0,26832816	4,5	4,5
		4	4,66	0,15165751	4,5	4,7
	superior	1	4,26	0,19493589	4,2	4,2
		2	4,66	0,08944272	4,7	4,7
		3	4,86	0,21908902	5	5
		4	5	0	5	5

Miércoles L. Materna			MEDIA	VARIANZA	MODA	MEDIANA
	bajo	1	0,41818182	0,48335946	0	0,1
		2	1	0,80622577	1	1
		3	2,66363636	0,19116865	2,5	2,5
		4	3,04545455	0,20180999	2,9	2,9
	básico	1	2,75454545	0,24642904	2,5	2,9
		2	3,06363636	0,14333686	3	3
		3	3,61818182	0,15374122	3,5	3,5
		4	3,85454545	0,0522233	3,9	3,9
	alto	1	3,70909091	0,29817627	3,4	3,9
		2	3,92727273	0,23276988	3,7	4
		3	4,49090909	0,08312094	4,5	4,5
4		4,7	0,16124515	4,8	4,8	
superior	1	4,44545455	0,27699688	4,2	4,5	
	2	4,73636364	0,1361817	4,7	4,7	
	3	4,98181818	0,04045199	5	5	
	4	5	0	5	5	

		Viernes Ética		MEDIA	VARIANZA	MODA	MEDIANA
Viernes Ética	bajo	1	0,31538462	0,47582587	0	0	
		2	0,31538462	0,47582587	0	0	
		3	2,66153846	0,21809196	2,5	2,5	
		4	3,26153846	0,17097008	3,3	3,3	
	básico	1	2,69230769	0,25318484	2,5	2,5	
		2	3,05384615	0,14500221	3	3	
		3	3,5	0,08164966	3,5	3,5	
		4	3,80769231	0,04935481	3,8	3,8	
	alto	1	3,52307692	0,23858558	3,4	3,4	
		2	3,77692308	0,15358953	3,7	3,7	
		3	4,44615385	0,14500221	4,5	4,5	
		4	4,72307692	0,13008873	4,8	4,8	
	superior	1	4,46153846	0,32796967	4,2	4,2	
		2	4,75384615	0,12659242	4,7	4,7	
		3	4,97692308	0,05991447	5	5	
		4	4,99230769	0,02773501	5	5	

		Lunes Tecnología		MEDIA	VARIANZA	MODA	MEDIANA
Lunes Tecnología	bajo	1	0,6	0,51639778	1	1	
		2	0,9	0,9067647	0	1	
		3	2,51	0,22335821	2,5	2,5	
		4	3,12	0,19321836	3,3	3,15	
	básico	1	2,86	0,25033311	3	3	
		2	3,17	0,23593784	3	3	
		3	3,58	0,13165612	3,5	3,5	
		4	3,85	0,07071068	3,8	3,8	
	alto	1	3,75	0,31001792	3,4	3,9	
		2	3,98	0,26161889	3,7	4	
		3	4,46	0,13498971	4,5	4,5	
		4	4,71	0,15238839	4,8	4,8	

	superior	1	4,47	0,27100635	4,2	4,5
		2	4,7	0,2	4,7	4,7
		3	4,96	0,06992059	5	5
		4	5	0	5	5

3. Suponga que se encuentra en un momento valorativo en el que se busca evidenciar el resultado de aprendizaje de una competencia específica, y para ello se emplean tres criterios de desempeño de igual importancia. Por cada combinación presentada en las 3 primeras columnas, coloque una x en la casilla de **uno de los cuatro** niveles de valoración presentados en la tabla 2, con el fin de establecer el correspondiente resultado de aprendizaje de la competencia.

Tabla 2 Resultados valoración lingüística

Valoración Criterio de desempeño 1	Valoración Criterio de desempeño 2	Valoración Criterio de desempeño 3	Valoración Resultado de Aprendizaje de competencia			
			bajo	básico	alto	superior
superior	alto	bajo				
superior	superior	bajo				
superior	bajo	bajo				
superior	alto	básico				
superior	básico	básico				
superior	básico	superior				
superior	básico	bajo				
superior	alto	alto				
superior	superior	alto				
Alto	alto	bajo				
Alto	básico	bajo				
Alto	alto	básico				
Alto	bajo	bajo				
Alto	básico	básico				
básico	básico	bajo				
básico	bajo	bajo				

RESULTADOS:

Matemática		Docentes a		Total		18			
Valoración Criterio de desempeño 1	Valoración Criterio de desempeño 2	Valoración Criterio de desempeño 3	Valoración Resultado de Aprendizaje de competencia				Resultado Sistema de inferencia		
			bajo	básico	alto	superior	no marcada	resultado Sistema	Porcentaje Concordancia
superior	alto	bajo	3	13	2			básico	72,22
superior	superior	bajo	3	3	9		3	alto	50,00
superior	bajo	bajo	12	5			1	básico	27,78
superior	alto	básico	1	5	10		2	alto	55,56
superior	básico	básico		16	1		1	básico	88,89
superior	básico	superior			14	2	2	alto	77,78
superior	básico	bajo	2	15			1	básico	83,33
superior	alto	alto			14	1	3	alto	77,78
superior	superior	alto			7	9	2	alto	38,89
Alto	alto	bajo	1	16	1			básico	88,89
Alto	básico	bajo	3	14	1			básico	77,78
Alto	alto	básico	1	10	7			básico	55,56
Alto	bajo	bajo	1	10	7			bajo	5,56
Alto	básico	básico		16	1	1		básico	88,89
básico	básico	bajo	6	10			2	bajo	33,33
básico	bajo	bajo	17				1	bajo	94,44

Martes

Docentes de Lengua Materna

Total 17

Valoración Criterio de desempeño o 1	Valoración Criterio de desempeño o 2	Valoración Criterio de desempeño o 3	Valoración Resultado de Aprendizaje de competencia				No marc ada	Resultado Sistema de inferencia	
			bajo	básico	alto	superio r		resulta do Sistem a	Porcentaje Concordanc ia
superior	alto	bajo	1	10	6			básico	58,82
superior	superior	bajo		2	14	1		alto	82,35
superior	bajo	bajo	9	8				básico	47,06
superior	alto	básico		4	12		1	alto	70,59
superior	básico	básico	1	10	6			básico	58,82
superior	básico	superior			12	5		alto	70,59
superior	básico	bajo	1	15	1			básico	88,24
superior	alto	alto			14	3		alto	82,35
superior	superior	alto			4	13		alto	23,53
Alto	alto	bajo		3	13		1	básico	17,65
Alto	básico	bajo	1	15			1	básico	88,24
Alto	alto	básico		3	13		1	básico	17,65
Alto	bajo	bajo	4	13				bajo	23,53
Alto	básico	básico		17				básico	100,00
básico	básico	bajo	6	11				bajo	35,29
básico	bajo	bajo		17				bajo	0,00

viernes

Etica

Total 11

Valoración Criterio de desempeño o 1	Valoración Criterio de desempeño o 2	Valoración Criterio de desempeño o 3	Valoración Resultado de Aprendizaje de competencia				No marca da	Resultado Sistema de inferencia	
			bajo	básico	alto	superi or		resulta do Sistem a	Porcentaje Concordanc ia
superior	alto	bajo	1	7	3			básico	63,64

superior	superior	bajo	1	3	7			alto	63,64
superior	bajo	bajo	8	3				básico	27,27
superior	alto	básico		2	9			alto	81,82
superior	básico	básico		7	4			básico	63,64
superior	básico	superior		1	10			alto	90,91
superior	básico	bajo		11				básico	100,00
superior	alto	alto			10	1		alto	90,91
superior	superior	alto			3	8		alto	27,27
Alto	alto	bajo	1	9	1			básico	81,82
Alto	básico	bajo	3	8				básico	72,73
Alto	alto	básico		5	5		1	básico	45,45
Alto	bajo	bajo	7	3	1			bajo	63,64
Alto	básico	básico		10			1	básico	90,91
básico	básico	bajo	4	5	1		1	bajo	36,36
básico	bajo	bajo	10		1			bajo	90,91

lunes

tecnología

Total 13

Valoración Criterio de desempeño 1	Valoración Criterio de desempeño 2	Valoración Criterio de desempeño 3	Valoración Resultado de Aprendizaje de competencia				No marc ada	Resultado Sistema de inferencia	
			bajo	básico	alto	superior		resulta do Siste ma	Porcentaje Concordan cia
superior	alto	bajo		6	6		1	basico	46,15
superior	superior	bajo		1	12			alto	92,31
superior	bajo	bajo	4	9				basico	69,23
superior	alto	básico		2	11			alto	84,62
superior	básico	básico		9	4			basico	69,23
superior	básico	superior		1	12			alto	92,31
superior	básico	bajo		10	2		1	basico	76,92
superior	alto	alto			10	3		alto	76,92
superior	superior	alto			3	10		alto	23,08
Alto	alto	bajo		11	2			basico	84,62
Alto	básico	bajo		13				basico	100,00
Alto	alto	básico		3	10			basico	23,08
Alto	bajo	bajo	8	5				bajo	61,54
Alto	básico	básico		13				basico	100,00
básico	básico	bajo	4	9				bajo	30,77
básico	bajo	bajo	13					bajo	100,00

4. Suponga que se encuentra en un momento valorativo en el cual se busca evidenciar el resultado de aprendizaje de una competencia específica, y para ello se emplean tres criterios de desempeño de igual importancia. Por cada combinación presentada en las 3 primeras columnas de la Tabla 3, seleccione **dos resultados (por fila)** que considere cercanos a la valoración numérica que asignaría Ud. al resultado de aprendizaje de la competencia.

<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 1	<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 2	<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 3	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 1	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 2	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 3
1	2,9	3,5	3,20	2,47	0,00
4,7	4,5	3,1	4,22	4,10	3,67
3,1	4,1	4,7	4,10	3,97	3,00
3,1	4,5	4,3	4,16	3,97	3,00
4,5	2,7	4,9	4,18	4,03	3,00
4,3	0,5	4,3	4,10	3,03	1,67
3,5	3,5	4,5	4,16	3,83	3,67
3,3	4,9	2,9	4,10	3,70	1,67
0,5	3,9	3,5	3,49	2,63	1,67
4,1	4,7	3,1	4,10	3,97	3,00
1,5	3,3	4,5	3,63	3,10	1,67
3,5	3,5	3,9	4,10	3,63	3,00
2,5	4,9	4,3	4,10	3,90	2,33
4,5	2	2,7	3,55	3,07	0,00
4,3	2	4,5	4,10	3,60	2,33
2,7	4,7	2	3,55	3,13	0,00
4,7	3,7	4,3	4,41	4,23	0,00

martes

total 15

<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 1	<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 2	<i>Valoración numérica</i> Criterio de desempeño 3	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 1	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 2	<i>Valoración numérica</i> Resultado de aprendizaje 3			
1	2,9	3,5	3,2	13	2,47	15	0	
4,7	4,5	3,1	4,22	12	4,1	15	3,67	3
3,1	4,1	4,7	4,1	13	3,97	15	3	2
3,1	4,5	4,3	4,16	12	3,97	14	3	2
4,5	2,7	4,9	4,18	10	4,03	15	3	4
4,3	0,5	4,3	4,1	9	3,03	15	1,67	4
3,5	3,5	4,5	4,16	5	3,83	15	3,67	10
3,3	4,9	2,9	4,1	10	3,7	14	1,67	4
0,5	3,9	3,5	3,49	9	2,63	15	1,67	5

4,1	4,7	3,1	4,1	11	3,97	15	3	4
1,5	3,3	4,5	3,63	13	3,1	15	1,67	2
3,5	3,5	3,9	4,1	10	3,63	15	3	5
2,5	4,9	4,3	4,1	14	3,9	15	2,33	1
4,5	2	2,7	3,55	14	3,07	15	0	
4,3	2	4,5	4,1	10	3,6	15	2,33	4
2,7	4,7	2	3,55	13	3,13	15	0	1
4,7	3,7	4,3	4,41	14	4,23	15	0	1

Jueves Ética total 11

<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>	<i>Valoración numérica</i>
Criterio de desempeño 1	Criterio de desempeño 2	Criterio de desempeño 3	Resultado aprendizaje 1	de Resultado aprendizaje 2	de Resultado aprendizaje 2	de Resultado aprendizaje 3	de Resultado aprendizaje 3	de Resultado aprendizaje 3
1	2,9	3,5	3,2	7	2,47	11	0	2
4,7	4,5	3,1	4,22	9	4,1	11	3,67	2
3,1	4,1	4,7	4,1	9	3,97	11	3	2
3,1	4,5	4,3	4,16	10	3,97	11	3	
4,5	2,7	4,9	4,18	8	4,03	11	3	2
4,3	0,5	4,3	4,1	6	3,03	11	1,67	3
3,5	3,5	4,5	4,16	7	3,83	11	3,67	2
3,3	4,9	2,9	4,1	8	3,7	11	1,67	1
0,5	3,9	3,5	3,49	5	2,63	11	1,67	6
4,1	4,7	3,1	4,1	9	3,97	11	3	2
1,5	3,3	4,5	3,63	8	3,1	11	1,67	3
3,5	3,5	3,9	4,1	4	3,63	11	3	5
2,5	4,9	4,3	4,1	8	3,9	11	2,33	2
4,5	2	2,7	3,55	9	3,07	11	0	1
4,3	2	4,5	4,1	7	3,6	11	2,33	2
2,7	4,7	2	3,55	9	3,13	11	0	1
4,7	3,7	4,3	4,41	11	4,23	11	0	

Lunes tecnología total 12

Valoración numérica	Valoración numérica	Valoración numérica	Valoración numérica					
Criterio de desempeño 1	Criterio de desempeño 2	Criterio de desempeño 3	Resultado aprendizaje 1	de Resultado aprendizaje 2	de Resultado aprendizaje 3	de Resultado aprendizaje 3	de Resultado aprendizaje 3	de Resultado aprendizaje 3
1	2,9	3,5	3,2	11	2,47	12	0	1
4,7	4,5	3,1	4,22	9	4,1	12	3,67	3
3,1	4,1	4,7	4,1	12	3,97	12	3	0
3,1	4,5	4,3	4,16	12	3,97	12	3	0
4,5	2,7	4,9	4,18	12	4,03	12	3	0
4,3	0,5	4,3	4,1	7	3,03	12	1,67	5
3,5	3,5	4,5	4,16	1	3,83	12	3,67	11
3,3	4,9	2,9	4,1	12	3,7	12	1,67	0
0,5	3,9	3,5	3,49	9	2,63	12	1,67	3
4,1	4,7	3,1	4,1	11	3,97	12	3	1
1,5	3,3	4,5	3,63	12	3,1	12	1,67	0
3,5	3,5	3,9	4,1	7	3,63	12	3	5
2,5	4,9	4,3	4,1	11	3,9	12	2,33	1
4,5	2	2,7	3,55	11	3,07	12	0	1
4,3	2	4,5	4,1	11	3,6	12	2,33	1
2,7	4,7	2	3,55	11	3,13	12	0	1
4,7	3,7	4,3	4,41	12	4,23	12	0	0

ANEXO 4- ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA

1. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

14.3 DEFINICIÓN DE PROYECTO

14.3.1 **Objetivo**

Construir un sistema informático que permita la integración y aplicación de las evaluaciones de tipo cuantitativo y cualitativo en el proceso de aprendizaje por competencias y que ayude a establecer no sólo el nivel de desarrollo de las competencias en un momento dado, sino también la evolución de ellas en el tiempo.

14.3.2 **Agentes**

Administrativo

Docente

Estudiante

Sistema de Inferencia Difusa

Sistema de Evaluación por competencias

14.4 OBTENCIÓN DE REQUISITOS

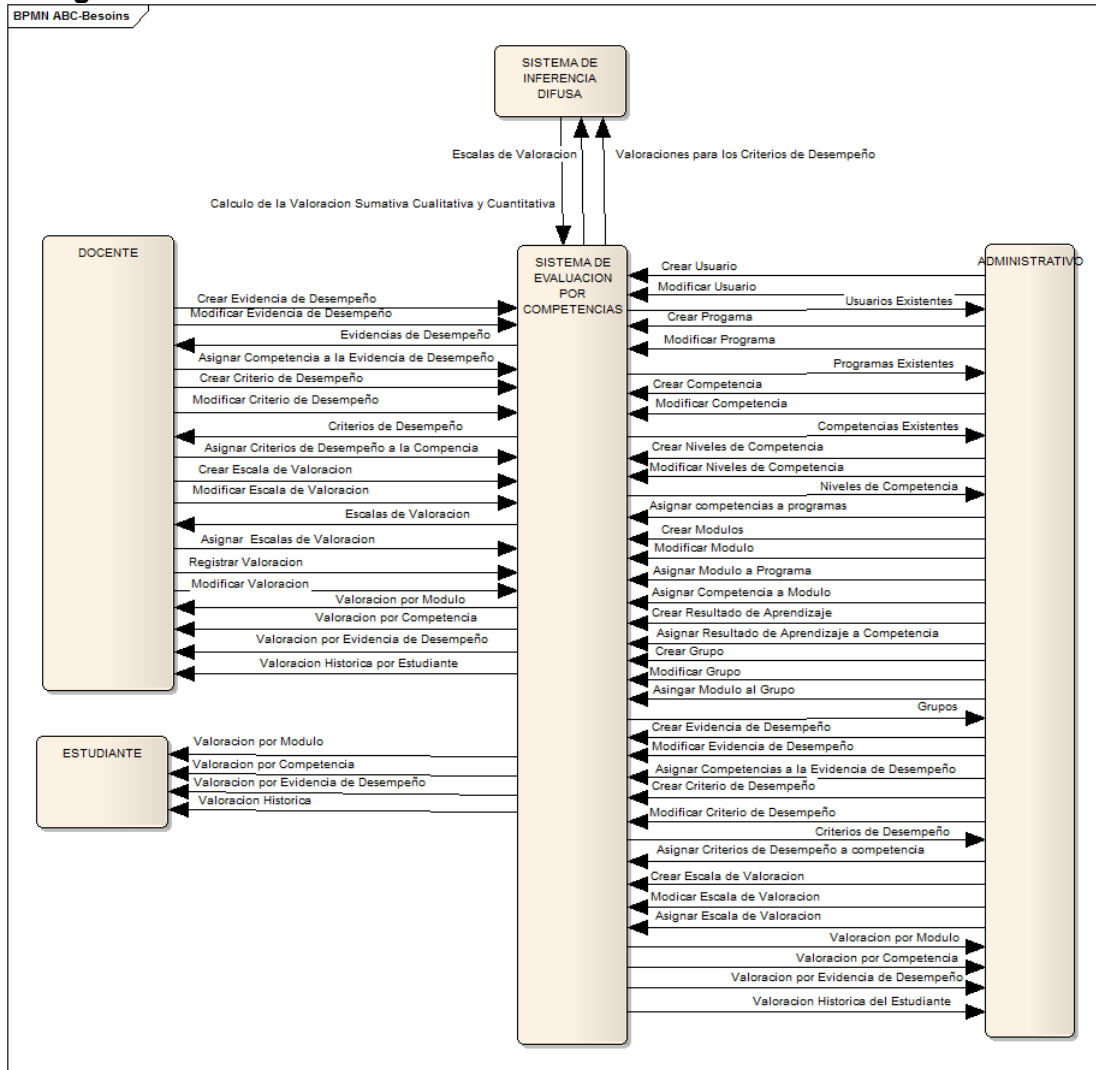
14.4.1 **Objetivos de Contexto**

- El personal administrativo de la institución desea controlar el acceso a la información relativa a los procesos evaluativos, desde la creación de los usuarios hasta la deshabilitación por medio de un sistema informático, utilizando el método establecido por las entidades reguladoras para el administrador de programas.
- El personal administrativo de la institución requiere gestionar los programas académicos desde la definición de las competencias generales a desarrollar hasta la definición de los niveles de competencia deseados para el programa, por medio de un sistema informático, utilizando el método establecido por las entidades reguladoras para el administrador de programas.
- El personal administrativo de la institución necesita gestionar los módulos que permitirán alcanzar los niveles de competencia deseados desde el nivel inicial hasta

el nivel final de valoración, por medio de un sistema informático, utilizando el método establecido por las entidades reguladoras para el administrador de programas.

- El personal administrativo de la institución debe establecer las competencias específicas que permitirán alcanzar los niveles deseados desde el nivel inicial hasta el nivel final de valoración para un módulo específico, por medio de un sistema informático, utilizando el método establecido por las entidades reguladoras para el administrador de programas.
- El personal administrativo y/o docente de la institución debe establecer las escalas de valoración que permiten medir los criterios de desempeño establecidos para las evidencias de desempeño diseñadas en los diferentes módulos. Utilizando el sistema informático, bajo las legislación vigente.
- Al personal docente de la institución le interesa registrar evidencias de desempeño para valorar el desarrollo de las diferentes competencias en los estudiantes desde un nivel inicial hasta los niveles de competencia establecidos para el módulo evaluado. Utilizando el sistema informático, bajo las legislación vigente para el sistema de evaluación por competencias.
- El personal docente de la institución desea definir criterios de desempeño para la valoración de las evidencias de desempeño que se valorarán en los diferentes módulos. Utilizando el sistema informático bajo las legislación vigente para el sistema de evaluación por competencias.
- El personal docente de la institución requiere valorar los diferentes criterios de desempeño definidos para las evidencias de desempeño presentadas por los estudiantes en los diferentes módulos. Utilizando el sistema informático, bajo las legislación vigente para el sistema de evaluación por competencias.
- Los estudiantes de la institución están interesados en consultar las valoraciones obtenidas a lo largo de su proceso formativo, desde la evaluación diagnóstica hasta la valoración sumativa final, utilizando el sistema de evaluación por competencias.
- El sistema de Evaluación por competencia debe calcular las valoraciones sumativas de los estudiantes desde la valoración diagnóstica inicial incluyendo las valoraciones formativas del proceso, utilizando un sistema de inferencia difusa, bajo el método Mamdani para el sistema de evaluación.

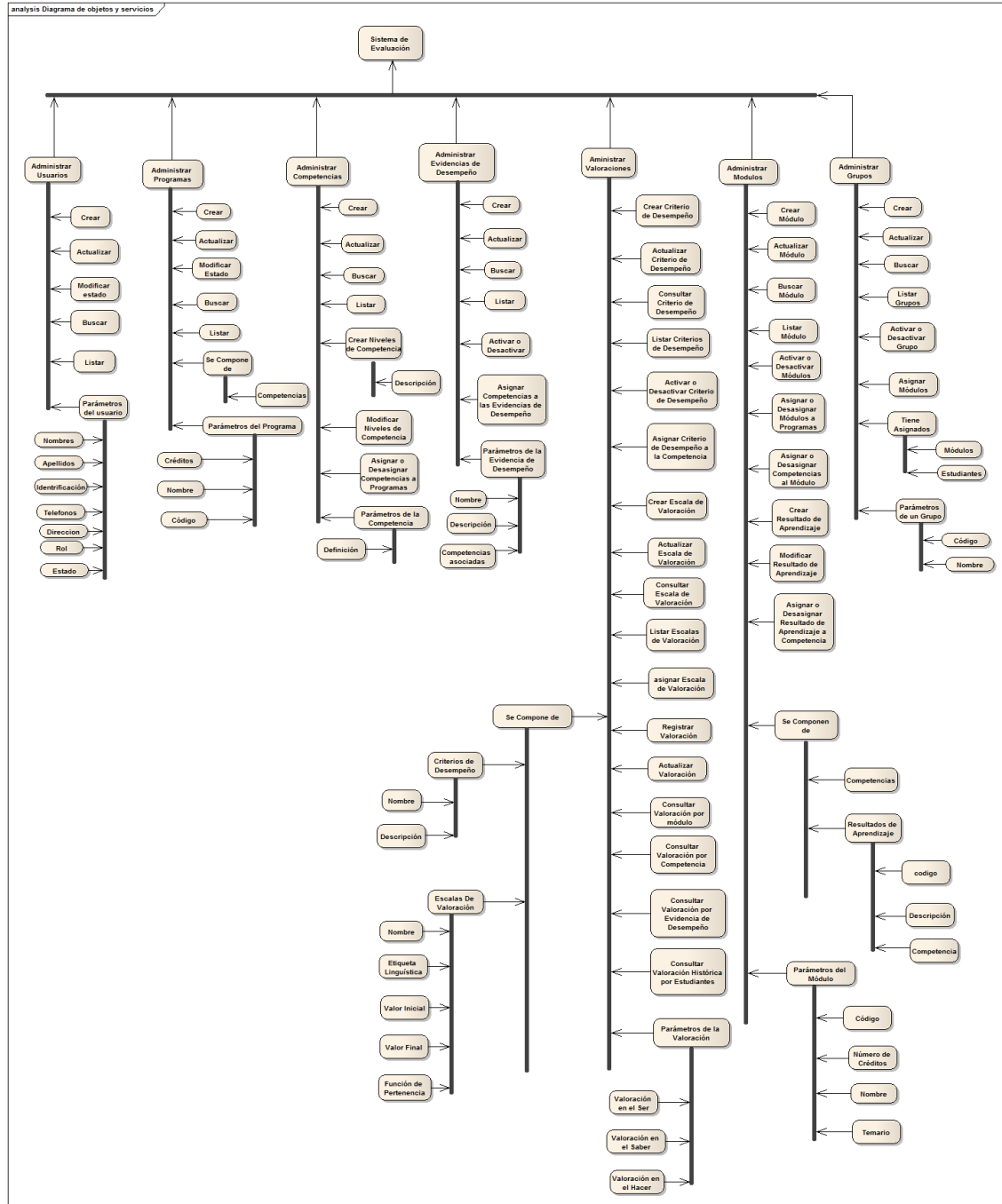
14.4.2 Diagrama de Contexto



14.5 MODELO DE DOMINIO

14.5.1 Definición del sistema

Para que el sistema a desarrollar cumpla a cabalidad con todas las tareas establecidas debe permitir llevar a cabo lo siguiente:



14.5.2 Definición de requerimientos del sistema.

REQUISITOS DE USUARIO	
RI-001	Administrar usuarios: caracterización de los usuarios según los perfiles Administrador, Docente, Estudiante.
RI-002	Administrar cursos: Construir y administrar cursos o módulos a valorar.
RI-003	Administrar competencias: Definir las competencias, niveles de competencia y resultados de aprendizaje a alcanzar en el programa académico.
RI-004	Asociar las competencias a los módulos específicos.
RI-005	Definir los criterios de desempeño para las competencias asociadas a un módulo en cada uno de los dominios del aprendizaje.
RI-006	Definir las escalas de valoración, cualitativas y cuantitativas.
RI-007	Registrar las valoraciones para la(s) evaluación(es), inicial, para los diferentes estudiantes en las competencias a evaluar.
RI-008	Registrar las valoraciones de las diferentes evidencias de desempeño (evaluación formativa) realizadas a los estudiantes a lo largo de los módulos para cada una de las competencias.
RI-009	Establecer las valoraciones sumativas para los diferentes estudiantes en las competencias a evaluar.
RI-010	Determinar los niveles de alcance de las competencias del estudiante en un momento específico, teniendo en cuenta las valoraciones realizadas para las competencias en los diferentes módulos.
RI-011	Determinar la evaluación del estudiante para un módulo en un momento específico, teniendo en cuenta las valoraciones realizadas para las diferentes competencias trabajadas en el módulo.
RI-012	Consultar las diferentes valoraciones realizadas a un estudiante a lo largo de su proceso formativo, presentando las escalas de alcance de la competencia en los diferentes momentos valorativos.
RI-013	Establecer las equivalencias de las escalas valorativas cuantitativa y cualitativa para los diferentes módulos cursados por el estudiante.
RI-014	Presentar informes de valoración por estudiante, por competencia o por módulo.

14.5.3 Actores

- Administrativo
- Docente
- Estudiante
- Supernumerario

14.5.4 Listado de casos de uso

CU1. Administrar Usuarios

CU1.1 Crear Usuario

CU1.2 Modificar Usuario

CU1.3 Consultar Usuario

CU1.4 Listar Usuarios

CU1.5 Activar o Desactivar Usuario

CU2. Administrar Programas

CU2.1 Crear Programa

CU2.2 Modificar Programa

CU2.3 Consultar Programa

CU2.4 Listar Programas

CU2.5 Activar o Desactivar Programa

CU3. Administrar Competencias

CU3.1 Crear Competencia

CU3.2 Modificar Competencia

CU3.3 Consultar Competencia

CU3.4 Listar Competencias

CU3.5 Crear Niveles de Competencia

CU3.6 Modificar Niveles de Competencia

CU3.7 Asignar o Desasignar Competencias a programas

CU4. Administrar Módulos

- CU4.1 Crear Módulos
- CU4.2 Modificar Módulos
- CU4.3 Consultar Módulos
- CU4.4 Listar Módulos
- CU4.5 Activar o Desactivar Módulos
- CU4.6 Asignar o Desasignar Módulos a programas
- CU4.7 Asignar o Desasignar Competencias al Módulo
- CU4.8 Crear Resultado de Aprendizaje
- CU4.9 Modificar Resultado de Aprendizaje
- CU4.10 Asignar o Desasignar Resultado de Aprendizaje a competencia

CU5. Administrar Grupos

- CU5.1 Crear Grupo
- CU5.2 Modificar Grupo
- CU5.3 Consultar Grupo
- CU5.4 Listar Grupos
- CU5.5 Activar o Desactivar Grupo
- CU5.6 Asignar Módulo al grupo

CU6. Administrar Evidencias de Desempeño

- CU6.1 Crear Evidencias de Desempeño
- CU6.2 Modificar Evidencias de Desempeño
- CU6.3 Consultar Evidencias de Desempeño
- CU6.4 Listar Evidencias de Desempeño
- CU6.5 Activar o Desactivar Evidencias de Desempeño
- CU6.6 Asignar Competencias a las Evidencias de Desempeño

CU7. Administrar Valoraciones

- CU7.1 Crear Criterio de Desempeño
- CU7.2 Modificar Criterio de Desempeño
- CU7.3 Consultar Criterio de Desempeño
- CU7.4 Listar Criterios de Desempeño
- CU7.5 Activar o Desactivar Criterio de Desempeño
- CU7.6 Asignar Criterio de Desempeño a la competencia

- CU7.7 Crear Escala de Valoración
- CU7.8 Modificar Escala de Valoración
- CU7.9 Consultar Escala de Valoración
- CU7.10 Listar Escalas de Valoración
- CU7.11 Asignar Escala de Valoración
- CU7.12 Registrar Valoración
- CU7.13 Modificar Valoración
- CU7.14 Consultar Valoración por Módulo
- CU7.15 Consultar Valoración por Competencia
- CU7.16 Consultar Valoración por Evidencia de Desempeño
- CU7.17 Consultar Valoración Histórica por estudiante

CU8. Administrar Bases de Reglas

- CU 8.1 Crear Base de Reglas
- CU 8.2 Modificar Base de Reglas
- CU 8.3 Eliminar Base de Reglas
- CU 8.4 Consultar Base de Reglas
- CU 8.5 Adicionar Regla a la Base de Reglas
- CU 8.6 Eliminar Regla de la Base de Reglas

14.5.5 Diagramas de Casos de Uso

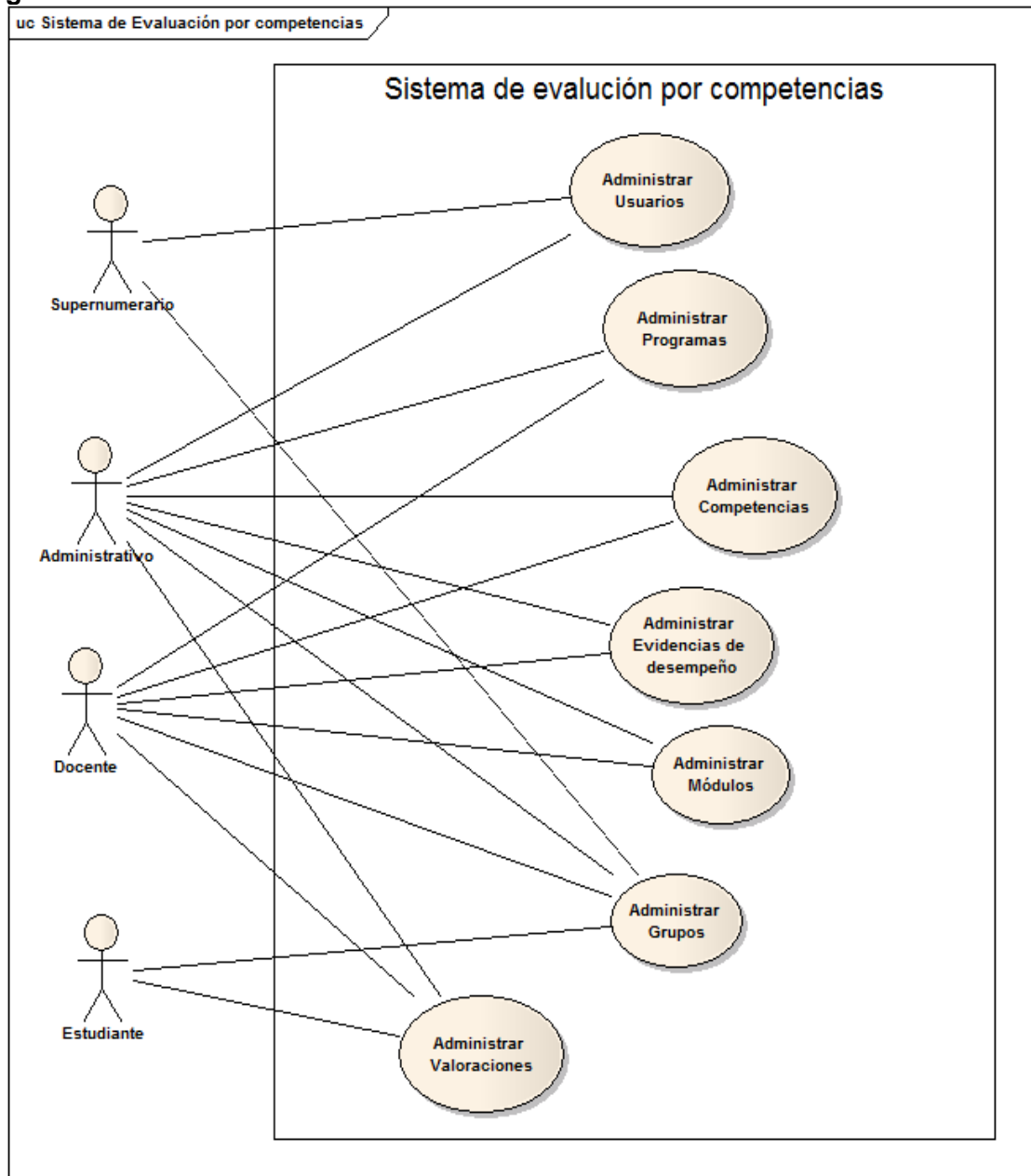


Figura 1 Diagrama de Casos de Uso, Sistema de Evaluación por Competencias

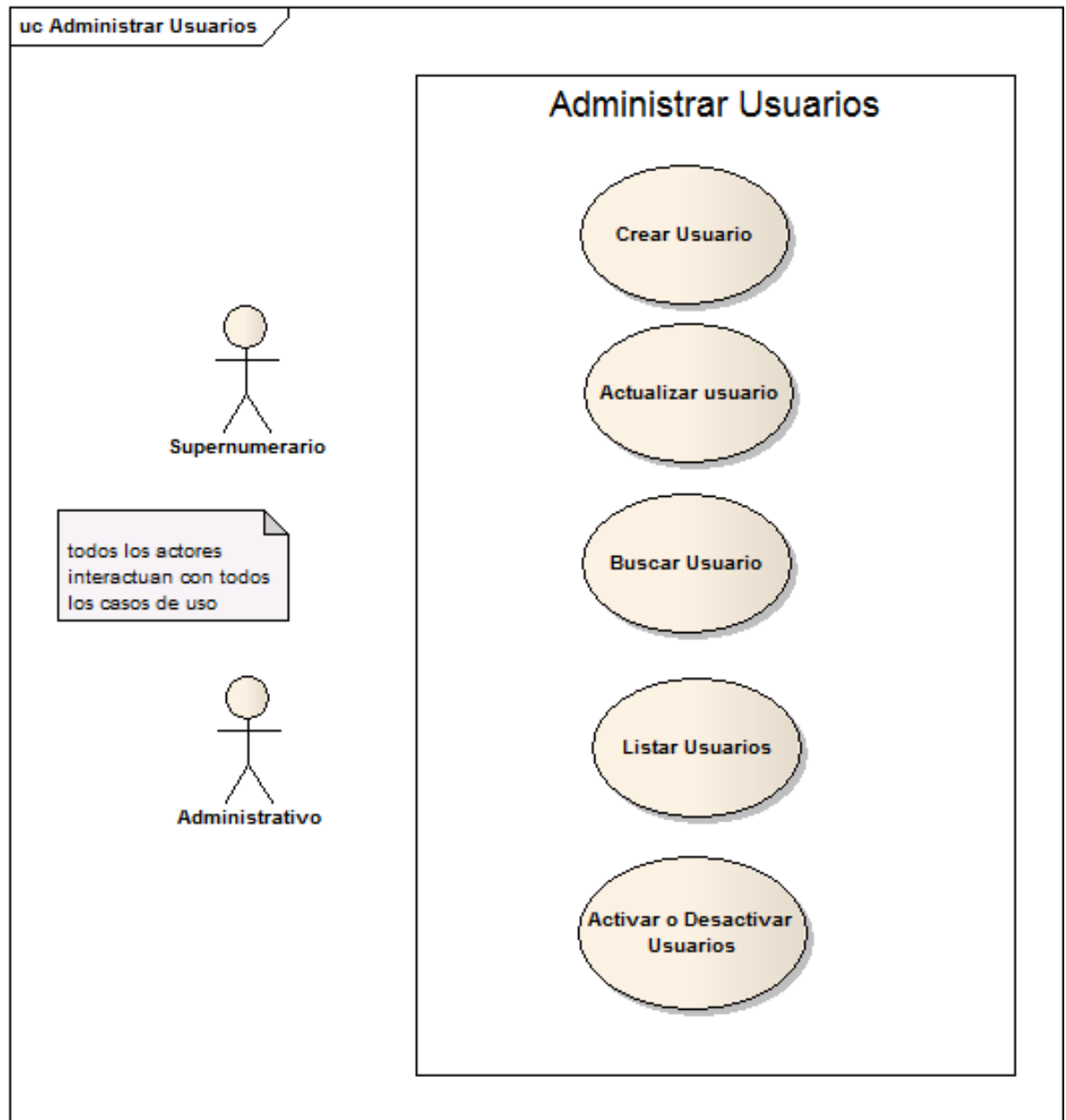


Figura 2 Diagrama de Casos de Uso, Administrar Usuarios

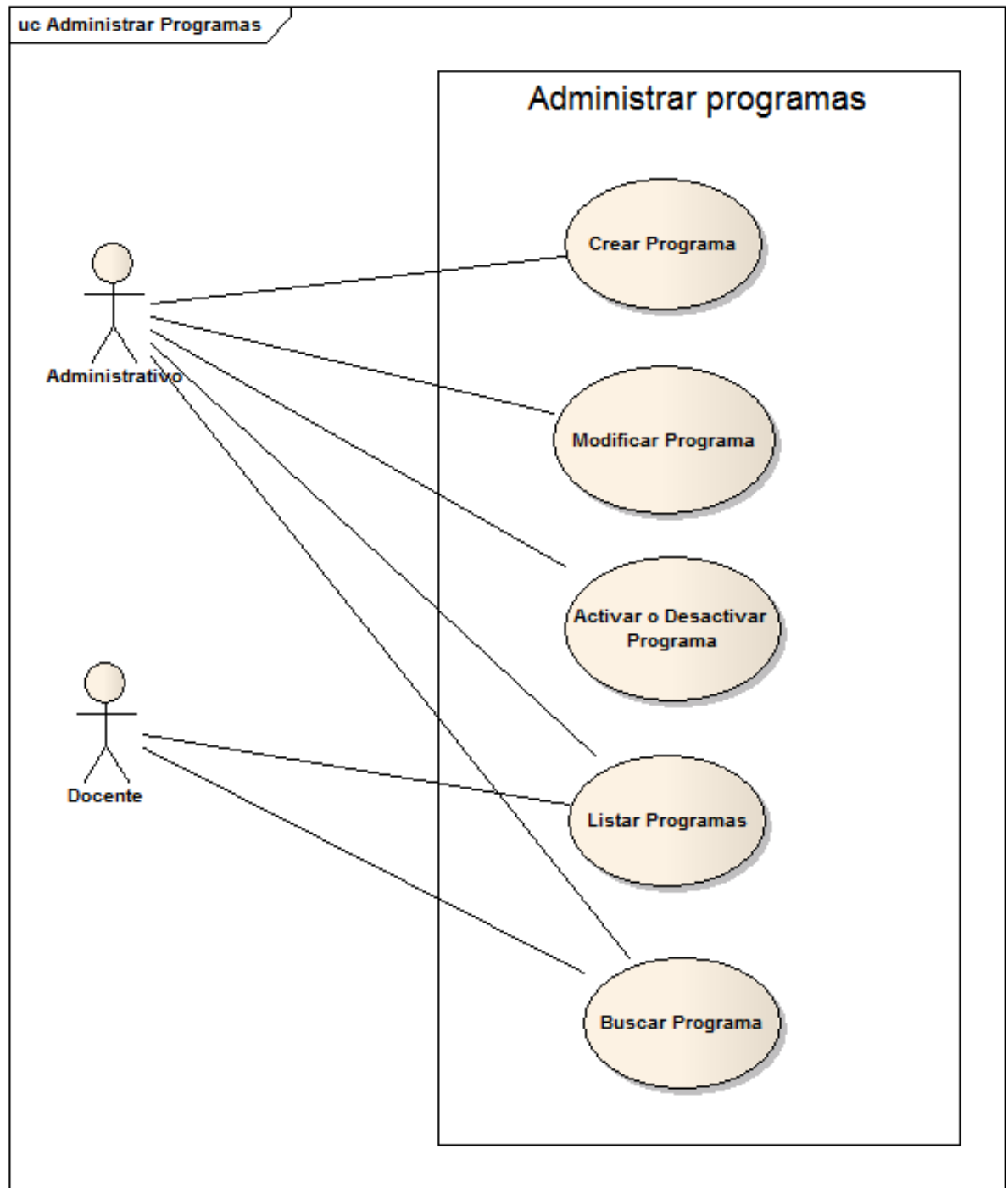


Figura 3 Diagrama de Casos de Uso, Administrar Programas

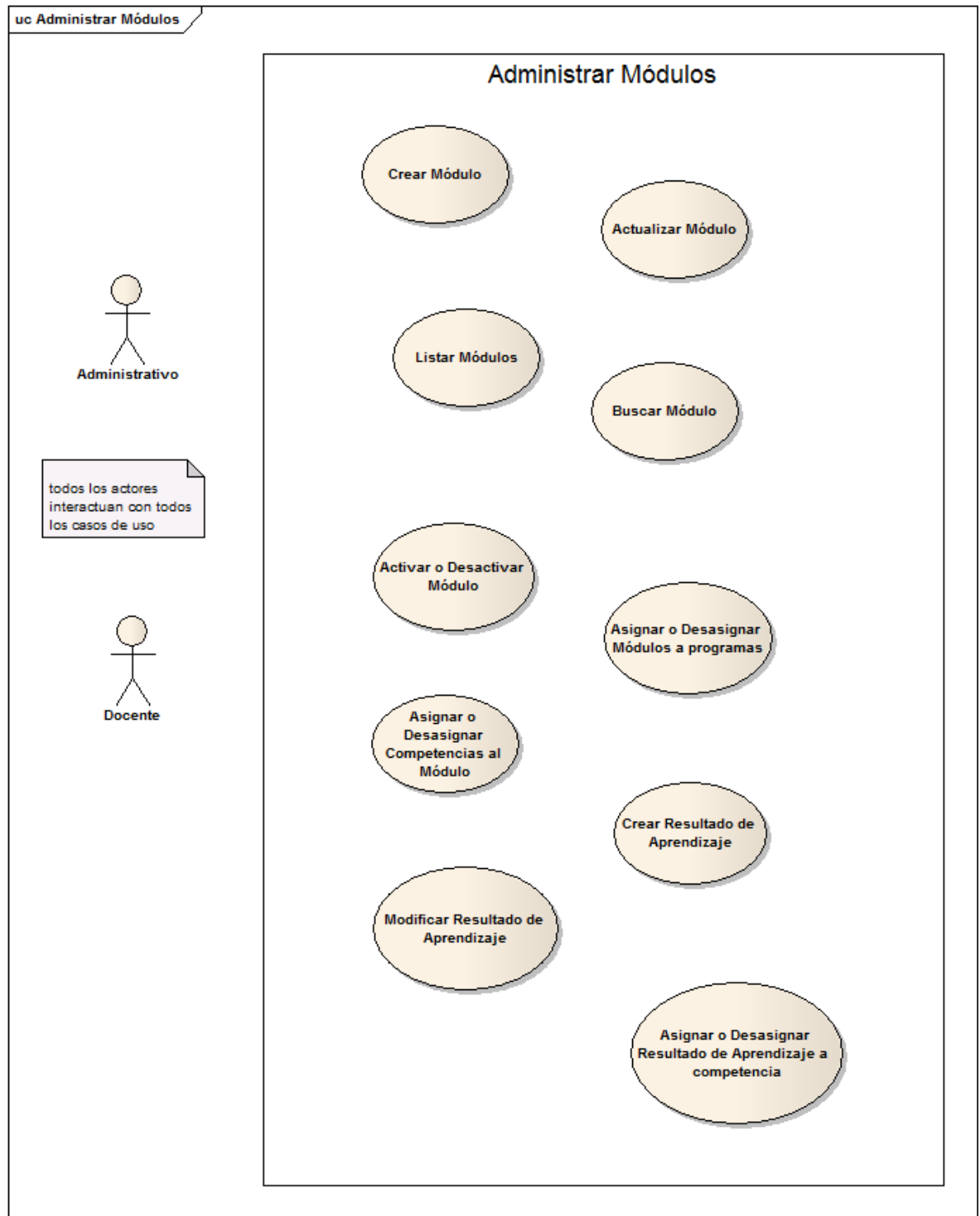


Figura 4 Diagrama de Casos de Uso, Administrar Módulos

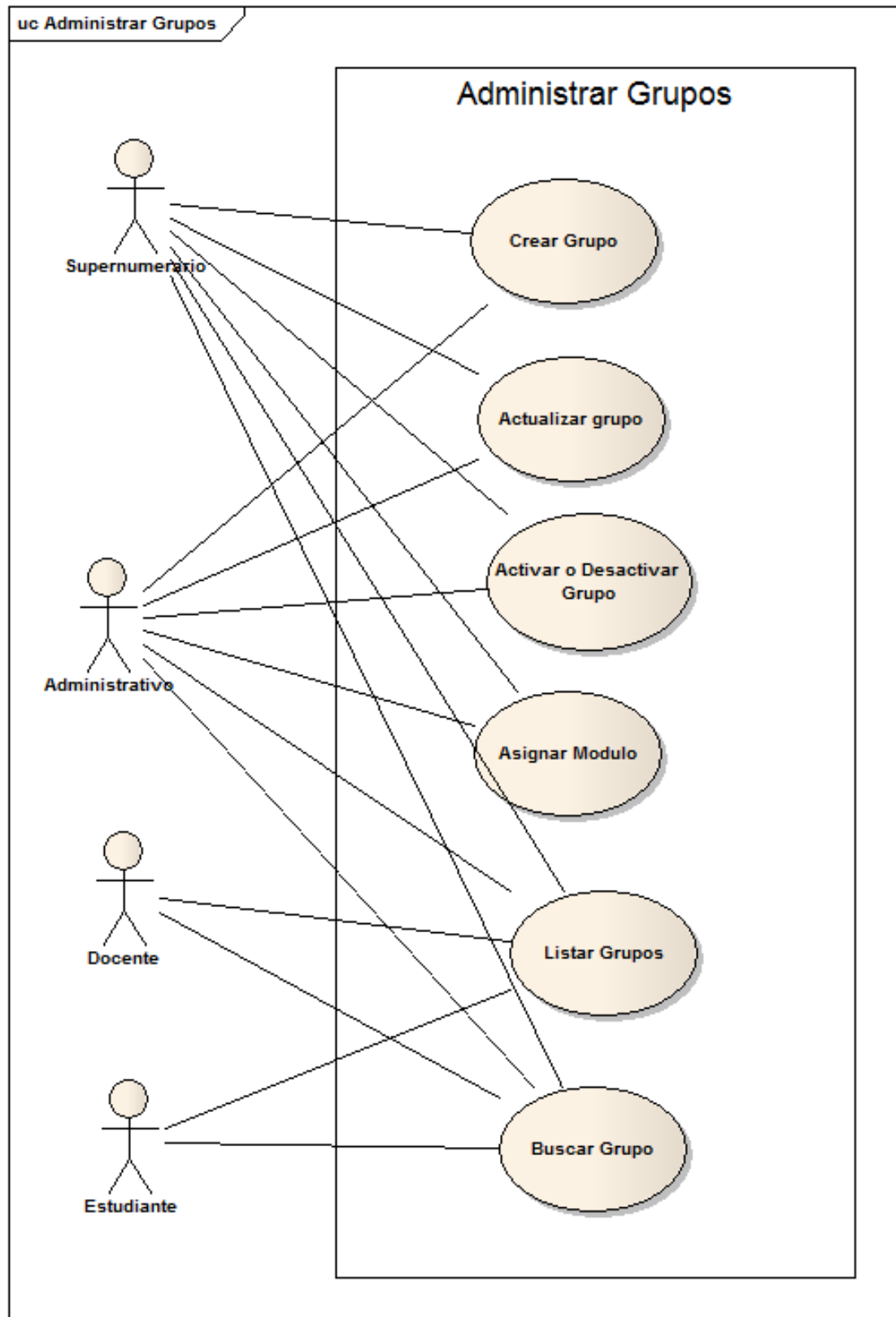


Figura 5 Diagrama de Casos de Uso, Administrar Grupos

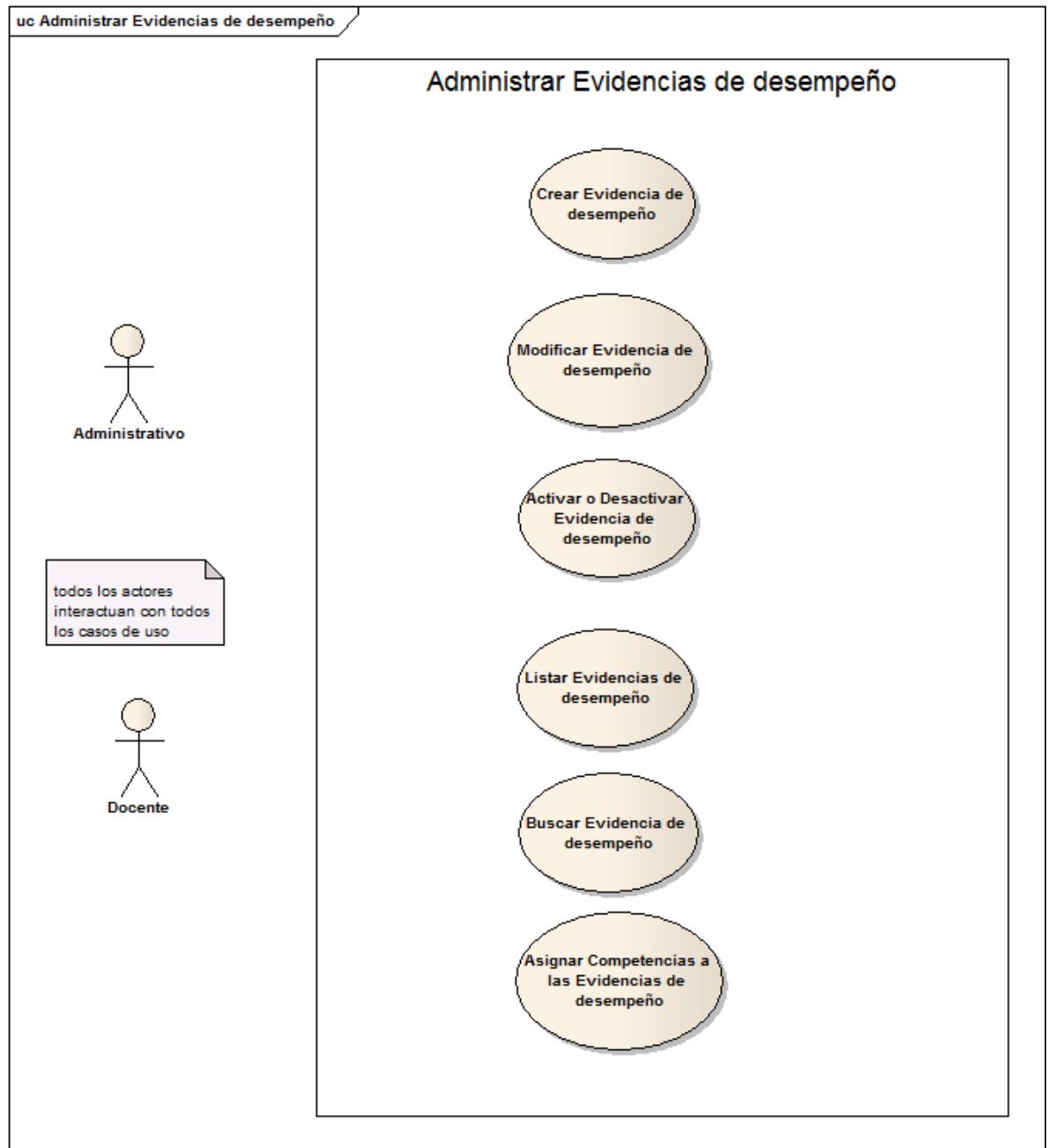


Figura 6 Diagrama de Casos de Uso, Administrar Evidencia de Desempeño

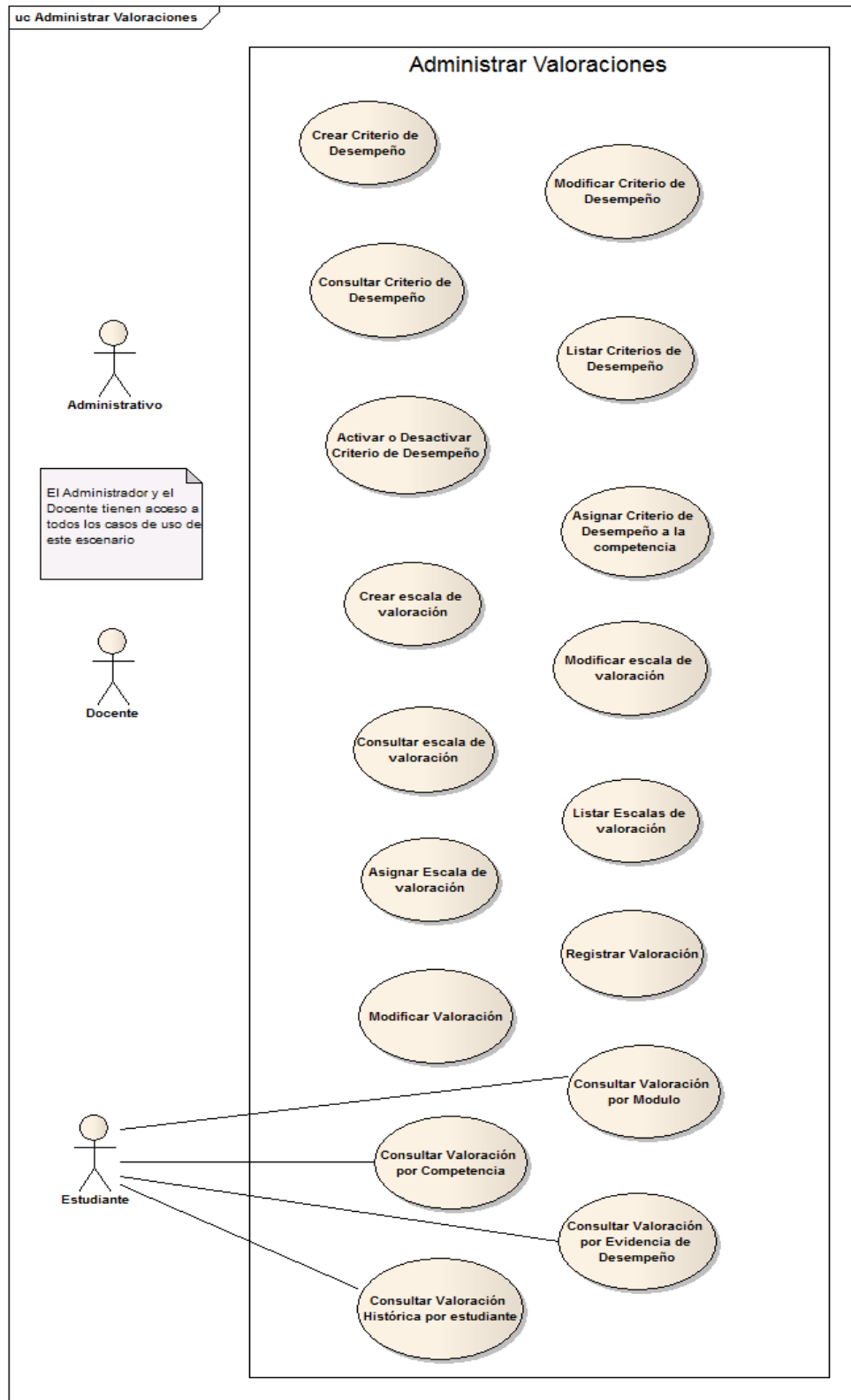


Figura 7 Diagrama de Casos de Uso, Administrar Valoraciones

1.3.5. Escenarios de Casos de Uso

CU1.1 Crear Usuario

Nombre del caso de uso	CU1.1 Crear Usuario
Descripción	Permite registrar los usuarios del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear usuarios.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información del usuario.
3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda el usuario.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el usuario fue guardado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El usuario no puede ser almacenado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU1.2 Modificar Usuario

Nombre del caso de uso	CU1.2 Modificar Usuario
Descripción	Permite modificar usuarios del sistema de información.
Módulo	

Realizó Diana Bedoya

Verificó

Modificó

Precondiciones

Flujo

1. El usuario da clic en modificar usuario.
2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.
4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.
5. El sistema presenta un mensaje informando que el usuario fue modificado.

Flujo alternativo

El usuario no ingresa toda la información requerida.

El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.

El usuario no puede ser modificado.

El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU1.3 Consultar Usuario

Nombre del caso de uso

CU1.3 Consultar Usuario

Descripción

Permite consultar usuarios del sistema de información.

Módulo

Realizó

Diana Bedoya

Verificó

Modificó

Precondiciones

Flujo

1. El usuario da clic en consultar usuario.	2. El sistema habilita los campos de documento, apellido y nombre.
3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.

CU1.4 Listar Usuarios

Nombre del caso de uso	CU1.4 Listar Usuarios
Descripción	Permite listar los usuarios del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en listar usuarios.	2. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
Flujo alternativo	

CU1.5 Activar o Desactivar Usuario

Nombre del caso de uso	CU1.5 Activar o Desactivar Usuario
Descripción	Permite activar o desactivar los usuarios del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en activar o desactivar.	2. El sistema cambia el estado actual del usuario y presenta un mensaje de confirmación.
3. El usuario confirma el cambio de estado.	4. El sistema modifica el estado del usuario.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el cambio de estado fue exitoso.
Flujo alternativo	
El usuario no confirma el cambio de estado.	El caso de uso termina.

CU2.1 Crear Programa

Nombre del caso de uso	CU2.1 Crear Programa
Descripción	Permite registrar los programas del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	

1. El usuario da clic en crear programa.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información del programa.
3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda el programa.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el programa fue guardado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El programa no puede ser almacenado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU2.2 Modificar Programa

Nombre del caso de uso	CU2.2 Modificar Programa
Descripción	Permite modificar programas del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar programa.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.

	5. El sistema presenta un mensaje informando que el programa fue modificado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El programa no puede ser modificado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU2.3 Consultar Programa

Nombre del caso de uso	CU2.3 Consultar Programa
Descripción	Permite consultar los programas del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en consultar programa.	2. El sistema habilita los campos de código y nombre.
3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.

El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.
--	---

CU2.4 Listar Programas

Nombre del caso de uso	CU2.4 Listar Programas
Descripción	Permite listar los programas del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en listar programas.	3. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
Flujo alternativo	

CU2.5 Activar o Desactivar Programa

Nombre del caso de uso	CU2.5 Activar o Desactivar Programa
Descripción	Permite activar o desactivar los programas del sistema de información
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	

1. El usuario da clic en activar o desactivar.	2. El sistema cambia el estado actual del programa y presenta un mensaje de confirmación.
3. El usuario confirma el cambio de estado.	4. El sistema modifica el estado del programa.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el cambio de estado fue exitoso.
Flujo alternativo	
El usuario no confirma el cambio de estado.	El caso de uso termina.

CU3.1 Crear Competencia

Nombre del caso de uso	CU3.1 Crear Competencia
Descripción	Permite registrar las competencias del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear competencia.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información de la competencia.
3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda la competencia.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la competencia fue guardada.
Flujo alternativo	

El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
La competencia no puede ser almacenada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU3.2 Modificar Competencia

Nombre del caso de uso	CU3.2 Modificar Competencia
Descripción	Permite modificar competencias del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar competencia.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la competencia fue modificada.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
La competencia no puede ser modificada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU3.3 Consultar Competencia

Nombre del caso de uso	CU3.3 Consultar Competencia
Descripción	Permite consultar las competencias del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en consultar competencia.	2. El sistema habilita los campos de código y nombre.
3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.

CU3.4 Listar Competencias

Nombre del caso de uso	CU3.4 Listar Competencias
Descripción	Permite listar las competencias del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	

Precondiciones**Flujo**

- | | |
|--|--|
| 1. El usuario da clic en listar competencias. | 2. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados. |
|--|--|

Flujo alternativo

CU3.5 Crear Niveles de competencia

Nombre del caso de uso**CU3.5 Crear Niveles de competencia****Descripción**

Permite registrar los niveles de competencias, para las diferentes competencias registradas en el sistema de información.

Módulo**Realizó**

Diana Bedoya

Verificó**Modificó****Precondiciones**

Debe estar seleccionada una competencia.

Flujo

- | | |
|--|---|
| 1. El usuario da clic en crear niveles de competencia. | 2. El sistema muestra los campos para ingresar la información de los niveles de competencia. |
| 3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar. | 4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los niveles de competencia. |
| | 5. El sistema presenta un mensaje informando que los niveles de competencia fueron guardados. |

Flujo alternativo

El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
Los niveles de competencia no pueden ser almacenados.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU3.6 Modificar Niveles de competencia

Nombre del caso de uso	CU3.6 Modificar niveles de competencia
Descripción	Permite modificar los niveles de competencias, para las diferentes competencias registradas en el sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Debe estar seleccionada una competencia.
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar niveles de competencia.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que los niveles de competencia fueron modificados.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.

Los niveles de competencia no pueden ser modificados.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.
--	---

CU3.7 Asignar o Desasignar Competencias a programas

Nombre del caso de uso	CU3.7 Asignar o Desasignar Competencias a programas.
Descripción	Permite asignar las competencias a los programas.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Debe estar un programa seleccionado.
Flujo	
1. El usuario da clic en asignar o desasignar competencias a programas.	2. El sistema carga las competencias asignadas y las competencias existentes.
3. El usuario selecciona las competencias deseadas y la opción asignar.	4. El sistema asigna las competencias seleccionadas al programa.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que las competencias han sido asignadas.
Flujo alternativo	
El usuario da clic en la opción desasignar.	El sistema desasigna las competencias seleccionadas al programa.

CU4.1 Crear Módulo

Nombre del caso de uso	CU4.1 Crear módulo
Descripción	Permite registrar los módulos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear módulos.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información del usuario.
3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda el módulo.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el módulo fue guardado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El módulo no puede ser almacenado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU4.2 Modificar Módulo

Nombre del caso de uso	CU4.2 Modificar Módulo
Descripción	Permite modificar módulos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	

Modificó

Precondiciones

Flujo

- | | |
|--|--|
| 1. El usuario da clic en modificar módulo. | 2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información. |
| 3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios. | 4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios. |
| | 5. El sistema presenta un mensaje informando que el módulo fue modificado. |

Flujo alternativo

El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
--	---

El módulo no puede ser modificado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.
------------------------------------	---

CU4.3 Consultar Módulo

Nombre del caso de uso	CU4.3 Consultar módulo
-------------------------------	-------------------------------

Descripción	Permite consultar módulos del sistema de información.
--------------------	---

Módulo

Realizó	Diana Bedoya
----------------	--------------

Verificó

Modificó

Precondiciones

Flujo

- | | |
|--|--|
| 1. El usuario da clic en consultar módulo. | 2. El sistema habilita los campos de documento, apellido y nombre. |
|--|--|

3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.

CU4.4 Listar Módulos

Nombre del caso de uso	CU4.4 Listar Módulos
Descripción	Permite listar los módulos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en listar módulos.	2. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
Flujo alternativo	

CU4.5 Activar o Desactivar Módulo

Nombre del caso de uso	CU4.5 Activar o Desactivar Módulo
Descripción	Permite activar o desactivar los módulos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en activar o desactivar.	2. El sistema cambia el estado actual del módulo y presenta un mensaje de confirmación.
3. El usuario confirma el cambio de estado.	4. El sistema modifica el estado del módulo.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el cambio de estado fue exitoso.
Flujo alternativo	
El usuario no confirma el cambio de estado.	El caso de uso termina.

CU4.6 Asignar o Desasignar Módulos a programas

Nombre del caso de uso	CU4.6 Asignar o Desasignar Módulos a programas
Descripción	Permite asignar los módulos a los programas.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	

Modificó	
Precondiciones	Debe estar un programa seleccionado.
Flujo	
1. El usuario da clic en asignar o desasignar módulos a programas.	2. El sistema carga los módulos asignados y los módulos existentes.
3. El usuario selecciona los módulos deseados y la opción asignar.	4. El sistema asigna los módulos seleccionados al programa.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que las competencias han sido asignadas.
Flujo alternativo	
El usuario da clic en la opción desasignar.	El sistema desasigna los módulos seleccionados al programa.

CU4.7 Asignar o Desasignar Competencias al Módulo

Nombre del caso de uso	CU4.7 Asignar o Desasignar Competencias al Módulo
Descripción	Permite asignar las competencias a los programas.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Debe estar un módulo seleccionado.
Flujo	
1. El usuario da clic en asignar o desasignar competencias a programas.	2. El sistema carga las competencias asignadas y las competencias existentes.

3. El usuario selecciona las competencias deseadas y la opción asignar.	4. El sistema asigna las competencias seleccionadas al módulo.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que las competencias han sido asignadas.
Flujo alternativo	

CU4.8 Crear Resultado de aprendizaje

Nombre del caso de uso	CU4.8 Crear Resultado de aprendizaje
Descripción	Permite registrar los resultados de aprendizaje del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear resultado de aprendizaje.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información del resultado de aprendizaje.
3. El usuario ingresa la información solicitada, y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda el resultado de aprendizaje.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el resultado de aprendizaje fue guardado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.

El resultado de aprendizaje no puede ser almacenado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.
---	---

CU4.9 Modificar Resultado de aprendizaje

Nombre del caso de uso	CU4.9 Modificar Resultado de aprendizaje
Descripción	Permite modificar el resultado de aprendizajes del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar resultado de aprendizaje.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el resultado de aprendizaje fue modificado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El resultado de aprendizaje no puede ser modificado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU4.10 Asignar o Desasignar Resultado de Aprendizaje a Competencia

Nombre del caso de uso	CU4.10 Asignar o Desasignar Resultado de Aprendizaje a competencia
Descripción	Permite asignar los resultados de aprendizaje a las competencias creadas.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Debe estar seleccionada una competencia de un módulo específico.
Flujo	
1. El usuario da clic en asignar o desasignar resultado de Aprendizaje a competencia.	2. El sistema carga resultados de aprendizaje existentes y los resultados de aprendizaje asignados, para la competencia seleccionada en el módulo seleccionado.
3. El usuario selecciona los resultados de aprendizaje deseados y la opción asignar.	4. El sistema asigna el resultado de aprendizaje a la competencia.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que los resultados de aprendizaje han sido asignados.
Flujo alternativo	
El usuario da clic en la opción desasignar.	El sistema desasigna el resultado de aprendizaje a la competencia.

CU5.1 Crear Grupo

Nombre del caso de uso	CU5.1 Crear Grupo
Descripción	Permite registrar los grupos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear grupo.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información del grupo.
3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda el grupo.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el grupo fue guardado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El grupo no puede ser almacenado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU5.2 Modificar Grupo

Nombre del caso de uso	CU5.2 Modificar Grupo
Descripción	Permite modificar grupos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	

Modificó

Precondiciones

Flujo

- | | |
|--|--|
| 1. El usuario da clic en modificar grupo. | 2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información. |
| 3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios. | 4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios. |
| | 5. El sistema presenta un mensaje informando que el grupo fue modificado. |

Flujo alternativo

El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
--	---

El grupo no puede ser modificado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.
-----------------------------------	---

CU5.3 Consultar Grupo

Nombre del caso de uso

CU5.3 Consultar Grupo

Descripción

Permite consultar los grupos del sistema de información.

Módulo

Realizó

Diana Bedoya

Verificó

Modificó

Precondiciones

Flujo

- | | |
|---|---|
| 1. El usuario da clic en consultar grupo. | 2. El sistema habilita los campos de código y nombre. |
|---|---|

3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.

CU5.4 Listar Grupos

Nombre del caso de uso	CU5.4 Listar Grupos
Descripción	Permite listar los grupos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en listar grupos.	2. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
Flujo alternativo	

CU5.5 Activar o Desactivar Grupo

Nombre del caso de uso	CU5.5 Activar o Desactivar Grupo
Descripción	Permite activar o desactivar los grupos del sistema de información
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
6. El usuario da clic en activar o desactivar	7. El sistema cambia el estado actual del grupo y presenta un mensaje de confirmación.
8. El usuario confirma el cambio de estado.	9. El sistema modifica el estado del grupo
	10. El sistema presenta un mensaje informando que el cambio de estado fue exitoso
Flujo alternativo	
El usuario no confirma el cambio de estado	El caso de uso termina

CU5.6 Asignar o Desasignar Grupos a programas

Nombre del caso de uso	CU5.6 Asignar o Desasignar Grupos a programas
Descripción	Permite asignar los grupos a los programas.
Modulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	

Precondiciones	Debe estar un programa seleccionado.
Flujo	
1. El usuario da clic en asignar o desasignar grupos a programas.	2. El sistema carga los grupos asignados y los grupos existentes.
3. El usuario selecciona los grupos deseados y la opción asignar.	4. El sistema asigna los grupos seleccionados al programa.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que las competencias han sido asignadas.
Flujo alternativo	
El usuario da clic en la opción desasignar.	El sistema desasigna los grupos seleccionados al programa.

CU6.1 Crear Evidencia de desempeño

Nombre del caso de uso	CU6.1 Crear Evidencia de desempeño
Descripción	Permite registrar la evidencia de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear evidencia de desempeño.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información de la evidencia de desempeño.
3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda el evidencia de desempeño.

	5. El sistema presenta un mensaje informando que la evidencia de desempeño fue guardada.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El evidencia de desempeño no puede ser almacenada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU6.2 Modificar Evidencia de desempeño

Nombre del caso de uso	CU6.2 Modificar Evidencia de desempeño
Descripción	Permite modificar evidencia de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar evidencia de desempeño.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la evidencia de desempeño fue modificada.
Flujo alternativo	

El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
La evidencia de desempeño no puede ser modificada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU6.3 Consultar Evidencia de desempeño

Nombre del caso de uso	CU6.3 Consultar Evidencia de desempeño
Descripción	Permite consultar las evidencias de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en consultar evidencia de desempeño.	2. El sistema habilita los campos de código y nombre.
3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.

CU6.4 Listar Evidencia de desempeño

Nombre del caso de uso	CU6.4 Listar Evidencia de desempeño
Descripción	Permite listar las evidencia de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en listar evidencia de desempeño.	3. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
Flujo alternativo	

CU6.5 Activar o Desactivar Evidencia de desempeño

Nombre del caso de uso	CU6.5 Activar o Desactivar Evidencia de desempeño
Descripción	Permite activar o desactivar los evidencia de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en activar o desactivar.	2. El sistema cambia el estado actual de la evidencia de desempeño y presenta un mensaje de confirmación.

3. El usuario confirma el cambio de estado.	4. El sistema modifica el estado de la evidencia de desempeño.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el cambio de estado fue exitoso.
Flujo alternativo	
El usuario no confirma el cambio de estado.	El caso de uso termina.

CU6.6 Asignar Competencias a las Evidencias de Desempeño

Nombre del caso de uso	CU6.6 Asignar Competencias a las Evidencias de Desempeño.
Descripción	Permite asignar las competencias a las evidencias de desempeño creadas.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Debe estar seleccionada una evidencia de desempeño creada para un módulo específico.
Flujo	
1. El usuario da clic en asignar Competencias a las Evidencias de Desempeño.	2. El sistema carga las competencias existentes y las competencias asignadas, para la evidencia de desempeño seleccionada en el módulo seleccionado.
3. El usuario selecciona las competencias deseadas y la opción asignar.	4. El sistema asigna las competencias a la evidencia de desempeño.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que las competencias

han sido asignadas a la evidencia de desempeño.

Flujo alternativo

El usuario da clic en Desasignar Competencias a las Evidencias de Desempeño.

El sistema desasigna las competencia a la evidencia de desempeño.

CU7.1 Crear Criterio de desempeño

Nombre del caso de uso	CU7.1 Crear Criterio de desempeño
Descripción	Permite registrar los criterios de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear criterio de desempeño.	2. El sistema muestra los campos para ingresar la información del criterio de desempeño.
3. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda el criterio de desempeño.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el criterio de desempeño fue guardado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El criterio de desempeño no puede ser almacenado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.2 Modificar Criterio de desempeño

Nombre del caso de uso	CU7.2 Modificar Criterio de desempeño
Descripción	Permite modificar criterio de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar criterio de desempeño.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que el criterio de desempeño fue modificado.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El criterio de desempeño no puede ser modificado.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.3 Consultar Criterio de desempeño

Nombre del caso de uso	CU7.3 Consultar Criterio de desempeño
Descripción	Permite consultar los criterios de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en consultar criterio de desempeño.	2. El sistema habilita los campos de código y nombre.
3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.

CU7.4 Listar Criterio de desempeño

Nombre del caso de uso	CU7.4 Listar Criterio de desempeño
Descripción	Permite listar los criterios de desempeño del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	

Modificó**Precondiciones**

Flujo

- | | |
|--|--|
| 1. El usuario da clic en listar criterio de desempeño. | 2. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados. |
|--|--|

Flujo alternativo

CU7.5 Activar o Desactivar Criterio de desempeño**Nombre del caso de uso****CU7.5 Activar o Desactivar Criterio de desempeño****Descripción**

Permite activar o desactivar los criterios de desempeño del sistema de información.

Módulo**Realizó**

Diana Bedoya

Verificó**Modificó****Precondiciones**

Flujo

- | | |
|--|--|
| 1. El usuario da clic en activar o desactivar. | 2. El sistema cambia el estado actual del criterio de desempeño y presenta un mensaje de confirmación. |
| 3. El usuario confirma el cambio de estado. | 4. El sistema modifica el estado del criterio de desempeño. |
| | 5. El sistema presenta un mensaje informando que el cambio de estado fue exitoso. |

Flujo alternativo

El usuario no confirma el cambio de estado.

El caso de uso termina.

CU7.6 Asignar Criterios de Desempeño a las Competencias

Nombre del caso de uso	CU7.6 Asignar Competencias a los Criterios de Desempeño
Descripción	Asignar Criterios de Desempeño a las Competencias de una Evidencia de desempeño específica.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	La evidencia de desempeño debe tener competencias asignadas.
Flujo	
1. El usuario da clic en Asignar Criterios de Desempeño a las Competencias.	2. El sistema carga los criterios de desempeño existentes y los criterios de desempeño asignados, para las competencias definidas en la evidencia de desempeño seleccionada.
3. El usuario selecciona los criterios de desempeño deseados y la opción a asignar.	4. El sistema asigna los criterios de desempeño a las competencias.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que los criterios de desempeño han sido asignados para las competencias de la evidencia de desempeño.
Flujo alternativo	
El usuario da clic en la opción desasignar criterios de desempeño.	El sistema asigna los criterios de desempeño a las competencias.

CU7.7 Crear escala de valoración

Nombre del caso de uso	CU7.7 Crear escala de valoración
Descripción	Permite registrar las escalas de valoración del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en crear escala de valoración.	2. El sistema habilita los campos para el ingreso del número de niveles de la escala de valoración. Cada nivel será un conjunto difuso, se aceptarán máximo 7 niveles.
3. El usuario ingresa el número de niveles de la escala de valoración.	4. El sistema muestra los campos para ingresar la información de la escala de valoración como función de pertenencia a un conjunto difuso.
5. El usuario ingresa la información solicitada y selecciona la opción guardar.	6. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda la escala de valoración.
	7. El sistema presenta un mensaje informando que la escala de valoración fue guardada.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
La escala de valoración no puede ser almacenada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.8 Modificar Escala de valoración

Nombre del caso de uso	CU7.8 Modificar Escala de valoración
Descripción	Permite modificar escala de valoración del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	La escala de valoración no debe tener valoraciones registradas en las evidencias de desempeño para las cuales ha sido asignada.
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar escala de valoración.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y selecciona la opción guardar cambios.	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la escala de valoración fue modificada.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
La escala de valoración no puede ser modificada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.9 Consultar Escala de valoración

Nombre del caso de uso	CU7.9 Consultar Escala de Valoración
Descripción	Permite consultar la escala de valoración del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	
Flujo	
1. El usuario da clic en consultar escala de valoración.	2. El sistema habilita los campos de código y nombre.
3. El usuario ingresa al menos un dato para realizar la búsqueda.	4. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que la búsqueda fue exitosa.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa ningún dato.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
El sistema no encuentra ninguna coincidencia.	El sistema informa que no hay coincidencias con los parámetros seleccionados.

CU7.10 Listar Escala de valoración

Nombre del caso de uso	CU7.10 Listar Escala de valoración
Descripción	Permite listar las escalas de valoración del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	

Modificó**Precondiciones**

Flujo

- | | |
|---|---|
| 1. El usuario da clic en listar escala de valoración. | 2. El sistema lista las coincidencias de acuerdo con los datos ingresados |
|---|---|

Flujo alternativo

CU7.11 Asignar Escala de valoración**Nombre del caso de uso****CU7.11 Asignar Escala de valoración****Descripción**

Asignar las escalas de valoración a criterios de desempeño, competencias o módulos.

Módulo**Realizó**

Diana Bedoya

Verificó**Modificó****Precondiciones**

Flujo

- | | |
|--|--|
| 1. El usuario da clic en Asignar Escala de valoración. | 2. El sistema carga las Escalas de valoración existentes y las opciones de asignación: Asignar escalas de valoración a criterios de desempeño, Asignar escalas de valoración a competencias o Asignar escalas de valoración a módulos. |
| 3. El usuario selecciona Asignar escalas de valoración a criterios de desempeño. | 4. El sistema asigna la escala de valoración a los criterios de desempeño. |

5. El sistema presenta un mensaje informando que las escalas de valoración han sido asignadas para los criterios de desempeño.

Flujo alternativo

El usuario selecciona Asignar escalas de valoración a competencias.

El sistema asigna la escala de valoración a la competencia seleccionada y a todos los criterios de desempeño definidos para ella.

El usuario selecciona Asignar escalas de valoración a módulos.

El sistema asigna la escala de valoración al módulo seleccionado y a todas las competencias definidas para él.

CU7.12 Registrar valoración

Nombre del caso de uso	CU7.12 Registrar valoración
Descripción	Permite registrar las escalas de valoración del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Evidencias de desempeño deben tener escalas de valoración definidas para cada criterio de desempeño relacionado a éstas.
Flujo	
1. El usuario da clic en registrar valoración.	2. El sistema le permite seleccionar el grupo y la evidencia de desempeño a valorar.

3. El usuario selecciona el grupo y la evidencia de desempeño a valorar.	4. El sistema carga la información del grupo y habilita los campos para asignar las valoraciones de forma cualitativa y/o cuantitativa.
5. El usuario ingresa las valoraciones y da clic en guardar.	6. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda la valoración.
	7. El sistema presenta un mensaje informando que la escala de valoración fue guardada.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
La valoración no puede ser almacenada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.13 Modificar valoración

Nombre del caso de uso	CU7.13 Modificar valoración
Descripción	Permite modificar escala de valoración del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	.
Flujo	
1. El usuario da clic en modificar valoración.	2. El sistema habilita los campos que pueden ser modificados para ingresar la nueva información.
3. El usuario ingresa la información a modificar y	4. El sistema verifica que la información ingresada sea válida y guarda los cambios.

selecciona la opción guardar cambios.	5. El sistema presenta un mensaje informando que la valoración fue modificada.
Flujo alternativo	
El usuario no ingresa toda la información requerida.	El sistema presenta un mensaje solicitando la información faltante.
La escala de valoración no puede ser modificada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.14 Consultar Valoración por Módulo

Nombre del caso de uso	CU7.14 Consultar Valoración por Módulo.
Descripción	Permite Consultar Valoración por Módulo para estudiantes o grupos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Las valoraciones deben haber sido registradas previamente.
Flujo	
1. El usuario da clic en Consultar Valoración por Módulo	2. El sistema habilita los campos para seleccionar consulta por grupo o consulta por estudiante.
3. El usuario selecciona la opción grupo.	4. El sistema carga las valoraciones existentes para el grupo en el módulo de la consulta, calcula y muestra la valoración sumativa

	para las evidencias de desempeño registradas para el grupo.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que ha terminado la carga de las valoraciones para el módulo.
Flujo alternativo	
El usuario selecciona la opción estudiante.	El sistema carga las valoraciones existentes para el estudiante en el módulo de la consulta, calcula y muestra la valoración sumativa para las evidencias de desempeño registradas para el estudiante.
La valoración no puede ser consultada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.15 Consultar Valoración por Competencias

Nombre del caso de uso	CU7.15 Consultar Valoración por Competencia
Descripción	Permite Consultar Valoración por Competencia para estudiantes o grupos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Las valoraciones deben haber sido registradas previamente
Flujo	
1. El usuario da clic en Consultar Valoración por Competencia.	2. El sistema habilita los campos para seleccionar consulta por grupo o consulta por estudiante.

3. El usuario selecciona la opción grupo.

4. El sistema carga las valoraciones existentes para el grupo en la competencia de la consulta, teniendo en cuenta las evidencias de desempeño de todos los módulos que la trabajan, calcula y muestra la valoración sumativa para las evidencias de desempeño registradas para el grupo.

5. El sistema presenta un mensaje informando que ha terminado la carga de las valoraciones para la competencia.

Flujo alternativo

El usuario selecciona la opción estudiante.

El sistema carga las valoraciones existentes para el estudiante en la competencia de la consulta, teniendo en cuenta las evidencias de desempeño de todos los módulos que la trabajan, calcula y muestra la valoración sumativa para las evidencias de desempeño registradas para el grupo.

La valoración no puede ser consultada.

El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.16 Consultar Valoración por Evidencia de Desempeño

Nombre del caso de uso	CU7.16 Consultar Valoración por evidencia de desempeño
Descripción	Permite Consultar Valoración por Evidencia de Desempeño para estudiantes o grupos del sistema de información.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Las valoraciones deben haber sido registradas previamente.
Flujo	
1. El usuario da clic en Consultar Valoración por Evidencia de Desempeño.	2. El sistema habilita los campos para seleccionar consulta por grupo o consulta por estudiante.
3. El usuario selecciona la opción grupo.	4. El sistema carga las valoraciones existentes para el grupo en la Evidencia de Desempeño de la consulta. Calcula la valoración final teniendo en cuenta los criterios de desempeño establecidos para las diferentes competencias valoradas en la evidencia de desempeño. Presenta la nota total de la evidencia de desempeño en forma cualitativa y cuantitativa.
	5. El sistema presenta un mensaje informando que ha terminado la carga de las valoraciones para la competencia.
Flujo alternativo	

El usuario selecciona la opción estudiante.	El sistema carga las valoraciones existentes para el estudiante en la Evidencia de Desempeño de la consulta. Calcula la valoración final teniendo en cuenta los criterios de desempeño establecidos para las diferentes competencias valoradas en la evidencia de desempeño. Presenta la nota total de la evidencia de desempeño en forma cualitativa y cuantitativa.
La valoración no puede ser consultada.	El sistema informa la falla y el caso de uso termina.

CU7.17 Consultar Valoración Histórica por estudiante.

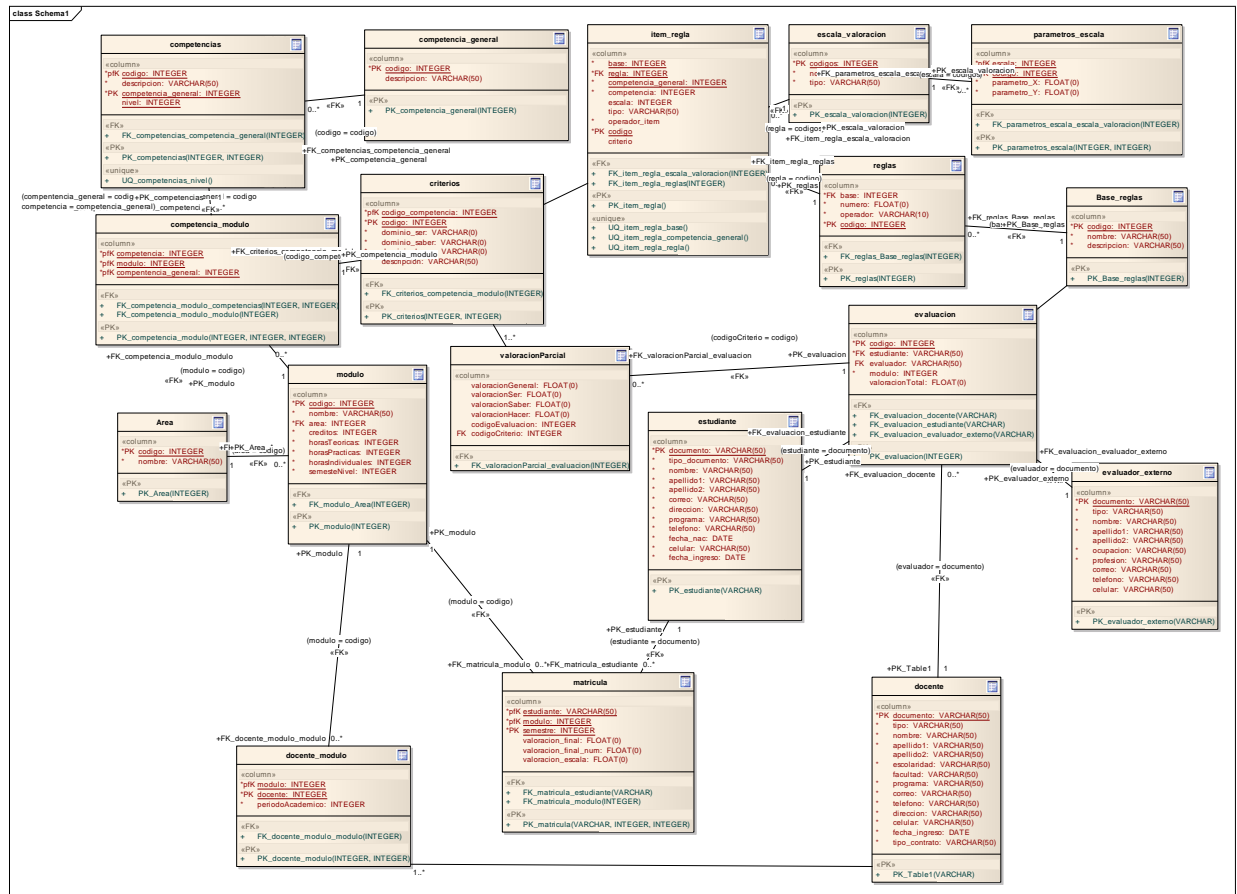
Nombre del caso de uso	CU7.17 Consultar Valoración Histórica por estudiante.
Descripción	Permite Consultar las valoraciones históricas para un estudiante por módulo o por competencia.
Módulo	
Realizó	Diana Bedoya
Verificó	
Modificó	
Precondiciones	Las valoraciones deben haber sido registradas previamente.
Flujo	
1. El usuario da clic en Consultar Valoración Histórica por estudiante.	2. El sistema solicita la identificación del estudiante y el tipo de consulta para valoraciones históricas, por módulo o por competencia.

<p>3. El usuario selecciona la opción consulta por módulo.</p>	<p>4. El sistema lista los módulos cursados por el estudiante.</p>
<p>5. El usuario selecciona el módulo deseado.</p>	<p>6. El sistema carga las valoraciones existentes para el estudiante en el módulo de la consulta. Calcula la valoración final teniendo en cuenta los criterios de desempeño establecidos para cada evidencia de desempeño. El sistema presenta la curva de evolución y presenta la nota total del módulo en forma cualitativa y cuantitativa.</p>
<p>Flujo alternativo</p>	
<p>El usuario selecciona la opción consulta por competencia.</p>	<p>El sistema lista las competencias evaluadas al estudiante.</p>
<p>El usuario selecciona la competencia deseada.</p>	<p>El sistema carga las valoraciones existentes para el estudiante en la competencia deseada de la consulta. Calcula la valoración final teniendo en cuenta los criterios de desempeño establecidos para cada evidencia de desempeño. En todos los módulos que desarrollan la competencia seleccionada. El sistema presenta la curva de evolución y la nota total del módulo de forma cualitativa y cuantitativa.</p>

1.4. MODELO DE DISEÑO

1.4.1. Estructura estática

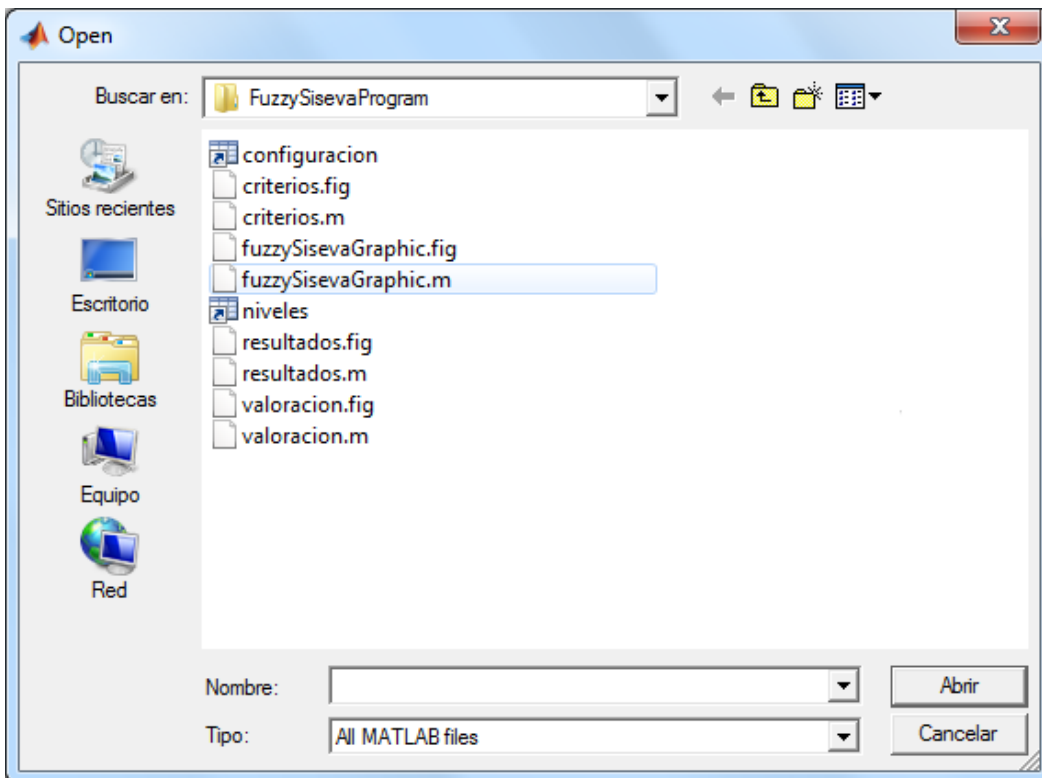
- Modelo de Datos



ANEXO 5. MANUAL DE USUARIO PROTOTIPO

EJECUCIÓN

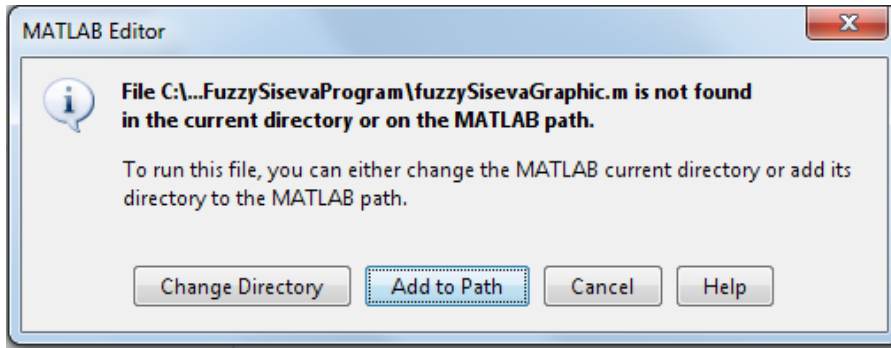
- Copie la carpeta *FuzzySisevaProgram* a Mis Documentos.
- Abra MATLAB ®.
- Abra el archivo *fuzzySisevaGraphic.m*



- Oprima la tecla F5 para ejecutar el aplicativo.

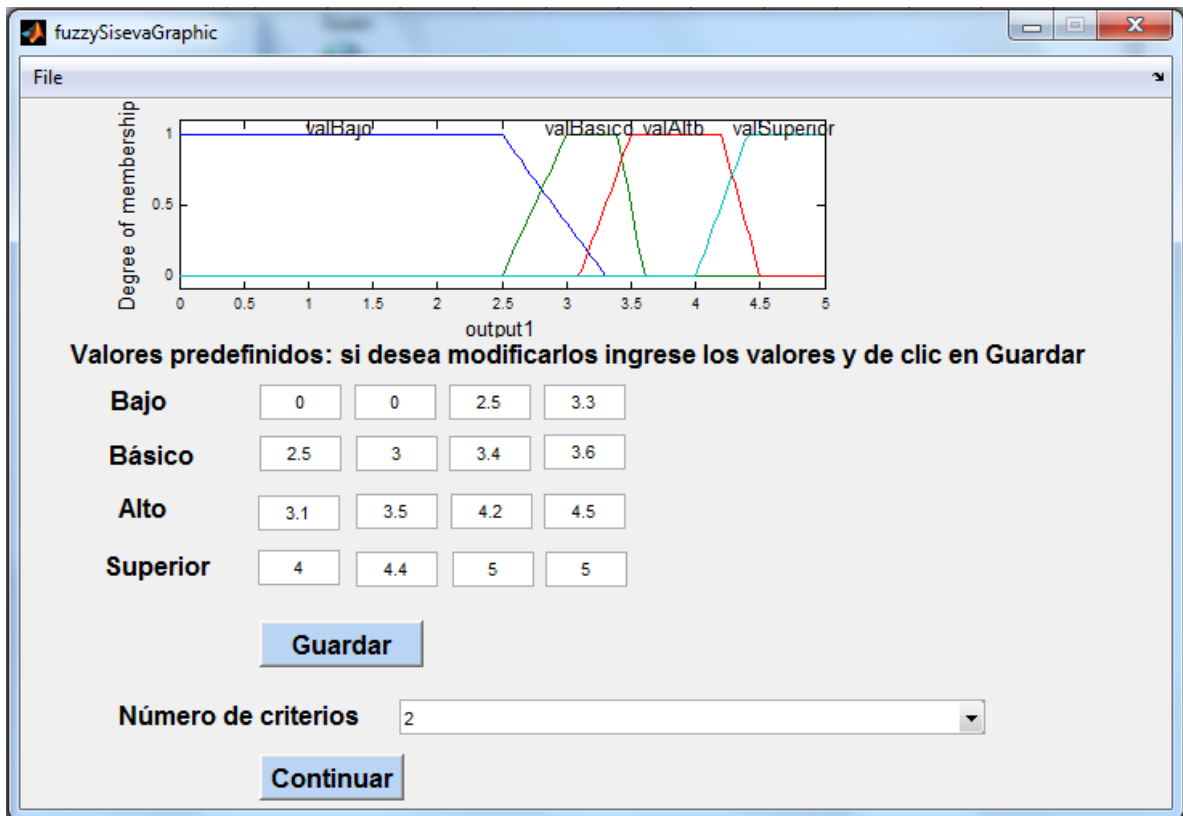
Nota:

Al momento de ejecutar la aplicación MATLAB solicitará registrar la ruta de ejecución del archivo, para esto haga clic en *Add To Path*.



DETERMINACIÓN DE VALORES

Al ejecutar el aplicativo usted se encontrará la siguiente ventana:



Los valores para determinar el grado de pertenencia a cada nivel: Bajo, Básico, Alto, Superior, están definidos por trapezoides como se muestra en la figura anterior en colores Azul, Verde, Rojo y Cian respectivamente. Si usted desea modificar los valores de pertenencia de alguno o todos los niveles utilice las casillas bajo el nombre *Valores predefinidos*.

- La primera columna indica la esquina inferior izquierda del trapecoide.
- La segunda columna indica la esquina superior izquierda del trapecoide.

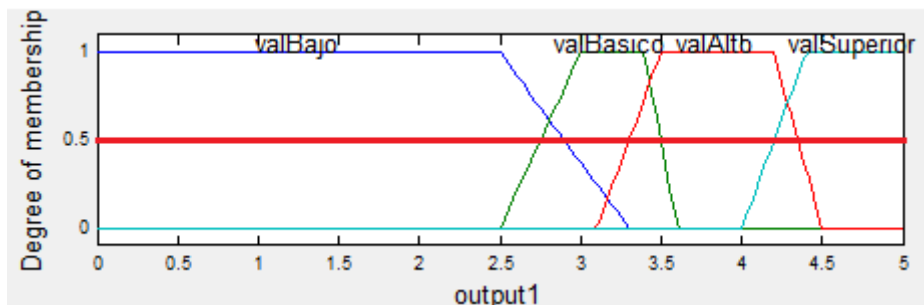
- La tercera columna indica la esquina superior derecha del trapezoide.
- La cuarta columna indica la esquina inferior derecha del trapezoide.

En caso de realizar cambios en alguno o todos los valores tenga en cuentas las siguientes consideraciones para garantizar un correcto funcionamiento del prototipo:

- En el nivel Bajo las columnas 1 y 2 deben tener consignado el valor 0.
- En el nivel Superior las columnas 3 y 4 deben tener consignado el valor 5.

Bajo	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2.5"/>	<input type="text" value="3.3"/>
Básico	<input type="text" value="2.5"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3.4"/>	<input type="text" value="3.6"/>
Alto	<input type="text" value="3.1"/>	<input type="text" value="3.5"/>	<input type="text" value="4.2"/>	<input type="text" value="4.5"/>
Superior	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="4.4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>

- Los puntos de corte de las líneas que limitan cada trapezoide deben estar por encima de 0,5.



Haga clic en *Guardar*.

DETERMINACIÓN DE CRITERIOS

Elija del menú desplegable, la cantidad de criterios que desee evaluar en la parte inferior de la ventana inicial, puede elegir 2 o 3.

Número de criterios

Una vez haga clic en *Continuar*, encontrará la siguiente ventana:

En la esquina superior izquierda usted puede elegir el nivel de desarrollo de competencia que desee valorar según la taxonomía de Bloom. Estos niveles son:

1. Conocimiento
2. Comprensión
3. Aplicación
4. Análisis
5. Síntesis
6. Evaluación

Una vez elegido el nivel deseado debe completar al menos uno de los campos que se tendrán en cuenta en la valoración, estos son: heteroevaluación, autoevaluación y coevaluación.

- La heteroevaluación hace referencia a la valoración asignada por superiores o entes rectores.

- La autoevaluación hace referencia a la valoración que el estudiante se asigna así mismo.
- La coevaluación hace referencia a la valoración asignada por los demás estudiantes.

Para completar los criterios el docente debe asignar un nombre corto al criterio que valorará, luego debe elegir un verbo de los contemplados en el nivel previamente escogido y finalmente digitar el complemento que permitirá identificar dicho criterio.

Criterios Heteroevaluación

Nombre	Partes Célula	Describir	correctamente las partes de la célula
Nombre	Tipo Célula	Distinguir	una célula animal de una célula vegetal
Nombre	Medio ambiente	Formular	soluciones amigables con el ambiente a problemas cotidianos

Una vez completados todos los campos, haga clic en *Continuar*.

VALORACIÓN

Usted encontrará la siguiente ventana:

The screenshot shows a software window titled 'valoracion' with a 'File' menu. It contains three main sections for evaluation criteria:

- Heteroevaluación:**

	Valoración Cognitiva	Valoración Procedimental	Valoración Actitudinal	Valoración criterio
Partes Célula	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	
Tipo Célula	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	
Medio ambiente	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	

Resultado Heteroevaluación:
- Autoevaluación:**

	Valoración Cognitiva	Valoración Procedimental	Valoración Actitudinal	Valoración criterio
Partes Célula	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	
Diferencias Célula	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	
Manejo Residuos	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	

Resultado Autoevaluación:
- Co Evaluación:**

	Valoración Cognitiva	Valoración Procedimental	Valoración Actitudinal	Valoración criterio
Partes Célula	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	
Funcionalidad	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	
Reciclaje	Seleccione 0	Seleccione 0	Seleccione 0	

Resultado CoEvaluación:

At the bottom of the window, there is a 'Valorar' button, a 'Valoración' field, and a 'Resultados por dominio' button.

En la ventana anterior se indican los criterios identificados con el nombre corto que se les fue asignado previamente y la posibilidad de hacer la valoración cognitiva, procedimental y actitudinal de los mismos. Para realizar cada valoración usted debe escoger uno de los dos

tipos de asignación: cualitativa o cuantitativa, sin embargo es posible usar un método diferente entre valoraciones.

Nota: En la valoración cuantitativa ó numérica debe usarse punto para indicar decimal.

Heteroevaluación					
	Valoración Cognitiva	Valoración Procedimental	Valoración Actitudinal	Valoración criterio	
Partes Célula	Básico 0	Seleccione 2.3	Alto 0	2.2907	Básico
Tipo Célula	Seleccione 4.3	Alto 0	Seleccione 3.0	3.54983	Alto
Medio ambiente	Seleccione 3.5	Básico 0	Básico 0	3.1484	Básico
Resultado Heteroevaluación:				2.2578	Bajo

En la ventana anterior se observa claramente que es posible elegir cualquier tipo de asignación sin importar el criterio y la valoración que se esté realizando.

Una vez completados todos los campos haga clic en *Valorar* para obtener la valoración por cada criterio y el resultado global por dominios.

Considere que si un campo no tiene un valor asignado éste no será tenido en cuenta.

Heteroevaluación					
	Valoración Cognitiva	Valoración Procedimental	Valoración Actitudinal	Valoración criterio	
Partes Célula	Básico 0	Seleccione 2.3	Alto 0	2.2907	Básico
Tipo Célula	Seleccione 4.3	Alto 0	Seleccione 3.0	3.54983	Alto
Medio ambiente	Seleccione 3.5	Básico 0	Básico 0	3.1484	Básico
Resultado Heteroevaluación:				2.2578	Bajo

Autoevaluación					
	Valoración Cognitiva	Valoración Procedimental	Valoración Actitudinal	Valoración criterio	
Partes Célula	Alto 0	Básico 0	Alto 0	3.1484	Básico
Diferencias Célula	Alto 0	Alto 0	Alto 0	3.82222	Alto
Manejo Residuos	Alto 0	Básico 0	Alto 0	3.1484	Básico
Resultado Autoevaluación:				2.51652	Básico

Co Evaluación					
	Valoración Cognitiva	Valoración Procedimental	Valoración Actitudinal	Valoración criterio	
Partes Célula	Seleccione 4.2	Seleccione 3.8	Alto 0	3.82222	Alto
Funcionalidad	Seleccione 3.5	Seleccione 3.5	Seleccione 4.0	3.62632	Alto
Reciclaje	Seleccione 4.0	Seleccione 3.2	Alto 0	3.31888	Básico
Resultado CoEvaluación:				3.4507	Básico

Valoración 1.47635
Bajo

Nota: Para obtener la valoración total del alumno deslice el mouse sobre el campo Valoración en la parte inferior de la ventana.

Valoración	1.47635	Bajo
-------------------	---------	------

Finalmente haga clic en *Resultados por dominio*.

RESULTADOS POR DOMINIO

Usted encontrará la siguiente ventana:

The screenshot shows a window titled "resultados" with the following content:

	Heteroevaluación	Coevaluación	Autoevaluación	Valoración Dominio
Cognitivo	3.54963	3.62632	3.82222	3.70387
Procedimental	2.2907	3.31888	2.32831	1.44658
Actitudinal	2.2907	3.82222	3.82222	3.11333

Fortalezas	Oportunidades
	Tipo Célula
	Diferencias Célula
	Partes Célula
	Funcionalidad

Debilidades	Amenazas
Partes Célula	
Medio ambiente	
Partes Célula	
Manejo Residuos	
Reciclaje	

En la ventana anterior usted encontrará los resultados cuantitativos por dominio de aprendizaje (Cognitivo, Procedimental y Actitudinal) y la clasificación de los criterios de desempeño (según el nombre corto dado) en fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, buscando dar una guía a la evaluación docente.

ANEXO 6. PROTOTIPO

ANEXO 7. PROCESO DE EVALUACION POR COMPETENCIAS

Para que la evaluación por competencias pueda ser llevada a cabo debe tenerse como punto de partida, un diseño curricular por competencias, donde deben estar definidas cuáles son las competencias a desarrollar, y qué nivel de desarrollo se requiere certificar para cada una de ellas. Estas competencias y niveles de desarrollo serán asignados a los diferentes módulos (o materias) ya sea como competencias específicas o transversales. Una vez establecidas las competencias y sus niveles de desarrollo, se definirán los resultados de aprendizaje con los cuales el estudiante evidenciará el alcance del nivel deseado.

Para llevar a cabo el proceso de evaluación por competencias se debe ejecutar las siguientes actividades.

- Establecer los criterios de desempeño para cada uno de los resultados de aprendizaje, es decir establecer cuál es el estándar de desempeño que el individuo deberá alcanzar al lograr el desarrollo de la competencia.
- Definir la tabla de saberes esenciales para cada uno de los criterios de desempeño, o sea, en las dimensiones: saber ser, saber conocer y saber hacer. Una vez establecida la tabla saberes, se debe determinar la escala de valoración para cada criterio de desempeño; en Colombia actualmente se considera para la escala de valoración los niveles: bajo, básico, alto y superior, para los niveles de educación básica y media, esta escala es de libre selección para las entidades de educación superior. Para cada uno de estos niveles debe quedar especificado qué se espera que el estudiante logre al culminarlos
- Diseñar la valoración inicial para establecer el nivel actual del desarrollo de la competencia; esto le permitirá al docente establecer las estrategias didácticas necesarias para la consecución del desarrollo de la competencia establecida para su

módulo y contrastar los resultados obtenidos en el momento de llevar a cabo los procesos de promoción o certificación.

- Seleccionar las evidencias de aprendizaje o instrumentos de observación: talleres, trabajos, portafolios, pruebas escritas, y otros, que el estudiante deberá presentar a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje, con el fin de establecer cuáles serán los momentos de heteroevaluación a realizar así como diseñar la actividad valorativa que permitirá evidenciar al final del curso el nivel alcanzado por el estudiante en el desarrollo de la competencia.
- Diseñar los instrumentos de autoevaluación con el objeto de proveerle al estudiante una herramienta que al ayudarlo a evidenciar sus fortalezas y falencias en los diferentes aspectos del desarrollo de competencias, le permita auto controlar su proceso de aprendizaje.
- Diseñar los instrumentos de coevaluación, con el propósito de suministrarle a cada estudiante un instrumento de valoración hacia sus pares; ello le permitirá, desde una postura crítica, retroalimentar a sus compañeros sobre el estado de aprendizaje de estos.
- Definir los momentos y estrategias de retroalimentación al estudiante; es en estos espacios en los que el docente deberá presentar al estudiante un informe sobre el desarrollo de las competencias y contrastar en él las diferentes evaluaciones llevadas a cabo a lo largo del proceso; es decir, en estos espacios el docente contrastará los resultados arrojados por la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación para establecer la pertinencia de la intervención docente, planear las estrategias para desarrollar los aspectos que aún no se alcanzan y potenciar aquellos que se desarrollan correctamente.

Es importante aclarar que, para las competencias consideradas transversales, el proceso de evaluación debe ser llevado a cabo de forma paralela por todos los docentes que interactúen con el estudiante en el periodo académico a valorar.