



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALGORITMOS, ESTRUCTURADA EN EL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN - TEORIA ACT DE ANDERSON

Nelson Antonio Jaramillo Enríquez, Manuel Ernesto Bolaños González, Javier Santacruz Salcedo

**Universidad de Nariño
Pasto, Colombia**

Resumen

La metodología de construcción de algoritmos de la Universidad de Nariño, es una propuesta analítica fundamentada teóricamente en los postulados desarrollados por la teoría ACT de Anderson del procesamiento de Información, donde se plantea, que todo nuevo conocimiento para llegar a una memoria permanente declarativa o procedimental, debe estar debidamente relacionada con los saberes que el aprendiz posee. En la memoria declarativa se almacena el SABER COMO que detalla cómo está organizado el mundo, en una red jerárquica con unidades cognitivas como nudos y eslabones o relaciones que los conectan y en la memoria procedimental el SABER QUE, con la información necesaria para la ejecución de destrezas.

En esencia, la metodología hace uso de la información de las destrezas presentes en la memoria procedimental para llegar a la memoria declarativa a través de la memoria de trabajo. Así se construye el algoritmo en donde los campos de memoria asociados a los datos van a corresponder a las variables, las acciones a las instrucciones y el orden lógico va a estar dado por la red jerárquica presente en la memoria declarativa.

En conclusión, la metodología muestra que el algoritmo solución a un problema computacional planteado, está presente en la memoria declarativa que tiene el SABER COMO, el cual, solo puede ser extraído si las destrezas para manejar cada concepto están en la memoria procedimental de la solución.

Palabras clave: Teoría ACT de Anderson; memoria procedural; memoria declarativa

Abstract

The construction methodology of algorithms in the University of Nariño is an analytical approach based on the principles developed theoretically by Anderson's ACT theory on information processing, which proposes

that any new knowledge, in order to reach a permanent declarative or procedural memory, must be properly related to the knowledge that the learner already possesses. In declarative memory the “KNOW HOW” is stored detailing how the world is organized in a hierarchical network with cognitive units as knots and links or relationships that connect them; in addition, In procedural memory the “KNOW” is stored with the necessary information for the execution of skills.

In essence, the method uses the information present in the skills at the procedural memory, then the declarative memory is reached through the working memory. With the above, the algorithm is built where the memory fields are associated with the data in accordance to the variables, the set of actions with the instructions, and the logical order will be structured by the hierarchical network present in declarative memory.

In conclusion, the methodology shows that the algorithmic solution to a stated problem is present in declarative memory that involves the “KNOW HOW”, which can only be removed if the skills to handle each concept are in the procedural memory of the solution.

Keywords: *Anderson’s ACT Theory; procedural memory; declarative memory*

1. Introducción

El plantear y desarrollar una solución a un problema específico con características computacionales, exige la aplicación de una serie de pasos no ambiguos estructurados lógicamente, que se conoce comúnmente como el algoritmo solución del problema, el cual, en sus diferentes acciones hace referencia a una serie de conceptos estructurados en la memoria permanente, concretamente, según Anderson, en la memoria procedural, que almacena el SABER QUE hacer con éstos y que se manifiestan comúnmente en el individuo como destrezas.

La teoría ACT (Adaptive Control of Thought: Control adaptativo del comportamiento) de Anderson busca principalmente El SABER QUE, por lo que se afirma, que ésta es en esencia una teoría de aprendizaje procedimental, el cual exige dominar correctamente un concepto para aplicarlo en diferentes situaciones o solución de problemas, proceso que no es inmediato, ya que debe pasar, por tres estadios, Interpretación declarativa, compilación y ajuste.

Desde este ámbito, con la metodología se tocan dos momentos, un primer momento determinado por la asimilación de los conceptos relacionados con el procedimiento de solución de un problema, que tiene como propósito desarrollar en la memoria procedimental del estudiante destrezas analíticas, con tres operaciones mentales básicas, descomposición de un todo en sus partes, determinación de las relaciones entre éstas y comprensión de la forma como están organizadas estas relaciones, para ser aplicados en un problema planteado.

El segundo momento está asociado directamente con el problema a resolver, el cual para su solución, la metodología plantea, involucrar conceptos que se encuentran ya estructurados en la memoria procedimental, en donde las destrezas para su utilización se manifiestan en la construcción de una solución mental. Con ésta solución, la metodología con sus técnicas y criterios llega a la memoria declarativa a obtener la estructura jerárquica de los subconceptos y sus relaciones y obtener así la construcción lógica de

la solución. Análíticamente este proceso va de lo general a lo detallado, en donde lo detallado presente en la memoria declarativa es el sustento primordial de la solución del problema.

En conclusión la metodología tiene como objetivo, estructurar en la memoria declarativa los elementos y las relaciones necesarias de los conceptos utilizados en el procedimiento de solución de un problema, y en la memoria procedimental sus destrezas analíticas asociadas, a través de la solución de problemas específicos que exigen la aplicación de conceptos con destrezas ya desarrolladas.

El desarrollo de la presente investigación va a hacer una presentación de los fundamentos teóricos que la soportan, el énfasis del análisis en las diferentes metodologías de enseñanza propuestas, los pasos de la descripción de la metodología y la aplicación de algunos pasos en un ejemplo específico, algunos resultados obtenidos y conclusiones.

2. Teoría del Control Adaptativo del Pensamiento (ACT) de Anderson: (John Anderson)

Es una teoría unitaria de procesamiento de información, ya que la idea básica que subyace a la teoría es que, según Anderson "todos los procesos cognitivos superiores, como memoria, lenguaje, solución de problemas imágenes, deducción e inducción son manifestaciones diferentes de un mismo sistema subyacente. Por tanto, los mecanismos de aprendizaje están en el ACT estrechamente relacionado con el resto de los procesos, especialmente con la forma en que se presenta la información en el sistema." (Pozo, 2006)

La Teoría del control Adaptativo del Pensamiento de Anderson está totalmente traducida a un programa de computador la cual incorpora una teoría del pensamiento y su esquema se plantea en la figura 1, aquí se presentan tres tipos de memoria relacionadas: Memoria de trabajo, memoria declarativa y memoria procedural.

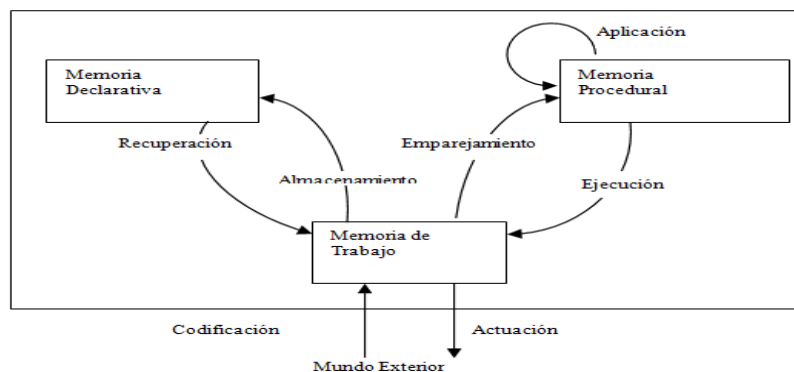


Figura 1 Marco general del procesamiento del ACT, planteado por Anderson (1983)

Fuente: (Pozo, 2006)

2.1. Memoria de trabajo. Es la que se comunica con el mundo exterior y procede por estímulos externos o por el propio sistema como consecuencia de la ejecución de una acción. Esta memoria se mueve con el concepto de Activación de un nodo que es central dentro de la teoría del ACT.

Activación. Hace referencia al proceso de como un nodo accede a la memoria de trabajo la cual puede producirse por estímulos externos o del propio sistema como consecuencia de la ejecución de una acción.

Según Anderson, "La activación cumple en el ACT la función heurístico asociativo relevante. Es decir, la activación mide lo estrechamente asociada que una pieza de información está con respecto a la información que actualmente usa" (Pozo, 2006) y es por eso que los nodos presentes en la memoria declarativa más frecuentemente usados son los que tienen mayor probabilidad de estar activos en la memoria de trabajo y la cantidad de ellos activos son limitados porque ésta memoria también es limitada.

2.2 Memoria declarativa. Almacena el conocimiento descriptivo sobre el mundo. Es la que determina el "SABER QUE". Se establece en ésta, como está organizado el mundo y lo que en él sucede. Características:

- Nunca desencadena acciones sobre el mundo directamente.
- Puede llegar a activar el conocimiento procedural responsable de esas acciones.
- Está organizada en forma de Red Jerárquica compuesta según Anderson de "Unidades Cognitivas o nodos y eslabones entre esos nodos" (Pozo, 2006). La memoria declarativa se asemeja a los modelos de memoria semántica.
- El conocimiento declarativo es estable y normalmente inactivo. Solo los nodos que se encuentran en la memoria de trabajo tendrán influencia sobre el conocimiento procedural.

2.3 Memoria procedural o de producciones. Contiene información para la ejecución de las destrezas que posee el sistema, representa el "SABER COMO" y se basa en sistemas de producción desarrollados por Newell y Simon en 1972. "En ésta, la idea básica de estos sistemas es que el conocimiento se almacena en forma de producciones o pares condición-acción. Las producciones adoptan la forma de un condicional <<si... entonces...>>..." (Pozo, 2006)

Ejemplo. Se plantea una situación en donde en la memoria de trabajo se tiene determinado el concepto de tigre, lo cual es una manifestación de la memoria declarativa que está activa en la memoria de trabajo.

Condición: Si aparece un tigre

Acción: Salir corriendo

Cuando el conocimiento declarativo activo en la memoria de trabajo satisfaga o "se empareje" con la condición de una producción, podrán activarse aquellas producciones cuyas condiciones estén parcialmente satisfechas. Tanto en el emparejamiento total como parcial, las producciones existentes en la memoria procedural, al igual que sucede con los nodos declarativos coinciden entre sí por ser activadas. Cuanto más frecuentemente se active una producción, mayor será su fuerza asociada. Entre más fuerte, se tiene mayor probabilidad de activación.

3. Solución de problemas computacionales

Según Luis Joyanes "La principal razón para que las personas aprendan lenguajes y técnicas de programación es utilizar la computadora como una herramienta para resolver problemas. La resolución de problemas exige al menos los siguientes pasos: Definición del problema; análisis del problema; Diseño del algoritmo; Transformación del algoritmo en un programa y Ejecución y validación del programa" (Joyanes, 1999)

Por otro lado Osvaldo Cairó plantea lo siguiente, "No existen reglas claras que nos permitan resolver un problema. Sin embargo, creemos que podemos ofrecer un conjunto de técnicas y herramientas metodológicas que permitan flexibilizar y estructurar el razonamiento en la solución de un problema. Eso provocará finalmente la construcción de algoritmos eficientes. Las etapas que debe seguir la construcción

de un algoritmo son: Definición del problema; Análisis profundo del problema; Construcción del algoritmo; Verificación del algoritmo. "(Cairó Battistutti, 1995).

De los pasos anteriores los diferentes autores plantean, que los más significativos son el análisis profundo del problema y la construcción del algoritmo, entendiendo por una parte, que el análisis es el proceso de pensamiento que incluye las siguientes operaciones mentales por parte del individuo: descomposición de un todo en sus partes; determinación de las relaciones entre las partes; comprensión de la forma como están organizadas. Y por otra, que el algoritmo es el principal elemento para la construcción de un programa. Es precisamente en estos aspectos donde la metodología se centra y se apoya en la teoría ACT de Anderson para explicar cómo surgen los diferentes elementos, las relaciones y el algoritmo.

4. Metodología de construcción de algoritmos estructurada en la teoría ACT de Anderson

La metodología propuesta se enmarca en un enfoque algorítmico y hace énfasis dentro de las metodologías propuestas en la fase del análisis profundo. Inicia con problemas sencillos de dominio mental, los cuales para su solución sigue una serie de pasos que va a llevar al estudiante a establecer los elementos necesarios para construir un algoritmo solución de un problema. Los pasos con sus objetivos son los siguientes:

- a) Descripción del problema.
Objetivo: Identificar y entender los conceptos que se van a necesitar para dar solución al problema planteado en la descripción.
- b) Elaborar un modelo mental de una solución.
Objetivo. Desarrollar una solución mental por escrito al problema planteado, con el fin de establecerlo en objetivo y esencia de análisis de todo el proceso de solución.
- c) Profundizar en el modelo mental objetivo.
Objetivo: Realizar una descomposición de los conceptos identificados en la solución planteada, aplicando los criterios 1 y 2 de la metodología:
Criterio 1. Mirar los datos uno a uno, no en su totalidad. Con este criterio necesariamente se debe identificar las acciones que se realizan con cada uno de los datos, anotando todo lo que sucede con él.
Criterio 2. Establecer tiempos o pasos de acción. Se identifica el tiempo de acción en donde, se va a apreciar la evolución en el tiempo de lo que está realizando el ejercicio, especificando las acciones que la mente realiza y los elementos que intervienen en él.
- d) Asociar Nombres característicos a los datos del modelo.
Objetivo. Aplicar el criterio 3 para establecer los nombres lógicos característicos de todos los elementos que intervienen en el modelo que se trae en construcción.
Criterio 3: Todo dato que aparece en el modelo de solución debe estar representado en la mente en un campo específico, al que se le asigna un nombre único.
- e) Determinar las variaciones de los datos.
Objetivo. Establecer de donde sale cada valor que aparece en el modelo en construcción y determinar para cada uno de ellos las características de la variación en el tiempo y soportar así las acciones de entrada y asignación.
- f) Identificación de acciones de salida, de decisión y repetición.
Objetivo: Determinar las características de las acciones que va a permitir mostrar los resultados de un ejercicio, manejar las preguntas explícitas e implícitas y controlar la repetición.
- g) Identificación de tareas inmersas

Objetivo. Identificar dentro del modelo solución en construcción aquellas tareas asociados a subconceptos que necesitan ser profundizadas.

h) Establecer el orden lógico a las acciones.

Objetivo: Organizar cada una de las acciones identificadas dentro del orden lógico establecido por el tiempo de ejecución ya sea de arriba hacia abajo, de izquierda a derecha o la combinación de ambos.

i) Generalización del modelo

Objetivo. Realizar una generalización del ejercicio que se traen en construcción con datos específicos para que funcione para cualquier dato y con características de acciones más genéricas.

j) Obtener el modelo secuencial.

Objetivo. Establecer una solución lógica que involucre un inicio, un fin y las acciones totalmente estructuradas en un algoritmo.

5. Aplicación de algunos pasos en la solución de un problema

Ejercicio: Realizar un algoritmo que permita sumar los números del 1 al 10.

Aplicación de los literales a) y b). Entender descripción y elaborar un modelo mental.

$$1+2+3+4+5+6+7+8+9+10 = 55$$

La suma es igual a 55

Aplicación del literal c). Profundizar el modelo anterior aplicando criterios 1, 2 y 3.

	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6	Paso 7	Paso 8	Paso 9	Paso 10
Num	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Suma	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55

Paso 11

La Suma es igual a 55

Aplicación de los literales e), f), y g). Asociar Nombres característicos a los datos del modelo. Y determinar la variación de los datos

	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6	Paso 7	Paso 8	Paso 9	Paso 10
Num	1	2=1+1	3=2+1	4=3+1	5=4+1	6=5+1	7=6+1	8=7+1	9=8+1	10=9+1
Suma	1	3=1+2	6=3+3	10=6+4	15=10+5	21=15+6	28=21+7	36=28+8	45=36+9	55=45+10

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	.....	Paso 9	Paso 10
Num	Num=Num+1 2 = 2 +1	Num=Num+1 3=2+1	Num=Num+1 4=3+1	.....	Num=Num+1 9=8+1	Num=Num+1 10=9+1
Suma	Suma=Suma+Num 3 = 1 + 2	Suma=Suma+Num 6=3+3	Suma=Suma+Num 10=6+4	.....	Suma=Suma+Num 45 =36 + 9	Suma=Suma+Num 55 = 45 + 10

Paso 11

La suma es igual a 55

Aplicación del literal g). Identificación de las acciones de repetición y de salida.

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	.....	Paso 9	Paso 10
Num 1	Num=Num+1	Num=Num+1	Num=Num+1	.....	Num=Num+1	Num=Num+1
Suma 1	Num <= 10? si Suma=Suma +Num	Num <= 10? si Suma=Suma +Num	Num <= 10? si Suma=Suma +Num	.....	Num <= 10? si Suma=Suma +Num	Num <= 10? si Suma=Suma +Num

Mostrar (‘La suma es igual a’, Suma.)

El ejemplo muestra como un modelo mental inicial se va transformando con el avance de los diferentes pasos, los cuales se los obtiene recurriendo a lo que realiza realmente la memoria de trabajo. Con la aplicación de los siguientes pasos el resultado final va a ser el algoritmo.

6. Experiencias

La metodología se viene aplicando en el primer semestre de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Nariño en la asignatura de Fundamentos de Programación y con estudiantes de semestres posteriores que solicitan se les brinde el componente analítico que ésta tiene.

De aplicaciones específicas se resalta la experiencia obtenida con el programa de Ingeniería de Sistemas de la extensión de Túquerres cohorte 2011 aplicada a 30 estudiantes con los siguientes resultados: De los 30 estudiantes que inician el programa 20 pasan a quinto semestre a continuar el programa a la sede central Pasto; el rendimiento de 15 estudiantes en el área de programación superan en sus promedios a los de la sede central de la misma cohorte que no se les aplico la metodología, aspecto que no es común por las características de admisión de las extensiones en donde generalmente el promedio es mucho más bajo.

En algunas observaciones realizadas con la aplicación de la metodología se tiene lo siguiente: el estudiante antes de realizar una solución a un problema, plantea un modelo solución mental y lo profundiza analíticamente con las técnicas presentadas en la metodología. Este punto se lo ve en forma destacada, en los estudiantes que no tenían conocimientos de programación, y no tanto en estudiantes con conocimientos previos, quienes tienen destrezas generadas y no quieren adaptarse a uno nuevo. En la calidad de los resultados se siguen identificando los dos grupos, quienes tienen conocimientos previos y los que no tienen ninguno, en este aspecto en las primeras evaluaciones hay una superación de los primeros, pero al final los resultados analíticos de los segundos superan a los que no asumen la metodología.

Como complemento a lo anterior y que va a entregar datos más específicos, ante el comité curricular y de investigaciones del departamento de Ingeniería de Sistemas se ha radicado el proyecto de Investigación “DETERMINACIÓN DE LAS COMPETENCIAS ANALÍTICAS DESARROLLADAS POR LOS ESTUDIANTES DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO EN LA MATERIA DE FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN”.

7. Conclusiones

- La aplicación de problemas que hagan uso de conceptos que se dominan totalmente, facilitan la aplicación de la metodología y la obtención de un resultado.
- La metodología brinda al estudiante un procedimiento analítico fundamentado en los conceptos que él, en el transcurso de su vida estructuró y creo destrezas.
- La identificación de datos y acciones que van a ser parte de un algoritmo solución se realiza con elementos estructurales de cada individuo, lo que permite apropiarse en forma natural de los conceptos que forman la teoría de la programación de computadoras.
- Los resultados muestran que los estudiantes que no poseen un conocimiento previo de programación llegan a desarrollar fácilmente un procedimiento analítico.
- La apropiación de teorías que explican el comportamiento del individuo frente al conocimiento, como la teoría ACT de Anderson, brindan al docente elementos que los pueden aplicar en el proceso de aprendizaje y optimizar sus resultados.
- La metodología permite trabajar una solución en forma sistémica al brindar un procedimiento analítico claro, basado en modelos mentales que no esta presente en los diferentes textos.

8. Referencias

- Cairó Battistutti, Osvaldo. 1995. *Metodología de la Programación Algoritmos, Diagrama de Flujo y Programas*. Mexico D.F. : AlfaOmega Grupo Editor, 1995.
- Joyanes, Aguilar Luis. 1999. *Fundamentos de Programación Algoritmos y estructuras de datos Segunda Edición*. Madrid : McGraw- Hill, 1999. 1200.
- Pozo, Juan Ignacio. 2006. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid : Ediciones Morata, 2006. pág. 119.

Sobre los Autores

- **Nelson Antonio Jaramillo Enríquez:** Ingeniero de Sistemas, Máster en comunicación educativa, Profesor asistente Universidad de Nariño. njaramillo@udenar.edu.co
- **Manuel Ernesto Bolaños González:** Ingeniero de Sistemas, Máster en ciencias de la información y las comunicaciones, DEA Universidad Pontificia de Salamanca, Profesor asistente Universidad de Nariño. mbolanos@udenar.edu.co
- **Javier Santacruz Salcedo:** Ingeniero de Sistemas. Profesor Hora Cátedra. jsantacruz.udenar@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)