Evaluación de competencias en el área de ciencias básicas en Ingeniería utilizando micromundos con dinámica de sistemas y lógica difusa

libardo.londono@usbmed.edu.co

Libardo Antonio Londoño Ciro, Jovani Alberto Jiménez Builes,
Ana Lucía Pérez Patiño, Carlos Arturo Castro Castro
Grupo de Investigación, Innovación y Desarrollo en Informática Educativa GIDIE, Facultad de Ingenierías, Universidad de San Buenaventura Seccional Medellín. Carrera 56C Nro. 51 90 PBX (1574) 511 36 00 Ext. 171 Fax: (1574) 513 82 94
www.usb-med.edu.co Medellín – Colombia.
Email: {jjimenez, llondono, alucia, ccastro}@usb-med.edu.co
Una versión más extensa de este artículo puede ser solicitada a los autores.

Resumen

Este artículo aborda el problema de la integración de la dimensión pedagógica, lingüística y cognitiva en el proceso evaluativo para diseñar un micromundo con dinámica de sistemas y lógica difusa con el cual construir una aplicación informática que modele un proceso evaluativo por competencias en el área de ciencias básicas de Ingeniería para el mejoramiento de la calidad de la educación superior Colombiana. La modelación del proceso evaluativo es una nueva metodología cuyo contexto referencial es el pensamiento complejo y está soportada por las tecnologías emergentes de cómputo lo cual solo ha sido posible a través del trabajo transdisciplinar.

Palabras Clave. *Complejidad, Sistémico, Dinámica de Sistemas, Lógica Difusa, Micromundos, Educación Superior, Informática Educativa.*

Abstract

This article treats the problem of integration of the pedagogical, linguistic and cognitive dimensions in the process of evaluation to design a microworld using system dynamics and fuzzy logic to construct a computer science application that models a process of competence based evaluation in the area of Engineering basic sciences, in order to improve the quality of Colombian higher education. This modelling of the evaluative process is a new methodology whose referential context is «complex thought» and is supported by the emergent technologies of computing which has only been possible through interdisciplinary work.

Key words. *Complexity, Systems, Systems Dynamics, Fuzzy logic, Microworlds, Computer science Higher Education, Computer Assisted Education.*

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de un proceso de enseñanza para el aprendizaje uno de los factores críticos es la evaluación, la cual, la mayoría de las veces ha sido concebida y aplicada bien o mal en su dimensión de acción didáctica para evaluar los aprendizajes y calificarlos.

Si se considera la evaluación como un proceso, que es complejo y adicionalmente no lineal, entonces se puede representar y estudiar por medio de la dinámica de sistemas no lineales; con este tipo de modelo es posible simular aspectos tales como:

- Procesos de análisis estructurados y reflexivos, para comprender la naturaleza de objetos de estudio y emitir juicios de valor proporcionando información para ayudar a mejorar y ajustar la acción educativa.
- Procesos integrales, continuos, participativos y cooperativos de evaluación.
- Procesos investigativos.

El problema que aborda esta investigación es la integración de la dimensión pedagógica, lingüística y cognitiva en el proceso evaluativo para diseñar un microMundo con dinámica de sistemas y lógica difusa con el cual construir una aplicación informática que modele un proceso evaluativo por competencias en el área de ciencias básicas de Ingeniería para el mejoramiento de la calidad de la educación superior Colombiana. La modelación del proceso evaluativo es una nueva metodología cuyo contexto referencial es el pensamiento complejo y está soportada por las tecnologías emergentes de cómputo lo cual solo ha sido posible a través del trabajo transdisciplinar.

II. CONTEXTO REFERENCIAL

Un pensamiento colectivo emerge como el resultado de las interacciones de los individuos de una organización social. De éste afloran los tipos y niveles de competencias que deben poseer los individuos, las actitudes aceptables por la colectividad y una inteligencia colectiva. La tríada *competencia-actitud-inteligencia* colectiva es una emergencia que surge de las interacciones individuales de un colectivo social. En este proceso, cada persona puede mantenerse en una especie de estado estacionario de no-equilibrio cognoscitivo y actitudinal, de conformidad con las amortiguaciones que las perturbaciones puedan experimentar según se den todas las interacciones recíprocas aludidas. También pueden suceder que una perturbación en cualesquiera de los significados que fluctúan, se magnifique y produzca una transformación conceptual, metodológica, estética, actitudinal y axiomática, haciendo que la persona cambie las interacciones con su entorno: la persona se vuelve otra, cognoscitiva y actitudinalmente, por lo que desde el punto de vista actitudinal se hace distinta. Este hecho es de particular importancia, pues ella esta inmersa en una organización colectiva cuyas restricciones e interacciones son las que determinan sus niveles de desempeño, sus actitudes y desarrollos cognoscitivos que al igual que la inteligencia son propiedades culturales emergentes, que dependen de la historia de cada sociedad. [1].

El pensamiento colectivo, es fuente de restricciones que afectan la autonomía de los individuos y generan en ellos necesidades de adaptación y autorregulación, esto es, se transforma la tríada *autonomía-adaptabilidad-autorregulación* individual.

La tensión dinámica que se genera entre la tríada colectiva y la tríada individual está mediada por procesos de interacción fluctuantes, es decir, no-lineales. Ello explica la razón por la cual una perturbación (cambio discontinuo) en lo colectivo es condición inicial para una transformación en lo individual y a la vez una transformación en los individuos (siempre que se tuviera masa crítica) es condición inicial para perturbar lo colectivo.

La dialógica entre las tríadas colectiva e individual produce un tejido, una red; que se extiende y se manifiesta en todas las organizaciones o agrupaciones sociales a través de flujos de información *colectivo-colectivo*, *colectivo-individuo*, *individuo-individuo* e *individuo-colectivo*. En los flujos de información *colectivo-colectivo*, *colectivo-individuo*; se perciben patrones no lineales de cambio discontinuo no conservativo (como resultado del desarrollo tecnológico, la información crece de manera exponencial y la no conservatividad se refleja en el hecho de que la información se crea y se destruye a un ritmo cada vez mayor), en el ámbito de la organización educativa, y en el caso de nuestro interés en la educación superior; los flujos de información *individuo-individuo*, *individuo-colectivo*, son progresivos secuenciales y esto genera un desfasamiento entre la respuesta individual y la exigencia colectiva.

Los patrones de flujos de información progresivos secuenciales *individuo-individuo*, *individuo-colectivo* comunes en la organización educativa superior, tienen como consecuencia el desfasamiento de respuesta entre lo individual frente a la exigencia de lo colectivo, y esto bajo estas consideraciones es una organización no «viable» (la «viabilidad» de una organización hace referencia a su mayor variabilidad de respuesta frente a las exigencias de otra (as) organización (es) con la (s) que media interacciones; la «viabilidad» es una propiedad de la organización que determina su existencia y pertinencia en el contexto interaccional).

III. LA EVALUACIÓN EN RELACIÓN CON EL NIVEL DE FORMACIÓN Y EL PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

La evaluación ha sido siempre un concepto presente en el campo de la educación; sin embargo, la mayoría de las veces ha sido concebida y aplicada bien o mal en su dimensión de acción didáctica para evaluar los aprendizajes y calificarlos. Es de data más reciente la preocupación por la evaluación como acción administrativa, ligada indisolublemente a los procesos de planificación, organización y ejecución de los programas educativos.

No se puede pretender generar procesos evaluativos que sean realmente significativos, si previamente no se tiene un marco claro en torno a lo que significa la evaluación, sus objetivos y sus procesos.

Es aun frecuente el encontrarse con conceptos diversos acerca de la evaluación y, sobre todo, con ambigüedades y confusiones conceptuales y procedimentales entre evaluación y medición.

El término evaluación incluye varias acepciones que se suelen identificar con fines diferentes, como: valorar, enjuiciar, controlar, fiscalizar, etc. Algunas de ellas acarrean, incluso, ciertas connotaciones socialmente negativas.

Algunas veces la evaluación ha sido utilizada con esas finalidades, pero, fundamentalmente debe ser entendida como un proceso necesario para mejorar la calidad de la educación que se imparte en las instituciones educativas. El proceso de evaluación coloca de relieve qué está ocurriendo y por qué y aporta datos válidos de cómo son las situaciones y los hechos que son objeto de estudio.

En términos generales, la evaluación es un "proceso de análisis estructurado y reflexivo, que permite comprender la naturaleza del objeto de estudio y emitir juicios de valor sobre el mismo, proporcionando información para ayudar a mejorar y ajustar la acción educativa" [2].

La definición apuntada permite, en primer término, establecer una distinción entre la evaluación y la medición. La medición no es evaluación, es sólo una parte de ella asociada al proceso de recopilación de información.

Desde esta perspectiva la evaluación resulta un proceso influido por los restantes elementos del proceso educativo global y, además, es esencialmente distinta a la medición. Se puede comprender mejor la diferencia en la comparación que se establece en la siguiente tabla:

Tabla 1. Diferencias entre la Medición y la Evaluación

Medición	Evaluación
Expresa un valor absoluto	Expresa un juicio de valor relativo
Es estática	Es un proceso dinámico.
Está incluida en la evaluación	Incluye medición, siendo más extensiva
No implica evaluación	Implica, entre otros procedimientos, a la medición
Constituye un medio para valorar	Es la valoración misma.
Es simplemente, un medio para obtener datos	Compara los datos con los resultados previstos

Los resultados reportados por la medición (dentro del proceso de evaluación) deben ser interpretados a la luz de un marco referencial. El marco referencial con el que debe confrontarse la información recogida, estará constituido fundamentalmente por la naturaleza de la institución o programa a ser evaluado, sus objetivos y las necesidades y urgencias sociales.

Si ha de evaluarse una universidad o un programa de ella no puede dejar de tomarse en cuenta los fines últimos de una institución de educación superior: la formación de profesionales debidamente capacitados, el desarrollo y difusión de ciencia y tecnología y la atención oportuna de su responsabilidad social. Tener en cuenta esto es importante para no caer en una visión empresarial o "eficientista" de la evaluación, preocupada sólo por el uso eficiente de los recursos olvidando la dimensión pedagógica que ha de estar en primer lugar.

De la confrontación de la información con el marco referencial surgirá un juicio de valor sobre la calidad de la realidad evaluada.

Las distintas nociones sobre la evaluación, responden a paradigmas específicos. Sea cual fuera el paradigma por el que se opte, el proceso evaluativo deberá responder a una serie de características básicas:

- Es un proceso integrativo: Significa que debe abarcar todas las variables del ámbito sujeto a la evaluación. Podrá utilizar cualquier tipo de técnicas e instrumentos para la recolección de información pertinente y en armonía con la correspondiente planificación. Toda información sobre el objeto evaluado contribuirá a cualificar el juicio emitido acerca de él.
- Debe responder a un proceso investigativo: Tanto en la selección, diseño y aplicación de los instrumentos, como en la metodología empleada para la recolección, procesamiento y análisis de información, así como también en la interpretación de los resultados.
- Es un proceso continuo: Significa que, integrada a los procesos de cada ámbito evaluado, forma parte intrínseca de la dinámica de ese ámbito. Esta característica otorga a la evaluación una dimensión formativa o retroalimentadora, aportando a modificar aquellos factores o aspectos que sean susceptibles de mejora.

- Debe ser un proceso participativo y cooperativo: Entendiendo que en este proceso se impliquen todos aquellos elementos personales que en él intervienen.

Considerando la característica investigativa de la evaluación, se puede hablar de una investigación evaluativa que permita establecer la efectividad de uno o varios programas, propuestas o planes aplicados para resolver una situación determinada, desde este punto de vista evalúa: el nivel de los cambios producidos, la calidad de estos, la aparición de resultados imprevistos y los efectos globales de la consecución de los objetivos. Apunta a la toma de decisiones, enfatiza sus conclusiones en el marco de acción y establece relaciones causales desde la relación programa-efecto.

Lo anterior permite definir un contexto recursivo, retroactivo e integral para la noción de evaluación:

- Recursivo y Retroactivo: Desde un punto de vista participativo y cooperativo en el proceso evaluativo se deben tener muy claros los propósitos de la evaluación y en ese sentido un proceso de enseñanza-aprendizaje se debe orientar hacia el logro de tales propósitos, es decir, la relación propósitos de evaluación proceso enseñanza-aprendizaje debe ser recursiva en la medida en que uno está definido en términos del otro y retroactiva en la medida en que la dinámica de uno afecta la dinámica del otro.

- Integral: El proceso de enseñanza-aprendizaje y los propósitos de evaluación deben permitir el logro de objetivos generales lo cual no significa un momento terminal dado que el logro de dichos objetivos obedece a un proceso que se desarrolla en varias fases establecidas por los objetivos específicos las cuales deben satisfacer el nivel de formación deseado en armonía con los criterios metodológicos. La integralidad se manifiesta por medio de la interacción entre proceso enseñanza-aprendizaje, propósitos de evaluación, objetivos y criterios metodológicos.

La evaluación implica un adecuado planteamiento de los objetivos, el nivel deseado de formación y los criterios metodológicos, tales que garanticen el desarrollo de competencias cognoscitivas y habilidades acordes con las exigencias de un colectivo social.

Frente a los objetos de conocimiento el primer reto es definir cual es el nivel deseado de formación, es decir, si se pretende un nivel perceptual, aprehensivo, comprensivo o integrativo [3]; el nivel será la clave para determinar el objetivo general y que fases son las necesarias para su desarrollo; es decir, cuales son los objetivos específicos teniendo en cuenta que tales niveles son recursivos y retroactivos (los siguientes están en función de los anteriores y su dinámica, las condiciones finales de uno son condiciones iniciales para el otro).

- El Nivel *Perceptual* de formación es el primer nivel de todo proceso formativo, implica aproximaciones iniciales y percepciones de los aspectos más relevantes y evidentes de los objetos de conocimiento. Comprende dos fases de desarrollo: Exploratoria y Descriptiva, el resultado final de la fase Exploratoria es la condición inicial para la fase Descriptiva y el resultado final de la fase Descriptiva es la condición inicial para el nivel Aprehensivo.

- El Nivel *Aprehensivo* de formación implica el descubrimiento de relaciones entre los objetos de conocimiento. Comprende cuatro fases de desarrollo: Las del nivel Perceptual mas una Comparativa y una Analítica, el resultado final de la fase Descriptiva del nivel Perceptual es la condición inicial para la fase Comparativa, el resultado final de la fase Comparativa es la condición inicial para la fase Analítica y el resultado final de dicha fase es la condición inicial para el nivel Comprensivo.

Lograr un nivel de formación Aprehensivo significa que se ha aprendido a Explorar, Describir, Comparar y Analizar en relación con los objetos de conocimiento, en general es un nivel de formación inicial que desarrolla competencias Interpretativas y fortalece la Autonomía frente al conocimiento.

- El Nivel *Comprensivo* de formación implica el estudio de los objetos de conocimiento de un saber específico en relación con otros saberes, enfatizando en relaciones de causalidad. Comprende siete fases de desarrollo: Las del nivel Aprehensivo mas una Explicativa, una Predictiva y una Proyectiva, al igual que en el nivel anterior las fases son recursivas y retroactivas.

Lograr un nivel de formación Comprensivo significa que se ha aprendido a Explorar, Describir, Comparar, Analizar, adicionalmente se está en capacidad de Explicar, Predecir y realizar diseños o proyectos en

relación con los objetos de conocimiento, en general es un nivel de formación transitorio que desarrolla competencias Argumentativas y fortalece la Adaptabilidad.

- El Nivel *Integrativo* de formación implica transformar o modificar algún aspecto del entorno por medio de los objetos de conocimiento. Comprende diez fases de desarrollo: Las del nivel Comprensivo mas una Interactiva, una Confirmatoria y una Evaluativa.

El nivel Integrativo es un nivel óptimo de formación en términos educativos y es hacia donde debe apuntar la educación superior para la formación de profesionales. Lograr un nivel de formación Integrativo significa que en relación con los objetos de conocimiento se ha aprendido a Explorar, Describir, Comparar, Analizar, Explicar; es capaz de Predecir, Diseñar, Interactuar, Confirmar y Evaluar; ha desarrollado competencias Interpretativas, Argumentativas y Propositivas; y ha fortalecido su Autonomía, Adaptabilidad y Autorregulación frente al conocimiento.

Si el objetivo general de un proceso formativo es Analizar, significa que el nivel de formación a alcanzar es Aprehensivo y para poder lograrlo se deben desarrollar las fases Exploratoria, Descriptiva y Comparativa, es decir, los objetivos específicos en este caso deben ser tres: Explorar, Describir y Comparar. En este caso se desarrollan competencias Interpretativas y se fortalece la Autonomía. En las siguientes tablas se muestran los niveles de formación en relación con los objetivos [3]:

Tabla 2. Definición de los Niveles y sus Características

Niveles	Características
Perceptual	El *Nivel Perceptual* de formación es el primer nivel de todo proceso formativo, implica aproximaciones iniciales y percepciones de los aspectos más relevantes y evidentes de los objetos de conocimiento de la asignatura.
Aprehensivo	El *Nivel Aprehensivo* de formación implica el descubrimiento de las relaciones entre los objetos de conocimiento de la asignatura.
Comprensivo	El *Nivel Comprensivo* de formación implica el estudio de los objetos de conocimiento de la asignatura en relación con otros objetos de conocimiento externos, enfatizando en relaciones de causalidad.
Integrativo	El *Nivel Integrativo* de formación implica transformaciones de un entorno con base en objetos de conocimiento.

Tabla 3. Relación de Nivel de Formación y Objetivos

Nivel de Formación	Fases de Desarrollo	Objetivo General y Específicos (todos los anteriores al general determinado)
Perceptual	Exploratoria	Explorar y sus sinónimos: Indagar, Revisar, Detectar, Observar, Registrar, Reconocer, Examinar, Contemplar.
	Descriptiva	Describir y sus sinónimos: Codificar, Enumerar, Clasificar, Identificar, Diagnosticar, Definir, Narrar, Relatar, Caracterizar, Detallar, Especificar.
Aprehensivo	Comparativa	Comparar y sus sinónimos: Asemejar, Diferenciar, Contrastar, Cotejar, Equiparar.
	Analítica	Analizar y sus sinónimos: Recomponer, Desglosar, Criticar, Juzgar.
Comprensivo	Explicativa	Explicar y sus sinónimos: Entender, Comprender.
	Predictiva	Predecir y sus sinónimos: Prever, Pronosticar, Anticipar.
	Proyectiva	Proponer y sus sinónimos: Exponer, Presentar, Plantear, Formular, Diseñar, Proyectar, Inventar, Programar, Formular.
Integrativo	Interactiva	Modificar y sus sinónimos: Cambiar, Ejecutar, Reemplazar, Propiciar, Motivar, Organizar, Realizar, Aplicar, Mejorar, Reformar, Transformar.
	Confirmatoria	Confirmar y sus sinónimos: Verificar, Comprobar, Demostrar, Probar.
	Evaluativa	Evaluar y sus sinónimos: Valorar, Estimar, Ajustar

En la siguiente tabla se relacionan los niveles de formación, el aprendizaje y las competencias desarrolladas:

Tabla 4. Relación entre Nivel de Formación, Objetivos y Competencias

Nivel de Formación deseado	Aprender a	Competencia desarrollada	Fortalecimiento de
Perceptual Aprehensivo	Explorar Describir Comparar Analizar	Interpretativa	Autonomía
Comprensivo	Explicar Predecir Proponer	Argumentativa	Adaptabilidad
Integrativo	Modificar Confirmar Evaluar	Propositiva	Autorregulación

En síntesis la evaluación se concibe como un proceso Investigativo que es Integrativo, Recursivo, Retroactivo, Continuo, Participativo y Cooperativo.

IV. LAS COMPETENCIAS

Las competencias son actuaciones públicas (poseen una dimensión pública colectiva) que se ponen de manifiesto en realizaciones específicas y determinadas, conducen a la elaboración de algo desde sí para los otros. Las competencias son cognoscibles puesto que son objeto de interpretación (los otros llevan a cabo sus juicios valorativos a partir de sus estructuras de significado, de sus formas de significar y de actuar).

Las competencias son conceptuales, metodológicas, estéticas, actitudinales y axiológicas; y tienen un carácter complejo, son las interacciones fluctuantes de una persona con un colectivo; de las estructuras cognoscitivas de la persona entre ellas mismas y con un entorno multidiverso. La construcción-reconstrucción de competencias requiere de la construcción-reconstrucción de actitudes positivas para un saber determinado, las dos actividades cognoscitivas interactúan no linealmente apoyándose la una en la otra. Las competencias no se construyen de manera aislada dicha construcción procede por emergencia, es decir, por las interacciones fluctuantes (en términos de significados, es decir, interacciones significativas) de otros factores; ellas se codefinen y adquieren explicación existencial en el interior de la triada autopoyética y holística: inteligencia-actitudes-competencias (entendiendo la inteligencia y las actitudes como propiedades de un colectivo), en este sentido aprender es construir y re-construir la triada inteligencia-actitudes-competencias, es decir, estructurar y re-estructurar las estructuras conceptuales, metodológicas, estéticas, actitudinales y axiológicas en una dinámica no lineal. [1].

Las competencias, surgen como emergencias de procesos de retroacción, con niveles de homeostasis conducentes a umbrales críticos que fomenten cambios significativos en la estructura de la persona, en su percepción, sus motivaciones por ende, y obviamente en las competencias. Dichas competencias como elemento emergente se han podido rastrear a partir de una variación en la función semiótica de Godino-Recio [4], en la relación retroactiva del par significante significado.

Las competencias asociadas a un objeto de conocimiento se definen en términos de la capacidad para saber interpretar, argumentar y proponer [5] en el contexto de lo disciplinar y lo cotidiano, tienen cuatro categorías:

- Interpretativa trivial lo cual indica que la persona comprende la información de un sistema de símbolos o diferentes formas de representar un objeto de conocimiento pero de manera inmediata, es decir, no interioriza el objeto; lo entiende y es capaz de operarlo solo momentáneamente.

- Interpretativa, la persona tiene capacidad para comprender la información de un sistema de símbolos o diferentes formas de representar un objeto de conocimiento y se almacena en memoria secundaria de forma objetual simbólica lo cual significa que el objeto está asociado con formas notacionales.

- Argumentativa, la persona tiene capacidad para justificar o encontrar razones para sostener un planteamiento referido a un objeto de conocimiento y éste se almacena en memoria secundaria de forma objetual procedimental u objetual conceptual, lo cual significa que el objeto está asociado con procedimientos o con conceptos.

- Propositiva, la persona tiene capacidad para formular propuestas encaminadas a la solución de situaciones problémicas, los objetos de conocimiento están almacenados en memoria secundaria como conceptos y como procesos y ello implica habilidad para conceptualizar un proceso y para procesar un concepto simultáneamente.

V. LA FUNCIÓN SEMIÓTICA Y LA INTERIORIZACIÓN DE OBJETOS DE CONOCIMIENTOS

La relación entre el par significante-significado de un objeto de conocimiento se define como función semiótica [4] y permite la producción, representación e interpretación del objeto. Opera con base en la semiótica connotativa de Hjelmslev que permite relacionar un par significante-significado inicial con un significado final (superelevación de códigos). El par inicial es una representación global y es significante del par del siguiente nivel de representación; así se continúa hasta llegar al final a un significante particular.

Tabla 5. Relación entre el par Significante - Significado

Significante Final		Significado Final Particular
Significante 2	Significado 2	
Significante 1	Significado 1	
Significante Inicial Global	Significado Inicial Global	

Según el esquema anterior, el par significante-significado final es una función semiótica en la cual el término significado final es particular y el término significante final es función del par significante-significado 2, significante 2 es función del par significante-significado 1, significante 1 es función del par significante-significado inicial global.

En la función semiótica el significante y el significado pueden ser notacional (notación), definicional (definición) o accional (acción):

- Lo notacional (las notaciones) son representaciones materiales, términos, expresiones, símbolos, gráficas, diagramas.
- Lo definicional (las definiciones) son las ideas, abstracciones, conceptos, proposiciones, teorías, generalizaciones.
- Lo accional (las acciones) son tareas o aplicaciones que inducen a actividades.

Con base en lo anterior se pueden obtener las siguientes combinaciones:

- Significante notacional con Significado: accional, definicional o notacional.
- Significante definicional con Significado: accional, definicional o notacional.
- Significante accional con Significado: accional, definicional o notacional.

Según la teoría del encapsulamiento de Dubinsky [6]-[7], cuando una acción se repite y un individuo puede reflexionar sobre ella, se puede interiorizar (comprimir o encapsular) dicho proceso. La reflexión sobre las operaciones aplicadas a un proceso en particular permite tomar conciencia de él como un todo, de tal manera que se pueden construir transformaciones para ser aplicadas nuevamente, el proceso se piensa entonces como un objeto, es decir, ha sido encapsulado como un objeto.

La forma como una persona tiene interiorizado un objeto de conocimiento está estrechamente relacionada con el par significante-significado. Si una persona relaciona un significante propuesto como una acción, una notación o una definición, con:

- Un significado notacional entonces el objeto está interiorizado de manera objetual simbólico.
- Un significado accional entonces el objeto está interiorizado de manera objetual procedimental o no está interiorizado (competencias interpretativas triviales).

Si una persona relaciona un significante propuesto como una acción o una notación con:

-Un significado definicional entonces el objeto está interiorizado de manera objetual conceptual.

Si una persona relaciona un significante propuesto como una definición con:

- Un significado definicional, el objeto está interiorizado de manera objetual procedimental y conceptual (proceptual).

La manera como una persona interpreta un significante propuesto y le asocia un significado da una idea de la interiorización que se tiene elaborada del objeto de conocimiento, en términos generales una educación trasmisionista permite elaboraciones en las cuales la persona interpreta los objetos de conocimiento propuestos como acciones a desarrollar, es decir, tiene competencias interpretativas triviales a lo cual hemos denominado interpretación-acción; de lo que se trata entonces es que frente a un significante definicional propuesto se tenga la capacidad para asociar un significado conceptual-procedimental, es decir, que la persona posea competencias propositivas a lo cual hemos denominado proposición-reflexión.

VI. PRUEBAS DE REPRESENTACIONISMO Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS

La prueba de Representacionismo relaciona las competencias, la función semiótica y la interiorización en memoria secundaria [8]-[9]. Por medio de ella es posible evaluar objetos de conocimiento; determinar las competencias asociadas al objeto, determinar cómo se comprende el objeto, esto se hace a través de la

relación significante significado propuesta en las preguntas de la prueba; y establecer la forma como se tiene interiorizado el objeto en la memoria secundaria [6], [7].

En las siguientes tablas se muestra: la dinámica de las competencias en relación con la función semiótica; la relación entre competencias, encapsulamiento y función semiótica; y el flujograma de las variables de control de la prueba de representacionismo.

Figura 1. Dinámica de las Competencias y Función Semiótica

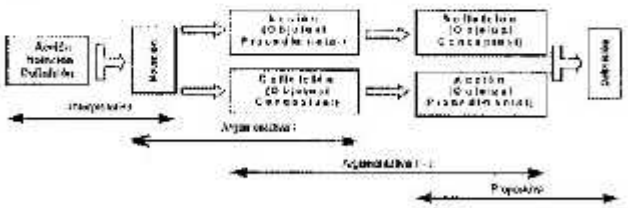
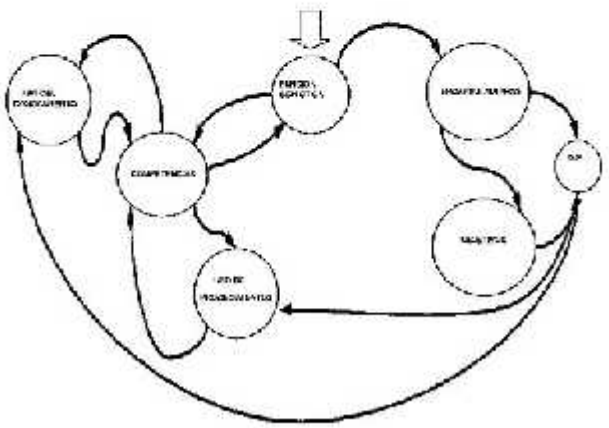


Tabla 6. Relación Competencias, Encapsulamiento y Función Semiótica

Competencia	Encapsulamiento	Función Semiótica
Interpretativa	Objetivo Simbólico	Acción - Notación
		Notación - Notación
		Definición - Notación
Argumentativa	Objetual Procedimental	Notación - Acción
	Objetual Conceptual	Acción - Definición
		Notación - Definición
	Objetual Procedimental	Definición - Acción
Propositiva	Objetual Proceptual	Acción - Definición
		Definición - Definición

Figura 2. Flujograma Variables de Control Prueba de Representacionismo



VII. SITUACIONES PROBLÉMICAS (SP) Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS

La situación problémica es un enunciado sistémico diseñado para la evaluación de competencias [8]-[9], en el cual:

- Se utilizan modelos para representar la cotidianidad, la especificidad de un saber y el contexto de las competencias profesionales.
- Debe hacerse una interpretación por medio de la comprensión lectora y simbólica y el reconocimiento de patrones.
- Existen condiciones de desequilibrio que permiten la exploración de múltiples caminos para su abordaje y solución.

Según la información contenida en el enunciado, las situaciones problémicas se clasifican en:

- Situaciones Problémicas del tipo 1 (SPT1): Se da la información acerca de las condiciones iniciales de un modelo y el modelo con el propósito de encontrar las condiciones finales o resultado del modelo.
- Situaciones Problémicas del tipo 2 (SPT2): Se da la información acerca de las condiciones finales de un modelo y el modelo con el propósito de encontrar las condiciones iniciales que arrojan esos resultados.
- Situaciones Problémicas del tipo 3 (SPT3): En este tipo de situación se conocen las condiciones iniciales y las condiciones finales, pero se desconoce el modelo.

Según la intencionalidad en el reconocimiento de patrones, las situaciones problémicas se clasifican en:

- Familias de percepción de patrones (PP): Las situaciones problémicas que se pueden clasificar en esta categoría se caracterizan por la existencia de un patrón oculto entre los datos, el cual debe descubrirse para poder acceder a la solución.
- Familias de patrones recursivos (REC): Las situaciones problémicas que se pueden clasificar en esta categoría se caracterizan porque entre los modelos que relacionan los datos existe recursividad estacionaria, es decir, un modelo depende de otro (s) modelo (s); o en otras palabras los modelos están anidados.
- Familias de patrones retroactivos (RET): Las situaciones problémicas que se pueden clasificar en esta categoría se caracterizan porque el modelo que relaciona los datos tiene recursividad dinámica,

es decir, el estado posterior del modelo depende del (los) estado (s) anterior (es) del mismo.

Con relación a la evaluación de competencias, la combinación de los diferentes tipos de situaciones problémicas permite:

- Las SPT3-PP, SPT1-PP, SPT2-PP: Evaluar las competencias interpretativas, la capacidad para recordar objetos y sus propiedades y la habilidad y destreza para realizar procedimientos de rutina. Una persona en este nivel es capaz de reconocer relaciones entre objetos de conocimiento lo cual significa que ha aprendido a explorar, describir, comparar y analizar a lo que se denomina nivel de formación Aprehensivo [3]. Este tipo de competencias es una emergencia de la autonomía de la persona.

- Las SPT3-REC, SPT1-REC, SPT2-REC, SPT3-RET: Evaluar las competencias argumentativas, la capacidad para representar, capacidad para reconocer equivalencias y la habilidad y destreza para realizar procedimientos complejos. Una persona en este nivel es capaz de reconocer relaciones entre objetos de conocimiento de un saber específico con otros saberes lo cual significa que ha aprendido a explicar, predecir y diseñar a lo que se denomina nivel de formación Comprensivo [3]. Este tipo de competencias es una emergencia de la adaptabilidad de la persona.

- Las SPT1-RET, SPT2-RET: Evaluar las competencias propositivas, la capacidad para representar, la capacidad para reconocer equivalencias y la habilidad y destreza para realizar procedimientos complejos. Una persona en este nivel es capaz de efectuar transformaciones o modificaciones sobre un entorno con base en los objetos de conocimiento lo cual significa que ha aprendido a aplicar, demostrar y evaluar a lo que se denomina nivel de formación Integrativo [3]. Este tipo de competencias es una emergencia de la autorregulación de la persona.

VIII. SITUACIONES PROBLÉMICAS Y COMPETENCIAS INTERPRETATIVAS

La organización de las SP obedece a la dinámica de las competencias. Las SPT3-PP, percepción de patrones se justifican en el hecho de que al entregar un flujo de información la persona debe intentar percibir unos patrones. Esto demanda procesos de simbolización y captación de relaciones que conducen al reconocimiento de objetos de conocimiento y los conceptos relacionados. Se fortalece la competencia interpretativa, mediante la acción que se estructura desde el símbolo.

Una vez fortalecida la conceptualización, las SPT1-PP fortalecen el uso de procedimientos de rutina, ya que la aplicación del modelo, en busca de condiciones finales, permite explorar la operatividad en función de la solución de problemas. La notación y el manejo de símbolos depuran la acción. La exigencia de la comunicación frente a la propia acción demanda solidez en la argumentación.

Las SPT2-PP, conducen a la contextualización de situaciones problémicas. La necesidad de evaluar las condiciones iniciales, requiere dominio del modelo, claridad en las relaciones, reconocimiento de las propiedades de los objetos de conocimiento, pero contando con la adecuación a las condiciones reales. Se ajusta el modelo a la realidad, lo cual obliga a la búsqueda de nuevos conceptos.

IX. SITUACIONES PROBLÉMICAS Y COMPETENCIAS ARGUMENTATIVAS

Para el desarrollo de competencias argumentativas, los modelos recursivos son ideales porque incrementan la complejidad del problema. La incertidumbre asociada al mismo, obliga a establecer procesos heurísticos, a sistematizar información y a buscar procesos analógicos que faciliten una comprensión del fenómeno. Ello implica el uso de isomorfismos, transformaciones, procesos de verificación y el reconocimiento de conceptos más complejos.

En primera instancia, las SPT3-REC permiten al estudiante reconocer en el flujo de la información ciertos comportamientos propios de modelos ya vistos. Percibir en una realidad no estructurada, ciertos comportamientos ya estructurados. Se da una transferencia del conocimiento y un saber hacer en contexto, así como de una reflexión y reconceptualización a partir de la acción.

Las SPT1-REC, fortalecen la aplicación con base en modelos más complejos, lo cual obliga a la percepción y evaluación de relaciones en distintos niveles de recursividad.

Las SPT2-REC contribuyen con una visión más sistémica, pues ayudan a entender la dinámica de la realidad, y la manera como esas condiciones iniciales afectan las condiciones finales. Estas SP posibilitan la interpretación de sistemas dinámicos no lineales.

Lo argumentativo permite abordar la realidad desde otro ángulo. Esta concepción cuasi sistémica debe ser reforzada con otras SP que evidencien las interacciones dinámicas de la realidad. Las SP de patrones retroactivos, crean desequilibrios que obligan a un nivel de alta descontextualización lo que brinda la posibilidad de crear nuevas teorías, aventurar nuevos modos de estructurar la realidad y proponer nuevos modelos. Se aplican las SPT3-RET.

X. SITUACIONES PROBLÉMICAS Y COMPETENCIAS PROPOSITIVAS

En este nivel, la abstracción es la clave. Demostrar, argumentar y proponer desde el modelo, se torna esencial. Ello permite la creación de horizontes de predictibilidad que basados en la sólida argumentación simulen un sistema, tanto desde las SPT1-RET, como desde las SPT2-RET. Se enfatiza en el carácter retroactivo de los patrones, para garantizar la necesaria complejidad del modelo. Un modelo adaptado a la realidad y no una realidad acomodada al modelo.

XI. INFORMÁTICA EDUCATIVA Y MICROMUNDOS CON DINÁMICA DE SISTEMAS

Históricamente las investigaciones realizadas en la línea de tecnología educativa tienen relación con la aplicación de técnicas y diseños para la resolución de problemas o la satisfacción de las necesidades educativas propias de los distintos contextos [10] ya sea cultural, social y científico, donde toma sentido la conceptualización y operacionalización del proceso de enseñanza aprendizaje con recursos de tipo tecnológico que potencializa y dinamiza el aprender del estudiante y la calidad del desempeño docente.

El estudio de las teorías y conceptualizaciones parten de la década de los años 60, cuando surgen de forma tímida, las primeras aplicaciones en el campo educativo. Estas aplicaciones incluían [11]: programación de cursos, instrucción apoyada con el computador, simulación de modelos y procesos, realización de pruebas, sistemas de auditoría y desarrollo de sistemas tutoriales usando los lenguajes clásicos de la programación.

Los supuestos en que se centran estas investigaciones tienen relación con los planteamientos teóricos de Stenhause [12] que hace referencia a la enseñanza basada en el descubrimiento y la investigación. Con los argumentos de Ausubel [13] quien considera la necesidad de la mediación en la educación para llegar a un conocimiento estructurado, utilizando las estrategias y herramientas que mejor contribuyan al logro de los fines y propósitos de la educación. Al respecto es importante tener presente los argumentos de Kemis y Kar, y lo que expresa Beyer sobre el enfoque interpretativo en la educación al argumentar que el sujeto es capaz de aprender y conocer mediante la elaboración de significados y la reflexión [13].

Cuando se estudia el conocimiento y su validez como practica y producto social, se deben tener en cuenta tres aspectos: el componente instructivo, conformado por las herramientas cognitivas, un componente prescriptivo que permite la intercomunicabilidad para acceder al conocimiento acumulado (información) y para ponerlo a disposición de los otros y un aspecto expresivo que no es el conocimiento que se logra sino la invitación, la provocación a explorar, a crear, ampliar y a elaborar un conocimiento nuevo, asumiendo la diversidad como posibilidad de desarrollo del mismo.

Algunos otros aspectos teóricos históricos tienen que ver con [13]: la enseñanza mediada de Piaget, Vygotsky y de Ausubel (mediación intencional), los planteamientos de J. Rotter sobre la mediación de los otros y los actos intersubjetivos, y el aprendizaje social, al igual que los planteamientos de E. L. Thorndike sobre el Conexionismo en el aprendizaje.

Otros aspectos importantes de reconocer son las diferentes aplicaciones de apoyo a la educación a través de los medios multimediales y virtuales, NTIC (Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación), las cuales de acuerdo a su grado de control y estructura se clasifican en [14]-[15]: Ambientes Colaborativo de Aprendizaje, Sistema Tutoriales Tradicionales, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Sistemas de Ejecución y Práctica, Simuladores, Sistemas Expertos Educativos, Constructores, Programas Herramienta, Juegos Educativos y Micromundos.

El investigador Seymour Papert, especialista en educación e inteligencia artificial, acuñó el término "Micromundo" a fines de los años 70, para definir un ámbito informático para los niños, en el cual podían programar el entorno, ver como respondía y obtener su propia comprensión de los principios de la relaciones matemáticas. Poco a poco, la palabra "Micromundo" ha pasado a designar toda simulación donde la gente puede "vivir", realizar experimentos, verificar estrategias y elaborar una mejor comprensión de los aspectos del mundo real que aparecen retratados en el micromundo. [16].

Los Micromundos apoyados en la Dinámica de Sistemas, son herramientas que posibilitan la simulación de un mundo real en el computador mostrando además las consecuencias dinámicas resultantes de la interacción entre los diferentes componentes del sistema para entregar resultados en el corto y el largo plazo, permitiendo a los usuarios tomar decisiones y evitando así los riesgos que tendría el aprendizaje en el mundo real. Proveen al estudiante una interfaz atractiva y fácil de manipular que le permite utilizar los modelos de algún fenómeno construidos con Dinámica de Sistemas para experimentar con ellos. Dicha experimentación y los resultados generados ocasionan la formulación y reformulación de sus modelos mentales lo cual permite representar un conocimiento cada vez más cercano al objeto de estudio.

XII. LÓGICA DIFUSA

La lógica difusa es, en esencia, una lógica multivaluada que viene a enriquecer el carácter preciso de las lógicas clásicas. Estas últimas restringen el valor de sus enunciados únicamente a falso o verdadero; y si bien éstas han modelado "satisfactoriamente" una gran parte del razonamiento "natural", se debe reconocer que el razonamiento humano utiliza valores de verdad que no necesariamente son "tan deterministas".

Por ejemplo, si se califica una bebida como "caliente" de inmediato se está tentado a graduar qué tan "caliente"; es claro que esa sensación depende de la temperatura corporal en el momento de sentir la bebida, aunque esto último no implique necesariamente cuantificar la temperatura de la bebida. La lógica difusa procura crear aproximaciones matemáticas en la resolución de ciertos tipos de problemas. Pretende producir resultados exactos a partir de datos imprecisos, por lo cual es particularmente útil en aplicaciones electrónicas o computacionales. El adjetivo "difuso" aplicado a la lógica difusa se debe a que los valores de verdad no-deterministas utilizados en ella tienen, por lo general, una connotación de incertidumbre. Ahora bien, los valores de verdad asumidos por enunciados aunque no son deterministas, no necesariamente son desconocidos. Por otra parte, desde un punto de vista optimista, lo difuso puede entenderse como la posibilidad de asignar más valores de verdad a los enunciados que los clásicos "falso" o "verdadero". De este modo, se reitera que la lógica difusa es un tipo especial de lógica multivaluada.

La lógica difusa ha tenido aplicaciones de suma relevancia en el procesamiento electrónico de datos. En determinadas áreas de conocimiento a sus enunciados se les asocia valores de verdad que son grados de veracidad o falsedad, mucho más amplios que los "verdadero" y "falso". El objetivo de todo sistema manejador de una lógica difusa es describir los grados de los enunciados de salida en términos de los de entrada. Más aún, algunos sistemas son capaces de refinar los grados de veracidad de los enunciados de salida conforme se refinan los de entrada.

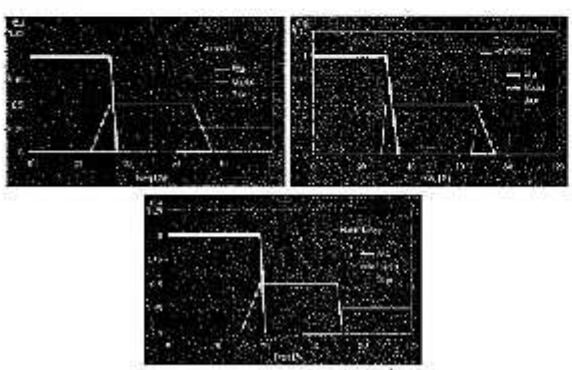
De manera intuitiva un conjunto es una colección bien definida de elementos, en la que es posible determinar si éste pertenece o no al conjunto. La decisión, naturalmente, es "si pertenece" o bien "no pertenece". En un conjunto difuso a cada elemento del universo se le asocia un grado de pertenencia, que es un número entre 0 y 1. Un conjunto difuso es pues una correspondencia (o función) que asocia a cada uno de sus elementos un grado de pertenencia. Enunciada así esta definición parece ser cíclica, mas no lo es: un conjunto difuso es una función cuyo dominio es el universo y cuyo contradominio es el intervalo [0, 1]. En tanto el grado de pertenencia sea más cercano a 1 tanto más estará el elemento en el conjunto y en tanto el grado de pertenencia sea más cercano a 0 tanto menos estará el elemento en el conjunto.

- Cálculo proposicional difuso: Se debe recordar que Gottfried Wilhelm Leibniz planteó en el s. XVII la necesidad de un Calculus Ratiocinator que sería un sistema con un propio formalismo que permitiera la manipulación simbólica de enunciados, en concordancia con las leyes de la lógica, para descubrir nuevas verdades o bien para verificar como verdaderas a tesis postuladas como tales. Al menos desde entonces, se reconoció la relevancia

del manejo (procesamiento) simbólico de enunciados lógicos. George Boole y Gottlob Frege contribuyeron de manera notable en el origen mismo del razonamiento automático. Desde la perspectiva de la lógica difusa, es necesario mencionar en sus antecedentes a Jan Lukasiewicz. En su sistema trivaluado si a los valores de verdad falso, desconocido y verdadero se les representa respectivamente, por los valores numéricos 0, ½ y 1, entonces las nociones de complemento, conjunción y disyunción, corresponden a la interpretación intuitiva de esos conectivos lógicos. Este sistema trivaluado entraña, ciertamente, una noción de difusidad. En un cálculo proposicional difuso se tiene inicialmente una colección de proposiciones primitivas, una serie de conectivos lógicos y reglas definidas. Cada proposición puede asumir un valor de verdad que puede ser falso o verdadero o algún otro "entre" esos dos valores extremos de verdad. Cada conectivo lógico tiene asociada una función que determina el valor de verdad de la proposición resultante de él en términos de los valores de verdad de las proposiciones que componen a esa proposición resultante.

- Cálculo de Predicados Difuso: De igual manera a como se procede en el cálculo de predicados clásico, se supone dada una signatura, consistente de una colección de constantes, una colección de relaciones y una colección de funciones. Cada relación R y cada función F tiene asociada un número de argumentos. Los términos se forman considerando a las constantes y a las variables como términos y a la composición de símbolos de funciones con términos, como términos también. Las fórmulas se obtienen considerando como la composición de fórmulas con conectivos lógicos y a las cuantificaciones universales y existenciales de fórmulas.

Figura 3. Funciones de pertenencia para cada unidad de competencias en las áreas de conocimientos, habilidades y actitudes



-Aplicación de la Lógica difusa al Modelo: Un módulo de Lógica difusa dentro de un Micromundo con Dinámica de Sistemas permite modelar los parámetros de evaluación de competencias, con esta información, se definen los arquetipos (representación gráfica) de las funciones de pertenencia para cada unidad de competencias en las áreas de conocimientos, habilidades y actitudes. Este es el proceso de fusificación, es decir, tomar la información del mundo real y llevarla a conjuntos difusos para realizar la toma de decisiones.

Para la implementación del modulo de lógica difusa en el modelo se requiere la ejecución de las siguientes etapas:

A. Descripción del problema original.
El problema de la calificación por competencias debe resolverse matemática y lingüísticamente.

B. Definición de umbrales de las variables.
Basado en conocimiento empírico y subjetivo de la evaluación por habilidades, conocimientos y actitudes, para cada variable se puede determinar el valor que tiene el mayor grado de satisfacción y con cierta desviación aceptable el grado de satisfacción decrece hasta que es inaceptable. Los valores que corresponden al mayor y menor grado de satisfacción se les denomina umbrales.

C. Cuantificación difusa.
Con los umbrales determinados en la etapa anterior, se deben construir formas apropiadas de las funciones de membresía. Existen muchas formas de funciones de membresía: lineales, lineales separables, trapezoidales, parabólicas, etc. La forma de la función de membresía debe reflejar los cambios en el grado de satisfacción del experto, con los cambios en las variables.

D. Selección de las operaciones difusas.
En términos del proceso de toma de decisiones para la calificación de un estudiante, se debe seleccionar una operación difusa apropiada de tal forma que los resultados obtenidos sean semejantes a las decisiones tomadas por los expertos. La interpretación de los resultados al utilizar sistemas difusos se basa en el dominio del razonamiento del experto. Las operaciones difusas comúnmente utilizadas son las de Mandani y Zadeh [17]

E. Defusificación.

En esta etapa se aplica un proceso de defusificación para obtener una salida no difusa. Las operaciones de defusificación más utilizadas son el método de los centros y el método de los pesos promedio.

Tabla 7. Reglas para el Proceso de Defusificación: Obtención de Salidas No Difusas

Op	Ctos	Habilidades	Actitudes		Op	Valor
1	A	A	A	0.205	1	0.21
2	A	A	M	0.321666667		0
3	A	M	A	0.296666667		0
4	M	A	A	0.316666667		0
				A formar % UC	1	0.8
				Total a formar		69.2

Una vez formados los modelos de fusificación, el usuario debe introducir al programa, la opción de calificación para las tres áreas (conocimientos, habilidades y actitudes) que considere apropiadas para el sector de la economía que desea evaluar.

Le corresponde al módulo de lógica difusa, entregar los porcentajes de la población que requieren de certificación y formación para cada unidad de competencias haciendo uso de un indicativo de ponderación como es el centroide de la región de calificación alta, media o baja, donde el factor de peso es el área bajo la región de interés.

XIII. CONCLUSIONES

La integración de la dimensión pedagógica, lingüística y cognitiva en el proceso evaluativo en el contexto del pensamiento complejo ha sido posible a través de la noción de situación problémica y el soporte de una herramienta computacional bajo las nociones de dinámica de sistemas, micromundos y lógica difusa, conforman un modelo de enseñanza para el aprendizaje que hace aportes a la necesidad de la construcción de un modelo pedagógico con mediación de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) que responda efectivamente a la dinámica del cambio tecnológico.

Los micromundos proveen al estudiante una interfaz atractiva y fácil de manipular que le permite utilizar los modelos de fenómenos construidos con dinámica de sistemas para experimentar con ellos. Dicha experimentación y los resultados generados ocasionan la formulación y reformulación de sus modelos mentales lo cual permite representar un conocimiento más cercano al objeto de estudio.

Un módulo de lógica difusa dentro de un micromundo con dinámica de sistemas permite modelar los parámetros de evaluación de competencias, con esta información, se pueden definir arquetipos (representación gráfica) de las funciones de pertenencia para cada unidad de competencias en las áreas de conocimientos, habilidades y actitudes. Este es el proceso de fusificación, es decir, tomar la información del mundo real y llevarla a conjuntos difusos para realizar la toma de decisiones.

Referencias

[1] Gallego, R. "Competencias Cognoscitivas, un Enfoque Epistemológico, Pedagógico y Didáctico". Bogotá: Cooperativa Editorial del Magisterio, (Colección Aula Abierta), 1999.

[2] Ruíz R., José María. "La Autoevaluación Institucional en un Centro de Educación Primaria". Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1996. Disponible en: http://www.oei.org.co/oeivirt/rie08a07.htm

[3] Hurtado de B, Jacqueline. "Metodología de Investigación Holística. Servicios y Proyecciones para América Latina (SYPAL)". Cáracas, República de Venezuela, 2000.

[4] Godino, J. D. Recio, A M. "A Semiotic Model for Analysing the Relationship Between Thought Language and Context in Mathematics Education", en A Olivieri K Newstaed (eds): Proceedings of the 22nd PME Conference (Vol. 3, pp 3-1 a 3-8) Stellenbosch; University of Stellenbosch, Faculty of Education, 1998.

[5] Torrado, María Cristina. "De la Evaluación de Aptitudes a la Evaluación de Competencias", Serie Investigación y Evaluación Educativa. ICFES. La Educación Superior. Bogotá, 1998.

[6] Dubinsky, E. "Reflective Abstraction in Advanced Mathematical Thinking", en D. Tall (ed): Advanced Mathematical Thinking (pp 95-123). Dordrecht: Kluwer A. P, 1991.

[7] Sfard, A. "On the Dual Nature of Mathematical Conceptions: Reflections on Processes and Objects as Different Sides of the Same Coin", Educational Studies in Mathematics, 22,1, 1-36, 1991.

[8] Londoño C., Libardo A. Proyecto Macreático. "Prueba de Representacionismo", "Aplicación del Modelo de Pensamiento de Flujo Sistémico de la Información por medio de Situaciones Problémicas". Corporación Universitaria Remington. Primer Congreso Internacional de Pensamiento Complejo. ICFES, Bogotá. 2000.

[9] Ruiz R., Gustavo A. Proyecto Macreático. "Prueba de Representacionismo", "Aplicación del Modelo de Pensamiento de Flujo Sistémico de la Información por medio de Situaciones Problémicas". Primer Congreso Internacional de Pensamiento Complejo ICFES. Corporación Universitaria Remington. Bogotá. 2000.

[10] Cabero, Julio et al. "Tecnología Educativa". Madrid: Proyecto Editorial Síntesis Educación. DOE., pág. 207, 1999.

[11] Velásquez V., Lilia A. Manrique G., Angela M. Orrego V., Gildardo A. Ortega L., Oscar. "Desarrollo Teórico de los Sistemas Tutoriales Inteligentes", Universidad de Antioquia, 1993.

[12] Pérez G., A. I. "La Cultura Escolar en la Sociedad Neoliberal" Madrid, Morata, 1998.

[13] Montoya, Diana Marcela. "Cognición, Aprendizaje y Educación" En Páginas del CIEDU. Universidad Católica de Manizales. 2001.

[14] Jiménez B., Jovani A. "Un Modelo de Integración de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje bajo el esquema de Universidad Virtual" Escuela de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 2001.

[15] Rueda E., Francisco. "La Inteligencia Artificial: sus Principios Básicos y sus Aplicaciones Educativas". Congreso Colombiano de Informática Educativa. Universidad de los Andes. Vol. 1. Ribie-Col. Colombia, 1992.

[16] Senge, Peter. "La Quinta Disciplina". Editorial Granica, 1994.

[17] Zadeh, L. "Fuzzy Logic", IEEE Computer, 1:83, 1988.

Libardo Antonio Londoño Ciro Ing. (llondono@usb-med.edu.co) Jefe Linea de Investigación en Informática, Facultad de Ingenierías, Universidad de San Buenaventura seccional Medellín. Investigador principal de los proyectos: Educación Matemática y Desarrollo de la Creatividad. Universidad Piloto de Colombia Facultad de Administración (Bogotá) y Proyecto Macreático. Ingeniero de Petróleos, Universidad nacional de Colombia sede Medellín. Candidato a Especialista en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de San Buenaventura seccional Medellín. Estudios en: Maestría en Matemáticas Aplicadas con énfasis en Sistemas de Control Universidad Eafit, Medellín y Maestría en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá.

Jovani Alberto Jiménez Builes MSc. (jjimenez@usb-med.edu.co) Director del Grupo GIIDIE (Grupo de Investigación, Innovación y Desarrollo en Informática Educativa), Facultad de Ingenierías, Universidad de San Buenaventura seccional Medellín. Estudiante del Doctorado en Ingeniería de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Magíster en Ingeniería de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Licenciado en Docencia de Computadores, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Medellín.

Ana Lucía Pérez Patiño MSc. (alucia@usb-med.edu.co) Docente – Investigadora, Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad de San Buenaventura seccional Medellín. Magíster en Ingeniería de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Especialista en Ingeniería de Sistemas Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Licenciada en Docencia de Computadores, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Medellín.

Carlos Arturo Castro Castro Ing. (ccastro@usb.med.edu.co) Docente – Investigador, Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad de San Buenaventura seccional Medellín. Ingeniero de Petróleos, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Estudios de Especialización en Metodologías de Programación y Bases de Datos, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Candidato a Especialista en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de San Buenaventura seccional Medellín.