

Uso de tests de aptitud y algoritmos genéticos para la conformación de grupos en ambientes colaborativos de aprendizaje

Aptitude tests and genetic algorithms for group formation in learning collaborative environments

Andres F. Deleon, Sebastián Gómez y Julian Moreno MSc
Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Colombia
{afdeleon, sgomezj, jmoreno1} @unalmed.edu.co

Recibido para revisión 10 de enero de 2009, aceptado 20 de mayo de 2009, versión final 3 de junio de 2009

Resumen- La implementación del trabajo colaborativo dentro del ámbito educativo, crece día tras día, al igual que el número de grupos de investigación y proyectos asociados a este tema. Si bien se ha demostrado la utilidad de esta aproximación en diferentes niveles de formación, no se ha hecho mucho énfasis en una parte fundamental: la conformación de equipos de trabajo. El presente estudio muestra una estrategia para conformar grupos examinando diversas aptitudes de los estudiantes como habilidades en liderazgo, comunicación e inteligencia. El objetivo del modelo propuesto es que cada grupo sea lo mas similar posible en dichas aptitudes al promedio general de la población, logrando así una repartición "equitativa" de los integrantes. Esta conformación de grupos se realiza en dos etapas: en la primera se recopila la información de los estudiantes incluyendo una serie de tests; mientras que en la segunda dichos datos alimentan un modelo de algoritmos genéticos que se encarga de realizar la agrupación de una manera iterativa buscando una repartición óptima.

Palabras Clave- Trabajo Colaborativo, Conformación de Grupos, Tests de Aptitud, Grupos Heterogéneos, Algoritmos Genéticos.

Abstract- The implementation of collaborative work inside the educational field is growing day by day, the same as the research groups and associated projects on this topic. Even if the usefulness of this approach has been proved in several formation levels, an emphasis in a fundamental part, the workgroup formation, has not been done. This study shows a strategy to elaborate groups by examining several students' skills like leadership, communication and intelligence. The aim of the proposed model is that each group will be as similar as possible in those skills to the general mean, achieving in this way a "fair" sharing out of the members. This group formation is made in two stages: in the first one the students' information is gathered using some tests, and in the second one such data feeds a genetic algorithm model that is in charge of doing the grouping in an iterative way looking for an optimum share.

Keywords- Collaborative Work, Group Formation, Aptitude Tests, Heterogeneous Groups, Genetic Algorithms.

I . INTRODUCCIÓN

Del papel de cada uno de los integrantes de un equipo de trabajo obtiene gran importancia en el desarrollo de actividades usando la metodología de aprendizaje colaborativo, en donde el trabajo final del grupo depende del cumplimiento en las responsabilidades de cada uno de sus integrantes, siendo fundamental las relaciones académicas y de empatía entre ellos.

En los diferentes cursos que utilizan dinámicas de trabajo en equipo, se evidencia la falta de metodología a la hora de escoger dichos grupos, pues los resultados a nivel general muestran algunos equipos con un gran rendimiento mientras otros están lejos de alcanzar los objetivos planteados. También se hace evidente que pueden presentarse en algunos de ellos falta de liderazgo, al igual que enemistades dentro del conjunto de trabajo, así como otros impedimentos para obtener un buen desarrollo de las actividades propuestas.

Por este motivo se considera importante establecer estrategias de construcción de trabajos en equipo fundamentándose en el rendimiento de cada uno de los equipos pero basándose además en buscar resultados adecuados para todo el curso. En otras palabras se desea lograr grupos de trabajo que sean lo más similares entre sí (inter homogéneos), pero que al interior de cada uno de ellos se potencia las diferencias individuales de los integrantes que los conforman (intra heterogéneos). Esto permite obtener resultados globales que son similares entre sí, permitiendo a estudiantes de diversos niveles de aprendizaje obtener los mismos logros. Para esto es necesario encontrar buenas relaciones dentro del grupo de trabajo, estudiantes con diferentes capacidades académicas y de liderazgo.

Una forma de alcanzar esta meta es utilizando los recursos y

avances tecnológicos en diferentes áreas como la Psicología y la Pedagogía que permiten caracterizar a los estudiantes, así como la Inteligencia Artificial y la Investigación de Operaciones que, trabajando en forma conjunta, permiten plantear modelos de optimización como los algoritmos genéticos. Tales algoritmos buscan, a partir de una población inicial y siguiendo los principios de evolución Darwinianos, encontrar un óptimo que satisfaga de la mejor manera el objetivo buscado, que en este caso se trata de la conformación óptima de grupos de trabajo.

El resto de éste artículo está dividido de la siguiente manera: en la siguiente sección se aborda el marco teórico relevante sobre el trabajo colaborativo y los algoritmos genéticos. En la sección 3 se muestran algunos trabajos relacionados sobre la conformación de grupos; posteriormente en la sección 4 se describe el modelo propuesto dividido en dos partes, en la primera se explican los tests utilizados, mientras que en la segunda se plantea el uso de los algoritmos genéticos. Finalmente en las secciones 5 y 6 se presentan los resultados obtenidos, las conclusiones y el trabajo futuro.

II. MARCO TEÓRICO

A *Aprendizaje Colaborativo*

Las estrategias de aprendizaje han permitido el avance en la educación buscando cambiar la clásica concepción de aprendizaje individual y competitivo entre los estudiantes; por nuevos modelos académicos como el Aprendizaje Colaborativo, que parte de la premisa “Dos cabezas aprenden más que una” [1].

El aprendizaje colaborativo es la combinación de trabajo individual dentro de un grupo de trabajo, por lo cual no se debe confundir como trabajo en equipo, pues se manejan metas individuales y grupales, las cuales sólo son alcanzadas gracias al trabajo en conjunto de todos sus integrantes. La principal importancia del aprendizaje colaborativo lo describe [2]. “cada participante asume su propio ritmo y potencialidades, impregnando la actividad de autonomía, pero cada uno comprende la necesidad de aportar lo mejor de sí al grupo para lograr un resultado sinérgico, al que ninguno accedería por sus propios medios; se logra así una relación de interdependencia que favorece los procesos individuales de crecimiento y desarrollo, las relaciones interpersonales y la productividad”.

El trabajo individual y responsable de cada miembro es fundamental para la labor de su grupo de trabajo, pero especialmente para él, pues el aprendizaje siempre debe ser concebido como “un proceso individual, no colectivo, influenciado por factores externos” [3], incluyendo dentro de los factores externos la influencia de un trabajo colaborativo y el aprendizaje mediante sus compañeros. Éste aprendizaje se realiza de manera mutua, siendo mucho más influyente que el trabajo individual mediante tutoriales o el clásico aprendizaje que maneja la relación docente y estudiante, donde el aprendizaje

del estudiante se limita a lo explicado por un texto o por su profesor. Con el trabajo colaborativo el estudiante adquiere conocimiento mediante dos características claras y que permiten afianzar su aprendizaje. La primera explicándole a sus compañeros, en donde el estudiante maneja unos conceptos avanzados, debidamente preparados, para posteriormente compartirlos, que de darse de manera fluida eleva el nivel de los aprendices, consolidando el del tutor, el cual deberá seguir profundizando su conocimiento. La segunda característica es la posibilidad de desarrollar un conocimiento de forma conjunta, en donde todos los estudiantes resuelven sus inquietudes entre sí, permitiendo ampliar los límites del conocimiento de todos, pues cada individuo desde sus propias habilidades y características particulares permite la adquisición de diverso conocimiento de forma individual y posteriormente colectiva.

Al aplicar trabajo colaborativo se enfatiza en tres aspectos: comunicación, coordinación y cooperación [3], el primero para recibir y enviar la información entre los diferentes miembros del equipo, el segundo para estructurar el aprendizaje y tener coherencia en la realización de las actividades, el tercero trata sobre la participación de cada individuo dentro del trabajo en grupo. Adicionalmente se consideran cinco elementos que permiten el éxito del trabajo colaborativo. El primero la interdependencia positiva, en donde cada miembro está satisfecho con la relación con sus compañeros de manera afectiva y cognitiva. El segundo es la promoción del trabajo por pares, donde se desarrollan habilidades anteriormente explicadas como resolver dudas en conjunto o enseñar alguna lección específica a otro miembro del equipo. El tercer elemento es la rendición de cuentas entre los estudiantes, pues cada individuo es responsable de su propio trabajo, pero sólo el cumplimiento de las labores y responsabilidades de cada uno de los estudiantes permite alcanzar la meta de todo el colectivo. El cuarto elemento es el desarrollo no sólo de habilidades académicas sino sociales, con las cuales se desarrolla además el liderazgo y la comunicación permitiendo mejores relaciones y resultados en el trabajo conjunto. Por último encontramos el procesamiento en grupo, en donde los estudiantes discuten y aprenden de manera mutua sobre un tema específico. [4].

La labor del docente dentro del trabajo colaborativo es igual de importante a la de sus estudiantes, pues en manos de él se encuentra conformar los grupos de manera adecuada, entregar las lecciones a tratar por cada grupo, explicar el funcionamiento del aprendizaje colaborativo y las tareas a desarrollar por cada individuo dentro del equipo. Además monitorea el desempeño de cada estudiante dentro de su grupo de trabajo, incluyendo obviamente el resultado final logrado por cada equipo.

B *Algoritmos genéticos*

La incursión de la inteligencia artificial y los avances que ésta ha tenido vienen de la mano con nuevas técnicas en diversas áreas, una de estas técnicas es conocida como algoritmos genéticos los cuales son usados para resolver problemas de optimización.

Para su definición se cita lo dicho por Koza [5]: “Es un algoritmo matemático altamente paralelo que transforma un conjunto de objetos matemáticos individuales con respecto al tiempo usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto, y tras haberse presentado de forma natural una serie de operaciones genéticas de entre las que destaca la recombinación sexual. Cada uno de estos objetos matemáticos suele ser una cadena de caracteres (letras o números) de longitud fija que se ajusta al modelo de las cadenas de cromosomas, y se les asocia con una cierta función matemática que refleja su aptitud.“. De forma más aplicable a la búsqueda de optimización se dice que los algoritmos genéticos usan una analogía directa con el comportamiento natural. Consiste en definir una población conformada por individuos, los cuales son posibles soluciones al problema, además recibe una calificación relacionada con la eficiencia de cada posible solución, siguiendo con la relación análoga esto vendría siendo en la naturaleza la capacidad de supervivencia de cada individuo ó la capacidad de competencia con otros individuos para obtener recursos. Posteriormente los mejores individuos son escogidos para reproducirse, cruzando su material genético con otros también electos. Al producir estas reproducciones se da paso a una nueva generación que a su vez se convierte en una nueva población. Con la nueva población se repite el proceso hasta poder encontrar los resultados esperados en un individuo o en una población. Siendo esto último una debilidad de los algoritmos genéticos, pues como algunas veces pueden encontrar la solución de manera muy rápida en otros casos se demoran mucho en encontrarse o inclusivo nunca converger en un resultado. De todos modos, tiene otro gran número de ventajas como la diversidad en su aplicación, poder trabajar sobre múltiples soluciones, la eficiencia en el cálculo de una solución objetivo y su fácil ejecución.

Para resolver un problema mediante algoritmos genéticos se deben considerar las siguientes características [6]:

- Su espacio de búsqueda (i.e., sus posibles soluciones) debe estar delimitado dentro de un cierto rango.
- Debe poderse definir una función de aptitud (función objetivo) que indique qué tan buena o mala es una cierta solución.
- Las soluciones deben codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar computacionalmente.
- Operan de forma simultánea con varias soluciones, en vez de trabajar de forma secuencial como las técnicas tradicionales.
- Cuando se usan para problemas de optimización como maximizar o minimizar una función objetivo resultan menos afectados por los máximos locales (falsas soluciones) que las técnicas tradicionales.
- Resulta sumamente fácil ejecutarlos en arquitecturas masivamente paralelas.

- Usan operadores probabilísticos.
- Pueden tardar en converger, o inclusive, no hacerlo, dependiendo en cierta medida de los parámetros que se utilicen, como tamaño de la población, número de generaciones, etc.

III. TRABAJOS RELACIONADOS

En el trabajo colaborativo es fundamental tener unos equipos de trabajo muy bien conformados, donde los miembros estén a gusto con sus compañeros y donde el nivel académico de cada uno permita una interdependencia favorable, sin embargo para muchos expertos en el tema se considera que la conformación de éstos se debe hacer de forma autónoma por los integrantes del mismo, lo cual no siempre produce buenos resultados. Es por esto que en la actualidad es difícil encontrar técnicas para la conformación de grupos pues las investigaciones se basan en el correcto funcionamiento del aprendizaje colaborativo, pero se deja de lado, o se menosprecia, la conformación como tal de dichos grupos. En la literatura se encuentran sin embargo varios trabajos donde se habla de ciertos elementos que deben existir dentro del grupo, además de roles que se deben cumplir en cada equipo de trabajo.

Belbin [7] por ejemplo plantea 9 funciones que se deben cumplir dentro de un correcto grupo de trabajo, estos son: Planta (creativo, soluciona problemas), Coordinador, Formador, Trabajador en equipo (muy comunicativo), Rematador (perfeccionista), Iniciador, Investigador, Especialista y Evaluador. Otra propuesta de roles es la brindada por Aritzeta y Ayestarán [8], donde mencionan 9 tipos de roles, los cuales son: Cerebro, Investigador de recursos, Coordinador, Impulsor, Monitor Evaluador, Cohesionador, Implementador, Finalizador y Especialista.

Analizando estos trabajos se puede observar una gran cantidad de similitudes entre los autores, priorizando en labores como la coordinación y la supervisión entre los integrantes, teniendo además un líder considerado en el primer caso como Planta y en el segundo como el Cerebro. Sobre los líderes otros autores simplemente relatan la importancia de tener uno dentro del equipo, siendo éste el pilar para la consecución de los objetivos del mismo, y en donde el resto de los integrantes giran alrededor de las capacidades de dicho líder.

En el ámbito académico existe una técnica llamada el tutoreo de pares [9], donde se tiene un estudiante con mayor habilidad académica y de enseñanza, a su lado están estudiantes con una capacidad menor que se ven beneficiados por el conocimiento del estudiante avanzado. Esta técnica puede ser ampliada a un gran grupo de personas con diferentes capacidades sobre temas específicos, permitiendo a cada estudiante tener un par para desarrollar su aprendizaje. Existe una técnica similar a la anteriormente mencionada, llamada grupos colaborativos, en ella se vinculan personas heterogéneas en todo sentido para facilitar el aprendizaje entre ellos, cada uno con sus

particularidades, sin embargo no se hace suficiente hincapié en cómo deben conformarse los grupos.

IV. MODELO PROPUESTO

Como se ha mencionado previamente, el modelo propuesto en este artículo busca encontrar grupos similares entre sí, pero respetando la heterogeneidad de la totalidad de los estudiantes, contrastando tres habilidades principales dentro de cada estudiante, las cuales son: tipo de liderazgo, capacidad comunicativa y coeficiente intelectual. La medición de cada una de estas habilidades puede ser obtenida mediante tests, para posteriormente encontrar la media del grupo en cada una y luego conformar los grupos buscando optimizar cierta medida de intra heterogeneidad - inter homogeneidad.

El modelo se explica a continuación en dos etapas, la primera describe los tests propuestos para medir las aptitudes analizadas, seguida por la conformación de grupos de trabajo como tal, mediante la aplicación de algoritmos genéticos.

A Tests

Según la definición presentada en [10], un test es una "Prueba destinada a evaluar conocimientos o aptitudes, en la cual hay que elegir la respuesta correcta entre varias opciones previamente fijadas / Prueba psicológica para estudiar alguna función". En el caso presentado en este artículo los test sirven para evaluar ciertas

aptitudes específicas relacionadas con las habilidades de cada persona dentro de un grupo global, evaluando la heterogeneidad dentro de un salón de clase o de un conjunto de personas que luego se deben fraccionar en sub grupos de trabajo.

1) Test de Liderazgo

El test de liderazgo utilizado fue desarrollado por Hersey-Blanchard con su teoría de liderazgo situacional. Este test consta de 20 preguntas, donde se plantean situaciones y sus posibles soluciones. Los resultados de éste test contemplan se basan en su teoría según la cual los líderes deben modificar sus conductas y preferencias de acuerdo a la situación y a la madurez de sus seguidores: "Cuanto más pueda adaptar el líder su conducta a la situación, más eficaces serán sus esfuerzos por influir" [11]. Sobre los seguidores menciona "La madurez de los subordinados se define como la disposición y capacidad de una persona para asumir la responsabilidad de dirigir su propia conducta o de cumplir con las tareas" [12]. Los tipos de madurez se dividen en cuatro, mezclando dos habilidades, capacidad y disposición, las cuales van desde el M1 donde no se cuenta con ninguna de las dos, hasta M4 donde existe disposición y capacidades. Las capacidades de liderazgo funcionan de manera similar, tal como se muestra en la figura 1, están divididos en cuatro cuadrantes, ordenar o instruir, persuadir, participar y delegar. Cada una también tiene relación con el nivel de madurez de sus seguidores, donde las labores del líder van desde dar instrucciones y supervisar, hasta ceder responsabilidades de decisiones a sus subordinados.

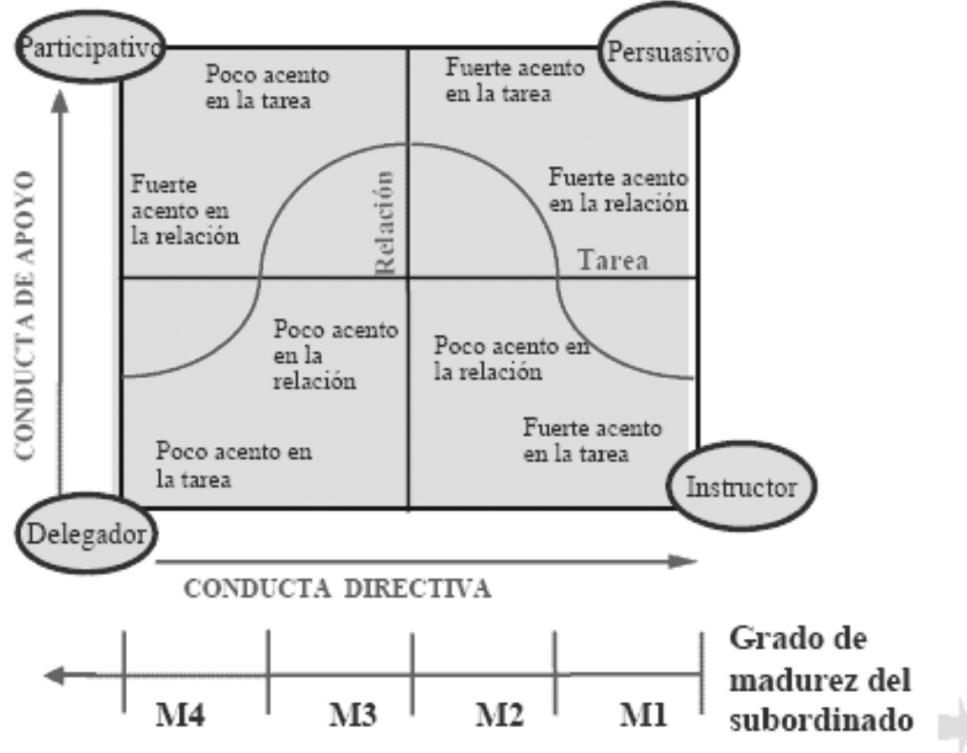


Figura 1. Modelo de liderazgo situacional

2) Test de Comunicación

Consta de 31 preguntas, las cuales son frases que deben ser calificadas con 1, 2, 3 y 4 que corresponden a no muy exacta, ligeramente exacta, generalmente exacta y muy exacta respectivamente. Estas frases van dirigidas a diversas formas de comunicación y hacia distintos tipo de personas, incluyendo comunicación usando el lenguaje como comunicación gestual y con movimientos corporales.

La forma de evaluar, consiste en sumar todos los puntos obtenidos en cada una de las 31 preguntas, si ésta suma es mayor a 80 puntos se considera a la persona como buena comunicadora, con control sobre sus palabras y entendimiento de la de los otros. Mientras una persona con una puntuación menor a 80 tiene dificultades para entender a los demás, además de usar una comunicación que no agrada a su entorno.

1) Test de Inteligencia

Su función es similar a un test de cociente intelectual (CI), pero su resultado no es preciso, pues para obtener el CI es necesaria la utilización de más tests. Sin embargo éste test permite obtener un acercamiento al nivel de inteligencia y de razonamiento de la persona quien lo realiza.

Consta de 40 preguntas que deben responderse en 30 minutos. Las preguntas son de diferente tipo, incluyendo razonamiento lógico y verbal, algunas tienen ayudas visuales como las que se muestran en la figura 2. La calificación es el porcentaje de respuestas acertadas sobre el total de preguntas.

B. Algoritmo para la conformación grupos

Una vez se han realizado los tests a cada uno de los n estudiantes, los resultados obtenidos deben ser almacenados como se muestra en la tabla 1. Cada fila corresponde a un estudiante, siendo la primer columna su identificador, y las 4 restantes la medición de las 3 características: inteligencia, comunicación y liderazgo (esta última utiliza las dos últimas columnas según la explicación presentada en la primera parte de la sección anterior).

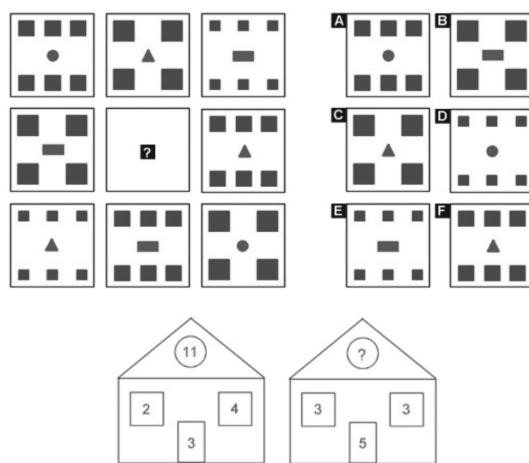


Figura 2. Modelo de preguntas test IQ

Tabla 1. Matriz resultados tests

id	Inteligencia	Comunicación	Liderazgo	Madurez
1	80	40	E1	15
2	30	73	E2	-8
n	55	92	E3	23

El siguiente paso es escalar estos datos 0 y 1, esto con el fin de que sean más fácilmente comparables. En el caso de las medidas de inteligencia y comunicación se divide cada medida por el máximo que puede sacarse. En el caso del liderazgo por tratarse de una medida con dos valores y donde uno de ellos es categórico se debe primero discretizar dicho valor cambiando E1 por 0.25, E2 por 0.5, E3 por 0.75 y E4 por 1.0. Posteriormente se debe multiplicar dicho valor por el nivel de madurez escalado a su vez entre 0 y 1. Al realizar este proceso se obtiene una tabla equivalente como la mostrada en la Tabla 2.

TABLA 2. Matriz escalada

id	Inteligencia	Comunicación	Liderazgo
1	0.8	0.4	0.29
2	0.3	0.73	0.45
n	0.55	0.92	0.81

Una vez se tiene esta información se procede al calcular la medida general del grupo total, entendida como el promedio para los n estudiantes de estos tres valores. Con esto se obtiene un vector como el presentado a continuación:

$$\text{Promedio total} = \{0.65, 0.57, 0.43\}$$

El objetivo buscado es lograr que cada uno de los grupos formados se parezca lo más posible a este promedio total. Es decir, si el grupo completo tiene por ejemplo en promedio una medida de IQ de 0.65, cada uno de los grupos debería, en promedio, acercarse a ese valor. La complejidad del problema radica en que esto debe hacerse de manera simultánea para las tres características, por lo que este problema puede ser considerado como de optimización multi-objetivo donde no necesariamente los objetivos van en el mismo sentido. Esto es, un grupo que en promedio tenga el mismo IQ que el promedio general, no tiene porque hacerlo respecto a las habilidades comunicativas o de liderazgo y viceversa. Esta particularidad hace que algoritmos clásicos de asignación en los que se ordena el grupo total y se va repartiendo en cada subgrupo de manera secuencial no sean adecuados para este problema (lo sería si se tratara de una sola característica). Una representación gráfica se presenta en la figura 3. En la parte superior se muestra el total de grupo, donde por ejemplo el IQ se categoriza en 3 valores mostrando los porcentajes correspondientes, las habilidades de comunicación en 2, y las de liderazgo en 4. En la parte inferior se muestra la conformación de g grupos a partir de ese grupo total, y puede observarse que cada uno es relativamente similar al general.

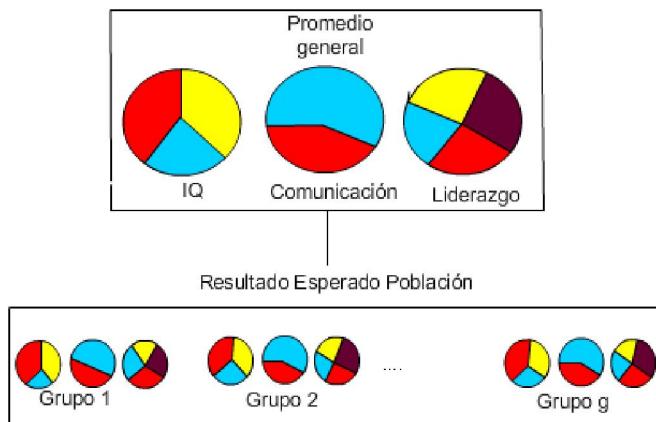


Figura 3. Resultado esperado con el algoritmo implementado

El siguiente paso consiste en generar una población individuo de individuos. En el contexto de los algoritmos genéticos, un individuo se entiende como una solución posible al problema que puede representarse mediante una cadena de cromosomas. En nuestro problema, si se tienen n estudiantes y se desea conformar g grupos cada uno contendría alrededor de n/g integrantes, es decir, un individuo estaría determinado por n/g cromosomas y el orden en que estos se encuentren es lo que diferenciaría un individuo de otro. En el modelo propuesto cada individuo corresponde a una posible conformación de grupos y se representa como una matriz (a diferencia de lo que tradicionalmente se trabaja en algoritmos genéticos que son vectores) donde la fila representa el grupo y las columnas los integrantes que lo componen. Así por ejemplo si se tiene un grupo total de 40 estudiantes y se desean formar 5 grupos, cada uno contendría exactamente 8 estudiantes. En este caso un posible individuo podría ser como se presenta en la tabla 3. En esta tabla se muestra la conformación más trivial: asignar cada integrante de manera secuencial según el identificador que tengan. Esto es, que los primeros 8 estudiantes pertenezcan al grupo 1, los siguientes 8 al 2 y así sucesivamente.

TABLA 3. Representación de un individuo

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40

Si bien esta conformación es válida, la idea de la población inicial es generar p individuos de manera aleatoria, pero usando la misma representación. Una vez generados se procede a calcular para cada uno una función de rendimiento que en este caso consiste en una medida de que tanto cada grupo se parece al general. Para esto se calcula por cada individuo el promedio de las tres características para cada fila (cada grupo) y luego se resta en valor absoluto respecto al promedio total calculado al inicio:

$$FO_i = \sum |(\text{Promedio grupo } g - \text{Promedio total})|$$

A ésta medida se le llamará Función Objetivo del individuo i . Así, el individuo con una menor FO será el mejor en cuanto a la distribución de los integrantes se refiere. Teniendo esto presente, la mejor solución que podría obtenerse sería un individuo con una FO igual a 0 que significaría que cada uno de los grupos formados son en promedio idénticos al grupo total, es decir, que se cumpliría con los dos objetivos buscados. Llegar a esto sin embargo es muy complejo dadas las particularidades del problema de agrupamiento descritas previamente. Como otras heurísticas de optimización, los algoritmos genéticos parten de limitación y por ello se fundamentan en un proceso iterativo de búsqueda. En este caso, como siguiente paso se procede a generar una siguiente población por medio de 3 operadores genéticos: selección, cruce y mutación. El primero consiste en seleccionar los individuos más aptos, es decir con mejor FO para ser "clonados" (bajo el principio de sobre vivencia del más fuerte). El segundo consiste en generar "hijos" a partir de padres aptos. Esto se hace combinando las cadenas de cromosomas de dos padres diferentes de alguna manera, siempre y cuando el nuevo individuo sea válido, o sea que no tenga un mismo integrante en más de un grupo. El último consiste en la cambio de manera aleatoria de uno o más cromosomas de los individuos de la nueva generación (bajo el principio que dichos cambios pueden ser favorables). Los individuos a mutar, al igual que los cromosomas que mutan son seleccionados de manera probabilística

El algoritmo continúa de esta manera hasta que se alcance un valor deseado de FO (cercano a cero) o hasta que se produzcan k generaciones esperando que cada vez se encuentren individuos mejores

V. RESULTADOS

Si bien la propuesta presentada en este artículo contempla la elaboración de 3 tests de aptitudes junto con un modelo de algoritmos genéticos para la conformación de grupos, los resultados aquí presentados corresponden solamente a la validación del modelo. Esto es, sólo se comprueba que la metodología descrita en la sección 4.2 es útil para obtener grupos con las características deseadas, pero no se comprueba empíricamente que los resultados académicos obtenidos a través del trabajo colaborativo de dichos grupos sea favorable. Esto se debe a que por una parte no hace parte del alcance de este trabajo demostrar las bondades de los grupos heterogéneos (el lector podrá encontrar suficiente trabajos al respecto), y por otra a que a la fecha no contamos con un grupo piloto de estudiantes para llevar a cabo las pruebas del caso.

Respecto al algoritmo genético implementado éste fue validado a partir de los datos simulados de manera aleatoria para 50 estudiantes con los que se obtuvo una matriz con la estructura presentada en la tabla 2. En una primera prueba se

definió como el número de grupos deseado 10, con lo que el número de estudiantes por grupo sería 5. En este caso el número posible de combinaciones que podrían presentarse (agrupamientos diferentes) sería de:

Para el primer operador genético, la selección, se definió que el 40% de individuos de la población se clonaría a la siguiente. La escogencia de los individuos (sin reemplazo) se realizó de manera aleatoria aunque proporcional a las funciones objetivos, es decir, que los individuos más aptos tienen mayor posibilidad de clonarse a la siguiente generación.

El operador de cruce se aplicó al 60% restante de los individuos escogiendo de a dos padres con el mismo criterio de la selección. Cada dos padres producen dos hijos utilizando el operador C1 [13], el cual escoge un punto de cruce entre los cromosomas de los padres, combina el primer segmento del primer parente con el segundo segmento pero en el orden en que aparezcan en el segundo parente y viceversa.

El operador de mutación se aplicó a toda la población de cada generación con una probabilidad de mutación de un individuo de 0.2 y una probabilidad para cada cromosoma de 0.15.

Para cada generación se definió un número de individuos de 80 y el criterio de parada del algoritmo fue hasta que se obtuviera un valor de la FO inferior 0.01 o hasta alcanzar 1000 generaciones. Bajo estos parámetros la ejecución del algoritmo programado en Java tardó 5.2 segundos (en un computador con procesador Intel Core 2 Duo de 2.4Ghz y 2Gb de RAM) y el mejor individuo obtenido tuvo una FO de 0.02126.

Una segunda prueba fue llevada a cabo con los mismos parámetros con la única diferencia que el número de grupos deseados fue de 5, con lo que el número de estudiantes por grupo sería de 10 y el número posible de agrupaciones sería de: 10272278170. En este caso la ejecución del algoritmo tardó los mismos 5.2 segundos y el mejor individuo obtenido tuvo una FO de 0.001361. Pese a que para este caso el número de agrupaciones posibles es considerablemente mayor al anterior, el resultado obtenido fue incluso mejor, lo que da cuenta de la escalabilidad del modelo.

Estos resultados demuestran la efectividad del algoritmo planteado, el cual por tratarse de un método heurístico de búsqueda, no garantiza alcanzar el óptimo global pero si un valor muy cercano a pesar de la simplicidad de su formulación y de su baja demanda de recursos computacionales (tiempo y memoria).

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El modelo presentado en este artículo pretende ser un aporte para los ambientes colaborativos de aprendizaje por cuanto ataca uno de los puntos fundamentales y que han sido menos desarrollados: la conformación de grupos. En este problema específico esta propuesta apunta a que los grupos obtenidos

sean lo mas homogéneos entre sí (que se asemejen en la medida de lo posible a las características generales del grupo total), pero que tengan en cuenta la heterogeneidad al interior de cada uno. Para lograr esto el modelo se compone de dos partes. Primero considera 3 habilidades básicas de los estudiantes: inteligencia, comunicación y liderazgo, proponiendo tests específicos para medirlos. Segundo emplea algoritmos genéticos definiendo una función objetivo para cada individuo (un agrupamiento posible) considerando el agrupamiento como un problema de optimización multiobjetivo.

La validación del modelo propuesto sólo se realizó respecto a la bondad de los algoritmos genéticos para la conformación de grupos que cumplan con los objetivos deseados y los resultados fueron ampliamente satisfactorios en la medida que la agrupación obtenida (una de posibles) aseguraba, con una función objetivo cercana a 0.02, que cada grupo conservaba prácticamente en promedio los mismos valores de las 3 aptitudes que el grupo total.

Como trabajo futuro inmediato falta sin embargo la validación de la otra parte del modelo, es decir, de la utilidad de los 3 tests y más concretamente de las 3 habilidades analizadas para la conformación de grupos de trabajo. Para esto se espera contar con un grupo piloto que se pueda dividir entre grupo de control y grupo de prueba, para aplicarle al segundo los tests y conformar grupos según el modelo propuesto mientras para el primero se utilizaría un agrupamiento aleatorio a auto generado. En ambos casos se mediría los rendimientos para un trabajo determinado y se harían las pruebas estadísticas para comprobar la prueba de hipótesis de la efectividad del modelo: que los grupos conformados al utilizarlo obtienen mejores resultados que los que no.

RECONOCIMIENTOS

El trabajo de investigación presentado en este artículo es financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - DIME por medio del proyecto "Recuperación y gestión de objetos de aprendizaje para sistemas tutoriales inteligentes mediante agentes de software".

REFERENCIAS

- [1]Johnson D., Johnson R. 1988. Cooperative learning <http://www.context.org/ICLIB/IC18/Johnson.htm>
- [2]Calzadilla M. 2000. Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. Universidad Pedagógica Experimental libertador, Venezuela http://formaciondocente.org.mx/Bibliotecadigital/09_Tecnologia_Educativa/05%20El%20aprendizaje%20cooperativo%20y%20las%20TIC.pdf
- [3]Ariza A. Oliva S. 2003. Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y una propuesta para el trabajo colaborativo <http://lism.dedi.ucc.pt/ribia/docfiles/>

- txt20037291645Las%20nuevas%20tecnolog%C3%ADAs.pdf
- [4]Johnson D., Johnson R. Citado por Marzano R, Pickering D y Pollock J. 2001 Classroom instruction that works
- [5]Koza, J.R., 1992. Genetic Programming. On the Programming of Computers by Means of Natural Selection, The MIT Press
- [6]Coello C. 1995 Algoritmos genéticos y sus aplicaciones
- [7]Belbin M. 1981 Management Teams: why they succeed or fail
- [8]Aritzeta, A. y Ayestarán, S. 2003. Aplicabilidad de la teoría de los roles de equipo de Belbin: un estudio longitudinal comparativo con equipos de trabajo. Revista de Psicología General y Aplicada, 56 (1), 61-75.
- [9]Tudge 1994. Vigotsky: la zona de desarrollo próximo y su colaboración en la práctica de aula. Nueva Cork, Universidad de Cambridge.
- [10]Real academia española. <http://www.rae.es>
- [11]Hersey, Blanchard. 1982. Management of organizational behavior: Utilizing human resources. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- [12]Hersey, Blanchard y Hambleton. 1977. Contracting for leadership style: A process and instrumentation for building effective work relationships. Escondida, CA
- [13]Reza, S. and Saghafian, S. 2005. Flowshop-scheduling problems with makespan criterion: a review. International Journal of Production Research, Vol. 43, No. 14 , 2895-2929



Andrés F. De León, es estudiante de octavo semestre de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de Colombia. Sus áreas de interés son la Ingeniería de Software y las Telecomunicaciones.



Sebastián Gómez Jaramillo, es estudiante de noveno semestre de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como representante estudiantil de pregrado en la Facultad de Minas, ha trabajado en diversos proyectos de investigación en aprendizaje virtual y pedagogía. Sus áreas de interés son la Inteligencia Artificial y el e-learning.



Julian Moreno Cadavid, es Profesor Auxiliar, de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Ingeniero de sistemas e informática (2004). Magíster en Ingeniería de Sistemas (2007). Integrante de GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Categoría A de Colciencias. El área de énfasis de su investigación es la Inteligencia Artificial aplicada a diversos problemas académicos y de la industria. Más específicamente ha trabajado en sistemas híbridos que integran Sistemas Expertos, Sistemas Neuro-Difusos, Sistemas Multi-Agente, Aprendizaje de Máquina, junto con otras herramientas, para la modelación, simulación, pronóstico y apoyo a la toma de decisiones en diferentes dominios como los Mercados de Energía, los Mercados Bursátiles, los Sistemas Eléctricos de Potencia, el e-Learning, entre otros.