

## Modelado cognitivo en educación

**Alex Osorio Pastrana**

aosoriopastrana@gmail.com

**Adán Alberto Gómez**

manuelcaro@correo.unicordoba.edu.co

**Manuel Fernando Caro**

manuelcaro@correo.unicordoba.edu.co

### RESUMEN

El modelado cognitivo es un campo creciente de la informática cognitiva que busca explicar como un ser humano resuelve un problema y a la vez capturar los pasos que dicha persona realizó para luego poder replicarlos con ayuda de una arquitectura cognitiva.

En este escrito se presentará un estudio general de los modelos cognitivos, sus características su clasificación y las arquitecturas cognitivas de mayor importancia en la actualidad y de cómo se ha utilizado al día de hoy el modelado cognitivo en la educación

**Palabras Claves:** Modelos cognitivos, arquitecturas cognitivas, educación

### I. INTRODUCCIÓN

La informática cognitiva es un área de investigación interdisciplinaria e innovadora que aborda los problemas de raíz comunes de la informática (Wang, 2002). estudia problemas informáticos y de procesamiento de la información mediante el uso de la ciencia cognitiva y las teorías neuropsicológicas. (Yingxu, 2003) , investiga los mecanismos y procesos de procesamiento de la información interna del cerebro y la inteligencia natural, y sus aplicaciones de ingeniería a través de un enfoque interdisciplinario (Wang, 2007).

En el departamento de la licenciatura en informática y medios audiovisuales, específicamente en el grupo de investigación en informática y computación cognitiva se están desarrollando estudios que incorporan simulación de procesos cognitivos y metacognitivos de la inteligencia natural que requieren procesos de modelación cognitiva. Es por esto que se hace

necesario realizar una revisión teórica profunda sobre los aspectos concernientes al modelado cognitivo en ambientes educativos.

Para abordar el tema del modelado cognitivo en educación, delimitaremos temas fundamentales y propios de la Informática Cognitiva, empezando desde el termino de cognición propia de la inteligencia humana.

La cognición es el proceso mental del saber, incluyendo aspectos tales como conciencia, percepción, razonamiento y juicio. (Pawlik, K., & d'Ydewalle, 2006), La cognición humana constituye un sistema natural de procesamiento de información que ha evolucionado para imitar la arquitectura de la evolución biológica (Langley, Laird, & Rogers, 2009). la computación cognitiva persigue desarrollar sistemas artificiales capaces de imitar a los humanos en aspectos como el aprendizaje de la propia experiencia (Arrabales, 2016).

Uno de estos sistemas son los agentes cognitivos que es un agente capaz de realizar actos cognoscitivos, como; Percibir información, Razonar esta información, Evaluar la información, Responder a otros agentes cognitivos, Aprendizaje (Lawniczak & Di Stefano, 2010) .

Incluidos en la inteligencia artificial (IA) encontramos los agentes inteligentes el cual es una entidad autónoma que observa a través de sensores y actúa sobre un entorno utilizando actuadores, y dirige su actividad hacia el logro de objetivos.(Russell & Norvig, 2010). Mediante tres funciones; la percepción de las condiciones-resolver problemas, extraer inferencias y

determinar las acciones. (Müller, J. P., Wooldridge, M. J., & Jennings, N., 1997).

Los modelos cognitivos hacen parte de la informática cognitiva (Structures, Maps, & Thin-, 1996) y existe una creciente convicción y evidencia de que los modelos cognitivos se pueden desarrollar al capturar los procesos cognitivos humanos en un modelo cognitivo y aplicarlo en una arquitectura cognitiva (Busemeyer, J. R., & Diederich, A. 2010). Los modelos cognitivos se originan en el campo de la informática, donde se definen como la simulación de la resolución de problemas y el procesamiento de tareas mentales (Leighton & Gierl, 2007).

## II. Modelos Cognitivos

Un modelo o esquema es un patrón recurrente, una forma y una regularidad en o de las actividades de ordenamiento de las experiencias. (Johnson, 1987).

El *Modelado Cognitivo* es la metodología de investigación característica de la ciencia cognitiva, que resulta en teorías que, a su vez, se formulan como programas informáticos. (Structures et al., 1996).

Los *Modelos Cognitivos* son programas informáticos que simulan el desempeño humano de las habilidades cognitivas (Ritter, F. E., Baxter, G. D., Jones, G., & Young, R. M., 2000). Otro propósito que poseen este tipo de modelos, es identificar qué procesos y estrategias se emplean para efectuar tareas de nivel superior y conocer el funcionamiento intelectual de un individuo con superdotación (Stemberg, 1997).

Sobre el modelado cognitivo en la educación, autores han planteado definiciones específicas para el campo:

El modelado cognitivo en educación es el diseño de sistemas computacionales para entrenar a los alumnos en la adquisición de una habilidad (Haan, 1987). Este podría suponerse cualquier conjunto de creencias sobre el aprendizaje de los estudiantes

incluso en ausencia de apoyo evidencia científica (Wellman & Lagattuta, 2004).

## Clasificación de modelos cognitivos

### • Modelos cognitivos computacionales

Los modelos cognitivos computacionales son en su mayoría teorías basadas en procesos (Sun, 2001). consiste en modelos que operan utilizando métodos atribuibles a las funciones del cerebro humano apoyados en evidencias psicológicas experimentales. (Iglesias Sánchez Á., 2013). Se dividen en dos grandes grupos dependiendo de la representación del conocimiento que utilizan: los modelos simbólicos (Lewis, 1999) y los modelos conexionistas. (Sánchez, 2013).

### • Modelado cognitivo simbólico

Los modelos simbólicos consideran a la mente como un sistema manipulador y transformador de símbolos. (Amoruso, Lucia, Bruno, Mariano y Dominio, 2007). El requisito es que el sistema sea capaz de manipular y componer símbolos y estructuras de símbolos: patrones físicos con procesos asociados que dan a los patrones el poder de denotar entidades externas u otras estructuras internas de símbolos (Newell, 1980; Newell, 1990; Pylyshyn, 1989) citados por (Lewis, 1999).

### • Modelado cognitivo conexionista

Un Modelo cognitivo conexionista es una representación de un sistema a través de un conjunto de elementos, denominados unidades, que se envían señales de inhibición o excitación entre ellas (Feldman & Ballard, 1982).

### • Modelos cognitivos matemáticos

El modelo cognitivo matemático es un conjunto de ecuaciones que se pueden usar para calcular la evolución espacio-temporal de un sistema físico (Velten, 2009). En la investigación propuesta por Cavagnaro llamada *Mathematical Modeling* muestra la siguiente clasificación de estos modelos:

- Modelos cognitivos psicosociales
- Modelos cognitivos axiomáticos

- Modelos cognitivos algorítmicos (cavagnaro, 2013).

- **Modelos cognitivos verbales**

Un modelo cognitivo verbal es un modelo que permite variables lingüísticas más que numéricas, y que las relaciones causales entre las variables se formulen verbalmente y no matemáticamente (Wenstop, 1976). Un modelo cognitivo verbal es una ecuación de palabras, es decir utiliza palabras para describir ideas y símbolos matemáticos para relacionar las palabras (Huertas, 2014).

### Elaboración de Modelos Cognitivos

En elaboración de modelos cognitivos es difícil describir una serie de pasos sistemáticos que deban seguirse de manera procedimental ya que la construcción de estos es una tarea cognitiva

A continuación, se presentarán algunos pasos que se han descrito en experiencias que se han obtenido de elaboración de modelos cognitivos:

- Reescritura del problema de manera que sea más comprensible.
- Representación lingüística del problema. Articular el enunciado del problema en función de lo que se conoce y no se conoce.
- Representación figurativa del problema.
- Razonamiento (planificación de la solución). Operar con la estructura parte-todo del problema mediante preguntas clave.
- Revisión/evaluación/supervisión (ayudas metacognitivas), se revisa, evalúa y supervisa la aplicación de las ayudas anteriores. (Huertas, 2014).

El siguiente modelo cognitivo (ACS) propuesto por Ritter (1998) que consiste en análisis de tareas cognitivas de un sujeto, actualmente propone seis pasos:

1. Realizar un análisis de terreno a priori
2. Definición de sujetos
3. Grabación del rendimiento del sujeto en resolución de problemas real o simulado
4. Analizar y representar los datos

5. Desarrollo del modelo cognitivo ejecutable
6. Validación del resultado del CTA (cognitive task analysis - análisis de tareas cognitivas) (Beaman y Morton, 1998) (Newell y Simon ,1972)( Peck y John ,1992) citados por ( Ritter, 1998).

Para la elaboración de un modelo cognitivo para maniobras de navegación de buques en un sistema de tutoría inteligente los autores se apoyaron en los siguientes pasos para la elaboración de este (modelo cognitivo).

1. Fase de recolección de la información – observación de como un sujeto realiza una actividad – enumera las tareas observables
2. Funciones cognitivas internas que se tuvieron en cuenta para realizar la acción (o resolver el problema)
3. Marco de análisis de problemas
4. Análisis tradicional de tareas (enumera tareas observables – funciones cognitivas internas

El marco de análisis de tareas conocido como GOMS (Goal, Operador, Método, Selección; Tarjeta, (Moran y Newell,1983; John & Kieras, 1996) citados por (Jacko & Sears, 2012).

### III. ARQUITECTURAS COGNITIVAS

Una arquitectura cognitiva es una amplia teoría de la cognición humana basada en una amplia selección de datos experimentales humanos (Anderson, 2004).

Una Arquitectura cognitiva Es un modelo que trata de describir formalmente las capacidades mentales o cognitivas para implementarlas en una computadora (Profanter, 2012). Es decir, arquitectura cognitiva en una aplicación de software de una teoría general de la inteligencia. (Laird, 2008).

La siguiente es una lista de requisitos que podrían dar forma a una arquitectura cognitiva (adaptada de Newell 1990):

- 1- Comportarse de manera flexible, en función del entorno
- 2- Exhibir comportamiento adaptativo (racional, orientado a objetivos)
- 3- Operar en tiempo real
- 4- Operar en un lugar rico, complejo. ambiente detallado
  1. percibir una inmensa cantidad de detalles cambiantes
  2. usa grandes cantidades de conocimiento
  3. controlar un sistema motor de muchos grados de libertad
- 5- Usa símbolos y abstracciones
- 6- Usa lenguaje, tanto natural como artificial
- 7- Aprende del ambiente y de la experiencia
- 8- Adquirir capacidades a través del desarrollo
- 9- Vivir de forma autónoma dentro de una comunidad social
- 10- Exhibir la autoconciencia y un sentido de sí mismo (Newell, Rosenbloom, Laird, Newell, & Laird, 1989).

se ha encontrado que las arquitecturas cognitivas pueden ser de dos tipos, que son simbólicas e híbridas. (Duch, 2008).

### III.I ARQUITECTURAS COGNITIVAS SIMBOLICAS

La arquitectura simbólica se refiere a la vista clásica de la arquitectura de la mente. En este enfoque, la mente se ve como un proceso en el que se manipulan los símbolos. (Collins & Smith, 1988).

Dentro de las arquitecturas simbólicas encontramos arquitecturas como:

1. **THE CHREST ARCHITECTURE:**  
(**C**hunk **H**ierarchy **R**etrieval **S**tructures) es una arquitectura cognitiva que modela la percepción, el aprendizaje, la memoria y la resolución de problemas humanos. Es distintivo en su énfasis en la importancia de la percepción y la atención, y en seguir las limitaciones humanas, como las limitaciones en la memoria a corto plazo y la velocidad de procesamiento. (<http://www.chrest.info/>)

2. **ARQUITECTURA COGNITIVA SOAR:**  
SOAR es una arquitectura cognitiva general para desarrollar sistemas que muestran un comportamiento inteligente (Muller et al., 2008)

### II.II ARQUITECTURAS COGNITIVAS HYBRIDAS

Las arquitecturas cognitivas híbridas son aquellas que combinan los principios de las arquitecturas basadas en el comportamiento con algunas características de la IA (inteligencia artificial) simbólica (inferencia de encadenamiento hacia delante y hacia atrás mediante lógica de predicados) (Duch, 2008).

Esto es, supone un nivel simbólico, que contiene toda la información declarativa del sistema y dan cuenta de los mecanismos de aprendizaje. (De León & Blázquez, 2011). Dentro de las arquitecturas híbridas encontramos:

1. **ARQUITECTURA COGNITIVA ACT-R:**  
ACT-R es una arquitectura cognitiva: una teoría para simular y comprender la cognición humana (Anderson, 2002). ACT-R consiste en un conjunto de módulos independientes que funcionan alrededor de un módulo de procedimiento central. Hay módulos para percepción (visual y auditiva) y acción (manual y vocal), y varios módulos cognitivos centrales (Borst & Anderson, 2015).

### 2. ARQUITECTURA COGNITIVA CLARION

-Una arquitectura integrativa, que consta de una serie de subsistemas distintos

- Una estructura de representación doble en cada subsistema (representaciones implícitas frente a explícitas) (Sun, 2003).

### V. MODELADO COGNITIVO EN EDUCACIÓN

En educación se han desarrollado experiencias de modelado cognitivo para diferentes áreas, a

continuación, se traerán a mención algunas experiencias:

#### IV.I Modelo cognitivo “TUTOR COGNITIVO: INVESTIGACIÓN APLICADA EN EDUCACIÓN” MATEMÁTICA

Trabajo que condujo a los Tutores Cognitivos de Carnegie Learning comenzó en los departamentos de psicología y ciencias de la computación en la Universidad Carnegie Mellon.

Publicación: [http://actr.psy.cmu.edu/?post\\_type=publications&p=14352](http://actr.psy.cmu.edu/?post_type=publications&p=14352)

ARQUITECTURA: ACT-R Año: 2007

Un "procedimiento" en ACT-R es simplemente un componente del conocimiento que puede producir otros componentes de conocimiento y / o conducir a un comportamiento externo. En la educación matemática, podríamos referirnos al procedimiento de resolver una ecuación lineal. Un modelo ACT-R de esa tarea consistiría en muchas producciones y hechos que se llevan a cabo. Incluso una tarea simple como agregar enteros puede consistir en muchas producciones, incluidas las asociadas con recordar hechos aritméticos, ejecutar acciones de recuento, etc. (Lebière, 1999).

##### MODELO COGNITIVO

```
1 !safe-eval! (print (format nil "Answering
A." =sum))
2 +goal>
3 state answer
4 step start
5 value =sum)
```

Estas cinco líneas muestran un “goal” / objetivo logrado en la suma de dos números por parte del estudiante, el código consta de 560 líneas este solo es un fragmento de un objetivo logrado.

IV.II Modelado cognitivo “Brain Networks” para apoyar la ejecución de habilidades matemáticas frente a la adquisición de nueva competencia matemática. Un objetivo principal de este estudio

fue comprender cómo los estudiantes aprendieron a dominar los problemas de excepción.

##### MODELO COGNITIVO

```
1 (x isa equation-token string "x")
2 (dollar-sign isa equation-token
string "$")
3 (equal-sign isa equation-token
string "=")
4 (plus-sign isa equation-token
string "+")
5 (base-position isa visual-location
screen-x 75 screen-y 60)
6 (height-position isa visual-
location screen-x 125 screen-y 60)
7 (value-position isa visual-
location screen-x 175 screen-y 60)
8 (base-il isa item-location item base
location base-position)
9 (height-il isa item-location item
height location height-position)
10 (value-il isa item-location item
value location value-position)
```

En estas 10 líneas de código, el modelo cognitivo se cerciora de la posición en la que el estudiante está dirigiendo su mirada, y así puede seguir en qué dirección está viendo la ecuación matemática. Cabe recordar que este solo es un fragmento del modelo ya que este consta de 1087 líneas de código.

El modelo pirámide consta de una formula la cual se representa así:  $(b + (h - 1)) = x$

Donde  $b$  = a un número base

$h$  = a la altura, e  $i$  = a las veces en la que  $h$  debe ser reducida para ser menor que  $h$

$x$  = el resultado del modelo pirámide.

#### IV.III Modelo para evaluación de preguntas abiertas

Este modelo fue diseñado por los docentes Manuel Caro, Juan Carlos Giraldo y Adán Gómez, en la universidad de Córdoba, especialmente para

CARINA y está diseñado para evaluar las respuestas a preguntas abiertas de un estudiante, actualmente se encuentran ensamblando este modelo para que pueda ser utilizado por el icfes para la evaluación de las pruebas saber

```
1 "g3": {
2     "mental_state":
"answer_is_read",
3     "current_value": false,
4     "target_value": true
```

En estas cuatro líneas de código, el modelo cognitivo "Modelo para evaluación de preguntas abiertas" se pregunta si la pregunta ha sido evaluada, y tiene los estados en los que se evalúa la respuesta del estudiante, el código consta de 213 líneas y esta modelado para leer las preguntas y evaluar ítems como cohesión, coherencia y redacción

Arquitectura: CARINA  
año: 20017

## V. CONCLUSIONES

### PROPUESTA DE MODELADO COGNITIVO PARA EDUCACIÓN

“Existe una creciente convicción y evidencia de que los modelos cognitivos se pueden desarrollar al capturar los procesos cognitivos humanos” (Busemeyer, 2010). Se partirá de esta afirmación de Busemeyer para comprender que la cognición humana en cierto modo puede ser capturada en un modelo o serie de pasos a seguir, decimos en cierto modo ya que la cognición se puede definir como la adquisición y uso del conocimiento por parte del ser humano (Yankovic, 2014) y se entiende según la literatura que el proceso de cognición no está delimitado que debe hacerse en una serie sistematizada de pasos para lograr capturar dicho proceso de cognición. Teniendo en cuenta los conceptos tratados en el capítulo de “modelos cognitivos” podemos entender que estos son la

manera de capturar el proceso cognitivo que realiza una persona en la resolución de un problema.

En la educación el cual es el enfoque de esta revisión literaria, existe una amplia gama de posibilidades para las que podríamos implementar el modelado cognitivo en las aulas o en el proceso de enseñanza aprendizaje al cual se somete un estudiante por parte de los tutores o maestros.

“El aprendizaje, definido como un cambio cognitivo a largo plazo, depende de la habilidad del individuo para construir significados a partir de la experiencia” (ACLE, OLMOS, 1998) en este sentido y dado que los modelos cognitivos puestos en una arquitectura de tipo simbólica o híbrida, tienen la posibilidad de ejercer las tareas de un tutor en tareas cognitivas. Como por ejemplo el desarrollo de una operación matemática, la visión que surge de ACT-R es que el aprendizaje es un proceso de codificación, fortalecimiento y procedimiento de conocimiento. Este proceso sucede gradualmente. Un tema específico en las matemáticas son las operaciones básicas, desde los grados 1 al 3 en primaria y durante toda la secundaria, las escuelas colombianas y en el resto del mundo las operaciones básicas son el fundamento para realizar cualquier tipo de operación y dado la naturaleza abstracta de las matemáticas los modelos cognitivos serían de mucha ayuda en fortalecer los procesos de estudiantes mediante tutorías (tutores matemáticos como se habló en el capítulo modelado cognitivo en educación).

Esto por parte de las matemáticas donde hay un amplio número de modelos cognitivos orientados a medir, dar tutoría, o simplemente observar la manera en la que los estudiantes resuelven problemas matemáticos, pero si se mira por ejemplo las actividades que puede hacer el modelo cognitivo "Modelo para evaluación de preguntas abiertas" se podría inferir fácilmente que un modelo de este tipo serviría de ayuda y tutoría para un estudiante que por ejemplo tenga falencias en la construcción de textos y escritos de cualquier tipo.

En especial estudiantes ya muy avanzados suelen tener problemas para aplicar correctamente los 201 pronombres de objetos directos y sobre todo indirectos (Berber, D., & Laaksonen, 2012) esta afirmación hecha por Berber y Laakson permite decir que podríamos implementar estos modelos cognitivos como tutores guías y así hacer un diagnóstico del estudiante, y luego con la ayuda del tutor cognitivo basado en el modelo, poder trabajar a las falencias que presenten cada estudiantes de forma directa con ayuda de la informática cognitiva.

La propuesta de modelado cognitivo en educación es necesaria ya que la informática ofrece una gama de herramientas computacionales diseñadas para resolver problemas, y es tentador aplicar estas herramientas a los datos psicológicos y llamar al resultado un modelo cognitivo (Chown, 2004), esto sugiere que la informática tanto en escuelas como en cualquier otro centro de formación, debe ir de la mano con las teorías de aprendizaje formuladas por la psicología, y de esta manera implementar atributos propios del modelado cognitivo que en educación es el diseño de sistemas computacionales para entrenar a los alumnos en la adquisición de una habilidad (Haan, 1987). Es decir, que el modelado cognitivo implementado en las experiencias descritas en el capítulo tres “modelado cognitivo en educación, tuvo consigo la adquisición de nuevas habilidades en los alumnos, la cual el modelo cognitivo implementado fue capaz de detectar. Como en el caso de la implementación del modelo cognitivo “Brain Networks” (Wintermute, Betts, Ferris, Fincham, & Anderson, 2012).

Es por esto, que los pasos a seguir en el modelado cognitivo en educación, están muy ligados a los descrito en el capítulo uno, en la elaboración de modelos cognitivos, donde los docentes junto con los estudiantes, deben trabajar juntos para detectar cuales son las tareas que se le dificultan a los estudiantes de la licenciatura en informática y así capturar en una serie de pasos (modelo cognitivo) la forma en como el estudiante resuelve un problema de programación (por ejemplo). En la

licenciatura en informática y medios audiovisuales, más específicamente en el grupo de investigación informática y computación cognitiva es el “laboratorio de modelado cognitivo” siendo una de las universidades pioneras en este campo de la informática cognitiva. Es allí donde se hace importante el modelado cognitivo en CARINA estudios adelantados por (Caro, Gómez & Giraldo, 2017) han permitido elaborar la arquitectura que haría posible que en el departamento de la licenciatura en informática y medios audiovisuales sea necesario implementar el modelado cognitivo.

## VI. REFERENCIAS

- Amoruso, Lucia, Bruno, Mariano y Dominio, M. (2007). Algunas Diferencias Entre Modelos Simbólicos Y Conexionistas. XIV Jornadas de Investigación Y Tercer Encuentro de Investigadores En Psicología Del Mercosur., Facultad d, 0–2.
- Anderson, J. R. (2002). Spanning seven orders of magnitude: A challenge for cognitive modeling. *Cognitive Science*, 26(1), 85-112.
- Arrabales, R. (2013). Computación Cognitiva La nueva revolución del Big Data. ICEMD Instituto Economía Digital, 20.
- Berber, D., & Laaksonen, M. (2012) Problemas de coherencia y cohesión en resúmenes académicos por estudiantes finohablantes y suecohablantes de B1-B2 en dos universidades finlandesas Brandimonte, M. A., Bruno, N., & Collina, S. In P. Pawlik and G. d’Ydewalle (Eds.) *Psychological Concepts: An International Historical Perspective*. Hove, UK: Psychology Press, 2006.
- Borst, J. P., & Anderson, J. R. (2015). Using the ACT-R Cognitive Architecture in combination with fMRI data. In *An introduction to model-based cognitive neuroscience* (pp. 339-352). Springer New York.

- Busemeyer, J. R., & Diederich, A. (2010). *Cognitive modeling*. Sage.
- Busemeyer, J. R., & Diederich, A. (2010). *Cognitive modeling*. Sage
- Cohen, M. A., Ritter, F. E., & Haynes, S. R. (n.d.). *Herbal: A High-Level Language and Development Environment for Developing Cognitive Models in Soar*. Retrieved from <http://acs.ist.psu.edu/papers/cohenrh05.pdf>
- Cavagnaro, D. R., Myung, J. I., Pitt, M. A., & Myung, J. (2013). *Mathematical modeling*. *The Oxford handbook of quantitative methods*, 1, 438-453.
- Duch, W., Oentaryo, R. J., & Pasquier, M. (2008, June). *Cognitive Architectures: Where do we go from here?*. In *AGI* (Vol. 171, pp. 122-136).
- Collins, A. & EE Smith. (1988) *Lecturas en ciencia cognitiva: Una perspectiva de la psicología y la inteligencia artificial*. Morgan Kaufman Publishers Inc., San Mateo CA.  
<http://penta.ufrgs.br/edu/telelab/3/symbolic.htm> <http://www.chrest.info/>
- Chown, E. (2004). *Cognitive Modeling*. *Computer Science Handbook*, 1-14.
- Duch, W., Oentaryo, R. J., & Pasquier, M. (2008, June). *Cognitive Architectures: Where do we go from here?*. In *AGI* (Vol. 171, pp. 122-136).
- De León, J. M. R. S., & Blázquez, M. Á. F. *Arquitecturas cognitivas y cerebro: hacia una teoría unificada de la cognición*. *Journal of Psychological Research*, 4(2), 38-47.
- Feldman, J. A., & Ballard, D. H. (1982). *Connectionist models and their properties*. *Cognitive science*, 6(3), 205-254.
- Haan, A. (1987). K. Morik (ed.), *GWAI-87 11th German Workshop on Artificial Intelligence* © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1987.
- Haan, A. (1987). K. Morik (ed.), *GWAI-87 11th German Workshop on Artificial Intelligence* © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1987.
- Huertas Torres, 2014 O. Y. *Una interpretación semántica de la lectura y comprensión de los problemas de matemáticas en las pruebas externas nacionales en el grado quinto* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Iglesias Sánchez, Á. (2013). *Modelo computacional cognitivo de toma de decisiones basado en el conocimiento: aplicación en la inferencia de explicaciones*.
- Jacko, J. A., & Sears, A. (2012). *Human Computer Interaction Handbook*. CRC Press
- Lewis, R. L. (1999). *Cognitive modeling, symbolic*. *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*, 525-527.
- Laird, J. E. (2008). *Extending the Soar cognitive architecture*. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 171, 224.
- (2009). *Principles of Mathematical Modeling*. *Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for Scientists and Engineers*, 1-46.
- Langley, P., Laird, J. E., & Rogers, S. (2009). *Cognitive architectures: Research issues and challenges*. *Cognitive Systems Research*, 10(2), 141-160
- Lawniczak, A. T., & Di Stefano, B. N. (2010). *Computational intelligence based architecture for cognitive agents*. *Procedia Computer Science*, 1(1), 2227-2235.
- Müller, J. P., Wooldridge, M. J., & Jennings, N. (1997). *Intelligent Agents III. Agent Theories, Architectures, and Languages: ECAI'96 Workshop (ATAL)*, Budapest, Hungary, August 12-13, 1996, *Proceedings* (Vol. 3). Springer Science & Business Media
- Muller, T. J., Heuvelink, A., & Both, F. (2008, May). *Implementing a cognitive model in soar and act-r: A comparison*. In *proceedings of Sixth International*

- Workshop “From Agent Theory to Agent Implementation.
- Newell, A., Rosenbloom, P. S., & Laird, J. E. (1989). Symbolic architectures for cognition (No. AIP-62). CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND PSYCHOLOGY PROJECT
- Profanter, S. (2012). Cognitive architectures. Hauptseminar Human Robot Interaction.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence. A Modern Approach. [https://doi.org/10.1016/0925-2312\(95\)90020-9](https://doi.org/10.1016/0925-2312(95)90020-9)
- Ritter, F., Avraamides, M. N., & Councill, I. G. (2002). Validating changes to a cognitive architecture to more accurately model the effects of two example behavior moderators. In *Proceedings of 11th CGF Conference*.
- Ritter, S., Anderson, J. R., Koedinger, K. R., & Corbett, A. (2007). Cognitive Tutor: Applied research in mathematics education. *Psychonomic bulletin & review*, 14(2), 249-255.
- Ritter, F. E., Baxter, G. D., Jones, G., & Young, R. M. (2000). Supporting cognitive models as users. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 7(2), 141-173.
- Stenberg R. (1997). La Teoría Implícita Pentagonal
- Structures, R., Maps, M., & Thin-, S. (1996). Cognitive Modeling : Research Logic in, 2, 1-8.
- Sun, R. (2003). A tutorial on CLARION 5.0. Cognitive Science Department, Rensselaer Polytechnic Institute.
- Sun, R. (2001). Introduction to computational cognitive modeling. *Cambridge handbook of computational psychology*, 3-19
- Learning, C. (2007). Cognitive Tutor : Applied research in mathematics education, 14(2), 249-25
- Wang, Y. (2002). On cognitive informatics. In *Cognitive Informatics, 2002. Proceedings. First IEEE International Conference on* (pp. 34-42). IEEE
- Wang, Y. (2007). The theoretical framework of cognitive informatics. *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence (IJCINI)*, 1(1), 1-27.
- Wenstøp, F. (1976). Deductive verbal models of organizations. *International Journal of Man-Machine Studies*, 8(3), 293-311.
- Yingxu, W. (2003). On cognitive informatics. *Brain and Mind*, 4(November), 151-167. <https://doi.org/10.1109/COGINF.2002.1039280>
- Yingxu, W. (2003). On cognitive informatics. *Brain and Mind*, 4(November), 151-167. <https://doi.org/10.1109/COGINF.2002.1039280>

Para citar este artículo / to cite this article:

Osorio, A., Gómez, A. y Caro, M. (2017). Modelado Cognitivo en Educación. *Acta Scientiæ Informaticæ* 1(1), 98-106.