

EJERCITACIÓN COLABORATIVA Y PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA

CARLOS ALBERTO COBOS LOZADA

Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática

Profesor Asociado

Universidad del Cauca

*Departamento de Sistemas, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
ccobos@unicauca.edu.co*

MARTHA ELIANA MENDOZA BECERRA

Ingeniera de Sistemas, Magister en Informática

Profesor Asociado

Universidad del Cauca

*Departamento de Sistemas, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
mmendoza@unicauca.edu.co*

LUIS CARLOS GÓMEZ FLÓREZ

Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática

Profesor Asociado

Universidad Industrial de Santander

*Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
lcgomezf@uis.edu.co*

RESUMEN

Los conceptos y las habilidades relacionadas con las construcciones fundamentales de programación (variables, tipos, expresiones, asignación, entrada y salida simple y estructuras de control condicional y de iteración) son un componente clave en la formación de los futuros ingenieros de sistemas. Teniendo en cuenta que en muchas universidades colombianas, los resultados obtenidos en las asignaturas que manejan estos conceptos no son los adecuados, se estableció un proceso de aprendizaje basado en la ejercitación, con el fin de aumentar el nivel académico de los estudiantes, disminuir la deserción, fomentar la colaboración y afianzar mejor los conocimientos y las habilidades mencionadas. Este artículo presenta un método de ejercitación colaborativo que permite construir un algoritmo en grupos de dos a cuatro estudiantes; además describe una herramienta computacional que soporta el método, facilitando la interacción, planeación, ejecución, monitoreo y análisis de los resultados en cada una de las actividades de ejercitación. Finalmente, se describe una experimentación con resultados favorables. Para la definición del método, se analizaron las características más importantes de los métodos de aprendizaje colaborativo, que permiten solucionar problemas en distintas disciplinas (libres de contenido), algunos métodos no libres de contenido y el cumplimiento de los cinco elementos básicos del definidos por Johnson & Johnson, entre otros.

PALABRAS CLAVE: CSCL, ejercitación colaborativa, programación estructurada, educación en línea, ambientes de apoyo a la enseñanza y aprendizaje.

ABSTRACT

The concepts and the abilities related with the programming bases (variables, types, expressions, assignment, input/output, conditional control structures among others) are key components in the formation process of the future systems engineers (similar to Similar to BsCS but with an Engineer degrees). Taking into account that in many colombian universities the obtained results in subjects that deal with these concepts are not adequate, a process of learning based on practice has been established in order to increase the students academic level, decreasing desertion, fostering collaboration and promoting the knowledge and the abilities previously mentioned. This paper presents a collaborative practical method that allows to build an algorithm in groups conformed by two to four students; a computational tool is also described that supports the method, in order to make an appropriated interaction among group members. Finally, experimentation is described with favorable results. In order to define the collaborative activity, there were analyzed the most important characteristics of the traditional collaborative learning methods that allow to solve problems in different disciplines (free of content), some methods not free of content and the execution of the five basic elements of the collaborative learning defined by Johnson & Johnson, among other elements.

KEYWORDS: CSCL, Collaborative Practical, Structured Programming, On-line Education. Environments for support to the teaching and the learning

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de las actividades de docencia durante los últimos años, se ha observado que el proceso de aprendizaje de los conceptos de programación estructurada¹ en los estudiantes de las asignaturas básicas de informática, son los que más dificultad les presentan, convirtiéndose en la principal causa para que en estas asignaturas el índice de mortalidad académica sea muy elevado, ya que, en promedio, un 60% de la población que inicia el curso no lo aprueba o se retira del mismo [1][2].

Aunque no se ha realizado un estudio sistemático para definir las causas de esta situación, a partir de la experiencia docente se han identificado algunas de ellas, que se pueden clasificar como exógenas al contexto propio del curso y que hacen mérito para adoptar una estrategia de solución que debe ser abordada por las coordinaciones académicas de los programas, la unidad de admisiones y otros entes universitarios. Algunas de ellas son:

- Una inadecuada presentación de los contenidos, y la necesidad de contar con ellos a través de Internet en forma organizada.
- La falta de tiempo para el desarrollo de prácticas, tutorías y la ejercitación dirigida.
- El miedo a participar en la clase por temor a ser señalado o cuestionado.
- En los grupos, los estudiantes que mejor comprenden el tema tratan de imponer su ritmo de aprendizaje, haciendo énfasis en el aprendizaje competitivo e individual y en no ofrecer colaboración entre compañeros.
- En los ejercicios de clase la mayoría de las veces participan los estudiantes que mejor comprenden el tema, y en la medida en que otros estudiantes se van rezagando de sus compañeros, pierden la motivación a participar, máximo cuando se debe tener en cuenta que es imposible comprender un tema avanzado o complejo sin haber comprendido los conceptos previos.

Teniendo en cuenta que en la práctica se ha observado que la ejercitación y el trabajo en grupo presentan una tendencia a ser más efectivos en el proceso de aprendizaje de estos conceptos en el medio educativo colombiano, y que a través de trabajos desarrollados por teóricos del aprendizaje colaborativo (AC) se ha demostrado que el

desempeño académico y el desarrollo de habilidades sociales de los estudiantes mejoran si se realizan actividades de AC en lugar de (o en forma complementaria a las) actividades de enseñanza en el modelo tradicional [3][4], el presente artículo considera que el uso de un método de ejercitación colaborativo específico para la solución de problemas computacionales que haga uso de los conceptos de programación estructurada y de un ambiente computacional que lo soporte (a modo de instrumento), permite obtener una mayor efectividad en el proceso de aprendizaje de estos temas.

A continuación se presentan algunos trabajos relacionados con el tema, seguidamente se describe el método de ejercitación propuesto con cada una de sus fases, posteriormente se describe la herramienta computacional y la experimentación realizada, y finalmente se presentan algunas conclusiones y el trabajo futuro.

TRABAJOS RELACIONADOS

Aunque en el ámbito internacional no se conoció otra iniciativa idéntica o muy similar a la que se desarrolló en este proyecto, sí se encontraron investigaciones y/o publicaciones de AC soportado por computador para otras áreas, como la física, la matemática, la química entre otros (por ejemplo el proyecto ASTER² en Inglaterra). Se consideró fundamental que el método de ejercitación y el ambiente computacional apropiara las experiencias de los teóricos del AC, en especial los métodos ya desarrollados para la solución de problemas en diferentes áreas, las investigaciones desarrolladas en la Universidad de Chile, relacionadas con la evaluación del proceso de colaboración cuando se utiliza el computador [5] y las investigaciones desarrolladas en la Universidad de Pittsburgh, relacionados con la promoción efectiva de la interacción[6][7].

El AC y el uso de métodos, técnicas o estructuras específicas de AC han sido ampliamente investigados y utilizados en el salón de clases [3][8][9][10][11][12]. En el AC se contemplan ciertas características [11] que lo convierten en una estrategia muy útil en el aprendizaje de los conceptos y las habilidades relacionados con la solución de problemas computacionales.

Algunos métodos, técnicas o estructuras conocidas en el AC son: lluvia de ideas, edición entre pares, solución estructurada de problemas, método de descubrimiento, enviar un problema, pensar-formar parejas-compartir,

¹ Corresponde a las construcciones fundamentales de programación (ACM 2001), ellas son: Variables, tipos, expresiones, asignación, entrada y salida simple y las estructuras de control condicionales y de iteración.

² Assisting Small-group teaching and C&IT en <http://cti-psy.york.ac.uk/aster/>

pensar-formar parejas-compartir al grupo, par expositor-revisor, pares pensando en voz alta la solución de un problema, aprendiendo juntos, investigación en grupos, rompecabezas.

Para el presente trabajo, fueron de especial interés las investigaciones desarrolladas en la Universidad de Michigan [13] las cuales han demostrado que la lluvia de ideas en forma secuencial (roundtable/roundrobin), nominal (en paralelo y compartiendo las ideas con un cierto orden) y totalmente en paralelo, muestran excelentes resultados en la generación de ideas [14][15].

La siguiente sección describe el mecanismo utilizado para llevar a cabo los objetivos antes planteados.

ALGORITMOS COLABORATIVOS (ALGOCOL)

ALGOCOL es un método de AC que NO es libre de contenido, en particular, se utiliza para realizar actividades de ejercitación colaborativa, donde los estudiantes diseñan algoritmos que dan solución a un problema computacional que requiere los conceptos de la programación estructurada. El objetivo final, en el aspecto académico, consiste en que entre todos los estudiantes de un grupo solucionen un conjunto de ejercicios, entiendan la estrategia que se usó para diseñar el algoritmo y apliquen los conceptos discutidos en clases previas; además de cultivar las habilidades sociales y comunicativas necesarias para el trabajo en equipo.

En este método los estudiantes se dividen en grupos de dos a cuatro miembros. El docente entrega a todos los estudiantes uno o más ejercicios para que los lean y se formen una idea inicial del trabajo. Luego los estudiantes se reúnen en sus grupos y, en forma colaborativa, presentan sus aportes, escuchan los aportes de sus compañeros, y finalmente discuten y solucionan uno a uno los ejercicios. La interacción entre los miembros del grupo puede realizarse secuencialmente o en paralelo; cuando se realiza en paralelo, se puede definir un tiempo mínimo de espera para presentar aportes concretos durante el diseño del algoritmo, tiempo que se debe dedicar a la explicación y la formulación de preguntas, entre otras actividades. Después, el docente concede un plazo a los grupos para que analicen el procesamiento del grupo y finalmente, todos los estudiantes presentan una evaluación individual del tema discutido.

Para el docente se definen cuatro fases principales. Una primera fase de planeación previa de la actividad, en la que formula los ejercicios, los tiempos, etc., entre otros detalles.

Una segunda fase de programación en la que organiza al azar y de forma tentativa los grupos de ejercitación, por género, o utilizando cualquier otro criterio. Una tercera fase en donde realiza la reorganización y el monitoreo de los grupos, iniciando con la reorganización de los grupos si esto se requiere, entregando seguidamente los materiales y concediendo un plazo a los estudiantes para que lean los ejercicios; posteriormente monitorea los grupos mediante la observación de los aportes de los estudiantes, el estado de avance de la solución del problema, reorienta a los grupos que se encuentren desenfocados, entre otros aspectos. Finalmente, realiza un análisis general de la actividad con el objeto de mejorar el desarrollo de futuras actividades y formular recomendaciones a los estudiantes sobre las situaciones observadas que fueron acertadas o aquellas que deban ser mejoradas, entre otras (ver Figura 1). Este método contempla el proceso esencial planteado por Collazos et al [16].

Existen tres fases principales que el estudiante desarrolla cuando aplica este método. Una primera fase de preparación previa en la que estudia, repasa y se ejercita individualmente sobre los temas tratados en clase. Una segunda fase de ejecución de la actividad en si misma, donde realiza la solución de los ejercicios (el diseño de los algoritmos) con sus compañeros de grupo. Finalmente, una fase donde realiza la evaluación del procesamiento del grupo y de sus propios conocimientos con un examen individual (ver Figura 1).

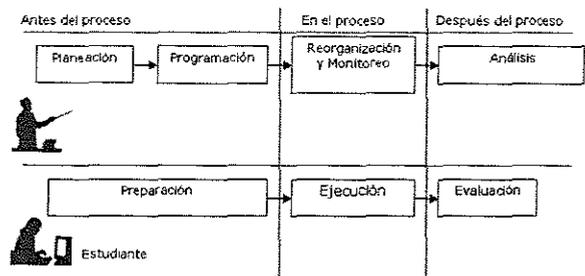


Figura 1. Fases principales de ALGOCOL

FASE DE PLANEACIÓN

Esta fase es desarrollada por el docente; consiste en planear la actividad colaborativa de ejercitación que irán a realizar los estudiantes, definiendo los objetivos conceptuales y las habilidades derivadas del tema que se está tratando, los objetivos actitudinales y los valores que se desea fomentar, si es del caso. Inicialmente se recomienda que el método enfaticé en el diseño de algoritmos sencillos, dando

prioridad a la presencia de comunicación de apoyo o de explicación. El docente debe prever las acciones que deberán proseguir en el caso de que suceda una o varias de las siguientes situaciones: falta de participación de un miembro del grupo, actitud dominante de un miembro del grupo, o exceso de comunicación no relacionada con el tema, entre otras. Después, el docente define el número de ejercicios, sus objetivos particulares, su descripción y el tiempo máximo que el grupo debe invertir para el desarrollo del mismo.

FASE DE PROGRAMACIÓN

Esta fase es desarrollada por el docente; consiste en organizar los grupos de trabajo y programar las fechas para adelantar las actividades. Es preciso tener en cuenta que un docente puede planear una misma actividad y programarla varias veces. El docente debe elaborar la programación por cada actividad que se proponga para realizar. Es una fase muy breve pero muy importante, ya que la conformación de los grupos de trabajo debe obedecer a criterios específicos de los estudiantes del curso (por género, edad, raza, etnia, nivel académico, habilidades sociales, al azar o cualquiera otra que los estudiantes dispongan para organizarse, entre otros). En cuanto al número de integrantes, el método recomienda que sean como máximo cuatro, teniendo como base las experiencias de los métodos Roundtable Brainstorming [13][17][18], Peer editing [14][15][19], Structure Problem Solving [17][19][20], Discovery method [17], Send a problem [17], Think-Pair-Share [21], Think-Pair-Square [17], Drill-Review Pair [19], Thinking Aloud Pair Problem Solving [22], entre otros, pero no es una regla de obligatorio cumplimiento.

FASE DE REORGANIZACIÓN Y MONITOREO

Esta fase es desarrollada por el docente y tiene dos grandes objetivos: el primero consiste en reorganizar los grupos, y el segundo en dar inicio formal a la actividad y ejecutar el monitoreo constante del trabajo y de los productos de cada grupo. La reorganización de los grupos es el primer paso de la actividad; este paso es necesario cuando uno o más estudiantes del curso no lleguen a desarrollar la actividad. El segundo paso, consiste en iniciar formalmente la actividad; para ello, el docente distribuye los materiales, que en este caso son los ejercicios, un conjunto de recortes, de «acetatos» (traspapeos u hojas de papel) y marcadores (o lápices) borrables de diferentes colores. Luego, dispone un tiempo para que cada estudiante en forma individual los lea y piense en una estrategia para solucionarlos. Después, informa al grupo que es tiempo de iniciar el trabajo de conjunto. En este momento (y a manera de un gran tercer paso) es cuando empieza la actividad de monitoreo. Para realizar el monitoreo, el docente procede a circular alrededor

de todos los grupos, observando la forma como están desarrollando los ejercicios (específicamente los algoritmos), y sus comportamientos sociales y comunicativos. Registra sistemáticamente esa información en una hoja o planilla y por último orienta a los grupos que lo soliciten explícitamente o a quienes, según su criterio, considere que lo necesitan. Teniendo en cuenta que esta actividad es difícil de llevar a cabo por una sola persona, el docente puede apoyarse con un estudiante monitor o delegar en un estudiante de cada grupo el rol de monitor

FASE DE ANÁLISIS

Esta fase es desarrollada por el docente; consiste en determinar en qué medida se cumplieron los objetivos planeados, formulando a los grupos individuales y al grupo en general los comentarios para que la próxima actividad sea más exitosa, y proponer nuevas metas y refuerzos a cada uno de los grupos y a los estudiantes integrantes de cada uno. Esta fase incluye las siguientes actividades: dialogar con los estudiantes en el momento en que están realizando la evaluación de grupo y compartir con ellos una perspectiva externa del trabajo realizado; posteriormente, al terminar la sesión de trabajo debe analizar los formatos de análisis del procesamiento de cada grupo y destacar aquellos aspectos comunes a todos los grupos que puedan servir para planear la próxima actividad; revisar y calificar las evaluaciones individuales y los ejercicios desarrollados por los grupos, estableciendo el rendimiento académico de cada estudiante y de cada grupo y, por último, establecer las estrategias necesarias para que los estudiantes aprendan los conocimientos que no lograron retener.

FASE DE PREPARACIÓN

Esta fase es desarrollada por el estudiante y no es, en sí misma, una fase de ALGOCOL; se menciona por la importancia que tiene para el éxito en la aplicación del método. Consiste en hacer que el estudiante apropie los conceptos básicos y fundamentales que le permitan participar en la actividad colaborativa de ejercitación. Además, es necesario que el estudiante repase los conceptos, realice ejercicios y profundice en la temática, entre otros aspectos.

FASE DE EJECUCIÓN

Esta fase es desarrollada por el estudiante; consiste en que entre todos los estudiantes del grupo solucionen un conjunto de ejercicios, entiendan la estrategia que se usó para diseñar los algoritmos y apliquen los conceptos expuestos durante las clases previas; además de cultivar las habilidades sociales y comunicativas necesarias para

el trabajo en equipo. Esta fase, es el corazón del método. Está dividida en tres grandes pasos: el primero, la lectura y comprensión individual de los ejercicios; el segundo, la formulación de una estrategia de trabajo para realizar los algoritmos, asegurando que todos entiendan la forma como se solucionó y estén de acuerdo con la respuesta; y el tercero, el desarrollo de los algoritmos en una forma coordinada.

FASE DE EVALUACIÓN

En esta fase el estudiante identifica las cosas que el grupo realizó correctamente, las que se pueden mejorar y las que se deben evitar. Igualmente, cada estudiante del grupo debe identificar estos aspectos de sí mismo. En lo posible, cada estudiante debe autocalificarse y explicarle al grupo por qué se asignó la nota de calificación. El docente también juega un papel importante; él debe visitar a cada grupo y comentar su apreciación del trabajo, para que los estudiantes tengan una opinión de alguien externo al grupo. El análisis del grupo finaliza llenando un formato o una hoja de papel con el resumen y la evaluación que realizaron; en este formato, además, se deberá plantear una meta específica para la siguiente actividad y definir entre todos la forma de alcanzarla. Otro objetivo importante de esta fase consiste en realizar una evaluación del tema o de los conceptos que se abordaron en la ejercitación. Esta parte final ayuda a establecer la responsabilidad individual de cada estudiante y a determinar el nivel académico que se está obteniendo de las actividades

A continuación se presenta la descripción del ambiente computacional de ejercitación colaborativa desarrollado para la solución de problemas, a través de los conceptos de la programación estructurada, denominado ACEP-PE y que se fundamenta en ALGOCOL.

AMBIENTE COMPUTACIONAL PARA ALGOCOL

ACEP-PE es una aplicación software multiusuario que puede ser usada por dos roles de usuario: el docente y el estudiante. A continuación se describe el ambiente del docente y posteriormente se describe el del estudiante.

El docente tiene la posibilidad de planear, programar e iniciar actividades (reorganizando los grupos), monitorear la actividad y analizar actividades ya terminadas, como en ALGOCOL. Además se cuenta con otras funciones que son: Entrar al sistema, comunicarse con la clase o con un grupo específico a través de un chat, cambiar el perfil, cambiar la clave de acceso, explorar un contenido específico de la asignatura y gestionar los estudiantes del curso.

Las Figura 2 y 3 ilustran el mecanismo utilizado por el docente para coordinar una actividad y reorganizar los grupos. Adicionalmente, el docente puede monitorear la actividad, puede enviar un mensaje a todos los grupos, o seleccionar un grupo y enviar un mensaje exclusivamente a ese grupo y, por último, seleccionar a un estudiante y enviar un mensaje privado a dicho estudiante como lo muestra la Figura 4.

El estudiante, por su parte, tiene la posibilidad de ejecutar una actividad y de analizar una, previamente terminada (histórica), como en ALGOCOL. Además cuenta con otras funciones que son: entrar al sistema, comunicarse con la clase, con el grupo de trabajo o con el docente a través de un chat, cambiar el perfil, cambiar la clave de acceso y explorar un contenido específico de la asignatura (prepararse).

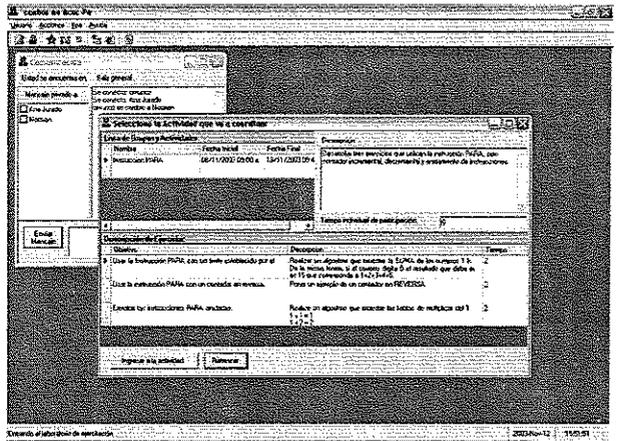


Figura 2. Coordinación de una actividad

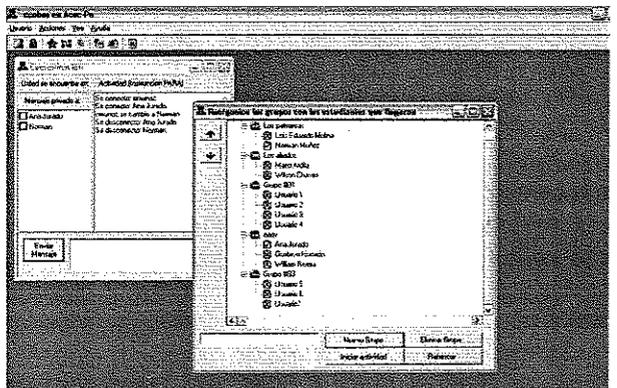


Figura 3. Reorganización de los grupos

La Figura 5, ilustra el mecanismo ofrecido al estudiante para ingresar a una actividad. Cuando el docente reorganiza los grupos e inicia formalmente la actividad, cada estudiante se le activa automáticamente la ventana de la Figura 6, en la que puede realizar la edición colaborativa del algoritmo junto con sus compañeros.

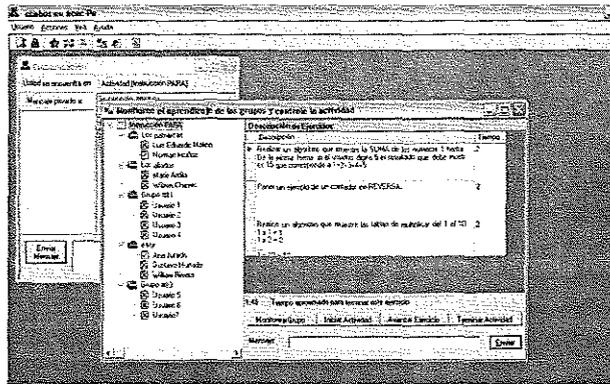


Figura 4. Monitoreo de una actividad

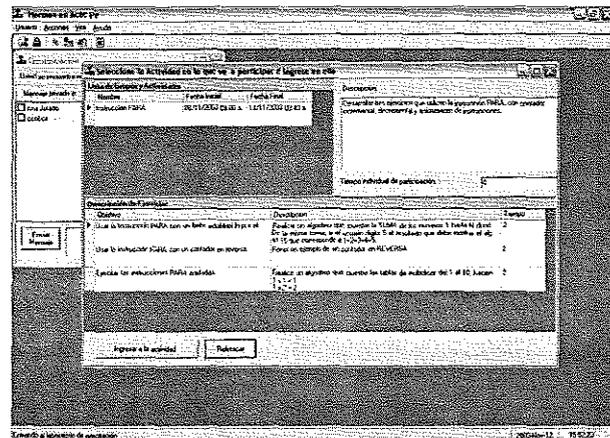


Figura 5. Ingreso a una actividad

Es preciso destacar que la ventana de comunicación nunca se deshabilita y el estudiante siempre puede comunicarse con sus compañeros. De hecho, cualquier operación que realice sobre el algoritmo (aportes de trabajo), aparecerá registrada en la ventana de comunicación de todos los miembros del grupo.

Los dos ambientes (el del docente y del estudiante) cuentan con un visor Web, que por defecto apunta a un curso de informática que les sirve a los estudiantes para repasar los conceptos de la asignatura [23]. Este contenido se puede ver en la Figura 7.

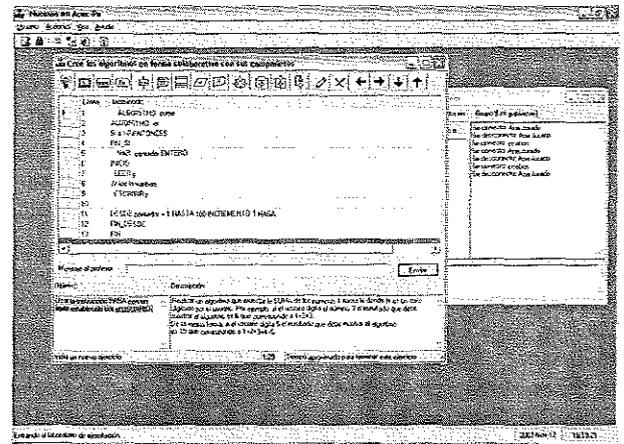


Figura 6 Edición colaborativa del algoritmo

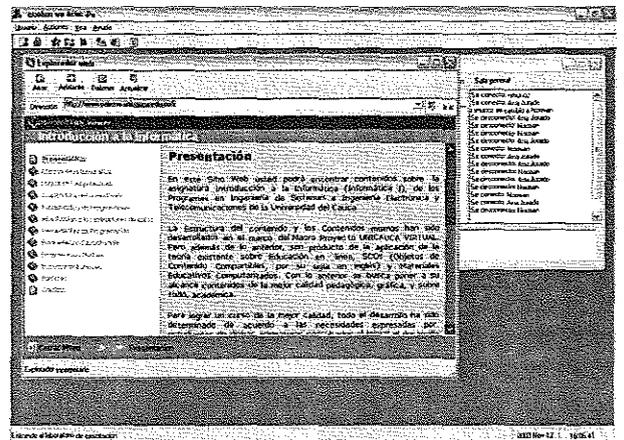


Figura 7 Navegación de los contenidos

A continuación se describen los experimentos realizados con ACEC-PE.

EXPERIMENTACIÓN

ACEC-PE ha sido experimentado por estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, específicamente por estudiantes de los cursos A y B de la asignatura denominada Introducción a la Informática.

Previamente al desarrollo de la experimentación fue preciso desarrollar una prueba piloto. Esta prueba se desarrolló, con un conjunto de estudiantes de la asignatura Bases de Datos 1 (asignatura de cuarto semestre) y Proyecto 1 (asignatura de noveno semestre). El resultado de la prueba fue satisfactorio y se obtuvieron algunos requerimientos de usuario final que sirvieron para mejorar el ambiente, previo a su experimentación por parte del público objetivo.

La utilización de ACEC-PE se realizó mediante dos experimentos, el primero para el curso A de la asignatura, en el cual se usó un experimento de cuatro grupos propuesto por Solomon [24], y el segundo para el curso B, en el cual se realizó un experimento tradicional, con un grupo de control y uno de experimentación.

Antes de iniciar la experimentación, ya se habían registrado en ACEC-PE los usuarios, la descripción de la actividad, los ejercicios correspondientes a la actividad, los tiempos de cada ejercicio y los estudiantes de cada grupo. Como era de esperarse, al iniciar la actividad fue necesario reorganizar los grupos, debido a que no todos los estudiantes asistieron, por diferentes razones que no son relevantes para el estudio.

Al momento de iniciar la experimentación, los estudiantes recibieron la capacitación correspondiente sobre el uso de ACEC-PE. En general, el ambiente es muy intuitivo y fácil de aprender, pero se realizó la capacitación, considerando que el público objetivo está integrado por los estudiantes de primer semestre, de bajos recursos económicos, que en su mayoría no han tenido mayor contacto con el computador. A pesar de lo anterior, la capacitación o mejor llamada inducción al ambiente no supero los diez (10) minutos.

El objetivo de la actividad se centró en realizar una ejercitación de las distintas formas como se puede usar la instrucción DESDE (PARA/FOR), a través de dos (2) ejercicios, con una duración de treinta (30) minutos cada uno y en grupos de tres (3) personas. Antes de iniciar la actividad se realizó un pre-prueba con algunos grupos y después del experimento se aplicó una post-prueba a todos los estudiantes. El nivel de dificultad de esta última fue superior; esto se realizó deliberadamente, buscando equilibrar (o anular) el posible efecto positivo que pudiese generar la pre-prueba en los estudiantes. Además, se aplicó una encuesta sobre el análisis del procesamiento del grupo, a los estudiantes que realizaron aprendizaje colaborativo, y otra encuesta sobre las apreciaciones individuales de los estudiantes con respecto a la actividad colaborativa.

Antes de seguir adelante, es necesario comentar que las conclusiones presentadas en cada experimento no son generales, sino específicas a la población objetivo, en este caso, los estudiantes que actualmente cursan la asignatura Introducción a la Informática. Para poder llegar a conclusiones más generales, sería necesario aplicar un método de series cronológicas con distintas poblaciones en diversas ciudades y marcos socio-económicos y culturales diferentes. Es por esto, que las conclusiones de la experiencia se limitan a dar una orientación de los pasos que se deben seguir para desarrollar nuevos trabajos, reorientar los realizados o abandonar esta línea de investigación.

CUATRO GRUPOS DE SOLOMON

En el curso A de Introducción a la Informática se desarrolló un experimento de cuatro grupos de Solomón, conforme estaba previsto en el marco metodológico formulado en el plan del presente trabajo de investigación. La configuración del diseño experimental de los cuatro grupos de Solomón es la siguiente:

(RGA	O1	X	O2),
(RGB	-	X	O3),
(RGC	O4	-	O5),
(RGD	-	-	O6)

En donde la letra "R", representa que el grupo es seleccionado aleatoriamente de entre la población total, la letra "G" y el subíndice, la designación del grupo, la letra "O" indica la realización de una prueba (O1 y O4 son pre-pruebas y las demás son post-pruebas), la letra "X" significa que se presentará el estímulo (variable independiente, para el caso, el uso de ACEC-PE en el desarrollo de la actividad colaborativa) y el símbolo "-" la ausencia de pre-prueba o estímulo. Aunque las pruebas tienen distinto subíndice, ellas corresponden a una misma formulación, es decir O1 y O4 contienen las mismas preguntas, y O2, O3, O5 y O6 también contienen, por su parte, las mismas preguntas. La diferencia radica en que son aplicadas a diferentes grupos y, por supuesto, sus valores son diferentes. En la **Tabla 1** se muestran los datos recolectados en el desarrollo de la actividad.

Al realizar el análisis adecuado, se puede decir que ACEC-PE mejoró un 6,8% el rendimiento académico de los estudiantes que se ejercitaron. Además, al observar el valor de la desviación estándar de los grupos que se ejercitaron antes y después de la actividad, se observa que se mantuvo constante, razón por la cual se puede decir que, en promedio, todos los estudiantes mejoraron su rendimiento; no tan sólo aquellos estudiantes que exhibían buen rendimiento académico antes de la experimentación, sino también aquellos que no lo mostraban.

En cuanto se relaciona con el análisis de los formatos del procesamiento del grupo y las encuestas individuales que respondieron los estudiantes que participaron en la actividad, los aspectos más destacados por los grupos fueron los siguientes:

- Todos los grupos consideran que establecieron buena comunicación.
- El 50% de los grupos (2 de 4) considera que dar información acerca de lo que se está realizando fue

importante, comunicación bi-direccional e interdependencia positiva [9].

Los aspectos que más se destacaron de las encuestas individuales fueron los siguientes:

- Todos desean volver a usar ACE-PE para diseñar colaborativamente algoritmos.
- Todos consideran que estas actividades colaborativas les ayudan a comprender mejor el diseño de algoritmos.
- El 92% considera que la actividad requiere mayor compromiso individual.
- La gran mayoría, un 92% manifestó sentirse bien o muy bien trabajando en equipo.
- La gran mayoría, un 83%, se sintió muy bien durante el desarrollo de la actividad.
- El 58% considera que de esta forma se comparte mejor el conocimiento.
- La gran mayoría coincide en que este tipo de actividades les permite desarrollar las habilidades para comprender, analizar, aplicar y evaluar el diseño de algoritmos.
- Consideran que la toma de decisiones, la observación y la verificación de los aportes, junto con la formulación de preguntas, constituyen la clave para realizar con éxito la actividad.
- Algunos consideran que entender otros puntos de vista les ayuda a analizar y comprender mejor.

Tabla 1 Experimento Solomon (Pos-test con mayor dificultad)

Estudiantes Grupo A: 01 / X / 02	Pre-test	Ejercitación	Pos-test
E1-Deby Aroste Bolaños	4,8	X	3,0
E2-Luis Carlos Pito Díaz	2,3	X	4,3
E3-Viviana Imbachi	1,0	X	1,0
E4-Vanessa Agrado Egas	2,5	X	1,7
E5-Alberto Ordóñez Hidrovo	3,5	X	3,7
E6-Carol Marcela Sarna Campo	1,0	X	1,0
PROMEDIO	2,5	X	2,4
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1,5	X	1,4

Estudiantes Grupo B: X / 03	Pre-test	Ejercitación	Pos-test
E7-Niny Yohana Galíndez Ordóñez	-	X	1,0
E8-Adri Giovanni Palacios Medina	-	X	4,5
E9-Lisbeth Marcela Dorado Gálvez	-	X	0,0
E10-Hanner Orejuela Muñoz	-	X	1,0
E11-Diana Maribel Peza Arteaga	-	X	3,0
E12-Liliam Paola Bolaños Ranzifo	-	X	3,0
PROMEDIO	-	X	2,1
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	-	X	1,7

Estudiantes Grupo C: 04 / - / 05	Pre-test	Ejercitación	Pos-test
E13-José Fernando Mejía Varona	1,5	-	0,0
E14-Germán Darío Idrobo Patiño	1,7	-	0,0
E15-Delio Alexander Idrobo Timinago	1,7	-	1,3
E16-Mónica Yaneth Acosta Cácedo	3,0	-	3,0
E17-Cristian Octavio Rendón Collazos	2,7	-	2,8
PROMEDIO	2,0	-	1,1
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,7	-	1,4

Estudiantes Grupo D: 06	Pre-test	Ejercitación	Pos-test
E18-Julian Alexander Ruiz Mompotes	-	-	0,5
E19-Ruth Elena Cálvache Dorado	-	-	2,7
E20-Andrés Felipe Hincapié Muñoz	-	-	1,7
E21-Yadir Lorena Ordóñez Chacon	-	-	1,3
E22-John Freddy Ordóñez Rodríguez	-	-	3,7
E23-Andrés Felipe Manzano Martínez	-	-	2,5
PROMEDIO	-	-	2,1
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	-	-	1,1

De acuerdo con las anteriores respuestas y los resultados de las pruebas, se puede apreciar una tendencia a la mejora en el desempeño de los estudiantes que realizan una actividad colaborativa de ejercitación como la planteada en la investigación, y que coincide con el grado de satisfacción de los mismos estudiantes.

Los problemas que más se evidenciaron en el conjunto de los grupos fueron los siguientes:

- El 75% de los grupos (3 de 4) considera que les faltó coordinar mejor los aportes.
- El 75% de los grupos considera que se debe mejorar la forma de explicar, deben ser más claros.
- El 75% de los grupos considera que faltó establecer una forma para coordinar los aportes.
- El 50% de los grupos (2 de 4) considera que faltó más tiempo de capacitación en el uso de la herramienta y para el desarrollo de la actividad.
- El 50 % de los grupos considera que es necesario entender mejor el tema para poder participar activamente.

Los problemas que más se evidenciaron en las encuestas individuales fueron los siguientes:

- Un 33 % considera que hizo falta más trabajo en grupo, haciendo referencia a lo expresado en análisis del grupo, como la falta de coordinar mejor los aportes.
- Un 17% se sintió confundido al principio, principalmente por falta de habilidad en el manejo de la herramienta.

A partir de la revisión de los problemas presentados, se puede observar que la mayoría de ellos se originan en la falta de experiencia en el aprendizaje colaborativo y otros en la ausencia de habilidad en el uso de ACEC-PE. Lo anterior puede ser solucionado con más capacitación y un continuo y mayor tiempo de exposición al desarrollo de estas actividades para cultivar las habilidades sociales e intelectuales que les permitan tener más éxito y, en consecuencia, un mayor aprendizaje.

EXPERIMENTACIÓN TRADICIONAL

En el curso B de Introducción a la Informática se desarrolló un experimento tradicional con grupo de control y de experimentación, debido a que el número total de estudiantes activos en el curso es reducido (11 en total), lo que impedía realizar el experimento de Solomon. La configuración del diseño experimental fue la siguiente:

(RGA X O1),

(RGB - O2)

En donde la letra "R" representa que el grupo es seleccionado aleatoriamente de entre la población total, la

letra "G" y el subíndice indican la designación del grupo, la letra "O" indica la realización de una post-prueba, la letra "X" significa que se presentará el estímulo (variable independiente, para nuestro caso el uso de ACEC-PE en el desarrollo de la actividad colaborativa) y el símbolo «-», la ausencia de estímulo. En la **Tabla 2** se muestran los datos recolectados en el desarrollo de la actividad.

Tabla 2. Experimento tradicional

Estudiantes Grupo A: X / P2	Ejercitación	Pos-test
E1-Alberto Balcazar Rengifo	X	1,7
E2-Freyman Alexis Vallejo Cuero	X	3,8
E3-Cesar Gerlein Sánchez Yasno	X	0,5
E4-Andrés Felipe Aguirre Aguirre	X	4,2
E5-Ángela Patricia Villareal Freire	X	3,8
E6-Jairo Alberto Egoaña Isacas	X	4,2
PROMEDIO	X	3,0
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	X	1,6

Estudiantes Grupo B: P2	Ejercitación	Pos-test
E7-Nelson Andrés Peñño Vallejo	-	0,5
E8-Jesús Edwin Benavides Flor	-	5,0
E9-Jhon Jairo Palechor Trochez	-	3,7
PROMEDIO	X	3,1
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	X	2,3

De los datos recolectados se puede observar que: al conformar los grupos al azar se distribuyeron uniformemente los estudiantes, con desviaciones estándar que oscilan entre 1,6 y 2,3 (lo que demuestra que el grupo es bastante heterogéneo). El rango de valores observados en la post-prueba esta entre 0,5 y 5.0 (quedando el mejor estudiante del curso en el grupo de control); y que el número total de estudiantes fue de 9, con lo cual se incorporó a la actividad el 81,8% de la población total del curso.

Si se lograra normalizar las muestras (en un proceso un tanto hipotético, por ejemplo sustituyendo al estudiante «estrella» por un estudiante promedio) se obtendría un rendimiento esperado del grupo de control de 2,4, con lo cual se establecería que los estudiantes que se ejercitaron con ACEC-PE mejoraron en un 26,4% el rendimiento académico, en comparación con los estudiantes que no se ejercitaron. Desafortunadamente esta afirmación no tiene una base sólida, ya que el reducido número de individuos en la población genera un amplio margen de error.

A continuación se presenta el análisis de los formatos del procesamiento del grupo y las encuestas individuales que diligenciaron los estudiantes que participaron en la actividad. Los aspectos más destacados por los grupos fueron los siguientes:

- Los dos grupos consideran que el respeto por los aportes de los demás es el factor que determinante para trabajar con éxito colaborativamente.
- Consideran que prestar atención, preguntar y responder es importante para enseñarle a los otros.

Los aspectos más destacados de las encuestas individuales fueron los siguientes:

- Todos desean volver a usar ACE-PE para diseñar colaborativamente algoritmos.
- Todos consideran que estas actividades les ayudan a mejorar su habilidad para el diseño de algoritmos.
- Todos consideran que esta actividad les exige más compromiso en relación con su aprendizaje.
- El 83% manifestó sentirse bien o muy bien trabajando en equipo.
- La mayoría (entre el 66 y el 100%) considera que este tipo de actividades les permite desarrollar las habilidades para analizar, comprender y aplicar el diseño de algoritmos.
- El 66% manifestó sentirse bien o muy bien desarrollando la actividad colaborativa.
- El 50 % de los estudiantes considera que tomar decisiones, observar los diversos aportes, verificar que los demás entiendan y manejar los conflictos, son habilidades necesarias para llevar a cabo con éxito la actividad.

Según las anteriores respuestas y los resultados de las pruebas, se puede apreciar una tendencia a mejorar el desempeño de los estudiantes que realizan una actividad colaborativa de ejercitación como la planteada en la investigación, y que esto coincide con el grado de satisfacción de los estudiantes.

Se puede agregar, además, que el aprendizaje colaborativo es aplicable y genera buenos resultados en tareas complejas o con manejo intensivo de conceptos, en la solución de un problema y en el aprendizaje, donde se necesitan estrategias de razonamiento de alto nivel y pensamiento crítico [3], como lo es en este caso el diseño de algoritmos.

Los problemas que más se evidenciaron en el conjunto de los grupos fueron los siguientes:

- Los dos grupos consideran que faltó mayor claridad en la explicación de los aportes.
- Consideran que hizo falta coordinar mejor los aportes, capacitación en la herramienta y en la definición de una estrategia.

Los problemas que más se evidenciaron de las encuestas individuales fueron los siguientes:

- Algunos consideran que hizo falta mayor coordinación de los aportes.
- Algunos consideran que hizo falta una mayor familiarización con el manejo de la herramienta.

A partir del análisis de los problemas presentados, se puede observar, nuevamente, que la mayoría de ellos se originan

por la falta de experiencia en el aprendizaje colaborativo y otros por la carencia de habilidad en el uso de ACEC-PE. Lo anterior puede ser solucionado con mayor capacitación y un continuo y mayor tiempo de exposición al desarrollo de estas actividades, para cultivar las habilidades sociales e intelectuales que les permitan tener más éxito y un mayor aprendizaje.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

ALGOCOL es un método diseñado específicamente para realizar ejercitación presencial en el aula, pero ACEC-PE, extiende las capacidades de ALGOCOL, llevándolo a los escenarios de la educación a distancia soportada por computadores en red, en la actualmente denominada Educación en Línea.

ALGOCOL se caracteriza por ser un método de aprendizaje colaborativo más que cooperativo, ya que está diseñado para que todos los miembros del grupo adquieran un compromiso mutuo y realicen esfuerzos continuos y coordinados para llevar a cabo exitosamente la actividad de conjunto [25].

En ALGOCOL, el aporte de un individuo en la solución de un ejercicio está fuertemente relacionado con lo que piensen y realicen los demás compañeros; para tener éxito en una actividad que usa ALGOCOL es necesario que los miembros del grupo adopten una visión compartida del problema y de la estrategia que van a utilizar para su solución [25].

Desde la perspectiva de la cohesión social, ALGOCOL genera un alto grado de interdependencia social, ya que los individuos comparten objetivos comunes y el éxito de cada persona es afectado directamente por las acciones de los demás [9].

Basado en la perspectiva del desarrollo cognitivo, ALGOCOL es un método de AC que estimula la presencia del conflicto socio-cognitivo. Ya que el trabajo gira alrededor de la solución de problemas, en un área en la que un problema ofrece muchas alternativas para ser resuelto acertadamente. Es así como ALGOCOL propicia esfuerzos colaborativos para aprender, entender y resolver problemas [9].

Desde la perspectiva de la elaboración cognitiva, se puede decir que ALGOCOL propicia la labor de explicación en cada una de las actividades que desarrolla el estudiante, esto permite que los niveles de retención y apropiación de los conceptos de la programación estructurada sean mejores [12].

El desarrollo de ambientes computacionales colaborativos exige un fuerte soporte conceptual, metodológico e instrumental, relacionado con el desarrollo de aplicaciones y sistemas distribuidos, debido a que, en general, para estos

sistemas se necesita construir una aplicación de comunicaciones y una aplicación de lógica que se encuentre en un equipo servidor y un conjunto de aplicaciones cliente que se comuniquen en forma asincrónica y por medio de diferentes hilos de ejecución con esas aplicaciones servidores.

AGRADECIMIENTOS

A COLCIENCIAS, por el apoyo entregado a través de su proyecto de I+D en ETI titulado "Unicauca Virtual Fase II", con código 1103-14-14897.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CORTÉS, A. Informes semestrales sobre el rendimiento académico en las asignaturas del programa de Ingeniería de Sistemas. Universidad del Cauca. 2002.
- [2] DÍAZ, R., y GARZÓN, M. Informe de la Encuesta aplicada a los estudiantes de la FIET, sobre el curso de Introducción a la Informática e Informática I. Proyecto de grado titulado: «Diseño y desarrollo de un curso en línea de Introducción a la Informática utilizando las Tecnologías de la Información». 2002.
- [3] JOHNSON, R.T. and JOHNSON, D.W. «An Overview of Cooperative Learning.» Creativity and Collaborative Learning Eds. Jacqueline Thousand, Villa, R. and Nevin, A. Baltimore, Paul H Brookes Publishing. 1994.
- [4] HENLEY, J. "Cooperative Learning: It's In There". http://tiger.coe.missouri.edu/~vlib/Joan's_stuff/Joan's_Page.html.
- [5] COLLAZOS, C., GUERRERO, L., PINO, J. and OCHOA, S. "Evaluating Collaborative Learning Processes". Proceedings of the 8th International Workshop on Groupware (CRIWG'2002), Springer Verlag LNCS, 2440, Heidelberg, Germany, September, 2002.
- [6] SOLLER, A., GOODMAN, B., LINTON, F. and GAIMARI, R. "Promoting effective peer interaction in an Intelligent Collaborative Learning System". In Proceedings of 4th International Conference on Intelligent Tutoring System. San Antonio, TX. 186-195. 1998.
- [7] SOLLER, A., LESGOLD, A., LINTON, F. and GOODMAN, B. "What makes peer interaction effective? Modeling effective communication in an intelligent CSCL". American Association for Artificial Intelligence. www.aai.org. 1999.
- [8] DILLENBOURG, P., BAKER, M., BLAYE, A. & O'MALLEY, C. "The evolution of Research on Collaborative Learning". In Spada, H. and Reimann,

- P. (Eds.) *Learning in Humans and Machines*. Elsevier. 1996.
- [9] JOHNSON, R.T. and JOHNSON, D.W. "Handbook of Research for Educational Communications and Technology". Edited by David H. Jonassen. 1997.
- [10] JOHNSON, D.W. and JOHNSON, R.T. "Aprender Juntos y Solos". *Aprendizaje Cooperativo, Competitivo e Individualista*. (1ra Ed.). Aique Grupo Editor S.A. 1999.
- [11] PANITZ, T. "Collaborative versus Cooperative Learning - A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning". *Cooperative Learning and College Teaching*, V8, No. 2, Winter 1997. Ver Ted's Cooperative Learning e-book en <http://home.capecod.net/~tpanitz/ebook/contents.html>.
- [12] SLAVIN, R.E. "Research For The Future: Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need To Know». *Contemporary Educational Psychology*, 21 (1), 43-69. Center for Research on the Education of Students Placed at Risk Johns Hopkins University. October 1995.
- [13] McLAUGHLIN, C. and OLSON, G. "Unblocking brainstorming through the use of a simple group editor". *Cognitive Science and Machine Intelligence Laboratory*. University of Michigan. ACM 0-89791-543-7. 1992.
- [14] GEHRINGER, E.F. "Strategies and mechanisms for electronic peer review". *Frontiers in Education*. Missouri. <http://fie.engrng.pitt.edu/fie2000/papers/1189.pdf>. 2000.
- [15] GEHRINGER, E.F. "Building resources for teaching computer architecture through electronic peer review". *Workshop on Computer Architecture Education*. California, <http://www4.ncsu.edu/~efg/wcae/2003/submissions/gehringer.pdf>. 2003.
- [16] COLLAZOS, C., GUERRERO, L., PINO, STAHL, J. G. and OCHOA, S. "Using Games to Model and Evaluate Collaborative Learning". *ICLS, International Conference of the Learning Sciences*, Santa Monica, CA - June 22-26, 2004.
- [17] MILLIS, B.J. and COTTELL Jr, P.G. "Cooperative learning for higher education faculty". *American Council on Education, Series on Higher Education*. The Oryx Press, Phoenix, AZ. 1998.
- [18] OSBORN, A.F. "Applied Imagination" (Rev Ed.) New York Scnbner. 1957.
- [19] JOHNSON, D.W., JOHNSON, R.T. and SMITH, K.A. "Active learning: Cooperation in the college classroom". Edina, MN: Interaction Book Company. 1991.
- [20] SLAVIN, R.E. "Cooperative learning: Theory, research, and practice (2nd ed.)". Boston: Allyn & Bacon. 1995.
- [21] LYMNA, F. "The responsive classroom discussion." In Anderson, A. S. (Ed.), *Mainstreaming Digest*, College Park, MD: University of Maryland College of Education. 1981.
- [22] LOCHHEAD, J. and WHIMBEY, A. "Teaching analytical reasoning through thinking aloud pair problem solving" In Stice, J. E. (Eds.), *Developing critical thinking and problem-solving abilities*, *New Directions for Teaching and Learning* No. 30. 1987.
- [23] COBOS, C.A., DÍAZ, R. y GARZÓN, M.. Sitio web del proyecto de grado titulado: "Diseño y Desarrollo de un curso en línea de Introducción a la Informática utilizando las Tecnologías de la Información". <http://www.uv.unicauca.edu.co>. 2004.
- [24] HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. "Metodología de la Investigación". Segunda Edición. McGrawHill. Junio, 1999.
- [25] ROSCHELLE, J. and TEASLEY, S. (in press). "The construction of shared knowledge in collaborative problem solving". In C.E. O'Malley (Ed) *Computer - supported collaborative learning*. Heidelberg: Springer-Verlag.