

# Modelo para Visualizar y Evaluar el Conocimiento Conceptual

Constanza Huapaya<sup>1</sup>, Francisco Lizarralde<sup>1</sup>, Jorge Vivas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina

<sup>2</sup>Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina

{huapaya,flizarra}@fi.mdp.edu.ar, jvivas@mdp.edu.ar

## Resumen

Este artículo describe un sistema computacional de evaluación del estudiante basado en el método DistSem. El sistema de diagnóstico, Infosem, ha tomado como base el modelo de una red semántica. Los nodos de la red conforman los conceptos propuestos por el evaluador experto y los vínculos representan el grado de similitud que el estudiante atribuye a los dos conceptos que une cada vínculo. Uno de los aspectos relevantes del sistema es la interface visual la cual permite inspeccionar la red que representa el conocimiento conceptual. Se ha implementado una evaluación cualitativa y otra cuantitativa. La visualización permite al docente interpretar fácilmente la respuesta de un estudiante. Se han realizado numerosas experiencias con estudiantes universitarios.

*Palabras clave: evaluación basada en computadora, visualización, red semántica, herramienta automática.*

## Abstract

This article describes a student assessment computer system based on the DistSem method. The diagnostic system, Infosem, is based on the model of a semantic network. The nodes of the network make up the concepts proposed by the expert evaluator and the links represent the degree of similarity that the students attribute to the two concepts that join each link. One of the relevant aspects of the system is the visual interface which allows the inspection of the network that represents conceptual knowledge. A qualitative and a quantitative assessment has been implemented. The display allows the professor to easily interpret a student's answer. Numerous experiences have been carried out with university students.

*Keywords: computer-based assessment, visualization, semantic network, automated tool.*

## 1. Introducción

Bajo la misma denominación, evaluación del conocimiento, se agrupa un heterogéneo conjunto de reportes y experiencias. De acuerdo a la perspectiva sostenida por los autores el objeto de la evaluación varía en un amplio rango que ajusta sus procedimientos e instrumentos a distintos niveles de especificidad. Sin embargo, más allá de esta diversidad, es norma o consistencia en todo proceso de evaluación propuesto, el intento de determinar una distancia, un nivel de discrepancia entre un objeto, fenómeno, o proceso y otro objeto, fenómeno o proceso considerado deseable.

Como en toda mensura la operación cognitiva de base es una comparación y para realizarla, se requiere un patrón o un cero relativo contra el que se pueda comparar y establecer el nivel de coincidencia o discrepancia.

La operación fáctica y cognitiva de la evaluación es invariante, a pesar de los cambios de escala en los diversos universos de aplicación. La operación es la misma en los distintos campos, sea la evaluación de carácter cualitativo o cuantitativo, sea permanente o sumatoria, sea una evaluación concebida y ejecutada por agentes externos al sistema en estudio o sea un proceso de autoevaluación, sea una evaluación aplicada a un aspecto abstraído y puntual o a un macro sistema complejo. En todo caso, la complejidad del objeto, fenómeno o proceso a evaluar, restringe o amplía el nivel de formalización y complejidad de los instrumentos que se utilizan, el margen de error y la probabilidad de su propagación.

Evaluar resulta, entonces, establecer la discrepancia entre un estado esperado y un estado efectivo de realización y una vez bien definido el estado esperado de la situación el proceso avanza por un camino de valoración diagnóstica.

Esta valoración comienza con el proceso de coleccionar información o evidencias (tomar muestras) dentro de un dominio de contenidos y habilidades y en un intervalo determinado del tiempo. La hipótesis

subyacente de la valoración es que ésta provee una muestra representativa de las habilidades internas del estudiante (las cuales pueden ser consideradas como estados mentales).

El tipo de muestra permite hacer inferencias sobre los procesos, logros, aptitudes, actitudes y/o motivaciones. Esta tasación del conocimiento permite inferir el entendimiento del estudiante de una parte del dominio que está siendo explorado. La muestra puede incluir comportamientos, productos, conocimiento y rendimiento. La valoración es un proceso continuo que comprende examinar y observar el comportamiento de los alumnos, escuchar sus ideas y analizar el contexto para promocionar, en el caso que nos interesa, el entendimiento conceptual.

## 2. Un enfoque para el diagnóstico basado en computadora

Una de las áreas más importantes de la investigación de la Psicología Cognitiva y Educacional se centra en la construcción y uso de los modelos mentales del conocimiento [1] [2]. Un modelo mental es una representación interna creada expresamente para que nuestras experiencias, eventos u otras circunstancias vividas tengan sentido para nosotros. Los modelos mentales son entidades hipotéticas, no observables directamente. Históricamente, las representaciones mentales han sido entendidas como representaciones externas físicas similares a un dibujo o expresadas en lengua natural. Asimismo, es posible compartir representaciones externas de los modelos mentales y combinarlos con otra información como decisiones y resolución de problemas.

Actualmente, el entendimiento de la naturaleza de los estados mentales de los estudiantes es una tarea muy ardua. Sin embargo, los educadores perseveran en este objetivo y proponen diversas hipótesis sobre los estados mentales [3]. Por ejemplo, según sostiene Mislevy [4] las representaciones externas pueden ser muy útiles para la evaluación del conocimiento, aunque estas se encuentren simplificadas manteniendo las relaciones o entidades más representativas. Asimismo, Seel [5] considera como representaciones externas a la extracción de los modelos mentales donde se destacan las entidades y relaciones relevantes. También este autor sostiene que el conocimiento individual solo puede ser evaluado si este es comunicado por medio de acciones, dibujos o el lenguaje.

Tomando la analogía del diagnóstico médico donde un facultativo posee la habilidad de establecer hipótesis sobre las posibles enfermedades que sufre un paciente basándose en evidencias (como una entrevista personal o certificaciones más específicas como análisis clínicos especiales) podemos identificar al diagnóstico cognitivo del estudiante como la externalización del

estado mental interno a través de la adquisición e interpretación de datos de la actividad del alumno durante su aprendizaje [6].

Los ambientes multimediales de aprendizaje basados en computadoras brindan grandes oportunidades para la enseñanza de conocimiento conceptual así como para el desarrollo de modelos de diagnóstico. Dentro de estos ambientes multimediales, las técnicas de diagnóstico cognitivo pueden brindar ventajas a los estudiantes, especialmente debido a las posibilidades de adaptación personal y asistencia en su aprendizaje [7].

Además de las modalidades tradicionales de las pruebas (como las de elección múltiple o verdadero/falso), hay nuevos enfoques que presuponen el uso de las representaciones físicas vistas en términos de exteriorización del conocimiento por medio de formatos representacionales específicos como los basados en la semántica de la lengua natural o la medición de la fuerza de asociación entre conceptos.

El enfoque propuesto en este artículo para el diagnóstico cognitivo consiste en la interpretación del conocimiento interno de un estudiante mediante una red semántica.

## 3. Visualización del diagnóstico en computadora

La visualización por computadora es un proceso de mapeo de conceptos abstractos y datos a representaciones visuales. La finalidad perseguida es optimizar el entendimiento y comunicación con un ser humano, sobre todo para facilitar la interpretación de gran cantidad de datos.

Por otro lado, uno de los objetivos más importantes del aprendizaje es entender como aprenden los estudiantes. Tradicionalmente la evaluación del conocimiento se hace con tests. Si bien las pruebas son de amplio uso, a veces no alcanzan para apreciar habilidades sofisticadas como las que necesitan los estudiantes universitarios. Los investigadores en educación pueden observar cuidadosamente a los alumnos, hacerles preguntas, y evaluar su aprendizaje a partir de sus acciones y respuestas, pero esta metodología de evaluación es muy laboriosa y difícilmente escalable. Se necesitan nuevos métodos para estimar el estado cognitivo, como los basados en el mapeo de los estados mentales [2].

El proceso de mapeo posee metodologías específicas basadas, para el caso del diagnóstico cognitivo, en teorías del modelo mental. Según el enfoque al que se suscriba, han sido desarrolladas diversas herramientas [8].

A continuación se presentan modelos de visualización orientados a un formato de redes por considerarlos apropiados a nuestro desarrollo del sistema computacional.

### 3.1 Visualización con grafos

Los grafos sirven para visualizar información estructural o relacional. La generación automática del dibujo de un grafo tiene importancia en aplicaciones como las interfaces visuales o juegos didácticos. En este contexto se investigan técnicas visuales para alcanzar dibujos de grafos que sean legibles de modo tal que transmitan su significado en forma clara y rápida [9] [10] [11].

En el campo educativo la representación de información con grafos ayuda a comprender el modelo conceptual subyacente en el dominio que se está explorando. Como herramienta que usa grafos para visualizar la actividad de los estudiantes encontramos a Mitocar [12] (Model Inspection Trace of Concepts and Relations). La herramienta está basada en la teoría mental de Seel. Tiene por objetivo medir las propiedades del lenguaje en un modelo de consenso de una realización preparada por un grupo de estudiantes, asimismo, mide si existe suficiente acuerdo dentro del grupo. En la etapa de visualización, se aprecia un grafo no-dirigido donde se muestra las relaciones (como la verificación y confrontación) más fuertes de pares de términos.

Cuando se integra las representaciones de modelos mentales y procesos cognitivos internos, existen distintos enfoques para su modelización con grafos [8]. A continuación se presentan ejemplos de visualización con redes bayesianas, redes semánticas y mapas conceptuales para la visualización del diagnóstico cognitivo.

### 3.2 Visualización del diagnóstico

Las redes bayesianas son estructuras usadas para representar conocimiento de un dominio con incertidumbre. Cada nodo en el grafo representa una variable aleatoria mientras que los enlaces entre nodos representan dependencias probabilísticas entre las variables aleatorias correspondientes. Estas dependencias condicionales son estimadas usando métodos computacionales y estadísticos.

Las redes bayesianas constituyen un enfoque metodológico para modelar el comportamiento del estudiante durante su aprendizaje. Por ejemplo en [13] se aprecia el uso de estas redes para inspeccionar el estado del conocimiento del estudiante identificando errores así como buenas prácticas de aprendizaje. Por otro lado el autor resalta la utilidad del sistema desarrollado para un gran volumen de datos considerando que es difícil llegar a una conclusión en casos similares. En [14] el sistema de visualización VisMod (Visualization of Bayesian Student Models) muestra la red que representa el conocimiento del estudiante y tanto el maestro como el alumno pueden interactuar con la red. La externalización de la estructura del conocimiento del estudiante y su inspección, permite a estudiantes y docentes entender,

explorar y modificar el modelo del estudiante. En [15] se usan las redes bayesianas como un formalismo integrador a fin de manipular varias fuentes de incertidumbre involucradas en el modelo del estudiante.

Una red semántica es un formalismo para representar una estructura del conocimiento proposicional y consiste de un conjunto de nodos selectivamente conectados unos con otros mediante enlaces etiquetados con relaciones entre cada par de nodos conectados. En particular, un mapa conceptual puede ser una red semántica compuesta de múltiples proposiciones. Cada proposición incluye dos nodos-conceptos asociados mediante un enlace etiquetado y establece el atributo de un concepto [16]. Un conjunto de proposiciones posee, generalmente, una estructura jerárquica y describe regularidades y hechos sobre un concepto primario el cual se encuentra posicionado en la cúspide de un mapa conceptual.

Los mapas conceptuales representan un modo valioso para la evaluación del estudiante porque proveen un medio para capturar y representar el conocimiento y es especialmente efectivo para representar la organización que el estudiante posee entre los conceptos [17] [18]. La interpretación del mapa conceptual se basa en la hipótesis de que el aprendizaje en un dominio determinado es el proceso de adquisición de una estructura de conocimiento similar al experto en la materia. La investigación en la memoria semántica, especialmente las teorías asociativas de la memoria, indica que los expertos poseen un tipo específico de organización de conceptos. A partir de este resultado, la interpretación del mapa conceptual del alumno se logra determinando la similitud de su mapa y un mapa de referencia, como la del experto. La medida de la similitud es la evaluación del estudiante. Se encuentran dos enfoques en el uso de la evaluación: en el interno el estudiante construye totalmente el mapa y en el externo, el alumno responde sobre conceptos propuestos por el experto.

## 4. Modelo de diagnóstico basado en la distancia semántica (DistSem)

Existe una coincidencia generalizada en la literatura científica sobre la estructura reticular de la memoria semántica [19] y se han propuesto varias clases de teorías para reflejar las propiedades sustanciales de la organización del conocimiento humano. En este contexto, el efecto de priming semántico ha recibido una gran atención desde su demostración original en la década de los 70s. Este efecto puede ser presentado sintéticamente como el fenómeno que hace que una palabra sea reconocida más rápidamente si es precedida por una palabra semánticamente relacionada con la primera que si es precedida por otra no relacionada.

Cuando una persona estima la similitud semántica entre dos o más ideas puede establecer entre ellas diferentes tipos de relaciones semánticas. Su proximidad puede estar dada porque ambos conceptos presentan una relación inferencial entre sí, de modo que evocar un concepto supone la propagación de la activación hacia otro concepto con el que se encuentra vinculado lógicamente. Pero también ambos conceptos pueden compartir numerosos atributos por medio de los cuales se establezcan relaciones no necesariamente lógicas. Las semejanzas en los atributos compartidos entre dos conceptos pueden promover el establecimiento de relaciones analógicas - identificaciones por el predicado - que se hallan facilitadas por la presencia de activación en las etiquetas respectivas.

El método DistSem [20] permite exteriorizar la configuración del conocimiento del estudiante y representarla en una estructura de red semántica en base a las distancias estimadas entre significados, dando lugar a una estimación del diagnóstico cognitivo. Las redes semánticas de los participantes poseen un nivel de restricción debido al número limitado de conceptos previamente definidos.

En [21] DistSem fue presentado en el marco de un Sistema Tutorial Inteligente. En el artículo mencionado se proponía como siguiente paso en nuestra investigación el análisis cualitativo de las redes semánticas. En el presente artículo se presenta aquel objetivo.

A continuación se describe el método DistSem siguiendo la estructura presentada por la tecnología SMD (Surface, Matching, Deep Structure) [22]. SMD es una tecnología basada en la teoría de los modelos mentales de Seel y en la teoría de grafos. Los resultados de SMD quedan determinados en cuatro fases : 1) Ingreso (se describen y miden las estructuras de conocimiento con una herramienta adecuada) ; 2) Especificación del análisis (luego de elegir una forma de representación del conocimiento, se calculan medidas cuantitativas automáticamente y se generan las bases para representaciones gráficas estandarizadas) ; 3) Salida del análisis cuantitativo (se usan medidas específicas para representar la complejidad estructural de los datos de salida) y 4) Salida gráfica estandarizada (se genera automáticamente una salida gráfica estandar). Aquí se describen las 4 fases para DistSem :

1. *Ingreso*: se diseña un experimento (o prueba DistSem). El ingreso de datos en un experimento se inicia con la selección de los  $n$  conceptos cuya vinculación semántica se desea explorar y posteriormente se adquieren las respuestas de los estudiantes y expertos quienes asignan una medida de similitud entre dos conceptos. Esta información se almacena en planillas de administración.
2. *Especificación del análisis*: en la planilla de administración se disponen los pares de conceptos

resultantes del cruce de todos contra todos los conceptos definidos. Sobre esta planilla se adquieren las respuestas de estudiantes y expertos. En dicha planilla se consignan los pares de conceptos cuya cantidad de pares resulta de aplicar la fórmula  $(n * (n-1)) / 2$  para relaciones no direccionales. Se agregan cuatro pares repetidos con orden invertido para evaluar consistencia interna. Los pares son ordenados al azar para su presentación. A partir de cada planilla se genera una matriz cuadrada de  $n \times n$ , esto es, de conceptos contra conceptos. En la matriz se almacenan, entonces, las estimaciones de similitud semántica de los estudiantes y expertos evaluadores.

3. *Salida cuantitativa*: a partir de la red semántica de un estudiante y la del docente-experto (considerada patrón) ambas construidas a partir de las matrices de similitud, son comparadas entre sí a través de la significancia de la asociación entre las matrices creadas por cada uno de ellos. Para lograr este objetivo se calculan las permutaciones construidas sobre la matriz del estudiante usando el método QAP (Quadratic Assignment Procedure) [23][24][25]. QAP es un procedimiento basado en permutaciones, no paramétrico que preserva la interdependencia entre las diadas. Por ejemplo, si se propone evaluar las relaciones de similitud de 9 conceptos ( $n=9$ ) se obtendrá 40 pares de conceptos (se considera que los datos son diádicos e interdependientes). Luego se aplica el método de QAP a fin de medir la significancia de la correlación observada entre las matrices del experto y la del estudiante. El procedimiento genera 362880 (9!) permutaciones sobre la matriz de cada estudiante y deja fija la matriz del experto. Luego se encuentra la distribución de las correlaciones. Para la estimación del nivel de significancia de la asociación se usa el coeficiente de correlación de Pearson.
4. *Salida cualitativa gráfica*: A cada matriz de similitud se le aplica los siguientes tratamientos: conversión de las estimaciones a distancias geodésicas, SMD métrico, (escalamiento multidimensional métrico) y análisis de agrupamientos a fin de crear la visualización de la red semántica del experto y de los estudiantes a fin de compararlas cualitativamente.

## 5. Sistema informático Infosem

El método DistSem ha sido implementado en un sistema informático llamado InfoSem. InfoSem tiene por objetivo brindar a los usuarios un ambiente amigable y automático. Particularmente, se dispone de una salida gráfica que muestra flexible y claramente una representación del conocimiento conceptual del alumno en forma de una red.

### 5.1 Arquitectura de InfoSem

Los usuarios del sistema son los evaluadores/expertos/docentes. Generalmente, el experto crea los experimentos y los docentes/evaluadores analizan los resultados de las pruebas (las respuestas dadas por los estudiantes). El experimento es la unidad que reúne los elementos necesarios para la creación y evaluación de pruebas DistSem (ver figura 1).

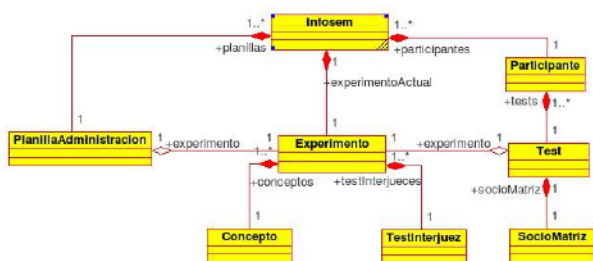


Fig. 1. Diagrama simplificado de las clases que conforman Infosem.

En cada experimento (fase 1 de DistSem), el experto ingresa tanto los n conceptos (o estímulos) así como las respuestas correctas en las pruebas interjueces (planilla de administración patrón) las cuales permiten establecer un modelo de comparación, esto es, representan la respuesta correcta. Y para evitar que exista un respuesta única, un experimento puede poseer una o varias pruebas interjueces.

Como se presentó en la fase 2 de DistSem (especificación de análisis) se crea la planilla de administración. La lista de pares de conceptos es generada en forma aleatoria y con algunos elementos redundantes para control. Las respuestas de los estudiantes a la planilla de administración se almacenan en una estructura denominada sociomatrix la cual resulta conveniente para los posteriores procesos de cálculo. Las sociomatrixes, que pueden representar información sobre similitud o disimilitud entre conceptos, constituyen una estructura adecuada para la comparación de las pruebas de los participantes con las pruebas interjueces.

La información de los participantes, además de datos personales como nombre, edad,, etc. está principalmente contenida en las respuestas a las pruebas DistSem.

### 5.2 Descripción de InfoSem

A continuación se describe la secuencia de tareas involucradas en el uso de InfoSem, cuyo diagrama simplificado se presenta en la figura 2.

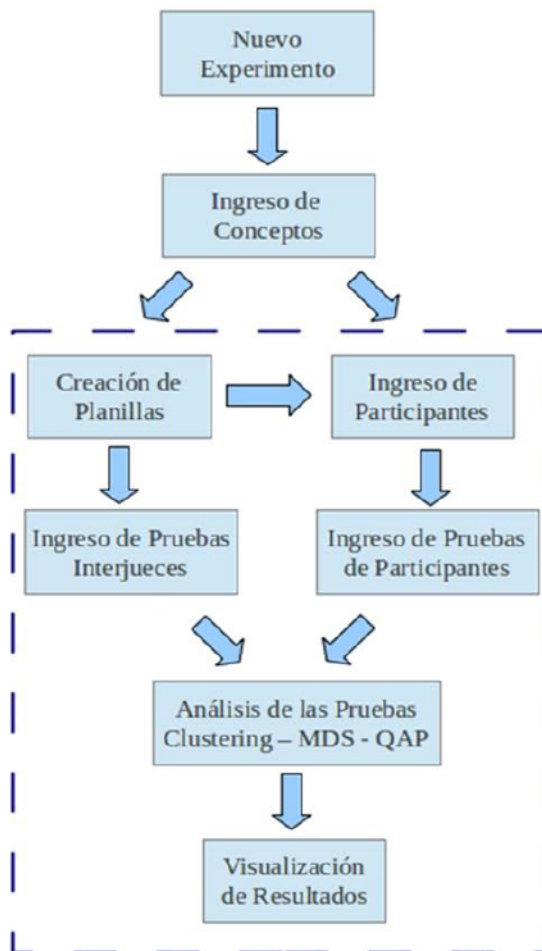


Fig. 2. Diagrama de secuencia de tareas en Infosem.

Se comienza creando un **experimento** y los **conceptos** correspondientes al experimento. La información involucrada en el experimento y conceptos permanece constante para todo el experimento actual. Posteriormente el usuario (docente/evaluador) puede seleccionar diversas tareas contenidas dentro de la línea entrecortada y repetirlas las veces que lo desee. Prosiguiendo con la descripción, el uso es ilustrado con un ejemplo específico sobre la asignatura Análisis Numérico:

1. *Creación de un nuevo experimento* : el experto suministra al sistema su identificación personal y características propios del experimento.
2. *Ingreso de conceptos* : como se aprecia en la figura 3, el experto ingresa los estímulos (conceptos a evaluar), su descripción y contexto, selecciona los valores de variación de las relaciones entre estímulos y completa los datos de identificación.

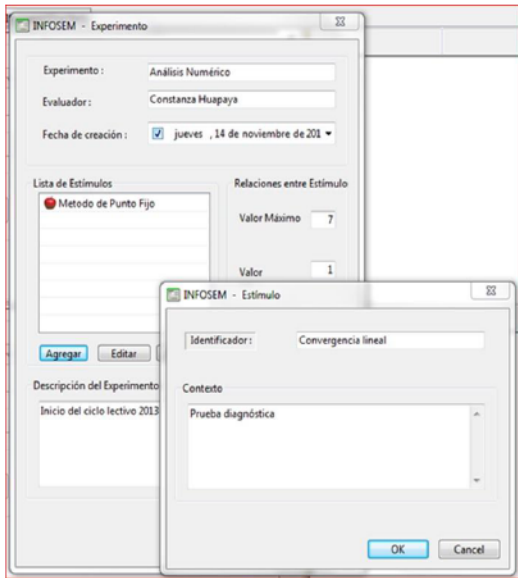


Fig. 3. Creación de un experimento en INFOSEM donde se aprecia la ventana del experimento y la de un estímulo

3. *Creación de planillas*: usando como base los estímulos creados previamente, el sistema genera aleatoriamente una planilla. Oprimiendo el botón de Generación de Planillas, el sistema la modifica tantas veces como se desee. El usuario puede agregar varias planillas para administrar el test DistSem. Cada planilla es identificada con un nombre. En la figura 4 se aprecia una planilla creada para evaluar similitudes semánticas entre 9 conceptos pertenecientes a la asignatura Análisis Numérico.

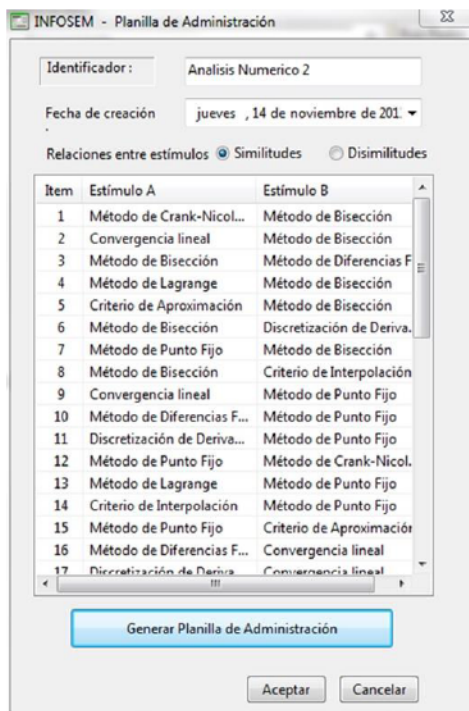


Fig. 4. Creación de una Planilla de Administración

4. *Ingreso de pruebas interjueces*: una vez creadas una o varias planillas de administración, el evaluador experto puede ingresar las respuestas consideradas correctas (pruebas interjueces). Los distintos evaluadores asocian sus respuestas a cada una de las planillas que creó. En la figura 5 se ilustra el ingreso de las respuesta de un juez quien usó disimilitudes.

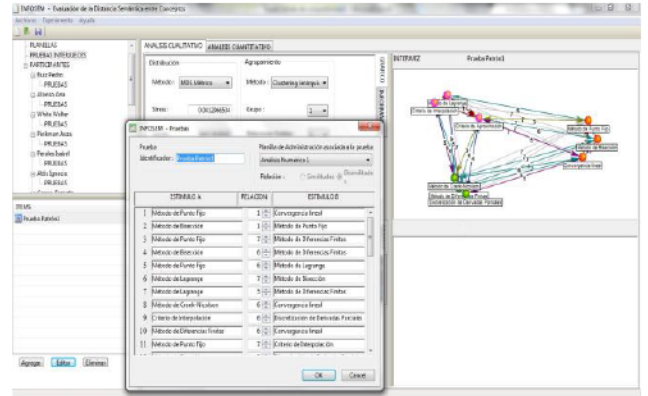


Fig. 5. Respuesta de un juez

5. *Ingreso de participantes*: se agregan los datos de los alumnos participantes de cada experimento tales como nombre, edad y género.

6. *Ingreso de pruebas de participantes*: InfoSem adquiere las respuestas de cada estudiante a la/s prueba/s. Esto es, se cargan los resultados de las pruebas tomadas en el aula. Se agregan tantas pruebas como se hayan tomado a cada estudiante. Las respuestas son almacenadas en el sistema y pueden ser visualizadas, analizadas y comparadas las veces que se desee. En la figura 6 se muestra las respuestas de un estudiante a una prueba.

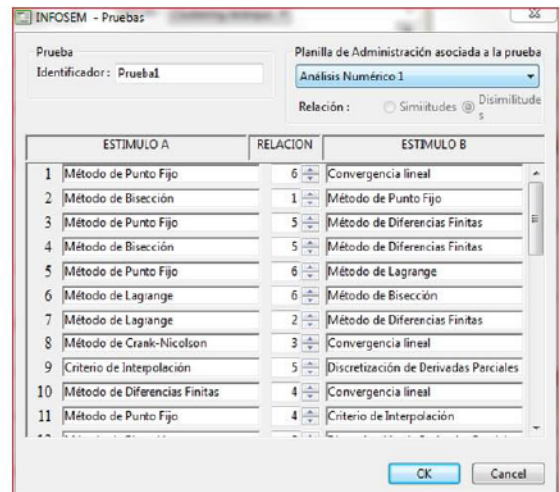


Fig. 6. Ventana interactiva para que el estudiante responder el test en el aula

7. *Análisis de las pruebas*: en este punto se hacen los cálculos correspondientes para alcanzar las salidas cuantitativas y cualitativas. El examen cuantitativo permite analizar, mediante QAP y el coeficiente de

correlación de Pearson, la respuesta del estudiante con respecto a la resolución del experto. Los resultados numéricos permiten ver la respuesta a una prueba específica, a todas las pruebas de un estudiante o todas las pruebas de todos los estudiantes. Estos cálculos son automáticos.

8. *Visualización de los resultados*: Para la visualización de los resultados se optó por una transformación de la sociomatriz a una estructura diferente, basada en nodos y enlaces la cual resulta más conveniente para representar grafos no dirigidos.

El examen visual de las redes semánticas que representan el conocimiento conceptual de los estudiantes contribuye en el análisis cualitativo de las respuestas y en la toma de decisión de los docentes cuando evalúan. A continuación se muestra detalles de la visualización.

### 6. Visualización en Infosem

Infosem favorece el análisis cualitativo de cada test en forma individual así como la comparación de pruebas tanto entre participantes como con las respuestas del experto. En la figura 7 se presentan los tres cuerpos principales de InfoSem: en el panel izquierdo se seleccionan jueces, participantes y pruebas; en el central se solicita el tipo de análisis; en el derecho se presentan los resultados en forma gráfica o tabulada a elección del usuario. La división horizontal de este último permite comparar visualmente pares de pruebas.

Para ver la red semántica basta arrastrar una prueba desde la ventana de Items a la izquierda hasta los dos paneles a la derecha.

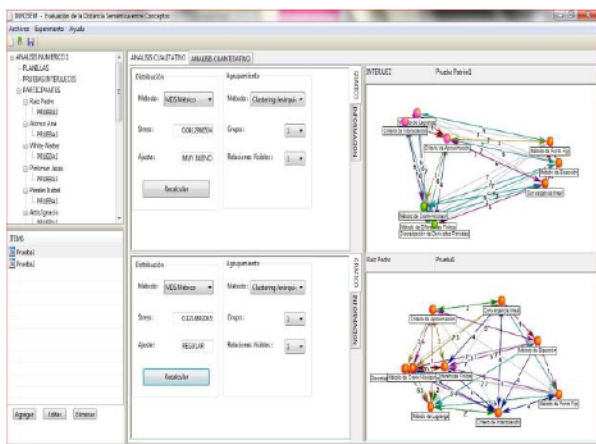


Fig.7 Vista general de Infosem

El Gráfico del Análisis Cualitativo se obtiene con la pestaña horizontal ‘Análisis Cualitativo’ y simultáneamente con la pestaña vertical ‘Gráfico’. Esta selección permite observar la distribución y agrupamiento de las redes semánticas. Los métodos de distribución disponibles usados para la representación

visual son el Escalamiento Multidimensional (MDS), atracción/repulsión, aleatorio y circular, seleccionando cada uno de ellos se obtienen distintas distribuciones de la red. Asimismo, se aprecia la medida del stress (la función stress mide el grado de correspondencia entre las distancias entre los puntos implicados en la red MDS y la matriz de entrada) y evalúa la bondad del ajuste como regular, buena o muy buena (la mejor representación tiene el menor valor de la función stress). El agrupamiento implementado es el clustering jerárquico y se puede optar por ver grupos de relaciones particulares, por ejemplo si se solicita observar las relaciones de valor mayor o igual a 5, mostrará todos los nodos pero solo las líneas de valor 5, 6 y 7, suponiendo que 7 es el valor máximo. Los agrupamientos de nodos son determinados por la aplicación del método de clustering jerárquico de Johnson [26].

En la figura 8 se muestra las redes generadas para el experto y la de un estudiante.

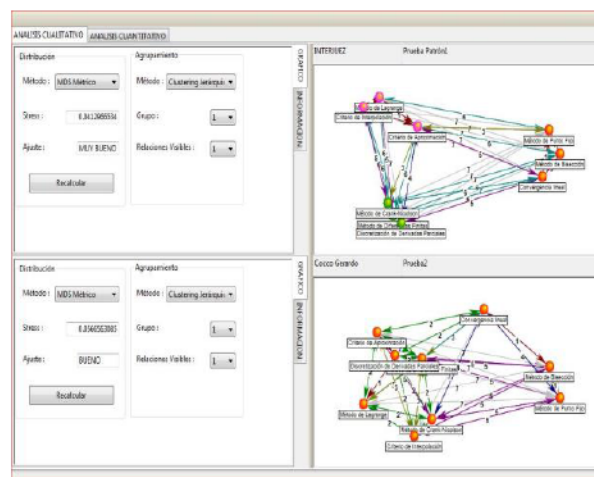


Fig. 8 Comparación de la red del experto y de un estudiante

Los nodos se distribuyen en función de los valores de las distancias. Si se seleccionó una relación de similitud, los nodos más cercanos en la red serán los que tiene mayor similitud conceptual en la respuesta del estudiante. Los nodos pueden ser separados con el mouse para facilitar una visión más clara, en caso de que queden demasiado juntos

En el gráfico se identifican claramente los estímulos, etiquetados en los nodos; las distancias o proximidades semánticas, color de las líneas entre nodos; sentido de la relación, flechas que los unen. Como se muestra en la figura 9, en la red semántica del experto se presenta los agrupamientos con nodos agrupados del mismo color.

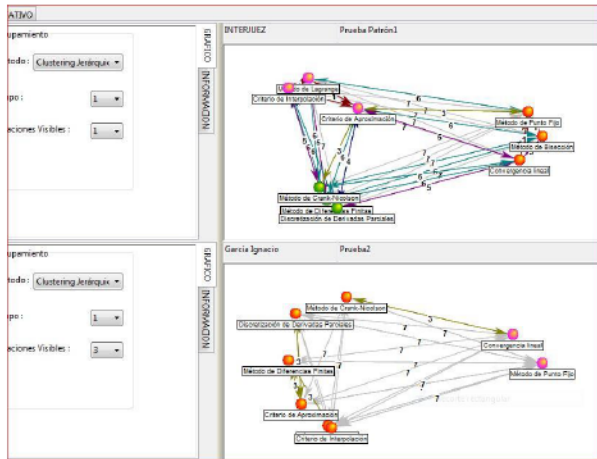


Fig. 9 Clusters en las redes

En este caso se la red semántica del experto donde se ven tres agrupamientos con color naranja, verde y magenta. Cada agrupamiento posee tres nodos. La prueba 2 del estudiante muestra solo dos agrupamientos y posee un coeficiente de correlación de Pearson de 0.76150462 (con significancia de 0.000600). Para visualizar esta información el usuario tiene que seleccionar la pestaña 'Análisis Cuantitativo'.

En la ventana del 'Análisis Cuantitativo' se muestran el coeficiente de Pearson y su significancia entre dos pruebas seleccionadas. Existen tres opciones que el usuario puede elegir. Una de las opciones corresponde al caso particular que se está examinando en la pantalla gráfica.

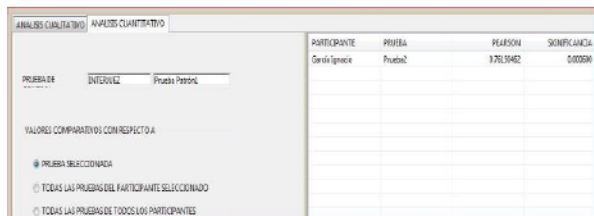


Fig. 10 Ventana del resultado numérico de un alumno

En la figura 10 se ven los resultados numéricos correspondientes a la ventana 9 donde se compara la red de un experto con un alumno.

Si se opta por el segundo caso se puede comparar una prueba contra todas las pruebas de un participante seleccionado (p.e. todas las pruebas de un alumno) y el tercer caso comprende la comparación de la prueba seleccionada contra todas las pruebas de todos los participantes. En la figura 11 se ilustra esta última opción.

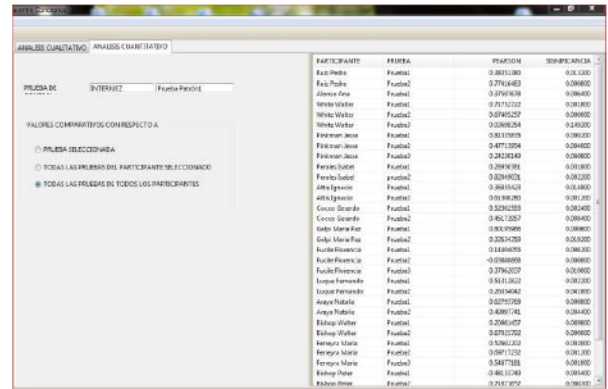


Fig. 11 Ventana con la evaluación de todos los estudiantes de un curso

Asimismo, Infosem dispone de una ayuda especializada que guía al usuario a lo largo del proceso de diseño y uso. En la figura 12 se aprecia la ventana de ayuda.

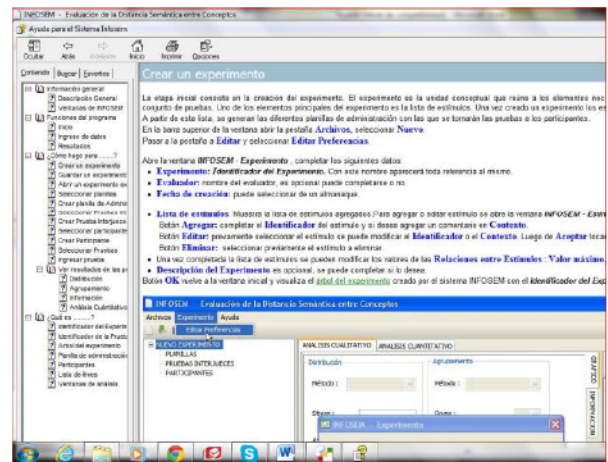


Fig. 12 Ventana de ayuda de InfoSem

Infosem requiere para ejecutarse, como mínimo, un Sistema Operativo Windows XP o superior y un procesador Pentium o superior. En particular, se necesita disponer de 512Mb ó más de memoria Ram, 30 MB ó más de espacio disponible en disco, placa gráfica con una resolución de al menos 1024x768 y 256 colores (preferiblemente colores de 32 bits). La licencia es creative Commons 3.0. La distribución, actualmente, se realiza mediante solicitud a los autores.

## 7. Usos de Infosem en la valoración del estudiante

InfoSem ha sido utilizado en distintas modalidades para establecer fortalezas, debilidades y nivel de conocimiento de los estudiantes en gran cantidad de cursos de grado en la Universidad Nacional de Mar del Plata. Por ejemplo, en la Facultad de Psicología se ha comparado a los alumnos de dos asignaturas: en un



caso al principio y al final de la cursada, y en el otro, antes y después de una interacción grupal. Se exploraron los conocimientos de 9 conceptos: seis pertenecientes a dos autores previamente estudiados, con diferente nivel de profundidad en otras asignaturas, y los tres restantes pertenecientes a un autor introducido como novedad. En la Facultad de Ingeniería se ha usado en asignaturas comunes a todas las especialidades.

Uno de los modos de utilización fue la evaluación diagnóstica a fin de recoger información sobre el nivel de conocimiento de una asignatura nueva y medir la eficacia de la/s asignatura/s cuyo contenido es requisito para aprender el nuevo conocimiento.

Otra modalidad fue la valoración formativa. En su forma pura esta valoración del progreso del estudiante posee pruebas, como DistSem, sin notas y son usados para modificar y mejorar la enseñanza de acuerdo a las necesidades y progreso de los alumnos. Asimismo se identificaron errores típicos en la asociación de conceptos. Por ejemplo, en una asignatura de segundo año de Ingeniería se descubrió un error común en el uso de predicados en un lenguaje de programación. Estos “diagnósticos en transición” permiten decidir cuál es el próximo paso en la enseñanza. Por ejemplo, hemos analizado, en diversas asignaturas, el peor y mejor examen así como la respuesta promedio. En este contexto, hemos guiado a los estudiantes con ayudas específicas en conceptos que no fueron comprendidos apropiadamente. Esto es, se provee feedback positivo e individualizado a cada estudiante.

El resultado del diagnóstico permite diseñar una macroadaptación para todo el grupo de estudiantes en el inicio de los cursos mientras que la valoración formativa permite una microadaptación, esto es, es posible atender las necesidades específicas individuales de los alumnos durante el desarrollo del curso.

Por último, la modalidad de la valoración final (o acumulativa) no fue usada masivamente por considerarla inapropiada para determinar el nivel de logro alcanzado por un estudiante en la finalización de un período de tiempo (un trimestre, un semestre, etc.) o de una unidad de estudio (p.e. un capítulo).

Por otro lado, con InfoSem, el diseñador de los experimentos puede definir la cantidad de conceptos y su granularidad. De este modo queda en libertad de enfocar un fragmento particular del conocimiento del alumno que interesa examinar con la minuciosidad deseada.

El uso de las pruebas DistSem computarizadas ha contribuido significativamente en la tarea de los docentes e investigadores en la evaluación del nivel de conocimiento de los estudiantes. Se puede procesar gran cantidad de pruebas en períodos cortos de tiempo.

## Conclusiones

InfoSem proporciona al evaluador la posibilidad de examinar dos aspectos del conocimiento del estudiante: inspeccionar una aproximación a la estructura del conocimiento y comparar esas estructuras tanto cualitativamente como cuantitativamente.

Los resultados obtenidos muestran que el modelo presentado es prometedor como herramienta de evaluación del conocimiento conceptual.

El contraste visual de las redes del experto y estudiante mejora cualitativamente la interpretación sobre la relación entre conceptos (fortalezas de los vínculos y asociación de los nodos). Se puede comparar las redes semánticas de expertos entre sí, de un experto con un estudiante, de estudiantes diferentes entre sí y del mismo estudiante entre sí. Asimismo, las redes se contrastan numéricamente mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Las experiencias llevadas a cabo muestran que Infosem es un importante apoyo para el docente, tanto en forma individual como grupalmente. La visualización de la red semántica desde distintas distribuciones de sus nodos contribuye a mejorar la interpretación del docente sobre el entendimiento del estudiante.

Los conceptos a evaluar pueden pertenecer a diversas áreas del conocimiento. Las experiencias llevadas a cabo mostraron que las pruebas pueden ser tomadas masivamente y procesadas automáticamente apoyando eficazmente el proceso de evaluación.

Asimismo se está analizando la opción de la autoevaluación para que el estudiante vea sus pruebas Infosem y acceda a modificarlas a voluntad ampliando de este modo la funcionalidad del sistema.

## Referencias

- [1] Johnson-Laird P. *Mental Models Toward a cognitive science of language, inference and language*. Cambridge University Press. Cambridge 1983.
- [2] Edwards-Leis, C. E. *Mentals models of teaching, learning and assessment: a longitudinal study*. Phd thesis. James Cook University. 2010
- [3] Seel N.M. . *Educational diagnosis of mental models: Assessment problems and technology-based solutions*. *Journal of Structural Learning and Intelligent Systems*, 14(2), pp. 153–185.1999.
- [4] Mislevy R.J., Behrens J.T. , Bennett R. E., Demark S. F., Frezzo D.C., Levy R.. *On the roles of external knowledge representations in assessment design*. National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST). Graduate School of Education and

- Information Studies. University of California, Los Angeles. 2007.
- [5] Seel N.M. Mental models, knowledge transfer, and teaching strategies. *Journal of Structural Learning and Intelligent Systems*, 12(3), pp. 197–213. 1995.
- [6] Seel N.M., *Essentials of Computer-Based Diagnostics of Learning and Cognition*. En *Computer Based Diagnostics and Systematic Analysis of Knowledge*. (Ifenthaler D. et al., Ed.), Springer. 2010.
- [7] Bennett R. E. Cognitively Based Assessment of, for, and as Learning (CBAL): A Preliminary Theory of Action for Summative and Formative Assessment. *Measurement*. 8, pp 70-91. 2010.
- [8] Ifenthaler D., Pirnay\_Dummer P. y Seel N. M. (Editores), *Computer-Based Diagnostics and Systematic Analysis of Knowledge*, Springer, 2010.
- [9] Ellson J., Gansner E. R., Koutsofios E., North S. C., *Graphviz and Dynagraph – Static and Dynamic Graph Drawing Tools*. Jünger & Mutzel Eds. *Graph drawing software*. Springer Verlag. 2004.
- [10] Ifenthaler, D. Toward automated computer-based visualization and assessment of team-based performance. *Journal of Educational Psychology Special Section: Computer-Based Assessment of Cross-Curricular Skills and Processes*, pp 651-665. 2014.
- [11] Minović M., Milovanović M., Šošević U., Conde González M. A. Visualization of student learning model in serious games. *Computers in Human Behavior*. 2014
- [12] Pirnay\_Dummer P. y Ifenthaler D., *Automated Knowledge Visualization and Assessment*. En *Computer-Based Diagnostics and Systematic Analysis of Knowledge*, Springer, 2010.
- [13] Butz, C.J., Hua, S. & Maguire, R.B.. *A Web-based Bayesian Intelligent Tutoring System for Computer Programming*, *Web Intelligence and Agent Systems: An International Journal*, 4(1), pp 77-97. 2006.
- [14] Zapata-Rivera J. D., Greer J. E. Interacting with Inspectable Bayesian Student Models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 14 , pp 1-37. 2004.
- [15] Conati C., Gertner A. Vanlehn K. , Using bayesian networks to manage uncertainty in student modeling. *Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction*. 12, pp 371-417. 2002.
- [16] Novak, J. D. y A. J. Cañas, *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition. 2008.
- [17] Hoefft R. M., Jentsch F. G., Harper M. E., TPL-KATS—concept map: a computerized knowledge assessment tool. *Computers in Human Behavior* 19 pp. 653–657. 2003.
- [18] Anohina-Naumeca A. Determining the set of concept map based tasks for computerized knowledge self-assessment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 69, pp. 143 – 152. 2012.
- [19] McNamara, T. P. y Holbrook, J. B. *Semantic Memory and Priming*. NJ: John Wiley and Sons. 2003.
- [20] Vivas, J. Método Distsem: procedimiento para la evaluación de distancias semánticas. *Revista Perspectivas en Psicología*, 1 (1), pp. 56-62. 2004
- [21] Huapaya C.R. Lizarralde F.A., Vivas J., Arona G. Modelo de evaluación del conocimiento en un Sistema Tutorial Inteligente. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología.*, pp. 20-29. 2007.
- [22] Ifenthaler, D. Relational, structural, and semantic analysis of graphical representations and concept maps. *Educational Technology Research and Development*. 2008.
- [23] Hubert, L. J. y Schultz, J. Quadratic Assignment as a general data analysis strategy. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 29, pp. 190-241. 1976.
- [24] Krackhardt D. A caveat on the Use of the Quadratic Assignment Procedure. *Journal of Quantitative Anthropology*. 3: 279-296. 1992.
- [25] Borgatti S.P. A Statistical Methods for Comparing Aggregate Data Across A Priori Groups. *Fields Methods*. 14, pp. 88-107.2002.
- [26] Johnson, S. C. Hierarchical Clustering Schemes. *Psychometrika*, 2 pp. 241-254. 1967.

*Dirección de Contacto del Autor/es:*  
 Constanza Huapaya  
 Juan B. Justo4302  
 7600 Mar del Plata  
 Argentina  
 e-mail: huapaya@fi.mdp.edu.ar

Francisco Lizarralde  
 Juan B. Justo4302  
 7600 Mar del Plata  
 Argentina  
 e-mail:flizarra@fi.mdp.edu.ar

Jorge Vivas  
 Funes 3280 2<sup>do</sup>. piso  
 7600 Mar del Plata  
 Argentina  
 e-mail:jvivas@mdp.edu.ar

---

**Constanza Raquel Huapaya:** C.C. y Esp. Tecnología Informática Aplicada en Educación (UNLP). Profesor Titular en Fundamentos de la Informática y Directora del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial Aplicada a Ingeniería. Integrante del CIMEPB. (UNMDP).

---

---

**Jorge Ricardo Vivas:** Doctor en Psicología(UNSL). Profesor titular en Teorías del Aprendizaje - Psicología Cognitiva (UNMDP). Director del Centro de Investigación en procesos básicos, metodología y educación(CIMEPB). Facultad de Psicología (UNMDP)

---

---

**Francisco Angel J. Lizarralde:** Ing. Electrónico (UNMDP) y Esp. Tecnología Informática Aplicada en Educación (UNLP). Prof. Adjunto en Análisis Numérico para Ingeniería e integrante del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial Aplicada a Ingeniería. Integrante del CIMEPB (UNMDP).

---