

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



TESIS DOCTORAL

UNA PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE LOS
ESTILOS DE APRENDIZAJE A LOS MODELOS DE
USUARIO EN SISTEMAS DE ENSEÑANZA
ADAPTATIVOS

Pedro Paredes Barragán
Madrid, Octubre 2008



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

TESIS DOCTORAL

UNA PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE LOS
ESTILOS DE APRENDIZAJE A LOS MODELOS DE
USUARIO EN SISTEMAS DE ENSEÑANZA
ADAPTATIVOS

Autor:

Pedro Paredes Barragán

Tutores:

Álvaro Ortigosa Juárez y Pilar Rodríguez Marín

Madrid, Octubre 2008

RESUMEN:

Cada estudiante tiene distintas necesidades y características, tales como su propio estilo de aprendizaje, sus conocimientos previos o su motivación. Cada vez se presta una mayor atención a los estilos de aprendizaje y su impacto en el aprendizaje, y cómo los sistemas educativos pueden tener en cuenta esta característica. Estas investigaciones están motivadas por teorías educativas que sostienen que proporcionar cursos que se adapten al estilo propio de aprendizaje hace que los estudiantes aprendan de forma más fácil y, por lo tanto, mejore el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La propuesta que se presenta en este trabajo se centra en la incorporación de los estilos de aprendizaje al modelo de usuario en un sistema hipermedia adaptativo, de acuerdo con el modelo de Felder-Silverman. En la fase de inicialización del modelo, este trabajo propone el uso de un cuestionario adaptativo, basado en el cuestionario Index of Learning Styles, para la identificación del estilo de aprendizaje del estudiante. Además se proponen métodos de inferencia para actualizar ese modelo basándose en el comportamiento y las acciones del estudiante. Asimismo se ha llevado a cabo la implementación de la adaptación basada en el estilo de aprendizaje del estudiante en TANGOW (Task-based Adaptive learnER Guidance On the Web), un sistema hipermedia adaptativo.

Por otra parte, se han realizado investigaciones para determinar el impacto de los estilos de aprendizaje en el trabajo colaborativo. De las conclusiones extraídas se ha desarrollado un algoritmo de agrupación y se ha implementado una herramienta de agrupación supervisada llamada TOGETHER. TOGETHER facilita la visualización de los resultados de agrupamiento y la modificación de algunos parámetros para obtener el resultado deseado. La evaluación de TOGETHER muestra que los estudiantes agrupados con ella obtuvieron mejores resultados. Concretamente los grupos formados por TOGETHER respondieron correctamente a 1.25 preguntas más, de un total de 10, que los otros grupos. Asimismo TOGETHER ha sido utilizado directamente por un grupo de profesores con el objetivo de recabar su opinión sobre la utilidad de la misma para el agrupamiento supervisado.

ABSTRACT:

Students have different needs and characteristics, such as learning styles, prior knowledge, and motivation. Learning styles and their support by educational systems have recently gained relevance. This relevance is motivated by educational theories that argue that courses that support learning styles require less effort from students, and therefore improve the teaching and learning processes.

This proposal focuses on incorporating learning styles, according to the Felder-Silverman model, to the user model in an adaptive hypermedia system. The adaptive hypermedia system TANGOW (Task-based Adaptive learn Guidance On the Web) has been extended to support learning styles. Student learning styles are first identified at model initialization time, using a modified version of the Index of Learning Styles questionnaire. Additional methods of inference are used to update the model based on the behaviour and actions of the student.

Additional research has been conducted to determine the impact of learning styles in collaborative work. Based on preliminary results, an algorithm to create student groups according to their learning styles has been developed and tested. The algorithm is embodied in TOGETHER, a tool for supervised grouping. TOGETHER allows teachers to tune parameters, and provides intuitive display of grouping results. Evaluation shows that teachers found TOGETHER a useful tool and that generated groups were more effective than randomly-assigned ones. Results show that TOGETHER generated groups rightly answered 1.25 more questions, out from 10, than the other groups.

A Gema y Mario

Agradecimientos

Durante estos últimos años son muchas las personas que han contribuido a mi desarrollo intelectual y personal. Gracias a todas ellas y perdón por anticipado para las que se me hayan olvidado. Por orden cronológico tengo que empezar por agradecerle a mis padres que me hayan educado como lo han hecho y al resto de mi familia por estar ahí cuando los he necesitado. A mi abuelita, que esté donde esté, siempre la siento cerca. Y, por supuesto, a mi familia política que siempre me ha tratado con tanto cariño.

Gracias a todos mis amigos por aceptarme como soy. Os llevo siempre en mi corazón. No voy a dar vuestros nombres porque no os reconoceríais si no fuese por vuestros motes, ya sabéis a quién me refiero.

Mi más sincero agradecimiento para mis tutores y amigos Álvaro Ortigosa y Pilar Rodríguez. Ellos, con su constante ánimo y valiosas aportaciones, han contribuido al desarrollo de esta investigación.

Muchas gracias a todos los compañeros y amigos que he ido haciendo a lo largo de este tortuoso camino. A mis colegas del B-207; a Pablo que es un ejemplo a seguir en todos los sentidos, a Manu que siempre está dispuesto a echarme una mano, a Estefanía por su sinceridad y honestidad, a Javier que siempre pone un toque de tranquilidad, a Diana e Ismael por prestarse como conejillos de indias siempre que lo he necesitado, a Leila por aguantar al resto del laboratorio con una sonrisa permanente... y a tantos otros que han pasado por el laboratorio. A mis amigos del otro lado del charco, José y Abraham.

A todos aquellos que me han estado a mi lado en los peores momentos; gracias Rosa por crear TANGOW y abrir el camino para tantos otros, Germán e Isabel por hacernos partícipes de vuestra felicidad, Miguel Ángel por tus palabras de ánimo, y Enrique y María que siguen pendientes de nosotros en la distancia.

A Gema, por ser la persona que ha compartido el mayor tiempo a mi lado, porque en su compañía las cosas malas se convierten en buenas, la tristeza se transforma en alegría y la soledad no existe. Y a Mario, mi niño, que hace que cada mañana me despierte con una sonrisa y cada noche me acueste con su beso y su abracillo.

Índice general

I	Introducción y antecedentes	1
1.	Introducción	5
1.1.	Motivación	5
1.1.1.	Estilos de Aprendizaje	6
1.1.2.	Hipermedia Adaptativa	6
1.1.3.	Conexión entre Estilos de Aprendizaje e Hipermedia Adaptativa	8
1.1.4.	Sistemas Hipermedia Colaborativos y Estilos de Aprendizaje	8
1.2.	Objetivos del trabajo	9
1.3.	Contribuciones	10
1.4.	Organización del documento	10
2.	Estilos de Aprendizaje	13
2.1.	Definición y debate	14
2.2.	Revisión de modelos de Estilos de Aprendizaje	15
2.2.1.	Myers-Briggs	15
2.2.2.	Modelo de Pask	16
2.2.3.	Enfoques y Técnicas de Estudio de Entwistle	17
2.2.4.	Estilos de Aprendizaje de Dunn y Dunn	18
2.2.5.	Estilos de Aprendizaje de Kolb	18
2.2.6.	Modelo de Honey y Mumford	19
2.2.7.	Modelo de los Cuadrantes Cerebrales de Herrmann	20
2.2.8.	Modelo de Felder-Silverman	20
2.3.	Implicaciones pedagógicas	22
2.4.	Recapitulación	23
3.	Sistemas Hipermedia Adaptativos y Estilos de Aprendizaje	25
3.1.	Sistemas Hipermedia Adaptativos	25
3.1.1.	Adaptación en los sistemas hipermedia	26
3.2.	Sistemas Hipermedia Adaptativos que incorporan Estilos de Aprendizaje	27
3.2.1.	CS383	27
3.2.2.	MANIC	27
3.2.3.	IDEAL	28

3.2.4.	MASPLANG	28
3.2.5.	LSAS	29
3.2.6.	iWeaver	30
3.2.7.	INSPIRE	30
3.2.8.	AHA!	31
3.3.	Sistemas Hipermedia Colaborativos	32
3.3.1.	SNS	32
3.3.2.	DEGREE	33
3.3.3.	FACT	33
3.3.4.	AMENITIES	34
3.4.	Sistemas Hipermedia Colaborativos y Estilos de Aprendizaje	34
3.5.	Recapitulación	35

II Una propuesta para la incorporación de los Estilos de Aprendizaje a los Sistemas Hipermedia Adaptativos 37

4.	Una propuesta de modelo de usuario	41
4.1.	¿Qué es un modelo de usuario?	41
4.2.	Tipos de modelos de usuarios	42
4.3.	Una propuesta de incorporación de los Estilos de Aprendizaje al modelo de usuario	43
4.3.1.	Inicialización y representación del modelo de usuario	43
4.3.2.	Definición de un cuestionario adaptativo basado en ILS	45
4.3.3.	Inferencia en el modelo de usuario	54
4.4.	Recapitulación	55
5.	Incorporación de los Estilos de Aprendizaje en TANGOW	57
5.1.	TANGOW	57
5.1.1.	Adaptación en el aprendizaje individual	59
5.2.	Adaptación basada en los Estilos de Aprendizaje	60
5.2.1.	Adaptación secuencial/global	61
5.2.2.	Adaptación sensorial/intuitivo	64
5.3.	Recapitulación	65
6.	Impacto de los Estilos de Aprendizaje en el trabajo en grupo	67
6.1.	Un estudio sobre el impacto de los EA en el trabajo en grupo	68
6.1.1.	Metodología	68
6.1.2.	Resultados obtenidos	69
6.1.3.	Recapitulación	73
7.	Agrupación supervisada	75
7.1.	TOGETHER	75
7.1.1.	Conceptos	76
7.1.2.	Algoritmo Faraway-so-close	78
	Paso 1	78

Paso 2	80
Paso 3	81
Paso 4	81
7.1.3. Visualización	81
7.2. Recapitulación	86
8. Evaluación de TOGETHER	89
8.1. Experiencia de uso con profesores	89
8.2. Evaluación del impacto de uso en los grupos	90
8.2.1. Pregunta 1	93
8.2.2. Pregunta 2	93
8.2.3. Pregunta 3	94
8.2.4. Pregunta 4	95
8.2.5. Pregunta 5	96
8.2.6. Pregunta 6	97
8.2.7. Pregunta 7	98
8.3. Recapitulación	99
III Conclusiones y trabajo futuro	101
9. Conclusiones y Trabajo Futuro	105
9.1. Principales aportaciones	105
9.2. Limitaciones	109
9.3. Trabajo Futuro	110
A. Cuestionario ILS	113
B. Cuestionario ILS: versión castellano	119
C. Cuestionario de uso de TOGETHER	125
D. El acertijo de Einstein	127
E. Cuestionario del trabajo en grupo	129
Referencias	131

Índice de figuras

4.1. Diferentes preguntas para diferentes estudiantes	46
4.2. Distribución de la muestra para cada una de las dimensiones . . .	47
4.3. Árbol de decisión para la dimensión activo/reflexivo con una muestra de 330 estudiantes	50
4.4. Árbol de decisión para la dimensión sensorial/intuitivo con una muestra de 330 estudiantes	51
4.5. Árbol de decisión para la dimensión visual/verbal con una muestra de 330 estudiantes	52
4.6. Árbol de decisión para la dimensión secuencial/global con una muestra de 330 estudiantes	53
4.7. Proceso de adaptación	54
5.1. Adaptación secuencial/global	62
5.2. Adaptación secuencial/global en un curso de ajedrez	63
5.3. Adaptación sensorial/intuitivo en un curso de ajedrez	64
5.4. Adaptación sensorial/intuitivo y secuencial/global	65
6.1. Histogramas de las cuatro dimensiones	69
6.2. Histograma de las notas obtenidas	72
7.1. Visualización de la distribución inicial de los estudiantes en las dimensiones activo/reflexivo y sensorial/intuitivo	82
7.2. Comparación en la distribución de dos posibilidades	83
7.3. Comparación de dos posibles soluciones	84
7.4. Visualizando el resultado de aplicar los tres criterios	84
7.5. Comparación de dos grupos	85
7.6. Comparación entre búsqueda exhaustiva y el Algoritmo Faraway-so-close	86
8.1. Valor medio de las cuatro cuestiones	90
8.2. Distribución porcentual de los grupos formados con TOGETHER con respecto al número de respuestas correctas	91
8.3. Distribución porcentual de los grupos formados por ellos mismos con respecto al número de respuestas correctas	92
8.4. Porcentaje de respuestas a la pregunta 1	93
8.5. Porcentaje de respuestas a la pregunta 2	94
8.6. Porcentaje de respuestas a la pregunta 3	95
8.7. Porcentaje de respuestas a la pregunta 4	96

8.8. Porcentaje de respuestas a la pregunta 5	97
8.9. Porcentaje de respuestas a la pregunta 6	98
8.10. Porcentaje de respuestas a la pregunta 7	98
9.1. Velocidad vertical máxima y dimensión secuencial/global	111
9.2. Velocidad vertical máxima y signo dimensión secuencial/global	112

Índice de tablas

1.1. Principales aportaciones y publicaciones relacionadas	10
4.1. Número medio estimado de preguntas para cada dimensión	49
4.2. Error estimado para clasificar en cada una de las dimensiones . . .	51
5.1. Relación entre dimensiones del modelo y rasgos que pueden ser adaptados	60
5.2. Adaptación de la secuenciación en TANGOW teniendo en cuenta el rasgo secuencial/global	61
6.1. Características de las distribuciones de las cuatro dimensiones para los estudiantes del curso	70
6.2. Correlaciones entre las cuatro dimensiones	70
6.3. Distribuciones de las distancias entre parejas	71
6.4. Diferentes tipos de parejas dependiendo del perfil de los dos miembros	71
6.5. Parejas esperadas si los estudiantes se agrupan aleatoriamente . . .	72
6.6. Características de la distribución de las notas obtenidas	72
6.7. Puntuación media para cada tipo de pareja posible	73
6.8. Puntuación media para cada tipo de pareja teniendo en cuenta la distancia entre sus miembros	73
8.1. Número medio de respuestas, varianza y desviación estándar, para los grupos agrupados con TOGETHER y solos	92
9.1. Sistemas Hipermedia Adaptativos y su adaptación a los Estilos de Aprendizaje	109

Parte I

Introducción y antecedentes

Parte I

En esta primera parte se establece el punto de partida de este trabajo, presentándose los antecedentes que lo motivan y los objetivos planteados. Para ello se revisa el estado del arte de los campos de estudio que más relación tienen con el trabajo: los Estilos de Aprendizaje y los Sistemas Hipermedia Adaptativos.

- El **Capítulo 1** presenta la motivación y los objetivos de este trabajo, además de la organización de este documento.
- El **Capítulo 2** revisa el estado del arte de la investigación acerca de los Estilos de Aprendizaje. Describe los modelos más difundidos y los cuestionarios utilizados para su identificación, además de las implicaciones pedagógicas consecuentes.
- El **Capítulo 3** analiza los Sistemas Hipermedia Adaptativos, cuestiones generales relativas a las posibilidades de adaptación de estos sistemas, y describe los Sistemas Hipermedia Adaptativos que incorporan los Estilos de Aprendizaje en su modelo de usuario. Además introduce los Sistemas Hipermedia Colaborativos y la posibilidad de usar los Estilos de Aprendizaje para la formación de grupos.

Capítulo 1

Introducción

¿Se ha imagina vivir en un mundo donde todo lo que hay a su alrededor es tal y como le gustaría? ¿Donde todo está organizado de acuerdo con sus intereses, gustos o necesidades? Podría llegar a casa y la televisión se encendería con su programa favorito, o sentarse en el coche y la radio sintonizaría la música que le gusta, o ir de compras y ver en el escaparate solo cosas de su talla y su estilo. Y, por supuesto, si sus gustos cambian el entorno se adapta a esos cambios.

No todas esas cosas son posibles en el mundo real (al menos de momento), pero la televisión, la radio, o el aprendizaje pueden personalizarse para proporcionar a cada uno la información correcta, en el momento y el sitio adecuado.

Este trabajo trata sobre la hipermedia adaptativa y su aplicación al contexto del aprendizaje a través de Internet. En este capítulo introductorio se presenta en la sección 1.1 la motivación de esta investigación, en la sección 1.2 las cuestiones a las que se intenta dar respuesta, y en la sección 1.3 una visión general de la estructura de esta propuesta.

1.1. Motivación

Es evidente que no todos los estudiantes aprenden de la misma forma, y que un sistema de enseñanza a través de Internet puede tener en cuenta estas diferencias. La personalización de estos sistemas nos permite aprovechar el conocimiento derivado del estilo de aprendizaje de un estudiante para adoptar las mejores estrategias educativas.

Para conseguirlo necesitamos integrar dos disciplinas: los Estilos de Aprendizaje, un campo de investigación de la psicología cognitiva, y la Hipermedia Adaptativa, un campo interdisciplinario que combina aspectos de Inteligencia Artificial e Interacción Persona Ordenador entre otros.

1.1.1. Estilos de Aprendizaje

La psicología cognitiva estudia la naturaleza de los Estilos de Aprendizaje. Existen varias definiciones del término “estilos de aprendizaje” proporcionadas por varios autores.

En este trabajo se hace referencia al término “estilos de aprendizaje”, aceptado por la mayoría de los investigadores, como las preferencias características en la forma en que un estudiante percibe y procesa la información [Felder, 1996].

Los Estilos de Aprendizaje indican las preferencias de los estudiantes por diferentes tipos de información, diferentes formas de navegación, o diferentes formas de interactuar con esa información. Por ejemplo, algunos estudiantes tienden a aprender a través de un proceso lineal, paso a paso, lo que implica una estructuración lógica y sistemática, mientras que otros prefieren ver la materia de una forma global antes de entrar en los detalles. Estas formas de aprender se corresponderían con estilos de aprendizaje secuencial y global respectivamente.

Muchos investigadores en el campo de la educación consideran los estilos de aprendizaje como un factor importante en el proceso de aprendizaje y están de acuerdo en que incorporándolos a la educación se puede facilitar el aprendizaje a los estudiantes [Hong y Kinshuk, 2004]. Felder, por ejemplo, argumenta que los estudiantes con una preferencia fuerte por un estilo de aprendizaje pueden tener dificultades en el proceso si el entorno de enseñanza no se adapta a su estilo de aprendizaje [Felder y Silverman, 1988]. Desde un punto de vista teórico, se puede defender que incorporar los estilos de aprendizaje hace que el proceso de aprendizaje sea más fácil para los estudiantes y aumente la eficiencia. Algunos experimentos demuestran que proporcionar aprendizaje que se adecue al Estilo de Aprendizaje del estudiante puede ser un factor importante en el resultado del aprendizaje [Chen y Macredie, 2002] [Bajraktarevic *et al.*, 2003].

1.1.2. Hipermedia Adaptativa

La Hipermedia es un campo de investigación con una larga historia, empezando con el diseño del sistema nunca implementado Memex [Bush, 1945] y la invención del término hipertexto por Ted Nelson [Nelson, 1965]. Hipertexto es texto no secuencial, las páginas o nodos están conectados por enlaces o vínculos. Desde la creación de la World Wide Web, el hipertexto se ha convertido en la forma de comunicación estándar. Usamos el término hipermedia para indicar que la información puede representarse por medio de diferentes formatos multimedia (texto, imágenes, video, audio). Usando estos nodos el usuario¹ puede saltar de una página a otra siguiendo un enlace, esta acción se conoce como navegación. Si existen muchos enlaces, el usuario tiene mucha libertad de navegación, sin embargo esto puede llevar a usuarios poco habituados a ello a desorientarse, es lo que se conoce como estar “perdido en el hiperespacio” [Conklin, 1987]. Además, cuando hay muchos enlaces es difícil decidir cuál de ellos seguir. Esto puede causar un esfuerzo adicional para mantener una visión general de dónde se encuentra

¹En todo el documento se usa de forma genérica el masculino gramatical por eficiencia lingüística.

el usuario. Para intentar paliar estos problemas, los sistemas hipermedia pueden guiar a los usuarios a través de las páginas que contienen información relevante y proporcionar información contextual de manera que el usuario conozca la posición de esa información con respecto al hiperespacio.

Además de diferentes intereses, los usuarios tienen diferentes conocimientos previos y nivel de conocimiento de una materia en particular. El mismo material puede ser entendido de forma diferente por gente distinta. Puede ser muy fácil para alguien con algunos conocimientos preliminares de la materia y difícil para un usuario sin nociones del tema. Además, los usuarios pueden recorrer distintos caminos para visitar las mismas páginas. En un libro esto no es un problema, ya que se da por supuesto en que orden van a ser leídas las páginas, pero en la hipermedia es imposible preverlo. Para solucionar este problema se introduce el concepto de *personalización*, que es el proceso de presentar la información de una forma adecuada a cada usuario [Brusilovsky, 2001].

Los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) surgieron con el propósito de solucionar todos estos problemas. La investigación en Hipermedia Adaptativa, de principios de los 90, unió las líneas de investigación de la hipermedia y el modelado de usuario. El modelado de usuario es el proceso de construcción y representación de las características de un usuario.

El concepto **adaptación** hace referencia al hecho de que la aplicación cambia (adapta) su comportamiento para cada usuario. La adaptación se puede basar en varios rasgos del usuario almacenados en el **modelo de usuario**, o en características del entorno como la localización del usuario, la hora, el dispositivo usado, etc.

Una aplicación adaptativa puede cambiar la información que muestra. Por ejemplo, puede proporcionar una explicación más detallada y especializada a un experto en la materia que a un novato. Puede modificar los elementos multimedia empleados, la longitud de la presentación, el nivel de dificultad, el estilo, etc., dependiendo de las capacidades y preferencias del usuario. También los enlaces y la presentación de esos enlaces pueden ser modificados. El usuario es guiado hacia la información más interesante para él de la forma más fácil y rápida. En el campo de la hipermedia adaptativa se conoce estos tipos de adaptación como adaptación de contenidos (o adaptación de la presentación) y adaptación en las opciones de navegación (o adaptación de enlaces) [Brusilovsky, 1996].

Los SHA se han aplicado a distintas áreas desde la década de los 90. La aplicación más popular de la hipermedia adaptativa son los Sistemas Hipermedia Adaptativos para la Educación (SHAE). El objetivo es que el usuario (estudiante) aprenda todo el material o, al menos, la mayor parte de él. Habitualmente estos sistemas se adaptan a los conocimientos previos del estudiante, aunque también pueden tener en cuenta otros rasgos como la experiencia con estos sistemas, los intereses y preferencias. En estos sistemas se le ha prestado menos atención al hecho de que cada estudiante aprende de una forma diferente, percibiendo y procesando la información de muy distintas formas. Esta propuesta se refiere a esas diferencias como Estilos de Aprendizaje.

1.1.3. Conexión entre Estilos de Aprendizaje e Hipermedia Adaptativa

En los últimos años distintos investigadores han intentado integrar los Estilos de Aprendizaje en el diseño de sus aplicaciones adaptativas. Sin embargo, éste no es un proceso sencillo. Una de las dificultades con las que nos encontramos es su representación y el tipo de adaptación que el sistema lleva a cabo para cada Estilo de Aprendizaje.

Otro problema es la identificación: los Estilos de Aprendizaje se identifican a través de cuestionarios y tests psicométricos en la mayoría de los sistemas. Este diagnóstico lleva un cierto tiempo y puede dar resultados erróneos debido a distintas causas. Por un lado, el cuestionario debe ser fiable y estar validado, y por otro, el estudiante debe contestar a las preguntas reflexionando sobre las respuestas.

1.1.4. Sistemas Hipermedia Colaborativos y Estilos de Aprendizaje

Los estudiantes aprenden no solo de forma individual interactuando con los recursos, sino que también aprenden durante la realización de tareas colaborativas. Estas tareas han sido usadas con propósitos educativos en la enseñanza tradicional desde los años 70 [Vygotsky, 1978], y se ha postulado que la realización de este tipo de actividades tiene un gran impacto en el aprendizaje [Dillenbourg, 1999]. Entre otros beneficios, ayudan a que los estudiantes desarrollen habilidades sociales, cognitivas y de razonamiento como son discurrir, explicar sus ideas, comunicarlas, ser responsables y cooperar con los demás [Schlichter, 1997] [Barros y Verdejo, 1998].

Los Sistemas Hipermedia Colaborativos (SHC) se usan para ayudar a los estudiantes en la comprensión de nueva información y su conexión con el conocimiento adquirido anteriormente, así como para motivarles y ofrecerles herramientas de comunicación que faciliten la colaboración entre ellos.

Un aspecto fundamental para el trabajo colaborativo es la formación de grupos. En la enseñanza tradicional, los profesores forman grupos de estudiantes (o se forman libremente), pero en los SHC, la formación del grupo puede ser llevada a cabo por el profesor o automáticamente por el sistema. Si la formación del grupo está a cargo del sistema, puede hacerse de forma aleatoria o teniendo en cuenta rasgos personales, como los Estilos de Aprendizaje, de los estudiantes incluidos en el grupo [Read *et al.*, 2006].

En el aprendizaje colaborativo, la forma en que los estudiantes se agrupan puede afectar el resultado final del aprendizaje. Una mala selección de los compañeros puede tornar una experiencia de aprendizaje positiva en una negativa.

De acuerdo con Johnson [Johnson y Johnson, 1975], cuando los estudiantes se agrupan solos tienen tendencia a unirse con otros estudiantes de rasgos y habilidades similares. Sin embargo, no está claro si los grupos homogéneos, con respecto a los estilos de aprendizaje, funcionan mejor que los heterogéneos.

Se ha observado que mientras los grupos homogéneos obtienen mejores resultados cuando se trata de alcanzar un objetivo concreto, los grupos heterogéneos (estudiantes con diferentes habilidades, experiencias, intereses y personalidades) son mejores en un rango más amplio de tareas [Martín y Paredes, 2004] [Nijstad y De Dreu, 2002]. Agrupar de forma heterogénea funciona con la suposición de que los grupos trabajan mejor cuando están equilibrados en término de diversidad basada en diferencias de personalidad [Johnson y Johnson, 1975].

1.2. Objetivos del trabajo

Los objetivos principales de este trabajo en la adaptación a los Estilos de Aprendizaje pueden verse desde dos puntos de vista:

- **Usuarios finales de las aplicaciones:** el objetivo es proporcionar a los estudiantes diferentes estrategias de enseñanza creadas automáticamente o de forma supervisada por un SHAE. Estas estrategias estarían asociadas a diferentes Estilos de Aprendizaje, permitiendo que los estudiantes aprendieran en un entorno adecuado para sus características personales. Estas estrategias se aplican tanto al aprendizaje individual como al aprendizaje en grupo. Otro objetivo es proporcionar un mecanismo para inferir algunas características del estudiante que se asocien con un determinado Estilo de Aprendizaje.
- **Autores de los cursos:** el objetivo es facilitar el proceso de creación de las estrategias de enseñanza adaptadas a los Estilos de Aprendizaje, tanto en el aprendizaje individual como en grupo.

Para conseguir esos objetivos se han llevado a cabo investigaciones sobre tres cuestiones:

1. *¿Cómo se pueden identificar los Estilos de Aprendizaje?*
Para proporcionar adaptación, se necesita conocer primero los Estilos de Aprendizaje de los estudiantes. En este trabajo se propone el uso de un cuestionario adaptativo para identificar esos Estilos de Aprendizaje. Asimismo se propone refinar esa identificación con el análisis de las acciones y el comportamiento del estudiante mientras realiza un curso.
2. *¿Qué puede ser adaptado en un curso adaptativo en función del Estilo de Aprendizaje?*
Una vez que el Estilo de Aprendizaje del alumno es conocido, un sistema adaptativo puede generar y presentar los cursos en función de esos Estilos de Aprendizaje. En este trabajo se proponen una serie de aspectos que pueden ser adaptados en función del Estilo de Aprendizaje y se implementa esa adaptación en un sistema hipermedia adaptativo.
3. *¿Afecta el Estilo de Aprendizaje de los estudiantes en el trabajo colaborativo?*
Los Estilos de Aprendizaje pueden tener incidencia también en el trabajo

en grupo. En este trabajo se ha analizado esta influencia y se propone un algoritmo para agrupar a los estudiantes teniendo en cuenta su Estilo de Aprendizaje. Asimismo se ha implementado una herramienta para la agrupación supervisada que facilita la visualización de los resultados por parte del profesor.

1.3. Contribuciones

En la tabla 1.1 se detallan las principales contribuciones de este trabajo, su emplazamiento en el documento y las publicaciones a las que han dado lugar.

Sección	Aportación	Publicado
4.3.2	Cuestionario adaptativo	[Ortigosa, Paredes y Rodriguez, 2008]
4.3.3	Inferencia en el modelo de usuario	[Paredes y Rodriguez, 2004]
5.2	Generación de cursos	[Carro, Freire, Martín, Ortigosa, Paredes, Rodríguez, y Schlichter, 2004]
5.2	¿Qué puede ser adaptado?	[Paredes y Rodriguez, 2003]
5.2.1	Adaptación secuencial/global	[Paredes y Rodriguez, 2002c]
5.2.2	Adaptación sensorial/intuitivo	[Paredes y Rodriguez, 2002b]
5.3	Integración dos dimensiones	[Paredes y Rodriguez, 2002a]
6	Impacto EA en colaboración	[Alfonseca, Carro, Martín, Ortigosa y Paredes, 2006]
6.1	Formación de grupos	[Martín y Paredes, 2004]
6.1.3	Criterio de agrupación	[Paredes y Rodriguez, 2006]
7.1	TOGETHER	[Paredes, Ortigosa y Rodriguez, 2008]
9.3	Inferencia movimientos ratón	[Spada, Sanchez-Montanes, Paredes y Carro, 2008]

Tabla 1.1: Principales aportaciones y publicaciones relacionadas

1.4. Organización del documento

La propuesta está dividida en tres partes. En esta primera parte, que comienza con este capítulo, además de lo expuesto anteriormente se revisará el estado del arte. La Parte II describe la propuesta para identificar, representar, y actualizar los Estilos de Aprendizaje en el modelo de usuario, e implementar las posibles

adaptaciones en un sistema hipermedia adaptativo (tanto para el aprendizaje individual como en grupo). Finalmente la Parte III contiene las conclusiones y los posibles trabajos futuros.

Parte I

- El **Capítulo 2** revisa el estado del arte de la investigación acerca de los Estilos de Aprendizaje. Describe los modelos más difundidos y los cuestionarios utilizados para su identificación, además de las implicaciones pedagógicas consecuentes.
- El **Capítulo 3** analiza los Sistemas Hipermedia Adaptativos, así como algunas cuestiones generales relativas a las posibilidades de adaptación de estos sistemas, y describe los Sistemas Hipermedia Adaptativos que incorporan los Estilos de Aprendizaje en su modelo de usuario. Además introduce los Sistemas Hipermedia Colaborativos y la posibilidad de usar los Estilos de Aprendizaje para la formación de grupos.

Parte II

- El **Capítulo 4** trata sobre los modelos de usuario, los tipos de modelos actuales y el modelo propuesto incorporando los Estilos de Aprendizaje. Además se propone la utilización de un cuestionario adaptativo para reducir considerablemente el número de preguntas necesarias para identificar el estilo que caracteriza a cada usuario.
- El **Capítulo 5** presenta la implementación de la adaptación propuesta en un sistema hipermedia adaptativo para tener en cuenta los Estilos de Aprendizaje.
- El **Capítulo 6** describe un experimento llevado a cabo para la identificación de los Estilos de Aprendizaje que más influyen en la formación de grupos.
- En el **Capítulo 7** se detalla la creación de un algoritmo para la agrupación y de una herramienta para la visualización de los resultados denominada TOGETHER.
- En el **Capítulo 8** se exponen los experimentos realizados para la comprobación de la mejoría de los grupos constituidos con TOGETHER.

Parte III

- En el **Capítulo 9** se remarcan las principales aportaciones de este trabajo y se discuten sus limitaciones. El capítulo concluye esbozando los posibles trabajos futuros.

Adicionalmente, los Apéndices contienen información relevante para el desarrollo de los experimentos de la Parte II.

Capítulo 2

Estilos de Aprendizaje

¿Cuál es el origen de la existencia de los estilos de aprendizaje? ¿Existen realmente o son solo una ilusión?

Mirando a la gente que hay a nuestro alrededor podemos observar como no todo el mundo ve las cosas de la misma manera en la que nosotros lo hacemos. La gente tiene formas muy diferentes de ver la misma situación (la forma en la que se percibe) y, por lo tanto, su respuesta puede ser diferente (la forma en la que se toman decisiones y se emiten opiniones). A pesar de estas diferencias, todo el mundo puede estar en lo cierto a su manera.

Si nos fijamos en el campo educativo, nos damos cuenta de que los estudiantes varían enormemente en la velocidad y manera en la que asimilan nueva información y conceptos, y en aplicar este nuevo conocimiento a situaciones nuevas. Los estudiantes aprenden de formas muy diferentes. Por ejemplo, si nos fijamos en la forma en la que la gente aprende segundas lenguas, algunos prefieren escuchar la lengua o verla escrita, otros leer un cómic, otros prefieren aprenderla poco a poco en lecciones diferenciadas, otros se encuentran más cómodos a través del aprendizaje en grandes bloques, y muchos prefieren utilizarla en entornos reales.

Otro ejemplo es la forma en que los estudiantes aprenden un nuevo lenguaje de programación. Algunos estudiantes empiezan escribiendo código inmediatamente después de aprender lo más básico del lenguaje, mientras que otros necesitan leerse un manual y mirar un buen número de ejemplos antes de escribir alguna línea.

Probablemente existen tantas formas de enseñar como las hay de aprender. Algunos profesores solo dan lecciones magistrales, otros involucran a los estudiantes en discusiones, otros se centran en los axiomas, otros proporcionan más ejemplos, algunos priman el que los estudiantes memoricen información, y otros la comprensión de los conceptos [Felder y Henriques, 1995].

Podemos ver estas diferencias individuales en muchos aspectos de la vida cotidiana. La psicología cognitiva trata de dar respuesta a cuáles son los mecanismos psicológicos que subyacen en estas diferencias individuales.

Los estudios en el área de los estilos de aprendizaje (EA) o estilos cognitivos (EC) empiezan a mediados del siglo XX. La teoría y la práctica de EA/EC ha generado un gran interés y gran controversia. Uno de los principales problemas es la falta de una definición única para los términos EA/EC. Los investigadores en el campo de los EA tienden a interpretar las teorías en sus propios términos

y no existe una teoría ni un vocabulario aceptado en la comunidad científica. La terminología varía de autor en autor y, a través de términos diferentes pueden estar haciendo referencia a la misma característica o concepto. Además, existe controversia también en cuanto al grado de estabilidad de los EA, la posibilidad de identificarlos con fiabilidad y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Este capítulo consta de tres partes: en la primera se revisan algunas definiciones del término y se establece cuál es la que sigue esta propuesta, en la segunda se analizan algunos modelos de EA, con énfasis especial en el modelo de Felder-Silverman elegido por este trabajo y, finalmente, en la tercera parte se exponen las implicaciones pedagógicas de esta elección.

2.1. Definición y debate

Algunas de las definiciones de EA más significativas que se pueden encontrar son las siguientes:

- comportamientos distintivos que sirven como indicadores de cómo una persona aprende de su entorno y se adapta a él [Gregorc, 1979]
- preferencias de un modo de adaptación sobre otros; pero estas preferencias no excluyen otros modos de adaptación y pueden variar de tanto en tanto y de situación en situación [Kolb, 1981]
- compuesto de características cognitivas, afectivas y psicológicas que sirven como indicadores relativamente estables de cómo un estudiante percibe, interacciona y responde al entorno de aprendizaje [Keefe, 1979]
- descripción de las actitudes y comportamiento que determina las preferencias individuales en la forma de aprender [Honey y Mumford, 1992]
- preferencias características en la forma en que un estudiante percibe y procesa la información [Felder, 1996]

En la mayoría de las situaciones, los términos EA y EC se usan de forma indistinta. De aquí en adelante, en este trabajo se utiliza el término EA tal y como lo define Felder [Felder, 1996], asumiendo que los EA son un tipo especial de preferencias, ya que el estudiante muchas veces no es consciente de ellas y son relativamente estables en el tiempo y en distintas situaciones [Brusilovsky, 2001].

2.2. Revisión de modelos de Estilos de Aprendizaje

En esta sección describiremos algunos de los modelos de EA más usados. La selección de estos modelos se basa en el informe de Coffield [Coffield *et al.*, 2004], y en una revisión de la literatura posterior, y tiene en cuenta criterios como la importancia teórica del modelo en el campo, su uso, y su influencia en otros modelos de EA.

2.2.1. Myers-Briggs

Myers-Briggs Type Indicator (MBTI) [Briggs y Myers, 1977] es un test de personalidad desarrollado en 1977, que no está específicamente diseñado para el aprendizaje. Sin embargo la personalidad del estudiante afecta su forma de aprender y, por lo tanto, MBTI incluye aspectos importantes del aprendizaje. Este modelo se incluye no solo por su interés, sino también porque otros modelos de estilos de aprendizaje están basados en algunas consideraciones del MBTI.

Basado en la teoría de Jung de los tipos psicológicos [Jung, 1976], el MBTI clasifica a una persona de acuerdo con cuatro dicotomías: extrovertido/introvertido, sensorial/intuitivo, racional/emocional y calificador/perceptivo. Todas las combinaciones son posibles, lo que hace un total de 16 tipos.

El indicador de MBTI se utiliza frecuentemente en campos tales como la pedagogía, dinámica de grupos, capacitación de personal, desarrollo de capacidades de liderazgo, asesoramiento matrimonial y desarrollo personal.

La dimensión extrovertido/introvertido se refiere a la orientación de la energía de una persona. El extrovertido proyecta esa energía hacia afuera, hacia otra gente o cosas, mientras que el introvertido la proyecta hacia adentro, se centra en sus propios pensamientos. Sensorial/intuitivo tiene que ver con la forma en que la gente prefiere percibir los datos. Mientras que los sensoriales prefieren percibir los datos a través de sus cinco sentidos, los intuitivos prefieren percibirlos a través de su intuición, de una forma inconsciente. Los juicios basados en los datos percibidos pueden distinguir a los racionales/emocionales. Los racionales juzgan en base a conexiones lógicas como “verdadero o falso” y “si-entonces”, mientras que los emocionales prefieren evaluaciones del tipo “mejor-peor” y “más-menos”. Sin embargo, esas decisiones se toman en ambos casos basándose en consideraciones racionales. La última dicotomía describe si una persona es más extrovertida juzgando (racional o emocional) o percibiendo (sensorial o intuitivo). Los calificadores prefieren aproximaciones paso a paso y estructuradas, mientras que los perceptivos prefieren mantener todas las opciones abiertas y tienden a ser más flexibles y espontáneos.

Las preferencias en las cuatro dimensiones no son independientes, sino que interactúan entre ellas, y para la descripción del tipo de una persona es necesario conocer las cuatro.

La versión estándar del MBTI es el Formulario M de 93 ítems [Myers y McCaulley, 1998]. La versión anterior es el Formulario G [Myers y McCaulley, 1985],

que incluye 126 ítems, y existe una versión reducida con 50 ítems. El cuestionario incluye una serie de cuestiones con respuesta obligatoria, relacionadas con las cuatro dimensiones bipolares, y calcula el tipo basándose en las respuestas.

2.2.2. Modelo de Pask

Durante el desarrollo de su teoría de la conversación en torno a la mitad de la década de los 70 [Pask, 1972] [Pask, 1976a] [Pask, 1976b], Pask estudió patrones de conversaciones entre individuos para identificar varios estilos de aprendizaje y pensamiento. Un método fundamental, de acuerdo con la teoría de la conversación, es el que los estudiantes enseñen lo aprendido a sus compañeros. Se investigaron diferentes patrones para diseñar, planear y organizar el pensamiento, así como para seleccionar y representar información, y se identificaron tres tipos de estudiantes [Pask, 1976b].

Los estudiantes “serialistas” utilizan una estrategia de aprendizaje en serie. Estos estudiantes tienden a concentrarse más en los detalles y procedimientos antes de conceptualizar una imagen global. Trabajan habitualmente de abajo hacia arriba (de lo específico a lo general), aprendiendo paso a paso en secuencias lineales y centrándose en fragmentos de información bien definidos y ordenados de forma secuencial. Según Pask, los estudiantes serialistas tienden a ignorar conexiones relevantes entre temas, lo que puede verse como un déficit en su aprendizaje.

Por el contrario los estudiantes “holísticos o globalizadores” tienden a concentrarse en construir descripciones extensas y usar una aproximación de arriba hacia abajo. Se fijan en distintos aspectos de la misma materia al mismo tiempo y los enlazan de forma compleja para relacionarlos. Mientras que son buenos interconectando aspectos teóricos, prácticos y personales de una materia, los estudiantes holísticos no prestan suficiente atención a los detalles, lo que puede convertirse en su principal defecto.

Los estudiantes “versátiles” utilizan estrategias de los tipos anteriores. Prestan atención a los detalles y a la visión global, consiguiendo un completo y profundo entendimiento de la materia.

Pask desarrolló algunos tests, como el Spy Ring History Test [Pask, 1973] y el Clobbits Test [Pask, 1975] para medir el pensamiento serialista, holístico y versátil. Algunos años después Entwistle [Entwistle, 1981] [Entwistle, 1998] y Ford [Ford, 1985] construyeron autoinformes para identificar las preferencias de los estilos de aprendizaje serialistas, holísticos y versátiles.

El Study Preference Questionnaire desarrollado por Ford [Ford, 1985] constaba de un par de afirmaciones (una al lado derecho y otra al izquierdo) y preguntaba a los estudiantes con cuál de ellas estaban de acuerdo, o que indicaran su preferencia usando una escala de 5 puntos. El enfoque de Entwistle (descrito en la siguiente sección) se basa en el trabajo de Pask. Entwistle diseñó inventarios para pulsar un número de dimensiones de actitudes y comportamientos de estudio, incluyendo la dimensión serialista/holística/versátil [Entwistle, 1981] [Entwistle, 1998].

2.2.3. Enfoques y Técnicas de Estudio de Entwistle

La investigación llevada a cabo por Entwistle y sus colaboradores [Entwistle, 1981] [Entwistle, 1998] [Entwistle *et al.*, 2001] trata de encontrar la influencia de las intenciones, metas y motivaciones de los estudiantes en su aprendizaje. Entwistle argumenta que las orientaciones de los estudiantes y su concepción de aprendizaje les llevan a aprender de una determinada manera.

El modelo está basado en los trabajos de Pask [Pask, 1976b], Marton [Marton, 1976] y Biggs [Biggs, 1979] y distingue entre tres enfoques y técnicas de estudio [Entwistle *et al.*, 2001]:

- los estudiantes que aplican un aprendizaje “profundo” están intrínsecamente motivados y tienen la intención de aprender las ideas por ellos mismos. Aprenden relacionando nuevas ideas con conocimiento y experiencias previas, buscando patrones y principios subyacentes, y buscando evidencias para relacionarlas con las conclusiones. Examinan lógicamente y argumentan de forma cauta y crítica, consiguiendo entender el tema y estar interesados activamente en los contenidos del curso.
- los estudiantes que aplican un aprendizaje “superficial” están extrínsecamente motivados y su objetivo es cumplir con los requisitos del curso. Manejan los contenidos del curso como fragmentos de conocimiento sin relación alguna, tratando de identificar aquellos elementos del curso que van a ser evaluados y centrándose en memorizar esos detalles. Llevan a cabo procedimientos rutinarios y tienen dificultades para entender las nuevas ideas que se les presentan. Para ellos no tiene sentido estudiar sin reflejar la intención o la estrategia, y sienten una presión excesiva acerca de su trabajo.
- Los estudiantes que aplican un aprendizaje “estratégico” combinan el aprendizaje profundo y superficial para alcanzar los mejores resultados. Los estudiantes que adoptan el método estratégico ponen todo su esfuerzo en estudiar, controlar el tiempo y el esfuerzo de forma eficiente, encontrando las condiciones y los materiales idóneos para estudiar y monitorizar la efectividad de su estudio. Están pendientes de los requisitos y criterios para el examen y enfocan su trabajo en satisfacer las preferencias de los profesores.

Para medir estos enfoques y técnicas de estudio de los estudiantes se han desarrollado diferentes cuestionarios, tales como el Approaches to Studying Inventory (ASI) [Ramsden y Entwistle, 1981], el Course Perception Questionnaire (CPQ) [Ramsden y Entwistle, 1981], el Revised Approaches to Studying Inventory (RASI) [Entwistle y Tait, 1995], el Approaches and Study Skills Inventory for Students (ASSIST) [Entwistle y Tait, 1996], o el Approaches to Learning and Studying Inventory (ALSI) [Tyler y Entwistle, 2003]. Como el modelo de Entwistle está basado en las estrategias serialistas y holísticas de Pask, este concepto está incluido también en sus cuestionarios, Por ejemplo, en el ASSIST, el cuestionario más usado actualmente de este modelo, la estrategia serialista y holística está incluida como una subcategoría del aprendizaje profundo.

2.2.4. Estilos de Aprendizaje de Dunn y Dunn

El modelo de estilos de aprendizaje de Dunn y Dunn [Dunn y Dunn, 1974] se propuso en 1974 y ha sido refinado con el paso de los años [Dunn y Griggs, 2003]. El modelo distingue entre adultos y niños e incluye cinco variables, donde cada variable está formada por varios factores.

1. La variable ambiental incluye el ruido, la temperatura, la luz y el mobiliario.
2. La variable sociológica incorpora factores que tienen que ver con la preferencia para el aprendizaje individual, en parejas, en grupos pequeños, como parte de un equipo, con un experto o en entornos variados. Para los niños se incluye, como factor, también la motivación por parte de los padres/profesores.
3. La variable emocional consiste en los factores de motivación, conformidad/responsabilidad, persistencia, y necesidad de una estructura.
4. La variable física está compuesta por factores relacionados con las preferencias en la percepción (visual, auditiva, táctil/kinestésica externa, kinestésica interna), consumo de comida y bebida, hora del día y movilidad.
5. La variable psicológica fue añadida más tarde al modelo, e incluye factores que hacen referencia a la preferencia global/analítica, hemisferio cerebral derecho o izquierdo e impulsivo/reflexivo.

Para detectar las preferencias de estilos de aprendizaje de acuerdo con Dunn y Dunn se desarrollaron diferentes versiones de un cuestionario. El Learning Styles Inventory [Dunn *et al.*, 1996] fue creado para niños y existen tres versiones para diferentes edades. Este cuestionario consta de 104 cuestiones y emplea una escala de 3 ó 5 elecciones. El Building Excellence Inventory [Rundle y Dunn, 2000] es la versión actual para adultos. Incluye 118 cuestiones y emplea una escala de conformidad de 5 puntos. Como resultado, se identifica una preferencia alta o baja para cada factor.

2.2.5. Estilos de Aprendizaje de Kolb

La teoría de estilos de aprendizaje de Kolb se basa en la teoría del Aprendizaje Experiencial [Kolb, 1984] que modela el proceso de aprendizaje e incorpora la función primordial de la experiencia en este proceso. Siguiendo esta teoría, el aprendizaje se concibe como un ciclo de cuatro etapas.

La experiencia concreta es la base para las observaciones y las reflexiones. Estas observaciones se usan para formar conceptos abstractos y generalizaciones que, de nuevo, son la base para probar las implicaciones de esos conceptos en situaciones nuevas. Estas pruebas dan lugar a experiencias concretas y con ello se cierra el ciclo. De acuerdo con esta teoría, los estudiantes necesitan cuatro habilidades para que el aprendizaje sea efectivo, cada una relacionada con una fase del ciclo. Kolb identificó cuatro tipos de estilos de aprendizaje basándose en estas habilidades.

- Las habilidades dominantes de los estudiantes “convergentes” son la conceptualización abstracta y la experimentación activa. Por lo tanto, sus puntos fuertes son las aplicaciones prácticas de las ideas, y la acumulación de información y hechos para unirlos y encontrar la mejor solución a un problema específico.
- En los estudiantes “divergentes” resaltan los polos contrarios de esas dimensiones, es decir, la experimentación concreta y la observación reflexiva. Son buenos analizando situaciones concretas desde distintos puntos de vista y organizando relaciones para buscarles un significado, así como generando nuevas ideas. Son estudiantes que tienden a ser más creativos que los anteriores.
- Los “asimiladores” sobresalen en la conceptualización abstracta y la observación reflexiva. Destacan en la creación de modelos teóricos, en el razonamiento inductivo y en la asimilación de observaciones dispares para generar una explicación que las integre.
- Los “acomodadores” tienen su punto fuerte en la experiencia concreta y experimentación activa. Están por encima de los demás en hacer cosas de forma activa, llevar a cabo planes y experimentos e involucrarse en nuevas experiencias. Son considerados estudiantes que se arriesgan y que se adaptan fácilmente a nuevas situaciones.

Para identificar los estilos de aprendizaje del modelo de Kolb, se desarrolló el Learning Style Inventory (LSI) [Kolb, 1976], que ha sido revisado en varias ocasiones. El resultado del LSI indica la preferencia individual para los cuatro tipos.

2.2.6. Modelo de Honey y Mumford

El modelo de EA de Honey y Mumford [Honey y Mumford, 1982] se basa en la teoría del Aprendizaje Experiencial [Kolb, 1984] y desarrolló en profundidad los cuatro tipos de EA del modelo de Kolb [Kolb, 1984]. Las dimensiones activo/reflexivo y concreto/abstracto se tienen en cuenta también en este modelo. Además, Honey y Mumford plantearon que “las similitudes entre su modelo (el de Kolb) y el nuestro son mayores que las diferencias” [Honey y Mumford, 1992].

En el modelo de Honey y Mumford los tipos de EA se llaman: Activo (similar a Acomodador), Teórico (similar a Asimilador), Pragmático (similar a Convergente), y Reflexivo (similar a Divergente). Los estudiantes Activos se implican plenamente y sin prejuicios en nuevas experiencias. Son de mente abierta, nada escépticos y acometen con entusiasmo las tareas nuevas, les encanta vivir nuevas experiencias. Los estudiantes Teóricos adaptan e integran las observaciones dentro de teorías lógicas y complejas. Enfocan los problemas de forma escalonada, por etapas lógicas. Les gusta analizar y sintetizar. Son profundos en su forma de pensamiento. Buscan la racionalidad y la objetividad huyendo de lo subjetivo y de lo ambiguo. Los Pragmáticos descubren el aspecto positivo de las nuevas ideas y aprovechan la primera oportunidad para experimentarlas. El punto fuerte de las

personas con predominancia en estilo pragmático es la aplicación práctica de las ideas. Por último, a los Reflexivos les gusta considerar las experiencias y observarlas desde diferentes perspectivas. Reúnen datos, los analizan con detenimiento, antes de llegar a una conclusión.

El Learning Style Questionnaire (LSQ), es un cuestionario para identificar los estilos de aprendizaje basándose en el modelo de Honey y Mumford. En la actualidad existen dos versiones del LSQ, una con 80 items y otra con 40.

2.2.7. Modelo de los Cuadrantes Cerebrales de Herrmann

El modelo de los Cuadrante Cerebrales de Herrmann [Herrmann, 1990] está basado en la investigación llevada a cabo por Roger Sperry [Sperry, 1964], que diferenciaba en el cerebro los dos hemisferios cerebrales. Además, considera el sistema límbico siguiendo a MacLean [MacLean, 1952]. De acuerdo con estas dos teorías, los individuos se clasifican con respecto a cómo procesan la información, usando un modo cerebral (pensando acerca del problema) o un modo límbico (una aproximación más activa basada en la experimentación).

El modelo de Herrmann distingue entre cuatro cuadrantes. Los estudiantes que tienen preferencia por el cuadrante A (hemisferio izquierdo, cerebrales) prefieren el pensamiento lógico, analítico, matemático y técnico, y pueden ser considerados como cuantitativos, críticos, y se basan en los hechos. Los que tienen preferencia por el cuadrante B (hemisferio izquierdo, límbicos) tienden a ser secuenciales y organizados, les gustan los detalles, y tienen un estilo de pensamiento estructurado y organizado. Los individuos con preferencia por el cuadrante C (hemisferio derecho, límbicos) son emocionales, interpersonales, sensoriales, kinestésicos y musicales. Mientras que los estudiantes que tienen preferencia por el cuadrante D (hemisferio derecho, cerebrales) son visuales, holísticos e innovadores, y prefieren el pensamiento conceptual, sintético e imaginativo.

Para identificar el cuadrante dominante se desarrolló el Herrmann Brain Dominance Instrument (HBDI) [Herrmann, 1990]. El HBDI es un cuestionario que contiene 120 preguntas. Como resultado se muestran las preferencias primaria, secundaria y terciaria en cuanto a las dominancias cerebrales.

2.2.8. Modelo de Felder-Silverman

En el modelo de Felder-Silverman [Felder y Silverman, 1988] los estudiantes están representados por su clasificación en cinco dimensiones. Estas dimensiones están basadas en las consideradas más importantes dentro del campo de los estilos de aprendizaje, y son independientes unas de otras. Muestran cómo los estudiantes prefieren organizar (inductivo/deductivo), procesar (activo/reflexivo), percibir (sensorial/intuitivo), recibir (verbal/visual), y entender (secuencial/global) nueva información.

A pesar de que estas dimensiones no son nuevas en el campo de los estilos de aprendizaje, la forma en la que Felder-Silverman las describen sí lo es. Mientras que la mayoría de los modelos de estilos de aprendizaje que incluyen dos o más dimensiones obtienen tipos de estudiantes para estas dimensiones, como los

modelos de Myers-Briggs [Briggs y Myers, 1977] o Kolb [Kolb, 1984], Felder y Silverman describen los estilos de aprendizaje usando escalas que van de 11 a -11 para cada dimensión (incluyendo solo valores impares). Los autores justifican la eliminación de la dimensión inductivo/deductivo desde un punto de vista estrictamente pedagógico, ya que no desean proporcionar a profesores y alumnos una herramienta que justifique unos hábitos que no consideran positivos. En concreto, no desean que esa dimensión sirva para potenciar la enseñanza y el aprendizaje deductivos, claramente preferidos tanto por profesores como por alumnos: la mayoría de los alumnos conscientemente prefiere una enseñanza deductiva, en el sentido de que sólo tienen interés en aprender aquello de lo que van a ser examinados y también para la mayoría de los profesores este estilo de enseñanza es más sencillo que su opuesto. Por lo tanto, el estilo de aprendizaje de cada estudiante está representado por cuatro valores entre 11 y -11, uno por cada dimensión. Felder y Silverman consideran las preferencias como tendencias, esto es, que incluso un estudiante con una fuerte preferencia por un estilo de aprendizaje particular puede actuar algunas veces de forma diferente.

La dimensión activo/reflexivo es análoga a la respectiva dimensión en el modelo de Kolb [Kolb, 1984]. Los estudiantes activos aprenden mejor trabajando activamente con el material de aprendizaje, aplicándolo y probando cosas. Tienden a estar más interesados en la comunicación con los demás y prefieren aprender trabajando en grupos donde puedan discutir acerca del material aprendido. Por el contrario, los estudiantes reflexivos prefieren pensar acerca del material de forma individual, trabajando solos.

La dimensión sensorial/intuitivo está tomada del Myers-Briggs Type Indicator [Myers y McCaulley, 1998] y tiene también similitudes con la dimensión sensorial/intuitivo en el modelo de Kolb [Kolb, 1984]. A los estudiantes con un estilo de aprendizaje sensorial les gusta aprender hechos y material concreto, usando sus experiencias sensoriales de hechos particulares como la primordial fuente de información. Les gusta resolver problemas con aproximaciones estándar y tienden a ser cuidadosos con los detalles. Son considerados más realistas, sensatos y prácticos, y les gusta relacionar el material aprendido con el mundo real. Como polos opuestos están los estudiantes intuitivos: éstos prefieren aprender materiales abstractos como teorías y sus significados subyacentes, con principios generales en vez de hechos concretos, siendo estos principios la principal fuente de información. Les gusta descubrir posibilidades y relaciones y tienden a ser más innovadores y creativos. Como resultado, obtienen mejores puntuaciones en los exámenes con preguntas abiertas que en los exámenes tipo test. Esta dimensión difiere de la dimensión activo/reflexivo en un aspecto importante: la dimensión sensorial/intuitivo se refiere a la fuente de información preferida mientras que la dimensión activo/reflexivo tiene que ver con el proceso de transformación de la información percibida en conocimiento.

La dimensión visual/verbal hace referencia a la preferencia en cuanto al formato de los datos. Diferencia entre estudiantes que recuerdan mejor lo que han visto (fotos, dibujos, diagramas, gráficas, etc.) de los que prefieren representaciones textuales, independientemente de que sean escritas u orales.

En la cuarta dimensión, los estudiantes se diferencian en la forma en la que en-

tienden ese material, secuencial o global. Esta dimensión está basada en el modelo de Pask [Pask, 1976b], donde los estudiantes secuenciales eran llamados serialistas y los globales, holísticos. Los estudiantes secuenciales aprenden en pequeños pasos incrementales y, por lo tanto, tienen un progreso lineal en su aprendizaje. Tienden a seguir soluciones lógicas y estructuradas para encontrar soluciones. En oposición, los estudiantes globales usan un proceso de pensamiento holístico y aprenden en grandes saltos. Tienden a absorber el material de aprendizaje de un forma casi aleatoria, sin ver las conexiones que existen, para obtener de repente una visión general. Son capaces de resolver problemas complejos y poner cosas juntas de formas novedosas; sin embargo, tienen dificultades en explicar cómo lo han hecho. Ya que la visión general es tan importante para ellos, tienden a estar interesados en los resúmenes y en el conocimiento extenso, mientras que los estudiantes secuenciales están más interesados en los detalles.

El Inventory of Learning Styles [Soloman, 1992], es la primera versión de un cuestionario para identificar los estilos de aprendizaje del modelo de Felder. El estilo de aprendizaje del estudiante se calculaba a través de las respuestas a 28 cuestiones. Posteriormente Felder y Soloman desarrollaron el cuestionario Index of Learning Styles (ILS) [Felder y Soloman, 2004], un cuestionario con 44 cuestiones (Apéndice A). La preferencia en cada dimensión se expresa como el resultado de las respuestas (“a” o “b”) a las 11 cuestiones. El resultado es la resta de las respuestas “b” a las respuestas “a”.

2.3. Implicaciones pedagógicas

Los estilos de aprendizaje pueden tener importancia en diversos aspectos de la educación. En primer lugar, para hacer conscientes a los estudiantes de su estilo de aprendizaje y enseñarles cuáles son sus puntos fuertes y cuáles los más débiles. El conocimiento de su estilo de aprendizaje les puede ayudar a entender por qué el aprendizaje es a veces difícil para ellos. En segundo lugar, para hacer conscientes a los profesores de que proporcionar a los estudiantes material y actividades que satisfagan sus preferencias puede mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. En la enseñanza presencial es una tarea complicada pretender que el profesor adapte su estilo de enseñanza a los estilos de aprendizaje de muchos estudiantes, para ello, lo mejor sería proporcionar material y actividades lo suficientemente variados como para que todos los estudiantes se encuentren satisfechos con, al menos, algunos de ellos. Sin embargo, la enseñanza a través de Internet nos permite adaptar los contenidos y la estructura del curso de una forma individualizada.

El campo de estudio de los EA es complejo y, a pesar de que se ha investigado mucho, están sin responder un gran número de preguntas que se están discutiendo en la actualidad. Hoy en día, hay una gran cantidad de modelos de EA, cada uno integrando algunos aspectos del aprendizaje y solapándose unos con otros. Este gran número de modelos provoca críticas y genera la duda de cómo incorporar todas las dimensiones de los EA en la educación o, desde un punto de vista más práctico, que modelo de EA es más relevante y debe ser usado. En este trabajo se utiliza el modelo de Felder-Silverman porque el uso de escalas facilita la descrip-

ción de las preferencias de estilo de aprendizaje con más detalle, mientras que construir tipos de estudiantes no permite distinguir la intensidad de estas preferencias. Además, el uso de escalas permite expresar las preferencias equilibradas indicando que el estudiante no tiene una preferencia específica por ninguno de los dos extremos de la dimensión.

Otro aspecto crucial es el método para identificar esos EA. La mayoría de los modelos proporcionan un cuestionario, donde los estudiantes responden acerca de sus preferencias con respecto a las dimensiones o tipos del modelo. El uso de estos cuestionarios supone aceptar varias premisas:

- los estudiantes están motivados para rellenar el cuestionario
- los estudiantes son conscientes de que tienen preferencias acerca de la forma en la que aprenden
- los estudiantes no se ven afectados por aspectos sociales y psicológicos sobre cómo se deberían comportar a la hora de contestar

Si estas premisas no se cumplieran, habría que complementar esta primera clasificación a través de un sistema de inferencia.

Por último, un tema importante es la fiabilidad y validación de los cuestionarios usados. Varios investigadores [Livesay *et al.*, 2002] [Seery *et al.*, 2003] [Zywno, 2003] han comprobado la fiabilidad y han validado el cuestionario ILS usado en este trabajo.

2.4. Recapitulación

Para resumir este capítulo podríamos decir que existe todavía controversia y problemas sin resolver en el campo de los EA. Parece que estamos lejos de alcanzar consenso acerca de qué modelo integra los aspectos más relevantes de los EA y qué efecto tienen estos en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, estos problemas son los desafíos que se afrontan en este campo. Este trabajo intenta abordar algunos de ellos e introducir nuevas propuestas que nos acerquen a la solución.

Capítulo 3

Sistemas Hipermedia Adaptativos y Estilos de Aprendizaje

Ted Nelson fue uno de los pioneros del hipertexto y lo definió como la combinación de texto en lenguaje natural con las aptitudes de los ordenadores para ramificarse de forma interactiva [Nelson, 1965]. En otras palabras, el hipertexto se puede entender como texto no secuencial, que está conectado por vínculos. Hipermedia extiende el concepto de hipertexto a través de elementos multimedia como gráficos, audio, y video en vez de solo representaciones textuales.

Este capítulo consta de cuatro partes: en la primera se introduce el concepto de Sistema Hipermedia Adaptativo, en la segunda se analizan algunos Sistema Hipermedia Adaptativos que incorporan adaptación a los Estilos de Aprendizaje, en la tercera se analizan algunos Sistemas Hipermedia Colaborativos y, finalmente, se expone el uso de los Estilos de Aprendizaje para la formación de grupos.

3.1. Sistemas Hipermedia Adaptativos

El desarrollo de Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) empezó en la década de los 90 como intersección de dos áreas, el Hipertexto y el Modelado de Usuario. El primer resumen de SHAs, métodos y técnicas usadas por estos SHAs fue el realizado por Peter Brusilovsky en 1996 [Brusilovsky, 1996].

El año 1996 marcó un antes y un después en la investigación de hipermedia adaptativa [Brusilovsky, 2001]. Antes de esta fecha la investigación en el área se había reducido a unos pocos grupos aislados. Después de 1996 este campo vivió una gran expansión de SHAs, técnicas, introducción de tecnologías Web y la primera conferencia oficial en 2000. Brusilovsky hizo una nueva versión de su resumen de sistemas hipermedia adaptativos en 2001 [Brusilovsky, 2001].

El objetivo de los Sistemas Hipermedia Adaptativos es proporcionar contenidos hipermedia que encajen con las necesidades individuales de los usuarios. Los SHAs pueden ser definidos como sistemas hipermedia que reflejan algunos rasgos del usuario en el modelo de usuario y aplican este modelo para adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario. Dicho de otra forma, el sistema debe poseer tres características [Brusilovsky, 1996]:

- debe ser un sistema hipermedia
- debe disponer de un modelo de usuario
- debe ser capaz de adaptarse usando este modelo

El proceso de adaptación suele ser cíclico: primero, se construye un modelo de usuario que incluya toda la información necesaria acerca del usuario, después esta información se usa para generar cursos adaptativos, más tarde se actualiza el modelo de usuario a través de la información proporcionada por las interacciones del usuario con el sistema, y esto hace que el sistema se adapte dinámicamente a ese modelo de usuario actualizado.

3.1.1. Adaptación en los sistemas hipermedia

Para proporcionar a los estudiantes cursos adaptados a su modelo de estudiante podemos tener en cuenta dos aspectos.

Un aspecto se refiere a “qué” puede ser adaptado por el sistema. Existen diferentes métodos para crear cursos adaptativos. Estos métodos determinan qué características del sistema son diferentes para distintos estudiantes. Las características que pueden ser adaptadas se pueden dividir en dos grupos, adaptación de contenidos y adaptación de opciones de navegación [Brusilovsky, 2001]. La adaptación de opciones de navegación se basa en los vínculos e incluye elementos como guía directa, adaptación de mapas, ordenación, ocultación, anotación y generación de enlaces. La adaptación de contenidos incluye elementos como presentación multimedia adaptativa, presentación textual adaptativa y adaptación de la modalidad (el mismo contenido se puede presentar utilizando diferentes medios según las preferencias del usuario, habilidades, estilo de aprendizaje y entorno de trabajo). En la presentación textual adaptativa se puede distinguir entre adaptación del lenguaje y adaptación del texto “enlatado”. En esta última incluimos inserción/eliminación de fragmentos, variantes de fragmentos, ordenación de fragmentos, hacer los fragmentos menos visibles, por ejemplo, usando fuente de letra gris, y texto expansible donde porciones de texto son inicialmente mostradas u ocultadas por el sistema, pero el estudiante puede abrirlas o cerrarlas.

Otro aspecto es las “características del usuario” a las que se adapta. Por ejemplo, un sistema puede adaptar al conocimiento previo, los objetivos de aprendizaje, las habilidades cognitivas, así como los estilos de aprendizaje de los estudiantes. En la adaptación a las preferencias y habilidades de los estudiantes, especialmente en el contexto de los estilos de aprendizaje, existe además otra dimensión [Jonassen y Grabowski, 1993]. Esta dimensión hace referencia a si adaptamos los contenidos y opciones de navegación a las preferencias y habilidades del estudiante o no. La primera opción busca un efecto a corto plazo, haciendo el aprendizaje más fácil en el momento en el que los estudiantes están usando el sistema. Buscando un objetivo a largo plazo, investigadores como Messick [Messick, 1976] y Felder y Spurlin [Felder y Spurlin, 2005] sugieren que los estudiantes deberían también entrenarse en otras preferencias y habilidades. Por ejemplo, proporcionar a los estudiantes verbales explicaciones visuales les fuerza a usar y desarrollar habilidades visuales.

3.2. Sistemas Hipermedia Adaptativos que incorporan Estilos de Aprendizaje

En esta sección se analizan distintos SHA ordenados por orden cronológico en cuanto a la incorporación de la adaptación a los estilos de aprendizaje. La descripción de los sistemas se centra en cómo el sistema maneja la información acerca de los estudiantes y qué elementos adaptativos se usan para la adaptación. Los criterios para la elección de estos SHA han sido mostrar la variedad de modelos de EA a los que se puede adaptar, la importancia del SHA en el campo, su uso y su influencia en otros SHA.

3.2.1. CS383

CS383 [Carver *et al.*, 1999] fue el primer SHA para la educación que incorporó el modelo de Felder-Silverman, en 1999. El sistema proporciona adaptación basada en las dimensiones sensorial/intuitivo, visual/verbal y secuencial/global del modelo. Con respecto a la dimensión activo/reflexivo, argumentan que la naturaleza de los sistemas hipermedia ayuda de forma inherente a ambos estilos. Estos sistemas fuerzan a los estudiantes a tomar decisiones y, por lo tanto, se involucran activamente en el proceso de aprendizaje, lo que facilita el aprendizaje activo. Por otro lado, la posibilidad de reflexionar y tener acceso al material en cualquier momento es una ventaja para el aprendizaje reflexivo.

El curso desarrollado incluía una colección de objetos multimedia que constaba de exposición de diapositivas, hipertexto, objetivos de la lección, un sistema de respuesta, una biblioteca digital y fragmentos multimedia. Basándose en los estilos de aprendizaje identificados, el sistema ofrecía la opción de ordenar estos objetos de acuerdo con cómo esos objetos encajaban en el estilo de aprendizaje del estudiante. La ordenación era bastante tosca, cada tipo de objeto (diapositivas, texto, objetivos,...) se presentaba en un orden en vez de ordenar cada objeto en particular.

Para identificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes usaban el Inventory of Learning Styles [Soloman, 1992], la primera versión de un cuestionario para identificar los estilos de aprendizaje del modelo de Felder, la primera vez que el estudiante ingresaba en el curso. El estilo de aprendizaje del estudiante se calculaba a través de las respuestas a 28 cuestiones y se almacenaba en el modelo de estudiante.

3.2.2. MANIC

Multimedia Asynchronous Networked Individualized Courseware (MANIC) [Stern *et al.*, 1997a] [Stern *et al.*, 1997b], ideado en 1997, proporcionaba material de lectura en formato de diapositivas o archivos de audio. Las diapositivas se construían de forma dinámica basándose en el nivel de entendimiento y preferencias de aprendizaje del estudiante. El sistema no estaba basado explícitamente en ningún modelo de estilos de aprendizaje pero incorporaba diferentes aspectos de diferentes modelos.

El concepto para proporcionar la adaptación [Stern y Woolf, 2000] estaba basado en la técnica del texto expansible. El material de aprendizaje básico era presentado a todos los estudiantes. Este material podía ser enriquecido con material complementario, permitiendo gráficos además de texto. Los elementos que se podían adaptar eran el tipo de objeto multimedia (gráfico o texto), el tipo de instrucción (explicación, ejemplo, descripción, definición, analogía), la abstracción (abstracto, concreto), y el lugar del material complementario dentro de la materia. De acuerdo con las preferencias de los estudiantes diferentes tipos de material complementario se podía presentar u ocultar. Sin embargo, los estudiantes siempre tenían la posibilidad de ocultar el material complementario que se mostraba o pedir que se les mostrase el que estaba oculto.

Para detectar las preferencias de los estudiantes se usaba un clasificador Naïve Bayes. La información acerca de las preferencias del estudiante se obtenía a través de su interacción con el sistema cuando pedía que se le mostrase material oculto o se ocultase el presente.

3.2.3. IDEAL

Intelligent Distributed Environment for Active Learning (IDEAL) [Shang *et al.*, 2001] era un sistema adaptativo basado en agentes inteligentes para el apoyo al aprendizaje activo, implementado en 2001. El material de aprendizaje era adaptado a los estudiantes seleccionando, organizando y presentando el material de acuerdo con el conocimiento previo, estilo de aprendizaje, lenguaje y accesibilidad [Rodríguez *et al.*, 2002]. En cuanto a los estilos de aprendizaje, IDEAL permitía adaptación de contenidos y de opciones de navegación, como por ejemplo ordenación de ejemplos, reglas generales y resúmenes de conceptos, inclusión de material opcional, selección de metáforas visuales e iconos y selección de conversión texto a audio. Estas adaptaciones tenían que ser especificadas con respecto al modelo de estilos de aprendizaje que se aplicase.

Mientras que el conocimiento de los estudiantes era actualizado frecuentemente basándose en su comportamiento, el estilo de aprendizaje, el lenguaje y la accesibilidad actuaban como características a largo plazo y se modelaban de forma estática. Para determinar el estilo de aprendizaje se usaba un cuestionario diferente para cada modelo de estilos de aprendizaje. Los estudiantes podían retomar el cuestionario si querían, y decidir si los resultados se aplicaban a todos los cursos o solo en el que estaban registrados en ese momento. Además, los estudiantes tenían la posibilidad de cambiar a cualquiera de las adaptaciones disponibles para estilos de aprendizaje sobre la marcha.

3.2.4. MASPLANG

MASPLANG [Peña, 2004] [Peña *et al.*, 2002] es un sistema multiagente desarrollado en 2002 para enriquecer el sistema de tutores inteligentes USD [Fabregat *et al.*, 2000] con adaptación al estilo de aprendizaje y al conocimiento actual del estudiante. USD era una plataforma que permitía que los propios estudiantes adaptaran los cursos a sus necesidades (adaptable). Posteriormente, MASPLANG

extendió USD en términos de proporcionar adaptación, ahora era el sistema el que adaptaba el curso automáticamente. Utilizaba el modelo de Felder-Silverman para adaptar a los estilos de aprendizaje.

La adaptación a los estilos de aprendizaje consistía en elegir los formatos multimedia, las estrategias educativas y las herramientas de navegación. Las técnicas de adaptación estaban basadas en las usadas por CS838 [Carver *et al.*, 1999] y las posibilidades de la plataforma USD. Para proporcionar estrategias de enseñanza se adaptaba al estilo de aprendizaje del estudiante los objetivos de la lección, casos de estudio, lecturas, núcleos de conocimiento, mapas conceptuales y resúmenes. En cuanto a los formatos multimedia se disponía de transparencias (texto y/o multimedia), fragmentos multimedia (gráficos, películas, y/o audio), así como de texto lineal.

Además, las herramientas de navegación se adaptaban a los estilos de aprendizaje. Esto incluía el uso de flechas hacia delante y hacia atrás, impresiones, ayuda, mapas para una visión general y filtros. También se tenían en cuenta herramientas colaborativas, como salas de conversación, foros y correo electrónico.

Para identificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes se usó el cuestionario ILS. Más tarde, el perfil de estudiantes podía ser refinado a través de un proceso de razonamiento basado en casos que usaba el comportamiento y las acciones de los estudiantes.

3.2.5. LSAS

Learning Style Adaptive System (LSAS) [Bajraktarevic *et al.*, 2003] incorporaba la dimensión secuencial/global del modelo de Felder-Silverman. Para obtener información acerca del estilo de aprendizaje de los estudiantes se usaba el cuestionario ILS.

La adaptación se proporcionaba a través de dos platillas diferentes para la interfaz de usuario. Para los estudiantes secuenciales cada página contenía pequeños fragmentos de información que incluían solo texto y no enlaces a otras páginas. Los únicos enlaces en las páginas eran los botones de hacia delante y hacia atrás que proporcionan al estudiante un camino de aprendizaje lineal. Por otra parte, los estudiantes globales tenían más libertad de navegación. Las páginas estaban compuestas de elementos, como una tabla de contenidos, un resumen al final de la página, una vista general de las páginas, una sección con enlaces complementarios y enlaces relacionados dentro del texto. Estos elementos proporcionaban a los estudiantes una visión general acerca de la materia y les daban la oportunidad de navegar libremente por el curso.

Para evaluar la efectividad del sistema y la adaptación propuesta, se llevó a cabo un experimento con 21 estudiantes. Los estudiantes tenían que usar el sistema para aprender dos materias. Mientras que en la primera materia el sistema presentaba un curso que se correspondía con el estilo de aprendizaje del estudiante, para la segunda el sistema presentaba un curso que no lo hacía. De acuerdo con los cuestionarios antes y después de cada materia, se podía observar cómo los estudiantes rindieron significativamente mejor cuando el estilo de enseñanza se adaptaba a su estilo de aprendizaje.

3.2.6. iWeaver

La arquitectura de iWeaver [Wolf, 2002] se basaba en el modelo de estilos de aprendizaje de Dunn y Dunn [Dunn y Dunn, 1974]. iWeaver incorporó, en 2003, diferentes aspectos del modelo y pretendía mantener un equilibrio entre la carga cognitiva del estudiante, las opciones de navegación disponibles, y el contenido del aprendizaje. iWeaver se desarrolló para enseñar el lenguaje de programación Java. El sistema estaba basado en dos conceptos: los modos de presentación de los contenidos y las herramientas de aprendizaje que estaban relacionadas con los tipos psicológicos del modelo de Dunn y Dunn.

iWeaver contemplaba cuatro modos de presentación. Para los estudiantes visuales textuales, el contenido se presentaba en formato de texto. A los estudiantes visuales gráficos se les presentaba texto enriquecido con ilustraciones, diagramas y animaciones. Para los estudiantes táctiles kinestésicos, había una versión interactiva del contenido y para los estudiantes auditivos tenían archivos de audio. Las herramientas de aprendizaje ayudaban a los estudiantes globales con mapas mentales, los estudiantes reflexivos y visuales textuales eran ayudados por una herramienta para tomar notas, a los estudiantes impulsivos se les proporcionaba la opción de probar su conocimiento accediendo a un compilador de Java y los estudiantes kinestésicos tenían la posibilidad de ver ejemplos adicionales. Tanto para los modos de presentación como para las herramientas de aprendizaje se usaba ordenación adaptativa de enlaces y ocultación adaptativa de enlaces. El contenido del menú de navegación se generaba dinámicamente dependiendo del progreso del estudiante.

Cuando los usuarios usaban el sistema por primera vez tenían que rellenar el “Building Excellence Inventory” [Rundle y Dunn, 2000] para identificar su estilo de aprendizaje de acuerdo con el modelo de Dunn y Dunn. Basándose en las respuestas, el modelo de estudiante se construía y después de cada unidad didáctica el estudiante proporcionaba retroalimentación acerca de la efectividad, progreso y satisfacción con el material.

3.2.7. INSPIRE

Intelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment (INSPIRE) [Papanikolaou *et al.*, 2003], propuesto en 2003, permitía a los estudiantes seleccionar sus objetivos de aprendizaje y las lecciones que generaba de acuerdo con sus niveles de conocimiento, progreso y estilo de aprendizaje. Los estudiantes podían intervenir en el proceso de generación de lecciones y cambiar su modelo de estudiante. INSPIRE combina dos teorías tradicionales de diseño instructivo, la *Teoría de la Elaboración* [Reigeluth y Stein, 1983] y la *Teoría del Componente de Exhibición* [Merrill, 1983], con el modelo de estilos de aprendizaje de Honey y Mumford [Honey y Mumford, 1992].

La adaptación es proporcionada en términos de secuenciación del contenido, adaptación en las opciones de navegación y adaptación en la presentación. Mientras que la secuenciación del contenido y la adaptación en las opciones de navegación se basa en los objetivos, progreso, y conocimiento de los estudiantes, la

adaptación de la presentación se basa en sus estilos de aprendizaje. Para los cuatro tipos de estilos de aprendizaje (activo, teórico, pragmático y reflexivo), el material se adapta en términos de método y orden de la presentación.

A pesar de que el comportamiento y las acciones de los estudiantes son rastreados por el sistema, esta información no se usa para detectar los estilos de aprendizaje. En cambio, un cuestionario desarrollado por Honey y Mumford [Honey y Mumford, 1992] se rellena la primera vez que el estudiante entra en el sistema. Los estudiantes tienen la posibilidad de inicializar o actualizar su estilo de aprendizaje en el modelo de estudiante.

Con el objetivo de evaluar la adaptación de INSPIRE, se llevó a cabo un estudio con 23 estudiantes. Los resultados indicaban que la mayoría de los estudiantes apreciaban esa funcionalidad del sistema y la ayuda proporcionada.

3.2.8. AHA!

Al igual que IDEAL, Adaptive Hypermedia for All (AHA!) [De Bra *et al.*, 2003] [Stash *et al.*, 2004] permite a los autores decidir acerca del modelo de estilos de aprendizaje que quieren implementar en su curso. Desarrollaron una herramienta de autor [De Bra *et al.*, 2002] y un lenguaje para la adaptación de estilos de aprendizaje llamado LAG-XLS [Stash *et al.*, 2005] en 2005.

El lenguaje de adaptación permite tres tipos de comportamiento adaptativo: la selección de contenidos, la ordenación de la información y la creación de diferentes caminos de navegación [Stash *et al.*, 2005]. Los autores pueden crear sus propias estrategias educativas, que definen cómo la adaptación es llevada a cabo basándose en estos tres tipos de comportamiento o reutilizar estrategias existentes. Introdujeron estrategias educativas predefinidas para los estilos de aprendizaje activo y reflexivo, verbales y visuales, holísticos y analíticos, y dependientes e independientes de campo.

En la actualidad AHA! no dispone de ningún cuestionario para identificar los estilos de aprendizaje. En cambio, los estudiantes pueden rellenar un formulario donde definen cuáles son sus estilos de aprendizaje en función de los estilos de aprendizaje que se han incorporado al sistema. Para actualizarlo o revisarlo, los autores pueden definir metaestrategias que definan cómo los estilos de aprendizaje pueden ser inferidos del comportamiento del estudiante. Se han introducido dos metaestrategias, una para la información textual y gráfica y otra para la navegación en anchura o en profundidad. Si la información en el modelo de estudiante no concuerda con la información obtenida por la metaestrategia, se le pregunta el estudiante si quiere cambiar su estrategia educativa.

Los autores evaluaron el uso de la herramienta y el proceso de autor en AHA! con 34 estudiantes. Dos conclusiones se deducen de esta evaluación. Primero, se encontraron diferencias entre el estilo de aprendizaje declarado por los estudiantes y los resultados del cuestionario ILS. Se puede concluir que los estudiantes poseen muy poco conocimiento acerca de su estilo de aprendizaje y que, por lo tanto, el modelo de estudiante puede contener datos incorrectos. Segundo, cuando los estudiantes actuaron como autores y crearon estrategias educativas y metaestrategias tuvieron dificultades. Este resultado deja ver que para la creación de nuevas es-

trategias es necesario mucho conocimiento acerca de los estilos de aprendizaje, además de las teorías psicológicas y pedagógicas subyacentes.

3.3. Sistemas Hipermedia Colaborativos

El aprendizaje individual se puede enriquecer con la realización de actividades colaborativas que contribuyen al desarrollo de habilidades personales y sociales [Dillenbourg, 1999]. Se han usado herramientas colaborativas en contextos educativos para reducir el aislamiento de algunos estudiantes y contribuir al desarrollo tanto de capacidades personales, como el pensamiento, razonamiento o construcción del conocimiento [Bruner, 1966] [Barros y Verdejo, 1998], como de capacidades sociales, por ejemplo el trabajo en grupo [Johnson *et al.*, 1984] [Panitz, 1999].

Internet da la oportunidad a los estudiantes de interactuar con otros desde cualquier sitio y en cualquier momento. Gracias al desarrollo de las infraestructuras de comunicación, a los resultados obtenidos en ambientes colaborativos tradicionales (cara a cara) y a la creación de herramientas colaborativas que ayudan al trabajo en grupo (correo electrónico, foros, editores compartidos, etc.), emergió un nuevo área de estudio [Ellis *et al.*, 1991]: Computer Supported Collaborative Learning (CSCL).

CSCL se basa en varias teorías [Koschmann, 1996] como la *Teoría Sociocultural* [Vygotsky, 1978] [Kuutti y Arvonen, 1992] [Engeström, 1987], la *Teoría Constructivista* [Bruner, 1966] y la *Cognición Contextualizada* [Brown *et al.*, 1989]. Todas estas teorías suponen que los individuos son agentes activos que buscan y construyen su propio conocimiento, gracias al contexto en el que se encuentran.

CSCL se usa para ayudar a los estudiantes en la comprensión de nueva información y su conexión con el conocimiento adquirido anteriormente, así como para motivarles y ofrecerles herramientas de comunicación que faciliten la colaboración entre ellos.

Como hemos comentado anteriormente, el objetivo principal de los sistemas adaptativos para la educación es satisfacer las necesidades de cada individuo. Respecto a la colaboración, los estudiantes deben sentirse cómodos en un entorno que favorezca la comunicación, el intercambio de ideas y la visualización del trabajo realizado por sus compañeros.

Hoy en día las aplicaciones colaborativas basadas en hipermedia se usan en diferentes áreas. Algunas de las más conocidas en el campo, por su uso e influencia, que se usan para la enseñanza y el aprendizaje se refieren a continuación.

3.3.1. SNS

Shadow netWorkspace (SNS) [Gottdenker *et al.*, 2002], propuesto en 2002, es un entorno CSCL basado en la Web que ayuda a la implementación de una comunidad de aprendizaje donde los profesores, estudiantes y padres usan herramientas para representar, organizar y compartir conocimiento.

SNS incluye herramientas para entrar en el sistema de forma segura, un uso bien definido de roles y tipos de grupos, sistema de ficheros, calendario y notificación de tareas, zonas de charla y pizarras de discusión, notas y editor de documentos. El potencial de este sistema recae en que es un modelo desarrollado con software libre (Licencia Pública GNU), de manera que cualquier desarrollador puede implementar aplicaciones para él.

3.3.2. DEGREE

Distance education Environment for GRoup ExperiencEs (DEGREE) [Barros y Verdejo, 2000] ayuda a la realización de varias tareas de aprendizaje en pequeños grupos de forma asíncrona así como a su evaluación.

DEGREE está organizado en cuatro niveles: nivel de configuración, nivel de experiencia, nivel de análisis y nivel de organización. Esta organización le permite diseñar y configurar, realizar experiencias, evaluarlas y reutilizarlas.

Con el objetivo de analizar la interacción del grupo, para cada tipo de contribución se establece un conjunto de cuatro atributos y sus correspondientes valores (desde -10 hasta 10). Estos atributos son:

- iniciativa, que indica el grado de participación y responsabilidad requerido para producir una contribución
- creatividad, relacionado con el grado de originalidad
- elaboración, que califica el trabajo necesario
- y conformidad, que establece el grado de acuerdo de la contribución con otras contribuciones relacionadas. Por ejemplo, realizar una contrapropuesta indica un bajo nivel de conformidad.

3.3.3. FACT

FACT [Mora *et al.*, 2003] es un entorno de trabajo para el análisis del proceso de aprendizaje y la generación de aplicaciones colaborativas que pueden ser usadas de forma síncrona o asíncrona, implementado en 2003. FACT utiliza historias de aprendizaje y revisión que pueden incorporar anotaciones que contienen referencias a otras historias.

En general, las aplicaciones desarrolladas con FACT permiten a varias personas conectadas a una red de ordenadores, incluyendo un profesor, participar simultáneamente o de forma asíncrona en sesiones de aprendizaje. Los estudiantes pueden trabajar aisladamente o formando grupos que comparten comentarios o análisis de diferentes alternativas que se presentan en su trabajo conjunto.

Cuando trabajan en grupo en una aplicación desarrollada con FACT, los estudiantes pueden hacer propuestas para las siguientes acciones a tomar poniéndolas en efecto y mostrándoles a continuación a sus compañeros la historia correspondiente. La evolución del trabajo final, incluyendo las propuestas de los distintos estudiantes y las decisiones correspondientes, queda a disposición del profesor y

del propio grupo para su revisión. De esta forma, los estudiantes tienen todas las ventajas de las técnicas clásicas de trabajo en grupo, y el profesor tiene la ventaja de poder revisar las acciones de los estudiantes en el trabajo, corregir los errores más importantes que encuentra en ellas y hacer sus propias propuestas para su revisión posterior.

3.3.4. AMENITIES

AMENITIES (un acrónimo de A METHodology for aNalysis and desIgn of cooperaTive systEmS) [Garrido *et al.*, 2002] es una metodología para el análisis, diseño y desarrollo de sistemas cooperativos basada en modelos de comportamiento y tareas, desarrollada en 2002.

AMENITIES propone un entorno de trabajo conceptual y metodológico que intenta evitar las deficiencias encontradas en aproximaciones tradicionales, centrándose en el concepto de grupo y su comportamiento (dinámica, evolución, etc.) y estructura (organización, reglas, etc.).

Dentro del proceso de desarrollo se identifican tres fases. Una primera fase de obtención y representación del modelo de requisitos, donde usando técnicas como la etnografía aplicada, los casos de uso o modelos teóricos, se describen los elementos más representativos del sistema. En una segunda fase, se realiza un modelo del sistema cooperativo, que permite de una manera más adecuada la representación de las características especiales de este tipo de sistemas. La última fase permite pasar del modelo cooperativo a un diseño inicial del sistema. Para ello se tienen en cuenta dos aspectos: por un lado se realiza una representación del sistema colaborativo usando estructuras de naturaleza hipermedia, estas estructuras permiten representar tanto aspectos estáticos (relaciones entre actividades y subactividades y cómo se alcanzan los objetivos asignados a las tareas) como aspectos dinámicos (evolución de una sesión de trabajo en la que varios usuarios realizan actividades bajo un rol determinado y colaboran para la realización de algún trabajo), y por otro lado identifican patrones que facilitan la construcción de estas estructuras (patrones conceptuales) y el posterior diseño de las aplicaciones encargadas de gestionarlas (patrones de diseño).

3.4. Sistemas Hipermedia Colaborativos y Estilos de Aprendizaje

Un aspecto fundamental para el trabajo colaborativo es la formación de grupos. La productividad del grupo está determinada por cuán bien trabajan juntos los miembros del grupo. Hay algunos estudios [Johnson y Johnson, 1975] que demuestran que los grupos homogéneos (formados por estudiantes con habilidades, experiencias e intereses similares) tienden a ser mejores en tareas específicas. Sin embargo, los grupos heterogéneos obtienen mejores resultados en un rango más amplio de tareas.

En la enseñanza tradicional, los profesores forman grupos de estudiantes (o se forman libremente), pero en los sistemas de CSCL, la formación del grupo

puede ser llevada a cabo por el profesor o automáticamente por el sistema. Si la formación del grupo está a cargo del sistema, puede hacerse de forma aleatoria o teniendo en cuenta rasgos personales de los estudiantes incluidos en el grupo [Read *et al.*, 2006].

En algunos sistemas los estudiantes son agrupados de acuerdo con su estilo de aprendizaje. Deibel [Deibel, 2005] propone formar grupos con estudiantes similares en la dimensión activo/reflexivo y distintos en la dimensión secuencial/global. Sin embargo, el trabajo de Deibel no justifica este agrupamiento con datos empíricos sino con argumentos teóricos, y sus resultados se basan en opiniones de los alumnos y no en los resultados obtenidos durante la realización de la tarea colaborativa.

3.5. Recapitulación

Hemos presentado algunos Sistemas Hipermedia Colaborativos y cómo los EA pueden ser utilizados para la formación de grupos. Sin embargo, es necesario un estudio profundo para establecer cuáles son los estilos de aprendizaje que influyen en el trabajo colaborativo y en qué medida. Además, sería deseable la incorporación de mecanismos para la de formación de grupos teniendo en cuenta estos criterios.

Asimismo los Sistemas Hipermedia Adaptativos presentados en este capítulo muestran distintas formas de incorporar los estilos de aprendizaje a los sistemas hipermedia adaptativos para la educación. Sin embargo, existen algunos problemas que deben ser subsanados para la incorporación de los estilos de aprendizaje de forma satisfactoria a los SHA. En primer lugar, la identificación de los EA se realiza a través de cuestionarios y esto implica consumo de tiempo y asumir que los resultados son correctos. En todo SHA el tiempo es fundamental y por ello son necesarios métodos para la identificación de los EA que consuman poco tiempo y puedan ser complementados con inferencias a partir de las acciones de los estudiantes. Y en segundo lugar, el proceso de adaptación a los estilos de aprendizaje del estudiante supone un trabajo extra para el profesor que tiene que disponer de distintas versiones del material para los distintos EA. Automatizar este proceso de adaptación a los EA supondría un gran ahorro en tiempo y esfuerzo para el profesor.

Parte II

Una propuesta para la
incorporación de los Estilos de
Aprendizaje a los Sistemas
Hipermedia Adaptativos

Parte II

Los capítulos anteriores han motivado la importancia de la adaptación a los Estilos de Aprendizaje de los estudiantes en los Sistemas Hipermedia Adaptativos. También se han presentado campos de conocimiento relacionados, tales como el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Ordenador (CSCL). La Parte II reúne estos campos de conocimiento y presenta la propuesta de integración que constituye este trabajo.

- El **Capítulo 4** trata sobre los modelos de usuario, los tipos de modelos actuales y el modelo propuesto incorporando los Estilos de Aprendizaje. Además, se propone la utilización de un cuestionario adaptativo para reducir considerablemente el número de preguntas necesarias para identificar la clase a la que pertenece cada usuario.
- El **Capítulo 5** presenta la implementación de la adaptación propuesta en un sistema hipermedia adaptativo para tener en cuenta los Estilos de Aprendizaje.
- El **Capítulo 6** describe un experimento llevado a cabo para la identificación de los Estilos de Aprendizaje que más influyen en la formación de grupos.
- En el **Capítulo 7** se detalla la definición de un algoritmo para la agrupación, así como la creación de una herramienta para la visualización de los resultados, denominada TOGETHER.
- En el **Capítulo 8** se exponen los experimentos realizados para la comprobación de la mejoría, de los resultados obtenidos en una tarea colaborativa, de los grupos constituidos con TOGETHER.

Capítulo 4

Una propuesta de modelo de usuario

Como se ha explicado en el capítulo 1, las características del usuario se almacenan en el modelo de usuario para utilizar esa información en la adaptación posterior. Este capítulo se divide en tres partes: en la primera se introduce el concepto de Modelo de Usuario, en la segunda se exponen los tipos de modelos de usuario y en la tercera se presenta la propuesta de este trabajo incorporando los Estilos de Aprendizaje al modelo de usuario. Los objetivos de la propuesta son, por un lado, inicializar y representar el modelo de usuario, por otro, definir un cuestionario adaptativo basado en el ILS y, finalmente, establecer mecanismos para la inferencia a partir de las acciones del estudiante.

4.1. ¿Qué es un modelo de usuario?

El **Modelo de Usuario** contiene la información necesaria acerca de las características de los usuarios. Kobsa, Kownemann y Pohl [Kobsa *et al.*, 1999] distinguen entre los datos de usuario, datos de uso y datos de entorno. Los datos de usuario comprenden el objetivo básico de la adaptación. Los datos de uso se corresponden con toda aquella información acerca de la interacción del usuario con el sistema y que no puede derivarse directamente de las características del usuario (pero que pueden ser útiles para la adaptación). Los datos de entorno comprenden todos aquellos aspectos del entorno del usuario.

Podemos distinguir una serie de fases comunes en las que se divide el proceso de personalización en cualquier sistema adaptativo [Gaudioso, 2002]:

1. **Adquisición de datos:** en esta fase, es necesario identificar la información disponible acerca de las características de usuarios y de su interacción con el sistema, así como información acerca del entorno (la información del entorno se obtiene bien monitorizando al usuario o bien de fuentes externas). Así mismo, en esta fase se identifican los elementos que se incluirán en los modelos iniciales del usuario, del uso del ordenador y/o del entorno (los llamados modelo de usuario, modelo de uso, y modelo de entorno).

2. **Representación e inferencia en los modelos:** durante esta fase se representa formalmente el contenido de los modelos de usuario y de uso para permitir el acceso a los mismos, así como su posterior proceso para preparar ciertas inferencias acerca de usuarios y/o grupos, su comportamiento y su entorno (integrando así información de diversas fuentes).
3. **Producción o realización de las tareas de adaptación:** durante esta fase se genera la adaptación del contenido, la presentación, la estructura y demás recomendaciones basándose en los modelos construidos del usuario.

4.2. Tipos de modelos de usuarios

Podemos distinguir una gran variedad de tipos de modelos de usuario [Kobsa, 2001], los cuales pueden clasificarse teniendo en cuenta:

- El tipo de usuarios que se modelan: usuarios estándares (estereotipos) o modelos más individualizados.
- Fuentes de información para realizar el modelado: modelos construidos explícitamente por el usuario (estos modelos se construyen a partir de los datos que proporciona el usuario mediante formularios de entrada) o abstraídos por el sistema basándose en el comportamiento del usuario (datos de interacción fundamentalmente).
- La caducidad de la información que se guarda en el modelo: modelos a corto plazo con información muy específica y modelos a largo plazo con información más general.
- Actualización del modelo: modelos estáticos y modelos dinámicos.

Las técnicas de actualización de los modelos generalmente dependen del tipo de modelo del que se trate. Así por ejemplo, los modelos individualizados, los que se basan en el comportamiento de los usuarios, o los modelos a corto plazo, por lo general requieren actualizaciones dinámicas. Si el modelo contiene información a muy corto plazo entonces estamos hablando de un modelo de tareas, puesto que sólo se refiere a la tarea que está realizando el usuario en ese momento. En este caso, el modelo variará en cuanto el usuario cambie de tarea a realizar.

El tipo más básico de modelo que podemos considerar es el modelo estático con un usuario estándar (canónico). Este tipo de modelo se puede incorporar a un sistema fácilmente. Por el contrario, si lo que queremos es modelar cada uno de los usuarios individualmente entonces se necesitan actualizaciones dinámicas y son necesarios métodos explícitos que describan en qué manera el estado del modelo del usuario afecta a la respuesta que el sistema da al usuario.

Para terminar con esta clasificación, encontramos dos fuentes de información diferentes para realizar el modelado del usuario. Puede recogerse directamente del usuario mediante la obtención de datos de formularios de entrada, o bien el sistema

puede guardar las trazas de las interacciones del usuario y abstraer a partir de ellas la información que fuera necesaria [Horvitz *et al.*, 1998].

Por lo general, preguntar directamente al usuario se considera la solución menos deseable puesto que requiere que el usuario pierda tiempo y puede que, como se ha visto en el capítulo 2, puede que no proporcione la información deseada. No obstante, estas propuestas van bien en aquellos sistemas que generalizan a partir del comportamiento del usuario, y sólo utilizan las preguntas directas cuando necesita información adicional. También puede ser conveniente usarlo junto con ciertos estereotipos iniciales para poder proporcionar cierta adaptación en las primeras interacciones del usuario con el sistema, puesto que entonces no se tiene información del usuario.

4.3. Una propuesta de incorporación de los Estilos de Aprendizaje al modelo de usuario

Este apartado se divide en tres partes: la primera detalla cómo se inicializa y representa el modelo, la segunda define un cuestionario adaptativo basado en el ILS y la tercera establece mecanismos para la inferencia de los EA basándose en las acciones del estudiante.

4.3.1. Inicialización y representación del modelo de usuario

Uno de los problemas más comunes en el desarrollo del modelo del usuario es determinar qué datos incluir o qué métodos de inferencia utilizar para actualizar el modelo de usuario.

El uso de ciertos estereotipos se considera el comienzo del campo del modelado del usuario. En general, un modelo basado en estereotipos representa una colección de atributos que pueden ser comunes en las personas, y su importancia radica en que permita al sistema hacer un mayor número de inferencias o recomendaciones basándose en un pequeño número de observaciones. Sin embargo, la mayor limitación de estos sistemas es el carácter estático de este tipo de representaciones. Para solventar esta limitación, algunos sistemas contemplan la posibilidad de actualizar dichos estereotipos en base a observaciones del usuario. Por tanto, hoy en día, los estereotipos son comúnmente utilizados para inicializar el modelo y poder preparar el sistema para que realice recomendaciones desde el primer momento.

En este trabajo se ha optado por definir unos estereotipos iniciales de manera que se le pueda hacer unas primeras recomendaciones. Para considerar un alumno de un tipo o de otro se le presentaba al alumno el cuestionario inicial Index of Learning Styles (ILS) [Felder y Soloman, 2004], en concreto, la versión en castellano (Apéndice B). La definición de estos estereotipos es explícita, de manera que si un profesor desea cambiar el estereotipo y la recomendación inicial asociada puede hacerlo.

Estos estereotipos se utilizan para una recomendación inicial. Cada modelo de usuario contiene un atributo que indica el estereotipo al que pertenece. Dicho atributo sólo se considera en las primeras interacciones, a partir de entonces se

utilizará únicamente las recomendaciones basadas en los atributos que se han ido infiriendo a través de las acciones del estudiante. Como se puede ver en el xml schema del modelo de usuario, los datos almacenados para cada estudiante hacen referencia a cada una de las dimensiones, y guardan la puntuación obtenida en cada una de las dimensiones, a pesar de que los alumnos son agrupados en clases (rangos de puntuación). Estos rangos son: altos (H, del inglés “high”), neutros (N) y bajos (L, del inglés “low”). En este caso, los estudiantes que tienen por ejemplo valores entre -11 y -5 en una dimensión son bajos, los estudiantes con valores entre -3 y 3 son neutros y los estudiantes con una puntuación entre 5 y 11 son altos.

```

<xs:complexType name="lstyle">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="actref">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:Integer">
          <xs:pattern value="-11|-9|-7|-5|-3|-1|1|3|5|7|9|11"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:element>
    <xs:element name="senint">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:Integer">
          <xs:pattern value="-11|-9|-7|-5|-3|-1|1|3|5|7|9|11"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:element>
    <xs:element name="visver">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:Integer">
          <xs:pattern value="-11|-9|-7|-5|-3|-1|1|3|5|7|9|11"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:element>
    <xs:element name="seqglo">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:Integer">
          <xs:pattern value="-11|-9|-7|-5|-3|-1|1|3|5|7|9|11"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:element>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

4.3.2. Definición de un cuestionario adaptativo basado en ILS

Una de las desventajas del uso de cuestionarios para la clasificación de los estudiantes, de acuerdo con su EA, es que consumen tiempo y los estudiantes necesitan que se les motive a la hora de contestar. Con el objetivo de reducir el número de preguntas del cuestionario ILS y generar un cuestionario adaptativo se ha llevado a cabo una investigación que detallamos en este apartado. La propuesta analiza datos de un conjunto de estudiantes para extraer patrones que puedan ser usados en la clasificación de nuevas muestras [Ortigosa *et al.*, 2008].

La mayoría de los SHAs para la educación permiten adaptar a los estilos de aprendizaje gracias a la información proporcionada por el cuestionario ILS, como se explica en el capítulo 2. ILS hace 11 preguntas para cada una de las dimensiones del modelo y la puntuación obtenida por cada estudiante se calcula restando las respuestas “b” a las respuestas “a”. De esta manera el resultado final del cuestionario son cuatro puntuaciones (números impares entre 11 y -11), una para cada dimensión. Existen, por lo tanto, 12 posibles puntuaciones para cada una.

Esta información proporciona muchas oportunidades de adaptación, ya que un SHA para la educación podría manejar 12 posibles versiones del material educativo teniendo en cuenta solo una de las dimensiones del modelo. Sin embargo es poco probable que un profesor esté dispuesto a elaborar todas esas versiones para estudiantes que podrían ser agrupados en clases o estereotipos más generales, o incluso que resulte de utilidad hacerlo. Y además adaptar a los estilos de aprendizaje requiere que los estudiantes contesten a 44 preguntas lo que, a veces, es considerado un trabajo pesado.

Felder y Soloman [Felder y Soloman, 2004] recomiendan agrupar a los estudiantes en cinco categorías para cada una de las dimensiones. Si un estudiante obtiene una puntuación entre 3 y -3, su estilo de aprendizaje está equilibrado en esa dimensión. Por el contrario si obtiene 5 o 7 (o, simétricamente, -5 o -7), el estudiante tiene una preferencia moderada y aprenderá mejor en sistemas de enseñanza que se adapten a esta preferencia. Finalmente, si el estudiante ha obtenido una puntuación de 9 u 11 (o, simétricamente, -9 o -11), tendrá dificultades para aprender en un entorno que no favorezca su preferencia.

En experiencias previas con alumnos de doctorado utilizando adaptación a los estilos de aprendizaje [Carro, 2005], se ha encontrado que los autores prefieren clasificar a los estudiantes en tres categorías para cada dimensión: altos (H, del inglés “high”), neutros (N) y bajos (L, del inglés “low”). En este caso, los estudiantes que tienen por ejemplo valores entre -11 y -5 en una dimensión, se les mostrará la misma versión del curso adaptativo. Estudiantes con valores entre -3 y 3 recibirán una segunda versión y estudiantes con una puntuación entre 5 y 11 recibirán una tercera.

En este contexto el sistema solo necesita conocer la clase de un estudiante para cada dimensión y no el valor exacto. Como consecuencia, no necesitamos preguntarle al estudiante las 11 preguntas del cuestionario ILS, sino las necesarias para discriminar a qué clase pertenece en esa dimensión. El problema es ¿qué preguntas

de las 11 proporcionan suficiente información acerca del estilo de aprendizaje del estudiante?

Este problema es una variante de la problemática general abordada por la Teoría de Respuesta al Item (ITR) [Van der Linden y Hambleton, 1997]. ITR hace hincapié en el problema de analizar la capacidad de una pregunta dentro de un test para predecir el conocimiento o el cociente intelectual de una persona. El objetivo de un cuestionario adaptativo es dotar a los SHAs con la capacidad de diagnosticar el estilo de aprendizaje de un alumno con el menor número de cuestiones posibles. Lo que se espera obtener es un algoritmo capaz de hacer distintas preguntas a distintos estudiantes: la próxima cuestión que le preguntamos se calcula teniendo en cuenta la respuesta dada por el estudiante (figura 4.1).


21. Prefiero estudiar
 (a) en un grupo.
 (b) solo.

29. Recuerdo más fácilmente
 (a) algo que he hecho.
 (b) algo acerca de lo que he pensado mucho.

33. Cuando tengo que trabajar en un proyecto de grupo, quiero que primero
 (a) haya una "lluvia de ideas" donde cada uno aporte las suyas
 (b) reflexionemos individualmente y después comparemos ideas dentro del grupo

ACTIVO

13. En las clases a las que he asistido
 (a) he logrado conocer a muchos de los estudiantes
 (b) rara vez he logrado conocer a muchos estudiantes



21. Prefiero estudiar
 (a) en un grupo.
 (b) solo.

13. En las clases a las que he asistido
 (a) he logrado conocer a muchos de los estudiantes
 (b) rara vez he logrado conocer a mucho estudiantes

37. Probablemente soy considerado
 (a) sociable
 (b) reservado

5. Cuando estoy aprendiendo algo nuevo, me ayuda
 (a) hablar acerca de ello
 (b) pensar el ello

NEUTRO




Figura 4.1: Diferentes preguntas para diferentes estudiantes

Es importante subrayar que no se intenta proponer nuevas cuestiones para averiguar el estilo de aprendizaje de un estudiante, sino seleccionar las más relevantes del cuestionario ILS para cada uno. Para conseguirlo se necesita un modelo de clasificación extraído de los datos empíricos.

La clasificación es uno de los objetivos principales de las técnicas de minería de datos [Witten y Frank, 2005]. En general, estas técnicas obtienen modelos de clasificación a partir de la observación de otras instancias (clasificadas con anterioridad). Una vez que el modelo es obtenido, éste puede ser usado para clasificar nuevas instancias cuya clase es desconocida.

Las técnicas de minería de datos se basan en el análisis de muestras con el objetivo de encontrar patrones en los datos. Este conocimiento puede ser usado para clasificar nuevos ejemplos, teniendo en cuenta patrones similares en la muestra.

En nuestro caso se han analizado muestras de estudiantes pertenecientes a tres poblaciones distintas para extraer patrones y, posteriormente, generar un cuestionario adaptativo [Ortigosa *et al.*, 2008].

- Muestra 1: 42 estudiantes del Instituto de Enseñanza Secundaria “Ágora” (Alcobendas, Madrid).
- Muestra 2: 88 estudiantes del Centro Integrado de Formación Profesional “José Luís Garcí” (Alcobendas, Madrid).
- Muestra 3: 200 estudiantes de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

Como resultado, el estudio se basa en las respuestas al cuestionario ILS de 330 estudiantes, cuyas edades están comprendidas entre 15 y 30 años. El término “muestra” hace referencia, a partir de ahora, al conjunto de los 330.

La figura 4.2 muestra los histogramas para cada una de las cuatro dimensiones en la muestra. Dim1 a Dim4 se corresponden con las dimensiones activo/reflexivo, sensorial/intuitivo, visual/verbal y secuencial/global, respectivamente.

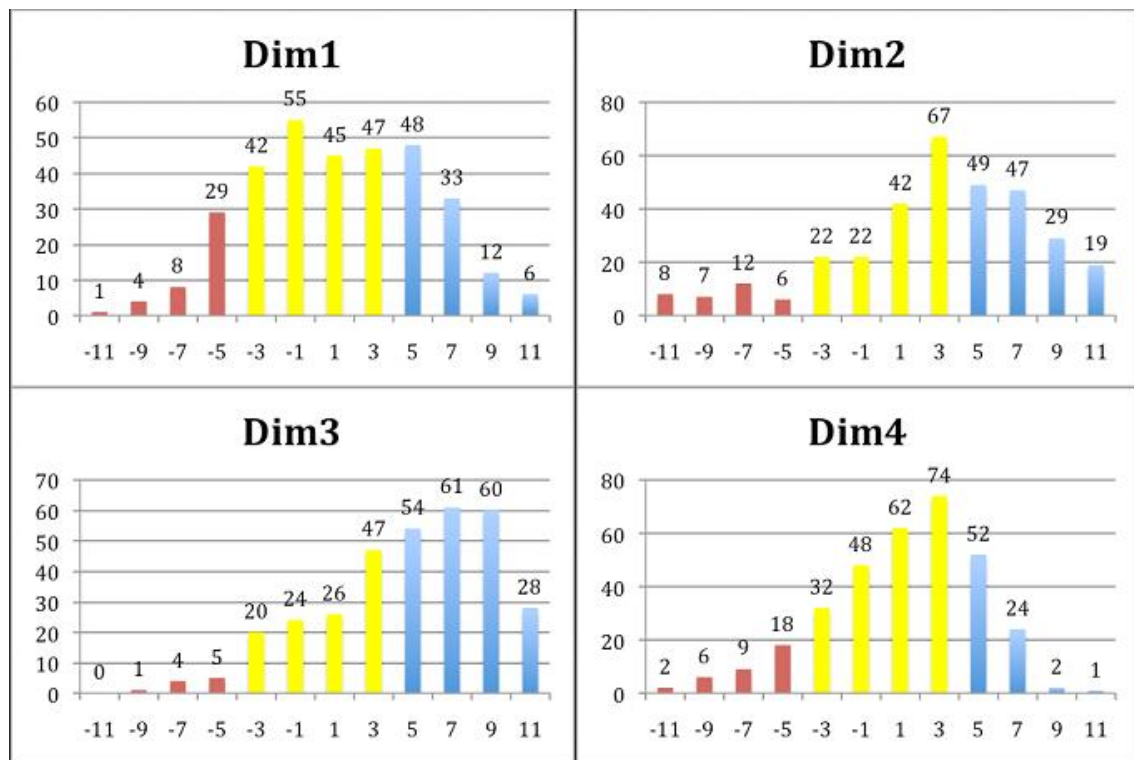


Figura 4.2: Distribución de la muestra para cada una de las dimensiones

La distribución de los datos coincide en gran medida con la distribución encontrada en un experimento llevado a cabo con alumnos de la Escuela Politécnica

Superior [Alfonseca *et al.*, 2006]. En cuanto a la distribución por sexo, 101 eran mujeres y 229 hombres.

Los datos fueron procesados y los estudiantes divididos en tres clases: altos, desde 5 hasta 11 (H), neutros, desde 3 a -3 (N), y bajos, desde -5 hasta -11 (L). Este conjunto de datos fue analizado utilizando el entorno de trabajo Weka para minería de datos [Witten y Frank, 2005].

Los algoritmos de clasificación obtienen un modelo basado en las instancias del conjunto de datos, donde cada instancia es descrita como una colección de atributos. En este caso, una instancia o ejemplo está formado por los datos de un estudiante: las respuestas (a o b) que el estudiante ha dado a cada una de las cuestiones del cuestionario ILS y la clase asignada para cada dimensión.

Teniendo en cuenta que el objetivo de este experimento es la extracción de las preguntas más relevantes del cuestionario ILS, los árboles de decisión son herramientas muy adecuadas. Los nodos de un árbol de decisión comprueban un atributo en particular para las instancias clasificadas. Dependiendo del valor del atributo hay que seguir por la correspondiente rama descendente. Este procedimiento se aplica recursivamente hasta que se alcanza una hoja. Cada hoja contiene una etiqueta con la clase que se le asigna a las instancias que alcanzan esa hoja.

Para la construcción de estos árboles se ha utilizado una implementación del algoritmo C4.5 [Quinlan, 1996] (llamado J4.8 [Witten y Frank, 2005]). C4.5 construye árboles de decisión a partir de un conjunto de datos de entrenamiento, usando el concepto de **Entropía de la Información**. Este concepto es una medida del grado de incertidumbre asociado a una distribución de probabilidad. En el contexto de este trabajo, es una medida de la cantidad de información que el receptor pierde cuando el valor de una variable aleatoria es desconocido. Dado un conjunto de instancias S , cada una con la clase a la que pertenece, la *Entropía*(S) es la medida de cómo de aleatoria es la distribución en S .

Ganancia de información es una medida dada a un atributo a . Este atributo puede separar S en subconjuntos S_{a1} , S_{a2} , S_{a3} ... S_{an} . La ganancia de información de a es la resta de las entropías de los subconjuntos a la del total, es decir, $Entropía(S) - Entropía(S_{a1}) - Entropía(S_{a2}) - \dots - Entropía(S_{an})$. En otras palabras, la ganancia de información de a mide cuanta información (acerca de la clase de una instancia) se obtiene de media por el aprendizaje del valor del atributo a para una determinada instancia.

De esta forma, C4.5 examina la ganancia de información normalizada que resulta de escoger un atributo para dividir los datos. El atributo con la mayor ganancia de información normalizada es el que se usa para tomar la decisión. El algoritmo recurre después a la sublista más pequeña. Normalmente, el algoritmo se interrumpe cuando todos los ejemplos de la lista pertenecen a la misma clase. Una vez que esto ocurre, simplemente se crea un nodo hoja para el árbol de decisión, etiquetándola con la clase a la que pertenecen las instancias que alcanzan este punto. Si ninguno de los rasgos proporciona ganancia de información, C4.5 crea un nodo más alto en el árbol usando el valor esperado de la clase.

Una consideración importante cuando construimos un modelo de clasificación es tratar de evitar un sobreajuste, esto es, construir modelos que solo proporcionen

buenos resultados con los datos de entrenamiento. Para conseguirlo, hemos usado validación cruzada de diez particiones (ten folds cross-validation) [Witten y Frank, 2005]. Este método proporciona estimaciones acerca de la predicción del comportamiento del modelo con datos diferentes del conjunto de entrenamiento.

Los árboles de decisión construidos con el algoritmo de clasificación descrito tienen dos propiedades que encajan con el objetivo de definir el cuestionario adaptativo:

- El criterio para escoger el siguiente atributo usado para dividir los datos es maximizar la ganancia de información. En otras palabras, seleccionamos los atributos más relevantes para un subconjunto dado de la muestra.
- Los árboles de decisión nos proporcionan representaciones explícitas del modelo de clasificación, permitiendo la construcción de cuestionarios dinámicos basados en los atributos (cuestiones) usados en el árbol.

	Activo	Sensorial	Visual	Secuencial
	Reflexivo	Intuitivo	Verbal	Global
Preguntas	4.97	4.06	4.96	4.28

Tabla 4.1: Número medio estimado de preguntas para cada dimensión

La tabla 4.1 muestra el camino medio que va desde la raíz hasta las hojas en el árbol de clasificación para cada dimensión, considerando el número de ejemplos de entrenamiento que son necesarios para alcanzar cada hoja. Ese número representa el número medio de cuestiones que el SHA debería hacer a un estudiante para clasificarle en una determinada dimensión con un erro de estimación menor del 5

Las cuestiones que se presentan a cada estudiante son seleccionadas sobre la marcha, de acuerdo con la clasificación generada por el árbol para cada dimensión. Las figuras 4.3, 4.4, 4.5, y 4.6, muestran el árbol de clasificación generado por el algoritmo C4.5 para las dimensiones 1 (activo/reflexivo), 2 (sensorial/intuitivo), 3 (visual/verbal) y 4 (secuencial/global), para la muestra de 330 estudiantes.

Estos árboles se pueden interpretar desde arriba hacia abajo. Las cuestiones están representadas por círculos ($Q\ xx$) y cada círculo tiene dos posibles caminos, dependiendo de la respuesta del estudiante (a o b), donde xx es el número de la cuestión en el cuestionario ILS. Cuando una respuesta clasifica estudiantes, conduce a una hoja. Estas hojas pueden clasificarlos en altos ($H\ xx$ y un hexágono), neutros ($N\ xx$ y un pentágono), y bajos ($L\ xx$ y un rectángulo), donde xx es el número de estudiantes de la muestra clasificados en esa hoja.

Incluso si todos los ejemplos de la muestra estuvieran bien clasificados, se supone que el clasificador comete errores cuando clasifica nuevas instancias (estudiantes). La tabla 4.2 muestra el error estimado de predicción para cada dimensión.

Es interesante analizar los resultados cuando generamos árboles a partir de cada una de las 3 muestras originales. Incluso cuando el error esperado crecía, el algoritmo seleccionó básicamente los mismos atributos (las mismas cuestiones) para la mayor parte de los árboles.

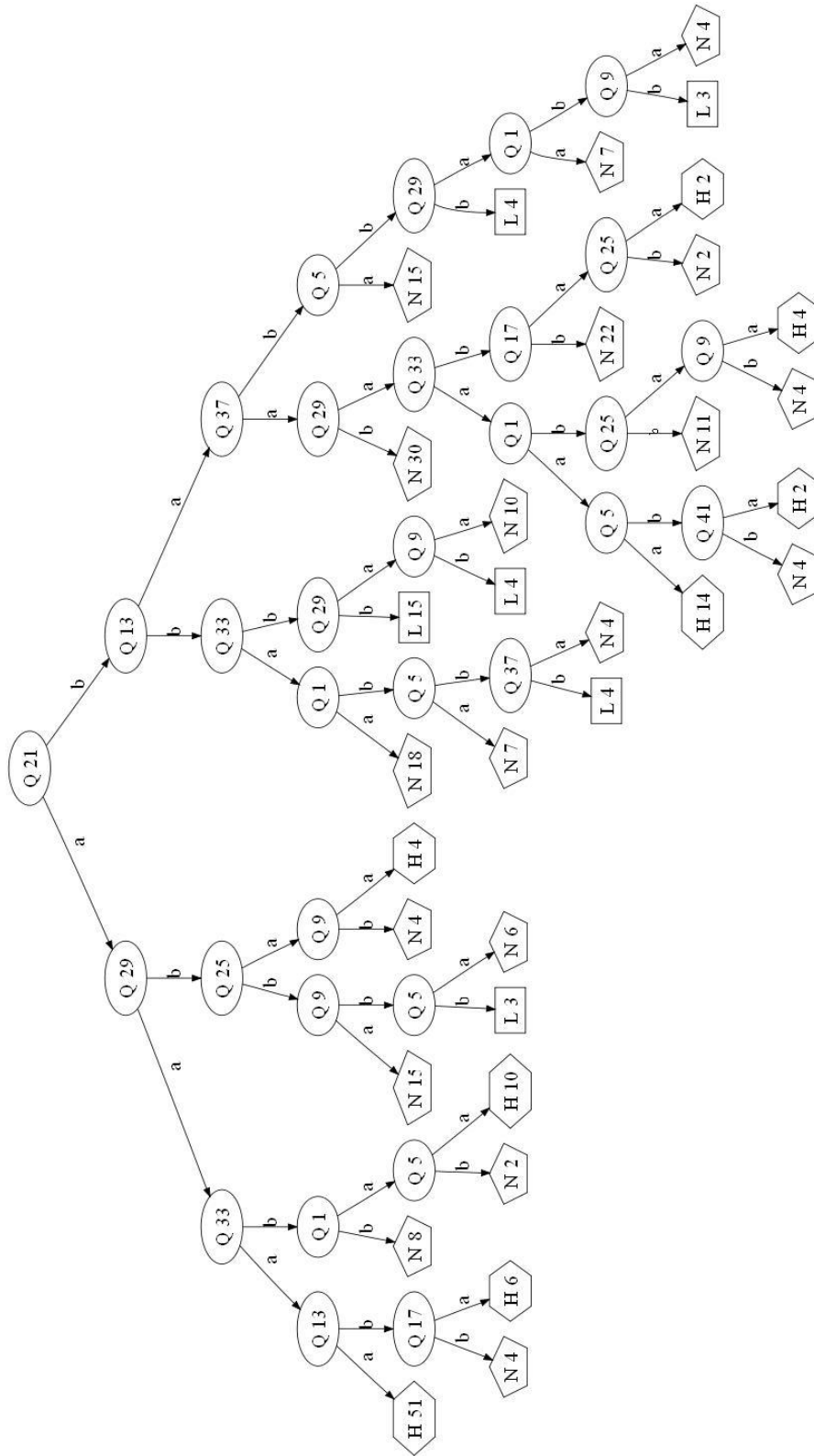


Figura 4.3: Árbol de decisión para la dimensión activo/reflexivo con una muestra de 330 estudiantes

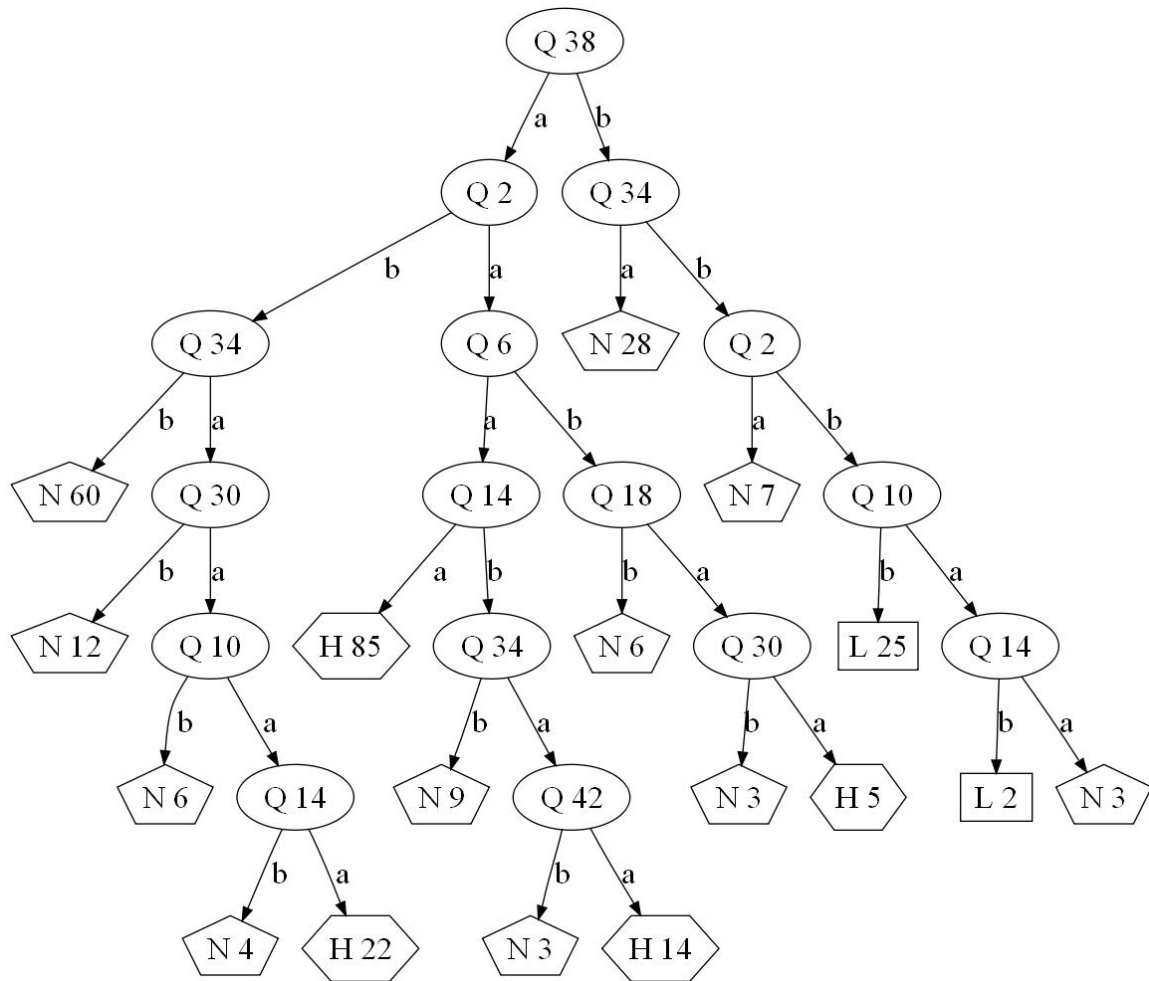


Figura 4.4: Árbol de decisión para la dimensión sensorial/intuitivo con una muestra de 330 estudiantes

	Activo Reflexivo	Sensorial Intuitivo	Visual Verbal	Secuencial Global
Error (%)	4.29	1.36	2.92	3.41

Tabla 4.2: Error estimado para clasificar en cada una de las dimensiones

Este hecho indica dos cosas:

1. La importancia de una cuestión no varía significativamente con la edad del estudiante.
2. Los árboles parecen converger a un árbol común, independientemente del origen de la muestra, o al menos a un subconjunto de cuestiones comunes.

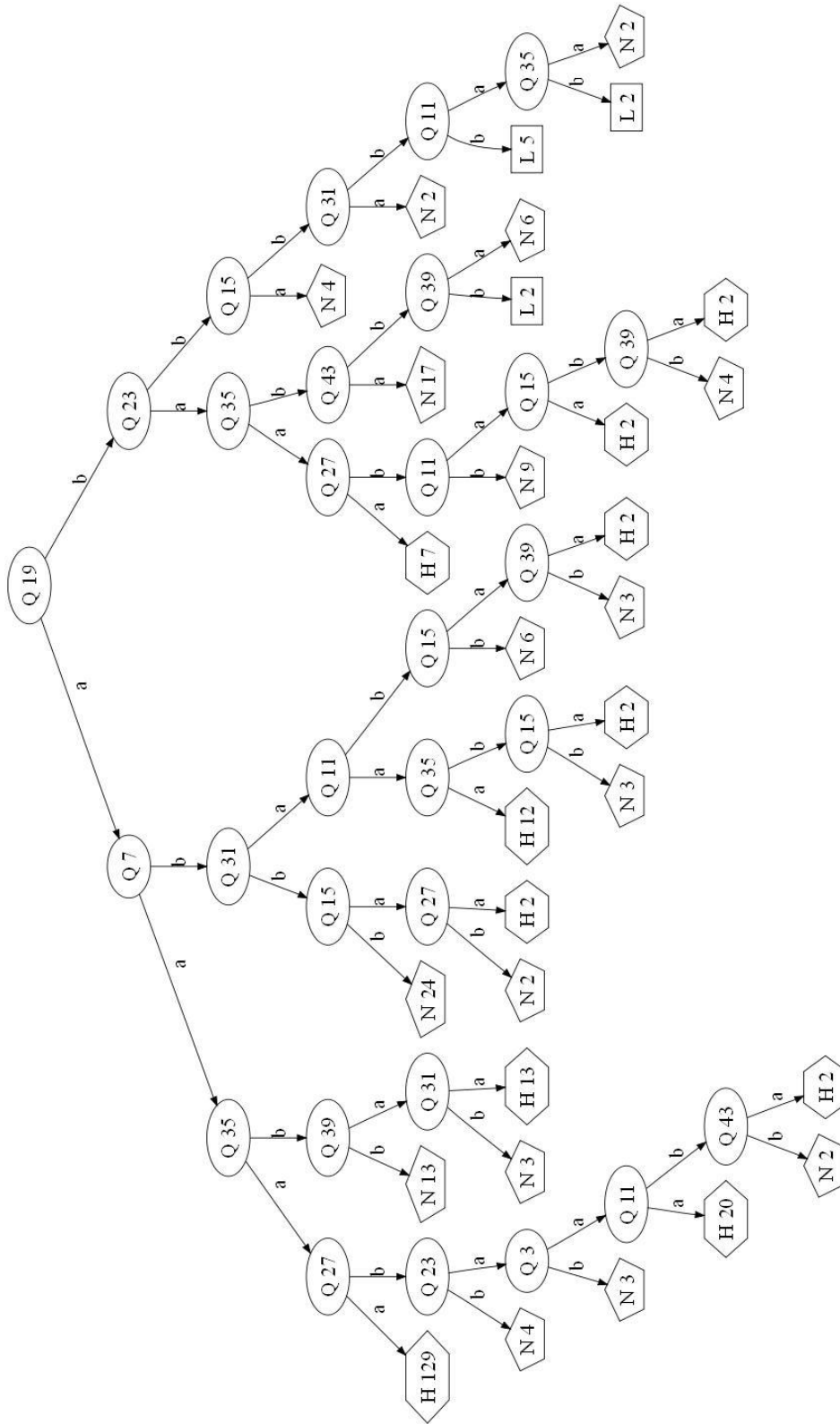


Figura 4.5: Árbol de decisión para la dimensión visual/verbal con una muestra de 330 estudiantes

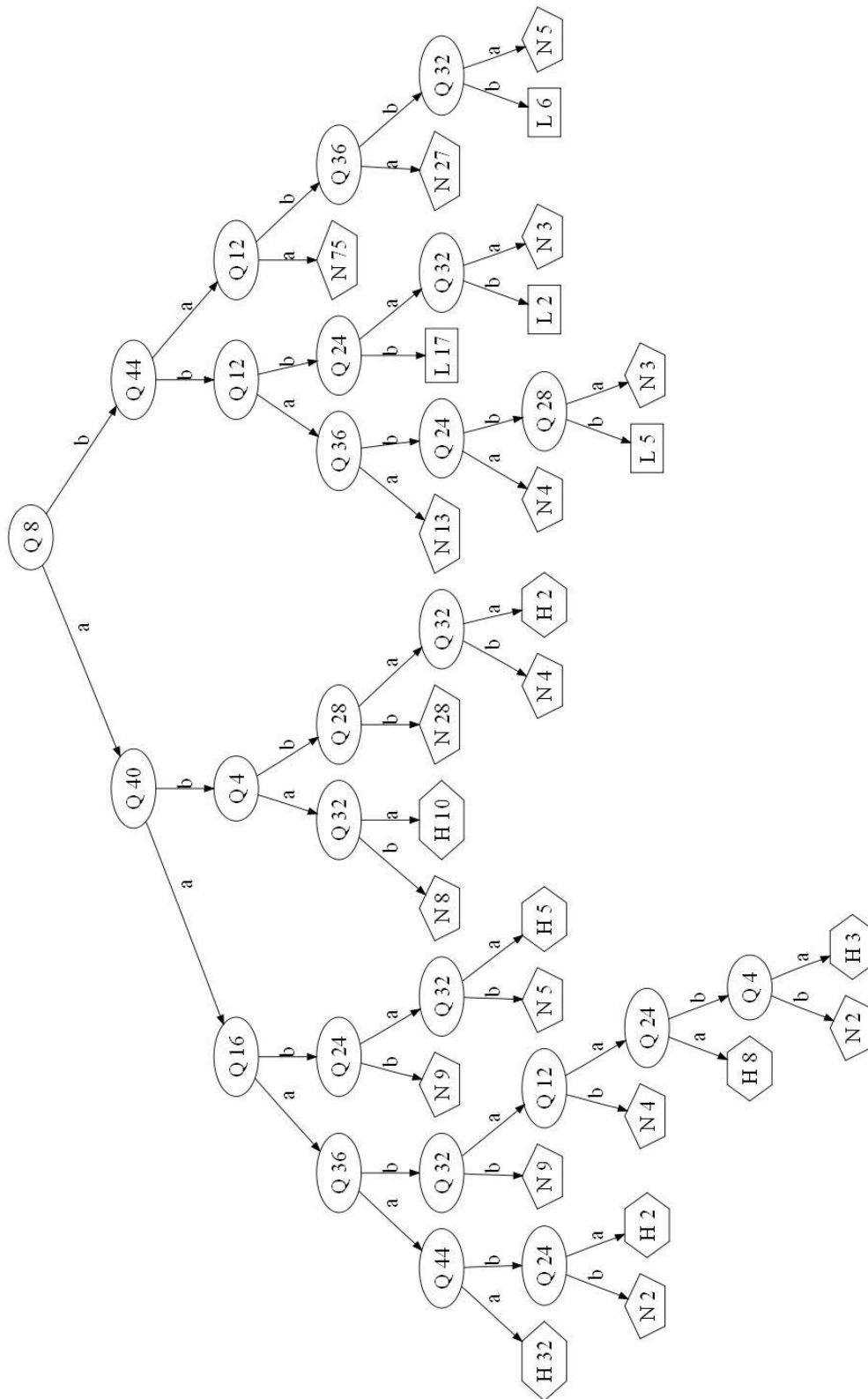


Figura 4.6: Árbol de decisión para la dimensión secuencial/global con una muestra de 330 estudiantes

4.3.3. Inferencia en el modelo de usuario

El modelo de usuario propuesto toma los datos de los estilos de aprendizaje de los alumnos a través del cuestionario ILS. Las propiedades del curso se adaptan a esas características iniciales que pueden ser modificadas de forma dinámica en función de las acciones del usuario. Conforme la cantidad de información (acciones del usuario) va creciendo, el modelo de usuario puede ir cambiando o no [Paredes y Rodríguez, 2004]. Las acciones y los resultados a tener en cuenta en la interacción del estudiante con el sistema son:

- Las tareas que han sido realizadas y en que orden
- El tiempo que el estudiante ha tardado en realizar las tareas
- El porcentaje de ejercicios resueltos correctamente

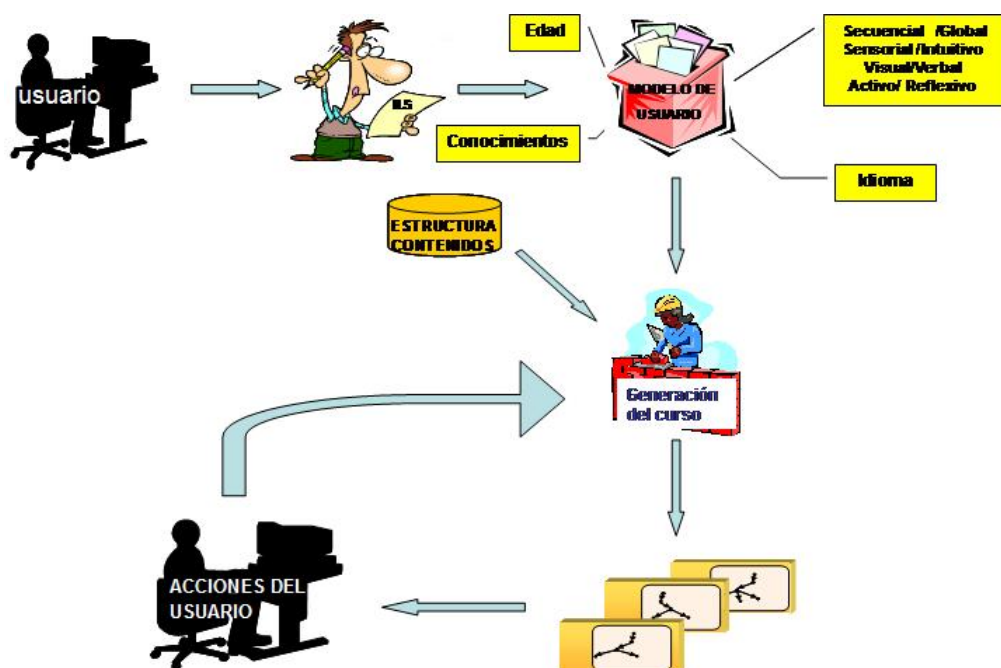


Figura 4.7: Proceso de adaptación

Como se describió al principio, uno de los objetivos de este trabajo es permitir que los estudiantes que han sido inicializados como secuenciales cambien ese rasgo en su modelo de usuario por globales si detectamos ciertos comportamientos. Por ejemplo, moverse sistemáticamente hacia adelante y hacia atrás sin perder mucho tiempo en las páginas intermedias, puede significar que hemos diagnosticado mal el estilo de aprendizaje de ese estudiante. Se podría concluir que estos estudiantes necesitan un entorno más flexible y con mayor libertad de movimientos o, incluso, anomalías en el diseño del curso. Por el contrario, podemos cambiar el estilo de

aprendizaje de global a secuencial cuando observemos que el estudiante sigue los enlaces disponibles siempre en el orden que se le han presentado.

Para la dimensión sensorial/intuitivo el proceso es similar. Se analiza si los estudiantes a los que presentamos las explicaciones después de los ejemplos, van sistemáticamente un paso atrás. Este comportamiento sugiere que estos estudiantes prefieren los ejemplos después de las explicaciones y viceversa. En la figura 4.7 podemos observar el proceso de creación de cursos (contenidos y estructura) en función de las características del estudiante y su posterior modificación (tanto del modelo de usuario, como del curso) si las acciones del usuario así lo aconsejan.

4.4. Recapitulación

En primer lugar, este capítulo ha presentado lo que se entiende por modelo de usuario y los tipos de modelos de usuario existentes. A continuación, cómo se inicializa y representa el modelo de usuario propuesto gracias al cuestionario Index of Learning Styles (ILS). Después, se ha definido un cuestionario adaptativo que selecciona y presenta las cuestiones más relevantes a cada estudiante, en función de sus respuestas, para su clasificación de acuerdo con su EA. Y, por último, el capítulo concluye presentando un método de inferencia en el modelo de usuario a partir del comportamiento y las acciones del estudiante. Este modelo es la fuente de información de la adaptación presentada en el capítulo siguiente.

Capítulo 5

Incorporación de los Estilos de Aprendizaje en TANGOW

Una vez establecidos los procesos de creación y actualización del modelo de usuario, la siguiente etapa en el proceso de personalización es la adaptación del sistema hipermedia adaptativo a ese modelo. Este trabajo ha implementado la adaptación en TANGOW (Task-based Adaptive learner Guidance On the Web), un sistema para la creación y realización de cursos a través de Internet [Carro *et al.*, 1999b] [Carro *et al.*, 1999a] [Carro *et al.*, 2004]. Este capítulo se divide en dos partes: en la primera parte describimos el Sistema Hipermedia Adaptativo, TANGOW, donde hemos implementado la adaptación, y en la segunda detallamos como se ha llevado a cabo esa adaptación.

5.1. TANGOW

Los cursos definidos con TANGOW pueden adaptarse tanto a las interacciones de los estudiantes con el sistema durante el seguimiento de un curso, como a las características propias de su modelo, en el que hemos incluido las valoraciones obtenidas a través del cuestionario ILS. Para la descripción de cursos en el sistema TANGOW se utiliza un paradigma lingüístico en cuanto a la definición de los conceptos y de las relaciones existentes entre ellos. Los cursos quedan así definidos en términos de tareas y reglas docentes. Una tarea docente es la unidad básica del proceso de aprendizaje, pudiendo ser atómica o compuesta.

Respecto a su objetivo principal, cada tarea puede ser de:

- teoría: la tarea contiene elementos de carácter teórico sobre unos conceptos determinados que el estudiante deberá asimilar. Normalmente, las tareas atómicas de tipo teórico, contienen explicaciones sobre un único concepto, de forma que el estudiante pueda asimilar esos conceptos y asociarlos con otros relacionados. No obstante, son los diseñadores los que definen la granularidad de los contenidos presentados en cada tarea atómica.
- prácticas: la tarea consiste en la realización de una serie de ejercicios relacionados con conceptos que el estudiante ya ha visto. Este tipo de tarea nos

permite evaluar los conocimientos que el estudiante ha ido adquiriendo y como evoluciona su conocimiento sobre el tema.

- ejemplos: la tarea contiene una serie de ejemplos acerca de uno o varios conceptos. Estas tareas son complementarias con las tareas de tipo teórico y muestran simulaciones o aplicaciones prácticas de conceptos que el estudiante ya ha visto o está a punto de ver.

La descomposición de tareas está representada por medio de reglas. Este modelo de representación de los conceptos y sus relaciones se enriquece con la consideración de tipos de secuenciación variables, utilizándose para ello algunas ideas provenientes de las tareas de usuario, tal y cómo se entienden en el área de los sistemas de interacción persona-ordenador. Así, cada regla no solo incluye información acerca de la tarea principal y las subtareas en que se descompone, sino también acerca del tipo de orden que se va a seguir cuando se acceda a dicha descomposición:

- todas las subtareas han de realizarse en un orden determinado (secuenciación AND),
- en cualquier orden (secuenciación ANY),
- solo puede realizarse una de ellas (secuenciación XOR),
- o pueden realizarse el número de subtareas, y en el orden, que decida el propio estudiante (secuenciación OR).

En TANGOW, el diseñador decide el número de tareas y el tipo de reglas y, por tanto, el orden de las tareas y su obligatoriedad o no. Nuestro planteamiento es modificar este orden en función del estilo de aprendizaje. Si el estudiante obtiene 1 o 3 en alguna dimensión, quiere decir que su preferencia por uno de los dos extremos de esa dimensión está equilibrada y, por lo tanto, se aplicará por omisión la secuencia establecida por el diseñador del curso. Si, por el contrario, el estudiante alcanza un valor igual o superior a 5, la secuencia de tareas se alterará para adaptarse a su estilo de aprendizaje. En cuanto a la presentación del árbol de tareas a cada estudiante que accede al curso, el sistema sigue la metáfora de semáforos [Schwarz *et al.*, 1996]: en los árboles de tareas se presentan las tareas accesibles en color verde y las no accesibles en color rojo. El que estas tareas estén o no accesibles depende tanto de la clase de regla que descomponga la tarea en la que nos encontramos como de si esas tareas poseen o no condiciones de activación.

5.1.1. Adaptación en el aprendizaje individual

En TANGOW se utilizan algunas técnicas de adaptación para personalizar los contenidos y la estructura del curso a las características del estudiante mientras aprende de forma individual:

- Presentación o no de ciertas tareas: una tarea específica puede ser presentada a un estudiante mientras realiza un curso, mientras esa misma tarea puede ser omitida para otro estudiante que realiza el mismo curso.
- Modificación de la estructura del curso: una tarea determinada puede ser presentada a distintos estudiantes en diferentes puntos del curso, es decir, en diferentes momentos con respecto al desarrollo del curso. Esto da lugar a estructuras del curso personalizadas para cada estudiante.
- Requisitos previos: en TANGOW, dado un conjunto de tareas, se pueden establecer dependencias entre ellas, de manera que si no se ha realizado alguna tarea o tareas previamente no se pueda acceder a otras. Se pueden establecer diferentes prerrequisitos para diferentes estudiantes en función de sus características personales y de sus acciones previas.
- Adaptación de la secuenciación de contenidos: una tarea puede dividirse en subtareas, y se puede establecer el orden de esas subtareas mediante reglas de secuenciación. Es posible establecer un orden específico para esas subtareas (AND), dejar a los estudiantes elegir el orden de realización (ANY), o dejarles elegir entre diferentes subtareas con el mismo objetivo (OR). Por una parte, diferentes reglas de secuenciación pueden ser establecidas para diferentes tipos de estudiantes, y por otra, el orden entre las diferentes subtareas de una tarea con regla de secuenciación AND, puede también ser diferente dependiendo del tipo de estudiante.
- Adaptación de contenidos: las páginas mostradas a los estudiantes por el sistema se generan de forma dinámica a partir de los fragmentos html. Variaciones de esos fragmentos, incluyendo diferentes elementos multimedia, pueden ser incluidos en la página que se muestra al estudiante para la realización de una determinada tarea, así es que la explicación, el ejemplo o el enunciado del ejercicio más apropiado para cada estudiante puede ser construido en tiempo de ejecución. Los diferentes fragmentos pueden estar asimismo en diferentes idiomas.

5.2. Adaptación basada en los Estilos de Aprendizaje

Esta adaptación a los estilos de aprendizaje de cada estudiante se basa en la idea de que a cada estudiante se le pueden presentar los cursos de una forma personalizada para mejorar el proceso de aprendizaje mientras interactúa con materiales educativos. La posibilidad de ampliar la adaptación proporcionada por TANGOW considerando los estilos de aprendizaje consiste no solo en incluir los estilos de aprendizaje como nuevos rasgos de nuestro modelo de usuario, sino también en modificar automáticamente las reglas de secuenciación o los contenidos mostrados dependiendo del estilo de aprendizaje del alumno de manera que los diseñadores de los cursos no tengan que modificarlos [Carro *et al.*, 2004].

La adaptación del curso al estilo de aprendizaje del estudiante parte de las reglas especificadas por el diseñador del curso y de la información acerca del estilo de aprendizaje obtenida a través del cuestionario ILS. Las reglas y los contenidos son modificados para los estudiantes con una tendencia moderada y extrema en alguna de las dimensiones del modelo de Felder-Silverman.

Hemos establecido una relación entre los estilos de aprendizaje del modelo de Felder-Silverman y los rasgos que pueden ser adaptados en un sistema de enseñanza a través de Internet [Paredes y Rodríguez, 2003], como se puede ver en la tabla 5.1.

	Activo Reflexivo	Sensorial Intuitivo	Visual Verbal	Secuencial Global
¿Qué podemos adaptar?	Participación	Contenido	Presentación	Perspectiva

Tabla 5.1: Relación entre dimensiones del modelo y rasgos que pueden ser adaptados

- La dimensión secuencial/global afecta a la perspectiva del estudiante, sería el punto desde donde el estudiante observa el curso. Los estudiantes secuenciales prefieren mirar el curso desde dentro, mientras los estudiantes globales prefieren observarlo desde fuera. Presentar el curso de la manera deseada por cada uno podría solucionar el problema de estar perdido en el hiperespacio para los estudiantes secuenciales y el problema de la pérdida de libertad para los estudiantes globales.
- La dimensión sensorial/intuitivo está relacionada con el contenido, más concretamente con el tipo de contenido que se presenta. Los estudiantes sensoriales prefieren la presentación de las explicaciones después de los ejemplos y viceversa para los estudiantes intuitivos. Esto implica, por una parte, la necesidad de una relación de pertenencia entre explicaciones y ejemplos, y por otra, el problema de posibles conflictos entre la secuenciación establecida por la dimensión secuencial/global y la establecida por esta dimensión.

- La dimensión visual/verbal es una dimensión difícil de adaptar en la educación a través de Internet ya que mientras que en las dimensiones secuencial/global y sensorial/intuitivo el sistema adapta la secuenciación del curso, la adaptación a la dimensión visual/verbal podría causar la eliminación de material educativo. Incluso si pudiésemos expresar el mismo contenido de ambas formas, mediante palabras y mediante imágenes (algo difícil de asegurar a priori), nosotros no encontramos ninguna razón para no presentar ambas explicaciones del mismo concepto a todos los estudiantes. Quizás la inclusión o no de imágenes podría depender en gran medida de los requerimientos técnicos.
- La dimensión activo/reflexivo está relacionada históricamente con la utilización de simulaciones en los cursos y con el trabajo en grupo. Se utilizará esta dimensión para la generación automática de grupos, tal y como se desarrollará en el Capítulo 7.

5.2.1. Adaptación secuencial/global

La adaptación secuencial/global se centra en la utilización del cuestionario ILS para la detección de aquellos tipos de estudiantes que presentan características moderadas o extremas en lo que a este rasgo se refiere, información que se utiliza para variar la secuenciación de los conceptos que se presentan por parte de un sistema de enseñanza adaptativo [Paredes y Rodríguez, 2002c]. Recordemos que el tipo secuencial puro prefiere cursos organizados paso a paso, muy estructurados, dejando pocas opciones al estudiante, mientras que el tipo global prefiere cursos más flexibles, menos estructurados, en los que pueda moverse con libertad para construir su mapa mental a través de la exploración del curso. El interés en realizar la adaptación propuesta se justifica en la interpretación del ILS, ya que el aprendizaje de los usuarios que obtienen valores altos en un extremo de la dimensión podría ser muy ineficaz si el procedimiento de enseñanza no se adapta a sus características. Para tener en cuenta estas preferencias, se adapta la secuenciación del curso en función del estilo de aprendizaje del alumno como se muestra en la tabla 5.2

Valoración	Secuenciación original	Secuenciación adaptada
Secuencial	ANY	AND
Secuencial	AND	AND
Global	ANY	ANY
Global	AND	ANY

Tabla 5.2: Adaptación de la secuenciación en TANGOW teniendo en cuenta el rasgo secuencial/global

En la figura 5.1 se muestra esquemáticamente cuál es el tipo de adaptación propuesto, que cuenta con que el sistema que se utilice disponga, además de la valoración recibida a partir de las preguntas pertinentes extraídas del ILS, de una

representación formal de cursos que refleje el diseño de un itinerario conceptual en el que se permiten algunos grados de libertad. Éste es el caso de TANGOW.

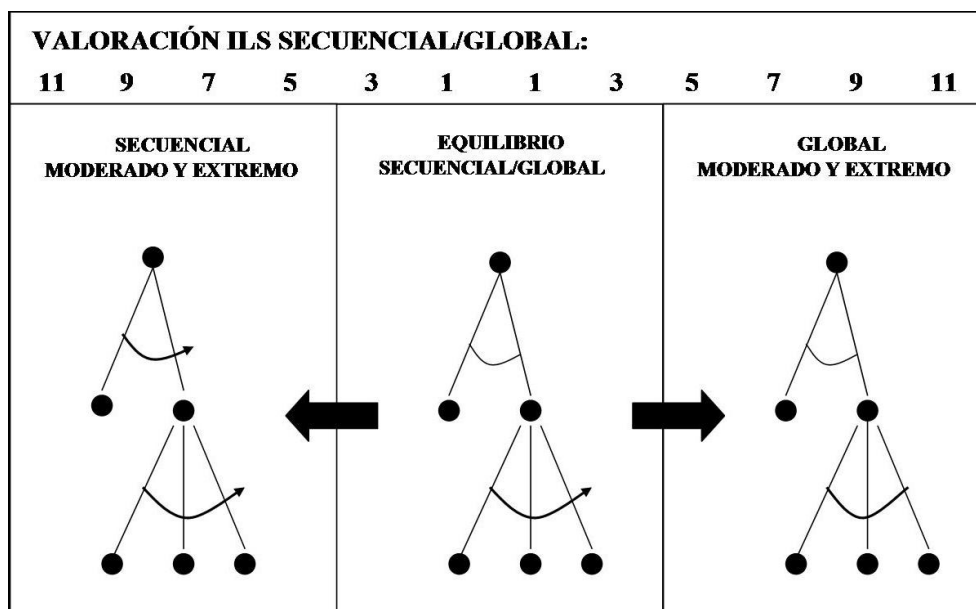


Figura 5.1: Adaptación secuencial/global

En lo que respecta a la dimensión considerada, secuencial/global, la adaptación se centra en minimizar dichos grados de libertad para los estudiantes que presentan una clara tendencia secuencial y en maximizarla para los que presentan la tendencia opuesta. De esta forma, aquellos conceptos que en la versión estándar del curso podrían aprenderse en cualquier orden, pasan a presentarse en un orden estricto para los estudiantes que pertenecen al primer grupo. El orden elegido es aquel en el que fueron propuestos inicialmente por el diseñador. A cambio, para los estudiantes pertenecientes al segundo grupo, la adaptación se refleja en una mayor posibilidad de exploración, permitiéndosele acceder en cualquier orden a grupos de conceptos que inicialmente se planteaban en estricta secuencialidad.

En el esquema, los nodos representan los conceptos que se han de aprender y las líneas entre nodos la relación existente entre los conceptos y los subconceptos relacionados. Los arcos que cruzan cada grupo de líneas conducentes a subconceptos son dirigidos (hecho que se representa mediante flechas) en caso de que el orden en el que se presentan dichos subconceptos al estudiante esté predefinido, y no dirigidos en caso contrario.

En la figura 5.2 puede observarse el resultado de esta adaptación sobre una parte de un curso de ajedrez previamente desarrollado en el sistema. En concreto, se trata de la forma en que se exponen los conceptos teóricos básicos del juego para un estudiante con tendencia global moderada o extrema (izquierda) y de la exposición de la misma materia para un estudiante con tendencia secuencial moderada o extrema (derecha). En este ejemplo, la adaptación fundamentada en los valores secuencial/global se superpone a la adaptación referida a los conocimientos previos de cada uno de los dos estudiantes, ya que el estudiante de la izquierda se considera avanzado y el de la derecha novato en la materia. Por esta razón,

también la lista de conceptos que se les presenta es diferente. Por ejemplo, al estudiante avanzado, con independencia de su valoración secuencial/global, se le muestran las reglas de escritura de los movimientos del juego, información que no se considera necesario presentar a un estudiante novato.

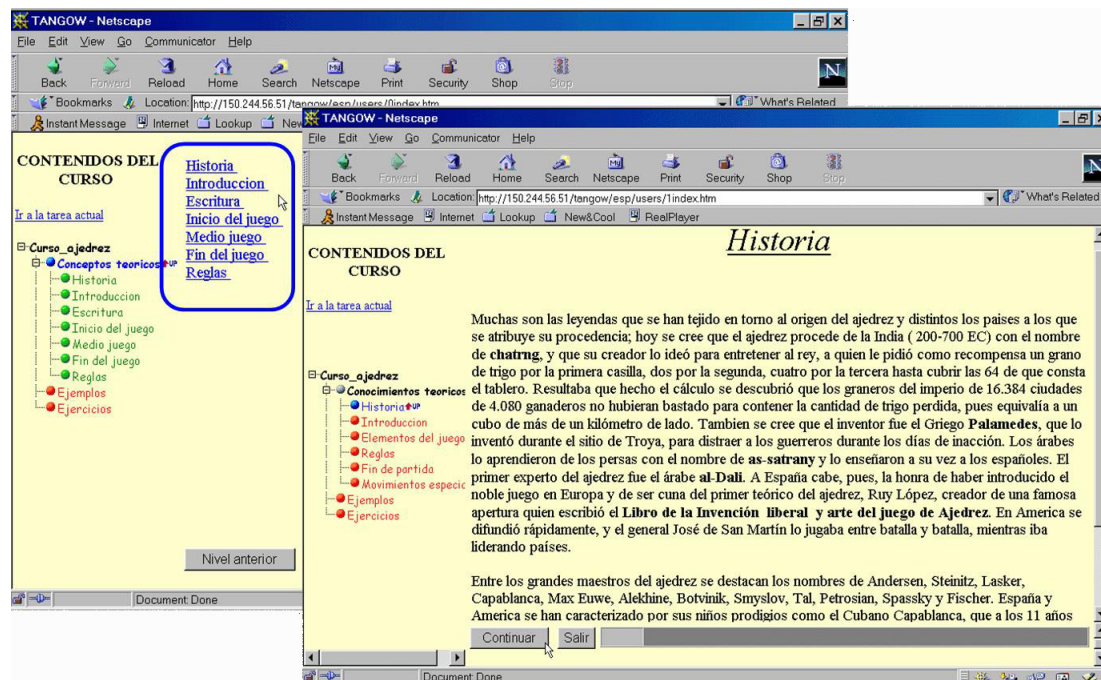


Figura 5.2: Adaptación secuencial/global en un curso de ajedrez

Como puede observarse en el árbol de tareas del curso de ajedrez que se presenta a una persona que ha obtenido una puntuación de 5, 7, 9 u 11 en el estilo de aprendizaje global, y por lo tanto se considera con tendencia global moderada o extrema, todas las subtareas de la tarea principal están accesibles y por lo tanto es el alumno quién decide el orden en el que va a acceder a cada una de ellas. En la figura se señala este hecho recuadrando el conjunto de enlaces que aparecen en la página. Aunque el diseñador haya establecido que la regla es de tipo AND, el orden se adapta para que los alumnos con un estilo de aprendizaje global puedan ejecutar las tareas en el orden que ellos decidan, transformándose la secuenciación de la regla, que era de tipo AND, en secuenciación de tipo ANY. Evidentemente, para que esta transformación no tenga efectos perjudiciales en la comprensión del curso, los conceptos deben ser claros e independientes. Por el contrario, en el árbol de tareas que se le presenta a una persona que ha obtenido 5, 7, 9 u 11 en el estilo de aprendizaje secuencial, considerándose entonces de tipo secuencial moderado o extremo, sólo aparece activa, esto es, accesible, la primera tarea de la regla y, por consiguiente, la secuencia de aprendizaje es totalmente guiada y no presenta al estudiante ninguna opción de elección. En el caso del ejemplo, solo se modifica la secuenciación para los estudiantes con marcada tendencia global, ya que la secuenciación definida por el diseñador del curso coincide con la preferencia en la presentación de los conceptos que resultaría más conveniente para estudiantes con tendencia secuencial.

5.2.2. Adaptación sensorial/intuitivo

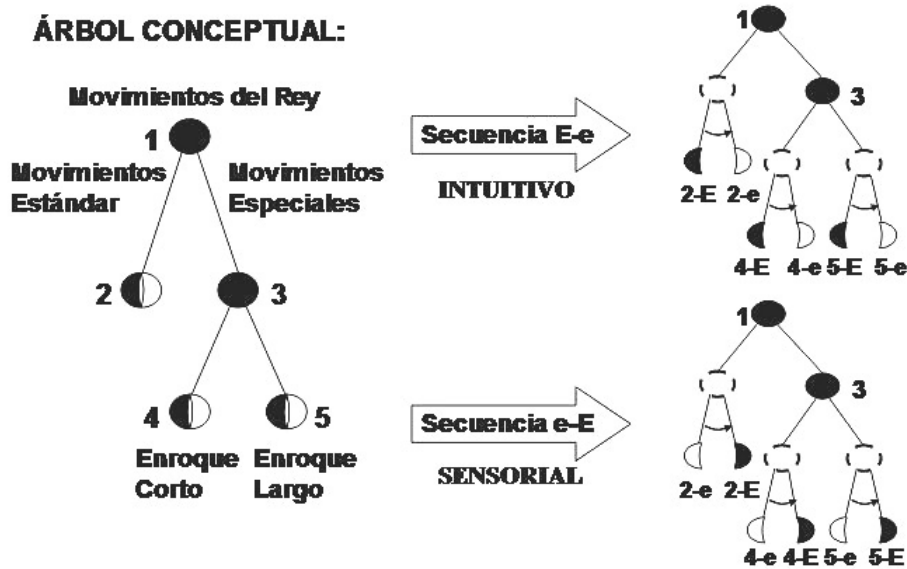


Figura 5.3: Adaptación sensorial/intuitivo en un curso de ajedrez

La adaptación en la dimensión sensorial/intuitivo se basa en la existencia de tareas teóricas (E, de exposición) que pueden tener una tarea de ejemplo (e) asociada. Los diseñadores establecen el orden por omisión, esto es, el orden de las tareas y, por lo tanto, el orden del tipo de tareas (ejemplo primero o teoría primero). En la adaptación sensorial/intuitivo se modifica dinámicamente el orden teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje del estudiante [Paredes y Rodríguez, 2002b]. Si la puntuación está entre 3 y -3, su estilo de aprendizaje en esta dimensión está equilibrado y aplicaremos el orden establecido por omisión. Si, por el contrario, obtiene una puntuación distinta, el orden de las tareas E-e estará de acuerdo con su estilo de aprendizaje.

En la figura 5.3 se presenta el árbol conceptual de un fragmento de un curso de ajedrez, con tres nodos E-e. Los nodos 2, 4 y 5 son nodos E-e, esto implica que los estudiantes podrían ver teoría antes de ejemplos (E-e) o viceversa (e-E). Este árbol muestra los movimientos estándar y especiales del Rey (enroque corto y largo). En el lado derecho se muestran los dos árboles diferentes que se generan sobre la marcha para adaptarse al rasgo sensorial/intuitivo. El de arriba, con nodos E-e, se le presenta a los estudiantes intuitivos moderados y extremos, mientras que el de abajo, con nodos e-E, se le presenta a estudiantes sensoriales moderados y extremos. La secuenciación por omisión se le aplica a los estudiantes con una tendencia equilibrada.

5.3. Recapitulación

En este capítulo se ha descrito un sistema hipermedia adaptativo y cómo se ha usado la información almacenada en el modelo de usuario acerca del estilo de aprendizaje del estudiante para la adaptación. En concreto se ha adaptado la secuenciación de tareas y de exposiciones y ejemplos asociados, a las dimensiones secuencial/global y sensorial/intuitivo.

En la figura 5.4 mostramos la secuenciación adaptada de un fragmento de un curso formado por 5 tareas. Teniendo en cuenta las dimensiones secuencial/global y sensorial/intuitivo, los posibles modelos del curso son la combinación de global con sensorial, global con intuitivo, secuencial con sensorial y secuencial con intuitivo [Paredes y Rodríguez, 2002a].

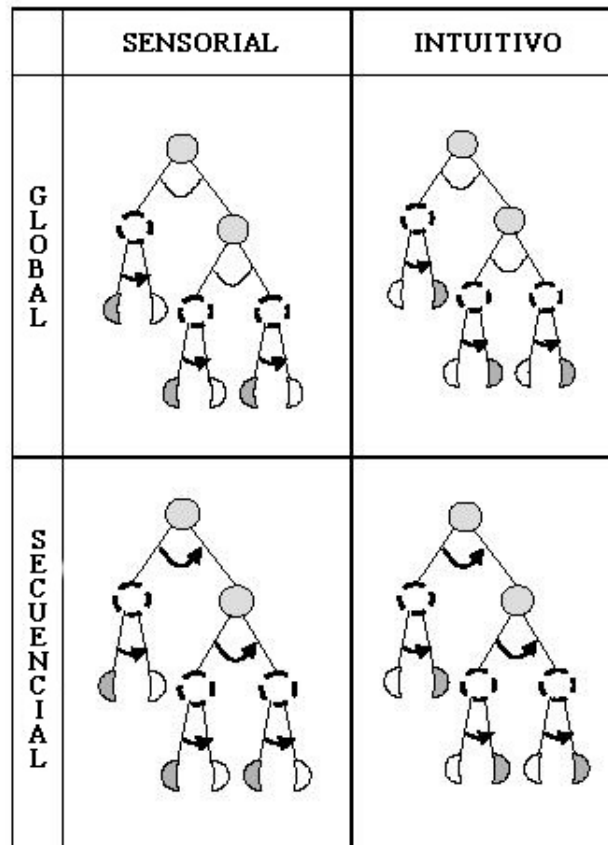


Figura 5.4: Adaptación sensorial/intuitivo y secuencial/global

Capítulo 6

Impacto de los Estilos de Aprendizaje en el trabajo en grupo

En este capítulo se describe un estudio llevado a cabo con el objetivo de obtener información acerca de si los estilos de aprendizaje de alumnos que trabajan juntos pueden influenciar el resultado de su trabajo y, si es así, cuáles son las dimensiones que afectan en mayor medida al éxito en la tarea [Alfonseca *et al.*, 2006]. En particular, el estudio está orientado a encontrar información que pueda ser usada en sistemas hipermedia adaptativos para la agrupación automática o supervisada de los estudiantes partiendo de la información almacenada en el modelo de usuario. Disponer de un sistema de agrupación automática es especialmente útil en el caso de estudiantes que no se conocen con anterioridad. También es interesante obtener información acerca de los patrones de agrupación que siguen los estudiantes cuando se agrupan libremente, de manera que se pueda conocer si el esfuerzo de agruparles automáticamente merece la pena o no.

Específicamente, las cuestiones que el estudio intenta responder son:

- ¿Afectan los estilos de aprendizaje de los estudiantes al resultado del trabajo en grupo?
- ¿Es alguna dimensión del modelo de Felder-Silverman más relevante que otras con respecto al trabajo colaborativo?
- ¿Obtienen mejores resultados los grupos heterogéneos (formados por estudiantes con distintos estilos de aprendizaje) comparados con grupos homogéneos?
- ¿Existe alguna correlación entre las dimensiones del modelo?
- Cuando se deja que los estudiantes se agrupen libremente, ¿tienden a agruparse con alumnos similares, o diferentes, respecto al estilo de aprendizaje?
- ¿Algún estilo de aprendizaje predomina en los estudiantes?

6.1. Un estudio sobre el impacto de los EA en el trabajo en grupo

Las hipótesis que motivan este estudio son:

- Las personas con estilos de aprendizaje diferentes tienen perspectivas diferentes acerca de las estrategias para dinamizar la interacción en el grupo [Kolb, 1999]. Como consecuencia, se espera que los estilos de aprendizaje tengan impacto en cómo se desarrolla la tarea colaborativa [Martín y Paredes, 2004].
- Algunas dimensiones pueden afectar el trabajo colaborativo más que otras. Teniendo en cuenta el modelo de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman, la dimensión activo/reflexivo tiene más posibilidades de influir en el resultado de la colaboración. Como dice Felder [Felder y Silverman, 1988], *los procesos mentales complejos a través de los cuales la información percibida es convertida en conocimiento se pueden agrupar en dos categorías: experimentación activa y observación reflexiva. La experimentación activa implica hacer algo en el mundo exterior con la información, discutiéndola, explicándola o probándola de alguna forma, mientras que la observación reflexiva supone examinar y manipular la información de una forma introspectiva. Una clase en la que los alumnos estén siempre pasivos es una clase en la que ni los experimentadores activos ni los observadores reflexivos pueden aprender de forma efectiva.*

El mismo razonamiento es útil para la formación de grupos.

6.1.1. Metodología

El estudio se llevó a cabo con 166 estudiantes voluntarios de un curso de *Teoría de Autómatas y Lenguajes Formales*, en la titulación de Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid. Los contenidos del curso incluían autómatas finitos, expresiones regulares, autómatas a pila, gramáticas y máquinas de Turing. El curso es obligatorio, troncal, en el segundo año de la Licenciatura.

Primero, los estudiantes del curso tuvieron que rellenar el cuestionario ILS para determinar cuál era su estilo de aprendizaje. El cuestionario estuvo disponible a través de Internet durante las dos primeras semanas del curso y los estudiantes pudieron rellenarlo durante ese tiempo.

Después, los estudiantes tenían que resolver dos ejercicios de programación en grupo. El primero consistía en la implementación de un autómata finito (AF), contestando preguntas acerca del lenguaje aceptado por algunos AFs, minimización de AFs, y conversiones entre autómatas deterministas y no deterministas. En el segundo ejercicio debían implementar un intérprete de comandos con la capacidad de analizar morfológica y sintácticamente la frase escrita por el usuario. Opcionalmente, los estudiantes podían usar una librería gráfica para mostrar imágenes, ampliarlas o reducirlas, e ir hacia delante o hacia atrás en un álbum de fotos.

Se permitió que los estudiantes se agrupasen por parejas libremente, sin instrucciones de cuál debía ser su compañero. La mayoría decidió trabajar con amigos y muchos de ellos con alumnos con los que ya habían trabajado en cursos previos.

Finalmente los profesores evaluaron los ejercicios y el trabajo de cada pareja obtuvo una puntuación entre 0 y 10. Casi todos los estudiantes que finalizaron los dos ejercicios obtuvieron una puntuación superior a 5 (aprobaron).

Los estudiantes estaban muy motivados por entregar un buen trabajo ya que esta nota era parte de la nota final de la asignatura. Respecto a nuestro estudio, la nota obtenida se usó también para medir el éxito de la tarea colaborativa.

6.1.2. Resultados obtenidos

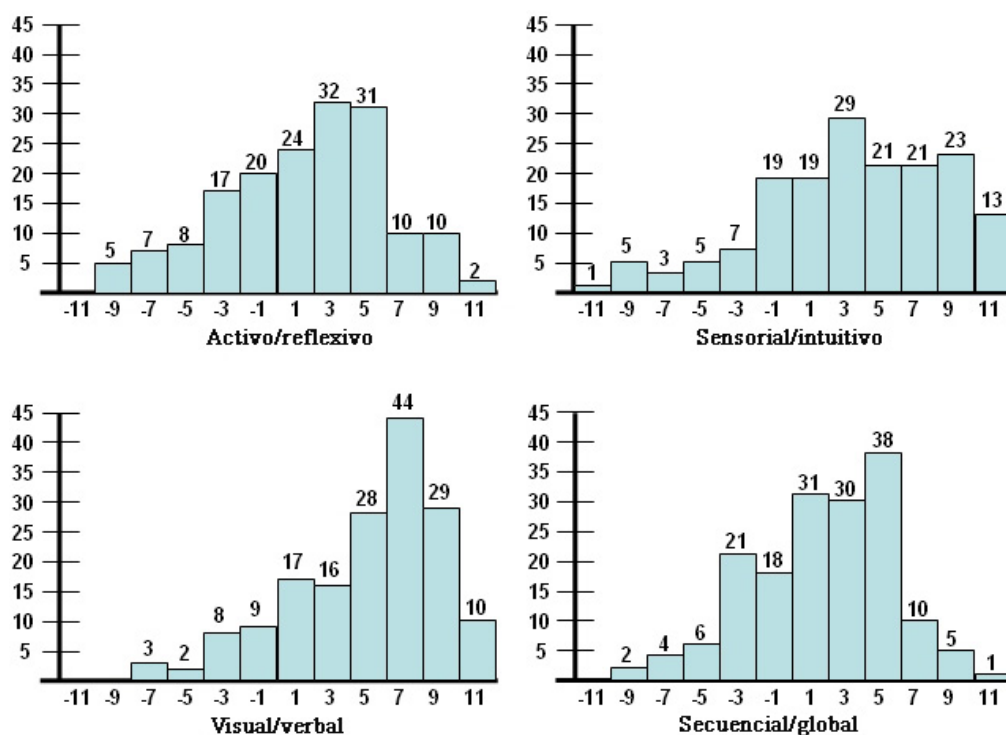


Figura 6.1: Histogramas de las cuatro dimensiones

La figura 6.1 muestra los histogramas para cada una de las cuatro dimensiones consideradas y la tabla 6.1 algunas características de las distribuciones.

Como se puede ver, las distribuciones de las dimensiones activo/reflexivo y secuencial/global están más centradas y ambas poseen muchos valores positivos y negativos, con una ligera distorsión hacia los valores positivos. En cambio, en la dimensión sensorial/intuitivo hay muchos más valores positivos que negativos con un valor medio de 3.41. Esto significa que hay un mayor número de alumnos sensoriales que intuitivos en nuestro curso. Para finalizar, la asimetría es mucho más evidente en el caso de la dimensión visual/verbal. Cerca de dos tercios de los estudiantes obtienen un valor igual o superior a 5, lo que significa que la mayoría tienen una preferencia visual.

Dimensión	Media	Desv.Est.	Mediana	1 ^{er} cuartil	3 ^{er} cuartil
Activo-reflexivo	1.52	4.52	3	-1	5
Sensorial-intuitivo	3.41	5.06	3	1	7
Visual-verbal	4.95	4.12	6	3	7
Secuencial-global	1.69	3.90	3	-1	5

Tabla 6.1: Características de las distribuciones de las cuatro dimensiones para los estudiantes del curso

Una cuestión interesante en este punto es si existe alguna correlación entre dos dimensiones cualesquiera. Para responderla, hemos calculado las correlaciones entre las dimensiones, dos a dos, para todos los estudiantes. Los resultados se muestran en la tabla 6.2. Se puede observar que las correlaciones son pequeñas en todos los casos.

	Activo Reflexivo	Sensorial Intuitivo	Visual Verbal	Secuencial Global
Activo-reflexivo	-	0.07	0.21	0.10
Sensorial-intuitivo	-	-	0.19	0.25
Visual-verbal	-	-	-	0.00
Secuencial-global	-	-	-	-

Tabla 6.2: Correlaciones entre las cuatro dimensiones

Como los estudiantes se han agrupado juntos en parejas, estamos interesados en conocer si tienden a agruparse con estudiantes con estilo de aprendizaje similar, o por el contrario, la tendencia es colaborar con compañeros que tengan estilos de aprendizaje diferentes.

Con el objetivo de medir la similitud o diferencia entre dos estudiantes en una pareja, hemos usado la distancia Euclídea entre sus perfiles de aprendizaje. Las parejas con una distancia pequeña están formadas por estudiantes parecidos y las parejas con una distancia grandes están constituidas por estudiantes diferentes.

La distancia entre dos estudiantes nos da la medida de lo diferentes que son dos estudiantes. Aplicando la distancia Euclídea, el resultado sería:

$$D(S_j, S_k) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Dim_i(S_j) - Dim_i(S_k))^2} \quad (6.1)$$

donde n es el número de dimensiones

Podría ser que solo una o dos dimensiones fueran relevantes para la forma en que los estudiantes se agrupan juntos o el resultado final de su trabajo en grupo. Por ello hemos medido también, para cada pareja y para cada una de las cuatro dimensiones por separado, la distancia entre los valores de los dos miembros de la pareja.

Los resultados obtenidos están descritos en la tabla 6.3.

La distancia Euclídea media entre los dos miembros de una pareja es 10.95 y la distancia media para cada una de las cuatro dimensiones tiene valores que oscilan

	Media	Desv.Est.	Mediana	1 ^{er} cuartil	3 ^{er} cuartil
Distancia Euclídea	10.95	4.23	10.2	7.48	13.78
Activo-reflexivo	5.18	3.60	4.0	2	8
Sensorial-intuitivo	5.15	3.60	4.0	2	7
Visual-verbal	3.87	3.52	2.0	2	6
Secuencial-global	4.60	3.16	4.0	2	6

Tabla 6.3: Distribuciones de las distancias entre parejas

entre 3.87 y 5.18. Como era de esperar, la distancia en la dimensión visual/verbal es la más pequeña. Ya que la mayoría de los estudiantes tiene valores en esta dimensión comprendidos entre 5 y 9, es más probable que los dos miembros de cada pareja tengan valores similares. La segunda dimensión con la distancia más pequeña es la secuencial/global, que es la que tiene una menor desviación estándar.

Con la finalidad de estudiar las diferentes posibles parejas de estudiantes, les hemos agrupado, para cada dimensión, en las mismas categorías utilizadas en el Capítulo 4 para la implementación del cuestionario adaptativo:

- **Alto (H, del inglés “high”)**: estudiantes que tienen un valor mayor o igual a 5, que indica que pertenecen al primer extremo de la dimensión (activo, sensorial, visual y secuencial respectivamente).
- **Neutro (N)**: estudiantes que tienen un valor entre -3 y 3, que indica que no tiene tendencia por ninguno de los dos extremos.
- **Bajo (L, del inglés “low”)**: estudiantes que tienen un valor menor o igual a -5, que indica que pueden ser clasificados como pertenecientes al segundo extremo de cada dimensión (reflexivo, intuitivo, verbal y global respectivamente).

	H-H	L-L	H-L	H-N	N-L	N-N
Activo-reflexivo	4	0	6	26	14	33
Sensorial-intuitivo	15	2	2	36	8	20
Visual-verbal	32	0	1	31	4	15
Secuencial-global	4	0	3	26	9	41

Tabla 6.4: Diferentes tipos de parejas dependiendo del perfil de los dos miembros

La tabla 6.4 muestra cómo se agrupan los estudiantes en parejas sin ninguna instrucción previa y la tabla 6.5 muestra el número de casos esperados para cada posible combinación si los estudiantes se emparejaran al azar.

Existe una probabilidad bastante alta de que los alumnos se agrupen aleatoriamente con respecto a cualquiera de las cuatro dimensiones (los p valores para las dimensiones son 0.88, 0.29, 0.34 y 0.99, respectivamente).

	H-H	L-L	H-L	H-N	N-L	N-N
Activo-reflexivo	4.82	1.20	4.82	25.54	12.77	33.84
Sensorial-intuitivo	13.93	0.59	5.73	34.41	7.08	21.25
Visual-verbal	27.76	0.08	2.89	37.59	1.96	12.73
Secuencial-global	4.12	0.43	2.67	26.07	8.46	41.23

Tabla 6.5: Parejas esperadas si los estudiantes se agrupan aleatoriamente

Para conocer si los estudiantes con estilos de aprendizaje similares obtuvieron mejores resultados que las parejas diferentes o viceversa, es necesario analizar si existe alguna combinación de estilos de aprendizaje en particular que obtenga mejores resultados.

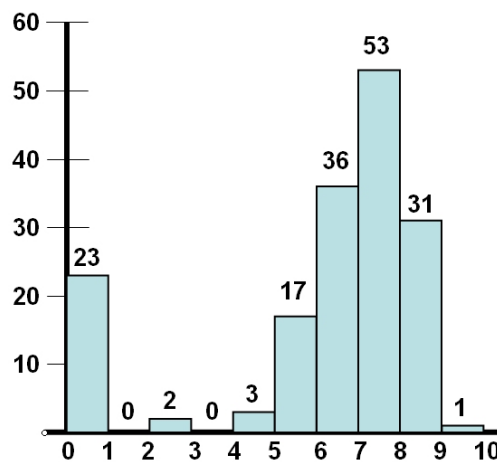


Figura 6.2: Histograma de las notas obtenidas

La figura 6.2 muestra los resultados obtenidos por las parejas. La mayoría de los estudiantes que finalizaron las prácticas obtuvieron una nota entre 7 y 8 de un máximo de 10, siendo las siguientes más obtenidas entre 6 y 7 y entre 8 y 9. 28 estudiantes no fueron capaces de finalizar la tarea y obtuvieron notas entre 0 y 5.

La tabla 6.6 muestra algunas características de la distribución de estas puntuaciones.

	Media	Desv.Est.	Mediana	1 ^{er} cuartil	3 ^{er} cuartil
Prácticas	6.13	2.70	7.09	5.70	7.76

Tabla 6.6: Características de la distribución de las notas obtenidas

La tabla 6.7 muestra la puntuación media obtenida por cada tipo de pareja teniendo en cuenta cada dimensión por separado. Aunque el número de estudiantes no es estadísticamente significativo, según el test de t-Student, hay algunas diferencias entre los grupos que permiten deducir ciertas tendencias:

- En la dimensión activo/reflexivo, el mejor resultado ha sido obtenido por las parejas que contenían un estudiante activo y otro reflexivo. El resto de las

parejas diferentes también obtuvieron buenos resultados en las dimensiones visual/verbal y secuencial/global.

- La mezcla de un estudiante de cualquier extremo con uno neutro no da malos resultados en ninguna dimensión.

	H-H	L-L	H-L	H-N	N-L	N-N
Activo-reflexivo	4.44	-	7.22	5.70	6.28	6.41
Sensorial-intuitivo	6.32	3.63	5.59	6.36	6.93	5.54
Visual-verbal	5.62	-	6.97	6.28	7.06	6.58
Secuencial-global	7.06	-	6.28	5.78	6.62	6.14

Tabla 6.7: Puntuación media para cada tipo de pareja posible

Un análisis similar se realizó clasificando las parejas de estudiantes con respecto a la distancia entre los miembros. Las parejas han sido divididas entre las que la distancia está por encima de la media y las que están por debajo. En concreto, para el caso de la distancia Euclídea, tal y como se ha definido anteriormente, la medida es 10.95. Una vez separados los grupos se ha calculado la nota media para cada uno de ellos para averiguar si estudiantes diferentes han obtenido mejor nota que los iguales o viceversa. El mismo procedimiento se ha repetido para cada una de las cuatro dimensiones. La tabla 6.8 muestra los resultados. La nota media es mejor para parejas diferentes teniendo en cuenta la distancia Euclídea y las dos primeras dimensiones (activo/reflexivo y sensorial/intuitivo). Aparentemente no hay mucha diferencia en las otras dos dimensiones.

	Por debajo de la media	Por encima de la media
Distancia Euclídea	5.81	6.50
Activo-reflexivo	5.91	6.40
Sensorial-intuitivo	5.94	6.34
Visual-verbal	6.10	6.15
Secuencial-global	6.15	6.09

Tabla 6.8: Puntuación media para cada tipo de pareja teniendo en cuenta la distancia entre sus miembros

6.1.3. Recapitulación

Estos resultados nos hacen pensar que la agrupación automática o supervisada de estudiantes con distintas puntuaciones en las dimensiones activo/reflexivo y sensorial/intuitivo puede mejorar el rendimiento del grupo [Paredes y Rodríguez, 2006]. Para ello sería conveniente desarrollar métodos y herramientas que den soporte al profesor a la hora de formar los grupos. Además, los resultados obtenidos en este estudio pertenecen a parejas; sería interesante observar qué resultados se obtienen en el caso de grupos más grandes.

Capítulo 7

Agrupación supervisada

Basándonos en la información del estudio descrito en el capítulo anterior, deberían crearse mecanismos de agrupación automática que se integrasen en entornos de aprendizaje a través de Internet. En estos entornos, a diferencia de en la enseñanza presencial, mecanismos de agrupación automática pueden ser muy útiles ya que la mayoría de las veces los estudiantes no se conocen previamente. Un entorno de enseñanza a través de Internet puede beneficiarse de estos mecanismos creando grupos con mayores posibilidades de obtener mejores resultados, sin trabajo extra por parte del profesor.

Incluso con el objetivo de crear grupos con distinto estilo de aprendizaje, implementar mecanismos efectivos de formación de grupos dado un conjunto de estudiantes no es una tarea fácil. Un algoritmo que trate de encontrar la división óptima de los estudiantes en grupos tiene que resolver el problema de encontrar una función capaz de calcular cuál es la mejor solución de varias posibles. No parece que exista un criterio claro para decidir, dadas dos colecciones de grupos, cuál es la mejor de ellas. Por ejemplo, ¿es mejor una agrupación en la que la mayoría de los grupos están formados por estudiantes muy diferentes entre sí y solo unos pocos grupos son más parecidos? ¿o una agrupación en la que todos los grupos están formados por estudiantes bastante diferentes?

Para solucionar esto, en este capítulo describiremos con detalle el algoritmo creado para la agrupación de estudiantes, llamado Faraway-so-close, y la herramienta de visualización de los resultados, TOGETHER.

7.1. TOGETHER

Como se ha visto en el capítulo anterior, los estudios muestran que los grupos con estudiantes diferentes en las dimensiones activo/reflexivo y sensorial/intuitivo obtienen mejores resultados. Con el objetivo de proporcionar técnicas para integrar mecanismos de agrupación en entornos de enseñanza a través de Internet, se ha desarrollado un algoritmo incremental supervisado para la formación de grupos llamado Faraway-so-close. Al mismo tiempo se ha implementado una herramienta de visualización que proporciona apoyo al algoritmo llamada TOGETHER [Paredes *et al.*, 2008]. Dado un conjunto de estudiantes con la información acerca de

sus estilos de aprendizaje, y basándose en el algoritmo Faraway-so-close, la herramienta es capaz de asignar cada estudiante a un grupo. Esa asignación trata de crear grupos tan heterogéneos como sea posible, usando un criterio seleccionado por el profesor de una serie de criterios disponibles.

7.1.1. Conceptos

Informalmente, un grupo es más heterogéneo cuánto más distintos son los EA de sus miembros. Sin embargo, con el fin de crear un mecanismo para la formación de grupos basado en la heterogeneidad, es necesario formalizar el concepto de heterogeneidad de grupo. En esta sección describimos alguna de las ecuaciones usadas para evaluar como de parecidos (o diferentes) son los estudiantes con respecto a su estilo de aprendizaje. Estas ecuaciones utilizan la información obtenida a través del cuestionario ILS descrito en capítulos anteriores.

- Representación del estilo de aprendizaje de un estudiante: el estilo de aprendizaje de un estudiante se representa con un vector que corresponde a los valores obtenidos para las cuatro dimensiones del modelo de Felder-Silverman.

$$S_i(Dim_1, Dim_2, Dim_3, Dim_4) \quad (7.1)$$

donde

$$-11 \leq Dim_i \leq 11$$

Dependiendo del contexto, cada estudiante puede además ser representado por la proyección de este vector en una, dos o tres dimensiones. Por esta razón, las siguientes ecuaciones dependen del número de dimensiones consideradas (n).

- Distancia entre dos estudiantes: la diferencia entre dos estudiantes se mide a través de la distancia entre los vectores que representan a esos estudiantes. Aplicando la distancia Euclídea, el resultado sería:

$$D(S_j, S_k) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Dim_i(S_j) - Dim_i(S_k))^2} \quad (7.2)$$

- Distancia media entre estudiantes: media aritmética entre las distancias de varios estudiantes

$$A D = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=j+1}^m \sqrt{\sum_{i=1}^n (Dim_i(S_j) - Dim_i(S_k))^2}}{\frac{m(m-1)}{2}} \quad (7.3)$$

donde m es el número total de estudiantes

- Distancia media del grupo: la ecuación anterior aplicada a los miembros de un grupo

$$G A(S_1, \dots, S_m) = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=j+1}^m \sqrt{\sum_{i=1}^n (Dim_i(S_j) - Dim_i(S_k))^2}}{\frac{m(m-1)}{2}} \quad (7.4)$$

donde m es el tamaño del grupo

- Distancia Euclídea interna: resulta de la suma de las distancias de todos los miembros entre sí. Igual que la ecuación anterior sin el divisor

$$I E D(S_1, \dots, S_m) = \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=j+1}^m \sqrt{\sum_{i=1}^n (Dim_i(S_j) - Dim_i(S_k))^2} \quad (7.5)$$

Antes de diseñar un algoritmo capaz de crear grupos formados por estudiantes distintos dado un conjunto de ellos, es necesario definir el concepto de **bondad de grupo**. Por ejemplo, si tenemos un conjunto de seis estudiantes (S1... S6) y dos alternativas para su división en grupos de tres estudiantes cada uno

$$\textit{Alternativa 1} : G1 = (S1, S2, S3), G2 = (S4, S5, S6)$$

$$\textit{Alternativa 2} : G1 = (S1, S5, S6), G2 = (S2, S3, S4)$$

¿Qué alternativa es la mejor si el objetivo es crear grupos lo más heterogéneos posibles?

Dadas las ecuaciones anteriores, la elección obvia es que dos estudiantes son más **heterogéneos** si sus distancias Euclídeas son mayores (ecuación 7.2). Incluso teniendo en cuenta esto, la elección no es trivial. Por ejemplo, consideremos tres estudiantes con sus respectivas representaciones de estilo de aprendizaje:

$$S1(-3, 3, 5, -1), S2(11, 3, -9, -1), S3(3, 5, -1, 9)$$

Aplicando la ecuación 7.2 puede ser calculada la distancia, por ejemplo, entre el estudiante uno y el estudiante dos, y entre el estudiante uno y el estudiante tres.

$$D(S1, S2) \approx 19,8$$

$$D(S1, S3) \approx 13,27$$

Aunque la distancia entre S1 y S2 es mayor que la distancia entre S1 y S3, se puede observar que el S1 y el S2 tienen la misma puntuación para dos de las dimensiones. Por ello, S3 puede ser considerado mejor compañero para S1, ya que en cierto sentido es más diferente que S2 de S1.

Cuando comparamos grupos, es posible decidir que el grupo más heterogéneo es aquel con la mayor distancia Euclídea interna (ecuación 7.5) o de forma equivalente, el que tenga la mayor distancia media del grupo (ecuación 7.4). Sin embargo, este criterio puede seleccionar un grupo en el que dos estudiantes tienen los mismos valores para n dimensiones y el tercer miembro está muy alejado de ellos sobre otro grupo en el que los tres miembros están (aproximadamente) igual de lejos unos de otros. De nuevo, se puede argumentar que un criterio diferente funcionaría mejor.

El problema se acentúa todavía más si dado un número de estudiantes consideramos las distintas formas en que pueden agruparse, es decir, comparamos colecciones de grupos. Por ejemplo, es posible calcular la distancia Euclídea interna a través de la ecuación 7.5 para cada una de las colecciones y seleccionar

la colección con el mayor valor. De nuevo, un buen valor de esta medida no impide la existencia de algunos grupos con estudiantes similares, es decir, grupos no heterogéneos. Incluso si la mayoría de los grupos son “buenos” (heterogéneos), este hecho no mejora la situación de los miembros de grupos “malos” (homogéneos). Una vez más, puede ser preferible obtener una solución donde todos (o casi todos) los grupos estén razonablemente equilibrados a una solución obtenida por la optimización de ciertos parámetros.

Así pues, el problema reside en la falta de una definición formal acerca de cuándo una colección de grupos es mejor que otra para un conjunto de estudiantes. Con el objetivo de solucionar este problema, se propone un método supervisado para la construcción de grupos.

7.1.2. Algoritmo Faraway-so-close

Se propone la formación de grupos razonablemente heterogéneos a través de un método supervisado. Este método, basado en el algoritmo Faraway-so-close, encuentra buenas colecciones de grupos basándose en tres parámetros: el número de estudiantes en cada grupo, el umbral de pareja y el umbral de grupo. El umbral de pareja es la distancia necesaria entre un estudiante y otro para que formen parte del mismo grupo, mientras que el umbral de grupo es el valor mínimo que debe tener la Distancia Media del Grupo. Estos valores se inicializan por omisión con el valor de la Distancia Media de todos los estudiantes. Finalmente, el profesor puede seleccionar la configuración más deseable dependiendo de los resultados esperados.

El algoritmo trabaja con dos conjuntos:

- El conjunto G de grupos completos, inicialmente vacío.
- El conjunto S de estudiantes sin grupo que contiene inicialmente a todos los estudiantes.

Al final de la ejecución del algoritmo, el conjunto G contendrá M grupos con todos los estudiantes que originalmente estaban en S , y S estará vacío.

El algoritmo consta de cuatro pasos. Los pasos uno y cuatro son obligatorios, mientras que los pasos dos y tres son optativos. Sin embargo, es recomendable aplicar los cuatro pasos ya que su contribución mejora la solución final mostrada al profesor.

Paso 1

En primer lugar se selecciona el primer estudiante en S (S_1) para ser “pivote de grupo”, se elimina de S y es asignado al grupo. Después, el resto de estudiantes de S se compara con el pivote para decidir su asignación o no al grupo usando la distancia entre ellos (ecuación 7.2). Esta distancia debe ser mayor que el “umbral de pareja”.

$$D(S_1, S_i) \geq \text{umbral de pareja} \quad (7.6)$$

El algoritmo también comprueba que la distancia media del grupo (ecuación 7.4) sea mayor que el “umbral de grupo”.

$$G A(S_1, \dots, S_m) \geq \text{umbral de grupo} \quad (7.7)$$

Si un estudiante cumple con las ecuaciones 7.6 y 7.7, es añadido al grupo y eliminado de S. Este proceso continúa hasta que el primer grupo está completo o todos los estudiantes de S han sido comprobados. Todo el paso se repite para el segundo y sucesivos grupos con los estudiantes que permanecen en S, hasta que G contenga M grupos. Al final de este paso, G contendrá M grupos (algunos incompletos), mientras que S contendrá estudiantes que no han sido asignados a ningún grupo. Los grupos incompletos son grupos en los que, como mínimo, está incluido el pivote del grupo pero que no han llegado a completarse.

El pseudocódigo de este paso 1 sería:

```

1. numGrupo <- 1; M <- estudiantes / tamañoGrupo; G <- conjunto vacío
2. pivote <- primero (S); numMiembros <- 1
3. nuevoGrupo <- Pivote; S <- S - pivote
4. candidato <- primero (S)
5. nuevoGrupo <- nuevoGrupo + candidato
6. D <- distancia (pivote, candidato)
7. Dm <- distanciaMedia (nuevoGrupo)
8. If D >= umbral de pareja and Dm >= umbral de grupo then
    { numMiembros ++
      S <- S - candidato
      If numMiembros < tamañoGrupo then
        { candidato <- siguiente (S)
          Go to Step (5)
        }
      Else
        { G <- G + nuevoGrupo
          If numGrupo < M then
            { numGrupo ++
              Go to Step (2)
            }
          }
    }
Else
  { nuevoGrupo = nuevoGrupo - candidato
    If no se ha llegado al final de S then
      { candidato <- siguiente (S)
        Go to Step (5)
      }
    Else Go to Step (2)
  }

```

Paso 2

El paso 2 trata de completar los grupos incompletos.

Paso 2, fase 1

En el paso 1, el primer miembro del grupo es seleccionado como referencia (pivote). En esta fase, para los grupos incompletos se intenta utilizar otro miembro del grupo como pivote. En esta primera fase el algoritmo toma secuencialmente cada grupo incompleto de G y cada miembro de ese grupo. Se comprueba entonces la distancia de ese miembro con cada uno de los estudiantes de S . Si la distancia es mayor que el umbral de pareja y la distancia media del grupo es mayor que el umbral del grupo, entonces el estudiante sin asignar de S es incluido en el grupo y eliminado de S . Si el grupo no se ha completado, el algoritmo repite los mismos pasos para cada miembro del grupo incompleto y para cada uno de los grupos incompletos de G .

Al final, algunos de los estudiantes de S se habrán incorporado a grupos incompletos de G .

El pseudocódigo de este paso 2, fase 1 sería:

```

1. For each grupo en G
  { If numMiembros < tamañoGrupo then
    { For each miembro (grupo)
      { For each estudiante en S
        { grupo <- grupo + estudiante
          D <- distancia (miembro, estudiante)
          Dm <- distanciaMedia (grupo)
          If D >= umbral de pareja and Dm >= umbral de grupo then
            { numMiembros ++
              S <- S - estudiante
              If numMiembros < tamañoGrupo then continue
              Else Go to 1
            }
          Else
            { grupo <- grupo - estudiante
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

Paso 2, fase 2

En esta segunda fase el algoritmo toma el primer grupo incompleto en G , lo deshace, e intenta incluir a los estudiantes de este grupo en los demás grupos incompletos usando de nuevo las ecuaciones 7.6 y 7.7. Esta fase se repite hasta que no hay más grupos incompletos. Al final de esta fase G tiene un número de

grupos completos y S contiene a los estudiantes sin grupo.

El pseudocódigo de este paso 2, fase 2 sería:

```
1. For each grupo en G
  { If numMiembros < tamañoGrupo then
    { G <- G - grupo
      S <- S + miembros (grupo)
      Pseudocódigo paso 2, fase 1
    }
  }
```

Paso 2, fase 3

Los estudiantes en S se pueden dividir en los que han sido utilizados como pivotes y los que no. En esta tercera fase el sistema intenta formar nuevos grupos usando como pivotes a los que no lo han sido todavía. Básicamente, se aplica el paso 1 a los estudiantes de S pero utilizando como pivote del grupo a los estudiantes que no lo han sido antes. Al final de esta fase G tiene un número de grupos completos y S contiene a los estudiantes sin grupo.

Paso 3

El tercer paso lleva a cabo un proceso de prueba y error en los grupos de G . Primero, estos grupos se ordenan, de mayor a menor, teniendo en cuenta su distancia euclídea interna (ecuación 7.5). El algoritmo reemplaza temporalmente un estudiante del primer grupo por un estudiante de S y comprueba si este nuevo grupo cumple las ecuaciones 7.6 (con cualquier otro miembro del grupo) y 7.7. Si las condiciones se cumplen el nuevo grupo se consolida y, si no es así, el grupo vuelve a su estado original y el algoritmo prueba con el siguiente estudiante de S .

Este paso se repite para todos los grupos de G . Al final, G tiene un cierto número de grupos completos y S tiene a los estudiantes sin grupo. Algunos de los estudiantes de S son nuevos ya que en este paso se trata de intercambiar estudiantes de S por estudiantes que forman parte de un grupo. Por esta razón al final de esta fase se repite el paso 1 con los estudiantes de S .

Paso 4

El cuarto paso asigna secuencialmente a los estudiantes sin grupo sin comprobar las limitaciones de umbral de pareja o de grupo, hasta que S está vacío.

El algoritmo se detendrá en cualquier paso, si el paso anterior ha conseguido asignar a todos los estudiantes de S en los grupos de G .

7.1.3. Visualización

El algoritmo incremental Faraway-so-close puede producir resultados muy diferentes dependiendo de los valores que el profesor asigne a los umbrales de pareja y de grupo, o incluso el orden en el que los estudiantes se consideran.

El impacto del ordenamiento inicial de los estudiantes puede ser reducido ejecutando el algoritmo repetidas veces con configuraciones iniciales diferentes. Incluso en este caso, no parece evidente cuál es el criterio más idóneo para elegir la mejor solución.

En este contexto, una herramienta llamada TOGETHER se desarrolló para soportar la aplicación del algoritmo y visualizar fácilmente los resultados. De esta forma un profesor puede probar diferentes configuraciones y elegir la que considere mejor de acuerdo con su opinión. TOGETHER ejecuta repetidamente el algoritmo, usando cada vez una ordenación diferente de los estudiantes establecida al azar.

La idea es que el usuario pueda probar diferentes configuraciones, parámetros iniciales y criterios de evaluación. De esta forma se puede obtener una solución satisfactoria gracias a la representación visual de las diferentes posibilidades que facilita su selección.

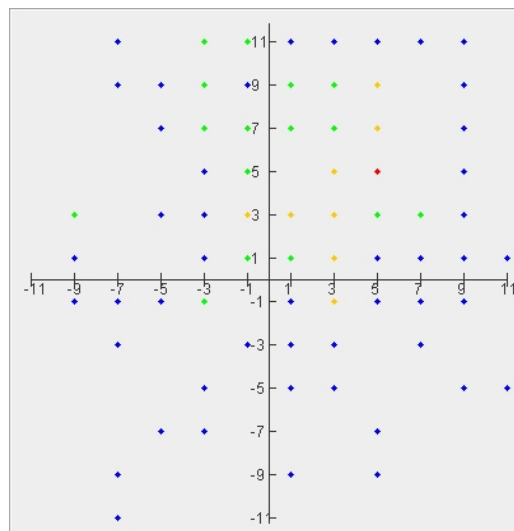


Figura 7.1: Visualización de la distribución inicial de los estudiantes en las dimensiones activo/reflexivo y sensorial/intuitivo

Para facilitar la visualización de los resultados se decidió considerar dos de las dimensiones propuestas por Felder [Felder y Silverman, 1988] activo-reflexivo y sensorial-intuitivo. La razón para elegir estas dos dimensiones es que muestran un mayor impacto en el comportamiento de los grupos [Alfonseca *et al.*, 2006].

Sin embargo, es importante subrayar que el algoritmo desarrollado no está restringido a ningún número de dimensiones. Es TOGETHER la que aprovecha esta reducción en el número de dimensiones para mostrar la información. De esta forma, es posible proporcionar al profesor una rápida visión general de la distribución de los estudiantes, como se muestra en la figura 7.1. En esta figura se representa a los estudiantes por las coordenadas que representan su puntuación en esas dos dimensiones. Utilizamos diferentes colores para representar la coincidencia de varios estudiantes en el mismo punto. Los datos usados para estas pruebas son los mismos que se usaron en la experiencia citada en el capítulo 6 [Alfonseca *et al.*, 2006].

De la misma forma es posible construir un gráfico que muestre la distribución de los grupos formados. Esto es especialmente relevante ya que proporciona una forma simple e intuitiva de comparar diferentes posibilidades. Por ejemplo, la figura 7.2 muestra la representación gráfica de dos alternativas para agrupar un conjunto de estudiantes.

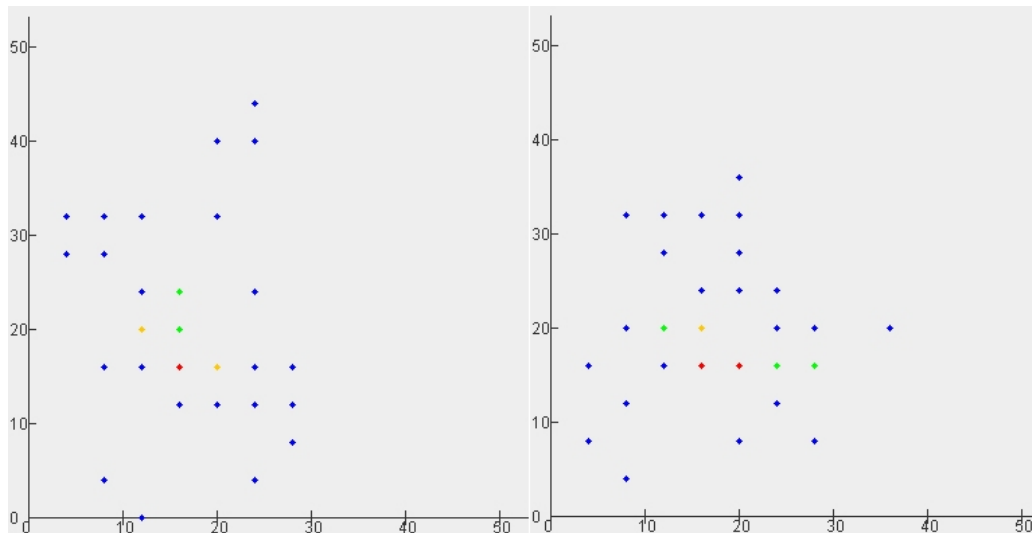


Figura 7.2: Comparación en la distribución de dos posibilidades

La figura 7.2 debe ser interpretada de la siguiente forma: el eje x representa valores de una de las dimensiones del modelo de estilos de aprendizaje (activo-reflexivo), mientras que el eje y representa valores de la segunda dimensión (sensorial-intuitivo).

Para cada grupo, la suma de las distancias internas en cada dimensión es calculada siguiendo la siguiente ecuación:

$$Dim_x \text{ value} = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m |(Dim_x(S_i) - Dim_x(S_j))| \quad (7.8)$$

Cada grupo se representa con un punto teniendo en cuenta estos valores. Si coinciden más de un grupo en el mismo punto se representa usando un código de colores. Si lo que buscamos es una distribución equilibrada de grupos heterogéneos, cuanto más agrupados y lejos del origen de coordenadas, mejor será la distribución.

Dependiendo del conjunto de estudiantes, los umbrales de pareja y de grupo pueden afectar significativamente al tipo de soluciones encontradas por el algoritmo. La figura 7.3 muestra dos soluciones generadas para el mismo conjunto de estudiantes con diferentes valores para el umbral de pareja y de grupo. En ocasiones, que estos parámetros tomen valores más pequeños puede conducir a obtener resultados en los que la mayoría de los estudiantes están más agrupados y forman, por lo tanto, una nube de puntos con mayor cohesión. La figura de la izquierda muestra los grupos generados con umbral de pareja igual a ocho y umbral de grupo también en ocho, este es el valor que por omisión toma la herramienta ya que es la distancia media de todos los estudiantes. La figura de la

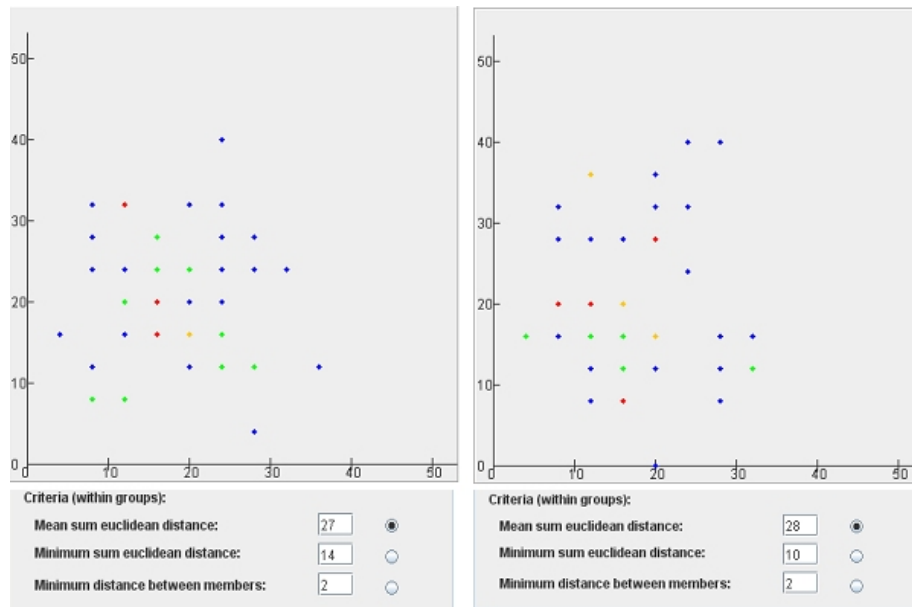


Figura 7.3: Comparación de dos posibles soluciones

derecha muestra los resultados aplicando el umbral de pareja igual a siete y el umbral de grupo igual a cinco.

El algoritmo Faraway-so-close se ejecuta un número de veces determinado por el profesor y TOGETHER muestra automáticamente el mejor resultado obtenido entre todas las alternativas consideradas. Debido al problema de seleccionar el criterio para elegir la mejor alternativa, la herramienta proporciona un conjunto de ellos. Una buena alternativa debería ser aquella que proporciona un conjunto de puntos cercanos y alejados del origen de coordenadas, procurando que no existan grupos muy desfavorecidos (muy cerca del origen de coordenadas o pegados a alguno de los ejes).

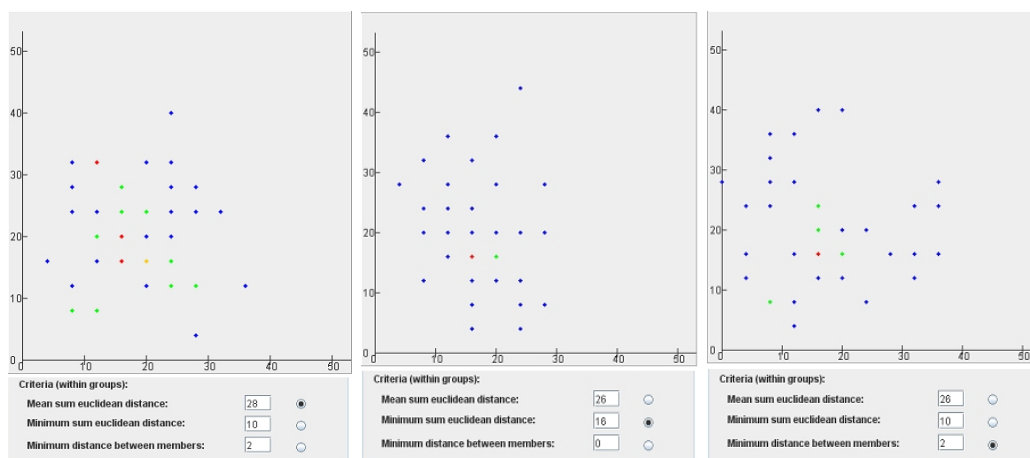


Figura 7.4: Visualizando el resultado de aplicar los tres criterios

El usuario es responsable de elegir el criterio a usar:

1. Distancia Euclídea media: el valor medio de las distancias Euclídeas internas de cada grupo, como se define en la ecuación cinco.
2. Distancia Euclídea mínima entre todos los grupos: valor mínimo de las distancias Euclídeas internas de cada grupo (ecuación 7.5).
3. Distancia Euclídea mínima entre pares de estudiantes pertenecientes al mismo grupo: para cada grupo, se aplica la ecuación dos entre cada par de miembros.

La figura 7.4 muestra los resultados obtenidos aplicando los tres criterios en el mismo conjunto de estudiantes. Cada criterio trata de optimizar la formación de grupos en una determinada dirección. El criterio uno (parte izquierda de la figura) trata de optimizar la “apariencia global” de los grupos, agrupando a la mayoría en la zona central del gráfico.

La intención del criterio dos (centro de la figura) es evitar la formación de “grupos malos”, es decir, grupos en los que los miembros están demasiado cerca entre sí, en este sentido, no produce grupos cercanos al origen de coordenadas como pasa con el criterio uno.

Finalmente el criterio tres (lado derecho de la figura) intenta evitar una situación relativamente frecuente en la que, a pesar de que el grupo cumple con las restricciones, dos miembros del grupo están demasiado cerca uno del otro (y, a veces, tienen el mismo valor en ambas dimensiones).

En una versión posterior de la herramienta se incorporó el criterio del área de la figura formada por los estudiantes que forman el grupo. En particular, parece que este criterio funciona bien para grupos de tres estudiantes aunque es difícil de generalizar para grupos de n miembros.

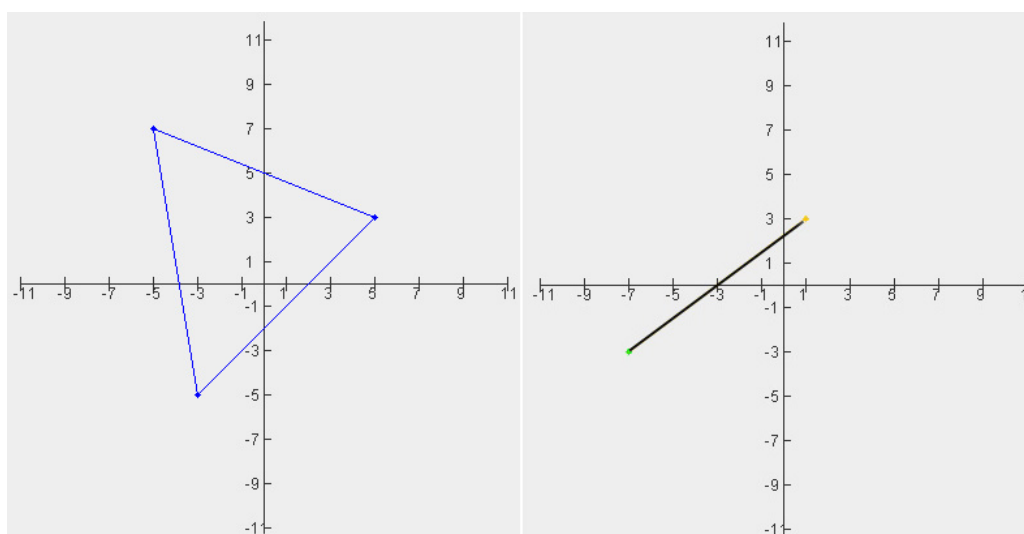


Figura 7.5: Comparación de dos grupos

La figura 7.5 muestra la unión de las coordenadas de los miembros de dos grupos. En el grupo de la derecha, de los tres estudiantes, dos de ellos tienen exactamente los mismos valores para ambas dimensiones, sin embargo, como el tercer miembro del grupo está lo suficientemente lejos las restricciones para la formación del grupo se cumplen. El grupo de la izquierda cumple también las restricciones y es más heterogéneo ya que los tres estudiantes forman un triángulo.

La herramienta se ha probado con profesores y alumnos del departamento de Ingeniería Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid, y con alumnos del Centro Integrado de Formación Profesional “José Luís Garci” y del Instituto de Enseñanza Secundaria “Agora”, los resultados se analizan en el siguiente capítulo.

7.2. Recapitulación

En la actualidad existe necesidad de herramientas capaces de agrupar estudiantes de forma automática o supervisada que sean capaces de tener en cuenta los rasgos característicos de los estudiantes, entre ellos los EA. Estas herramientas deben ser lo suficientemente flexibles como para ajustarse a las diferentes necesidades y preferencias de los profesores. La herramienta presentada, y el algoritmo en el que se sustenta, intenta satisfacer esas necesidades. El método se basa en un enfoque supervisado para encontrar una buena solución al problema de agrupar a los estudiantes. El usuario puede ajustar el comportamiento del algoritmo a través de varios parámetros dando lugar a un mecanismo que es a la vez, razonable en cuanto al tiempo que consume y lo suficientemente flexible.

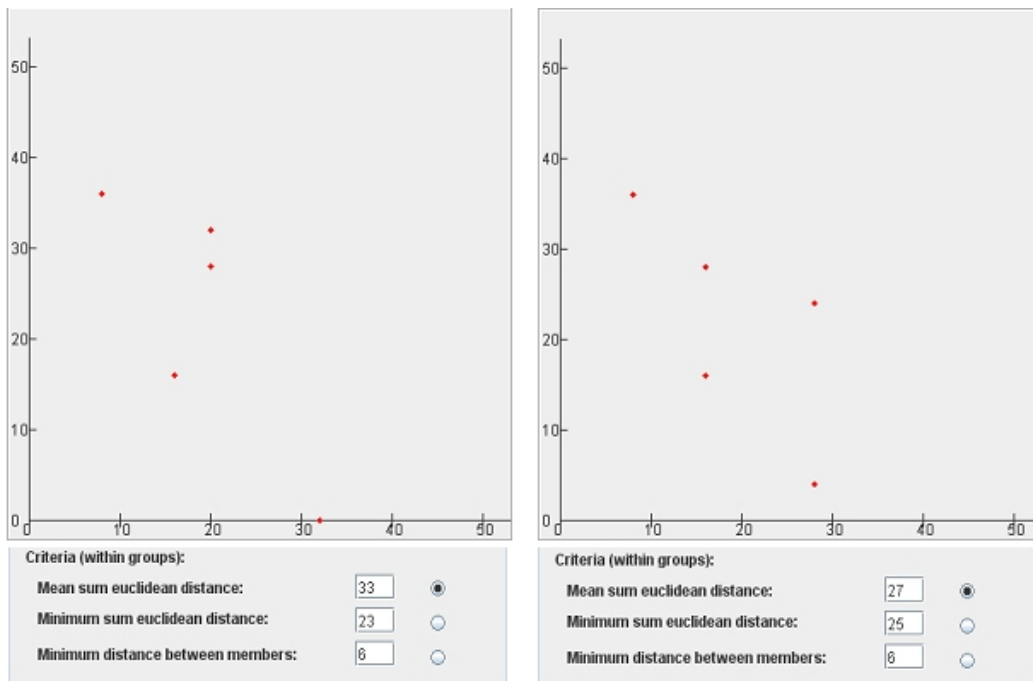


Figura 7.6: Comparación entre búsqueda exhaustiva y el Algoritmo Faraway-so-close

En cuanto a la calidad de los resultados, el resultado del Algoritmo Faraway-so-close (figura 7.6, lado derecho) se compara con una búsqueda exhaustiva (figura 7.6 lado izquierdo) para el caso de 15 estudiantes y 5 grupos. Para este ejemplo en particular, sería realmente difícil decidir cuál de las soluciones es la más heterogénea y, por lo tanto, la deseada. A pesar de que el funcionamiento de el Algoritmo Faraway-so-close depende del conjunto de datos, el uso de la herramienta de visualización hace posible obtener buenos resultados rápidamente.

Capítulo 8

Evaluación de TOGETHER

Para evaluar TOGETHER se han llevado a cabo dos experiencias de uso, la primera con profesores y la segunda con alumnos. Este capítulo se divide en dos partes: en la primera se detalla la prueba llevada a cabo con profesores acerca de la usabilidad de la herramienta y en la segunda la comparación del rendimiento de los grupos formados por TOGETHER con los que se formaron libremente.

8.1. Experiencia de uso con profesores

Con el objetivo de obtener información acerca de posibles mejoras en la herramienta de agrupación supervisada, TOGETHER se probó con un grupo de 10 profesores del departamento de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. Estos profesores usaron la herramienta durante 30 minutos, con datos de los estudiantes del estudio explicado en el capítulo 6, y rellenaron un cuestionario de 9 preguntas acerca de su usabilidad, cuatro de ellas con respuestas cerradas (escala de 5) y otras cinco abiertas (Apéndice C). En este sentido, aunque el número de usuarios no permite establecer de forma conclusiva la usabilidad de la herramienta, es posible obtener una idea inicial sobre como es percibida. El objetivo de este cuestionario era, básicamente, estimar el nivel de entendimiento de cómo funcionaba el sistema y la satisfacción con la presentación de los resultados.

La figura 8.1 describe la impresión general de los profesores en su primer contacto con TOGETHER. La puntuación para cada pregunta era entre uno y cinco, siendo uno la peor puntuación y cinco la mejor.

- La cuestión uno de la gráfica está relacionada con la facilidad de uso de TOGETHER. La puntuación media es 3,29, y la principal objeción es que algunas veces sería necesaria una mayor explicación de la función de algunos controles y del significado del código de colores.
- La cuestión dos de la gráfica pregunta si TOGETHER se ajusta a la necesidad de agrupar estudiantes automáticamente o no. Los profesores consideraron la implementación de TOGETHER y la visualización de los resultados útiles para la formación de grupos (4,29).

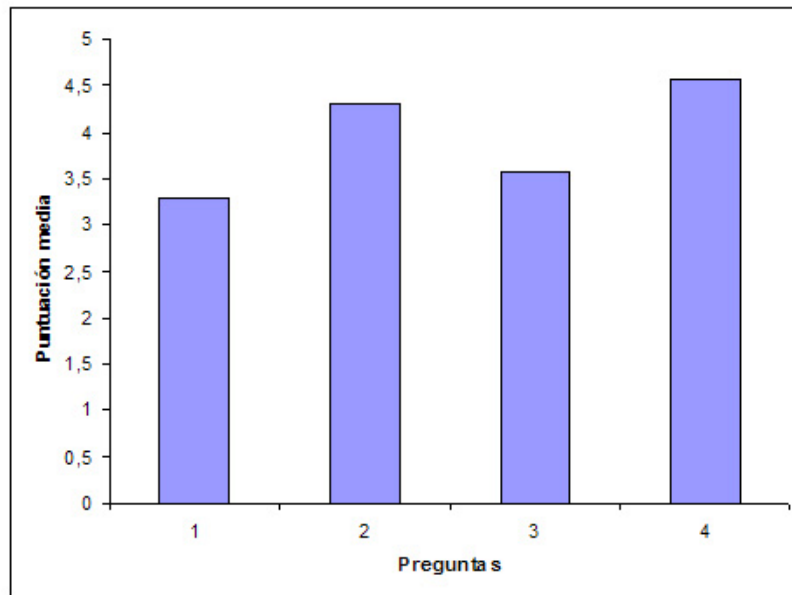


Figura 8.1: Valor medio de las cuatro cuestiones

- La cuestión tres de la gráfica se refiere a cómo de intuitiva es la interfaz. La reorganización de algunos datos es necesaria para mejorarla (3,57).
- La cuestión cuatro de la gráfica analiza cómo los usuarios perciben el tiempo que tarda TOGETHER en producir resultados. Las respuestas muestran que los usuarios piensan que TOGETHER es rápido y encuentra buenas soluciones en un tiempo razonable (4,57).

De las preguntas abiertas se pueden obtener básicamente dos conclusiones. Una es que la mayoría de los profesores entrevistados encuentra la herramienta útil para la tarea propuesta. Y la otra conclusión importante es que todos convinieron en la importancia y la necesidad de herramientas que faciliten el agrupamiento de estudiantes.

8.2. Evaluación del impacto de uso en los grupos

Por otra parte, TOGETHER también se probó con estudiantes pertenecientes al Instituto de Enseñanza Secundaria “Ágora” (Alcobendas, Madrid), y al Centro Integrado de Formación Profesional “José Luís Garcí” (Alcobendas, Madrid). Para ello se planteó una tarea colaborativa a 2 grupos del Instituto de Enseñanza Secundaria y 4 grupos del Centro Integrado de Formación Profesional, agrupando a la mitad con TOGETHER y dejando a la otra mitad agruparse libremente, en grupos de 3 estudiantes.

En ambos casos, los estudiantes rellenaron la versión en castellano del cuestionario ILS durante una sesión preliminar, para llevar a cabo la tarea colaborativa en la siguiente sesión. La tarea consistía en tratar de responder a 10 preguntas acerca del Acertijo de Einstein (Apéndice D). El acertijo consta de una serie de

premisas y, por deducción, tenían que llegar a responder a las preguntas que se les hacían. Los estudiantes disponían de 30 minutos para realizar la tarea.

Con el objetivo de reducir el número de parámetros que los profesores tenían que establecer para usar TOGETHER, en la agrupación de estos estudiantes se realizaron modificaciones sobre la primera versión:

- El profesor ya no tenía que elegir el criterio de agrupamiento, ya que por omisión se decidió utilizar el área del triángulo que formaban los tres integrantes del grupo. Esta decisión se fundamenta en que el área permite mantener una buena distancia entre los miembros y, a la vez, evitar la formación de grupos en los que los miembros tenían la misma puntuación en alguna de las dos dimensiones. Esto fue posible gracias a que se definió que los grupos iban a estar formados por tres miembros.
- El profesor podía modificar el umbral de pareja y el umbral de grupo, pero por omisión se inicializaban con los valores de la distancia media del grupo.
- El profesor solo tenía que modificar el parámetro del número de iteraciones y ver el resultado final. Este valor se inicializaba en 10000, ya que con el volumen de estudiantes probados (165) la herramienta encontraba soluciones en un tiempo razonable (alrededor de 30 segundos).

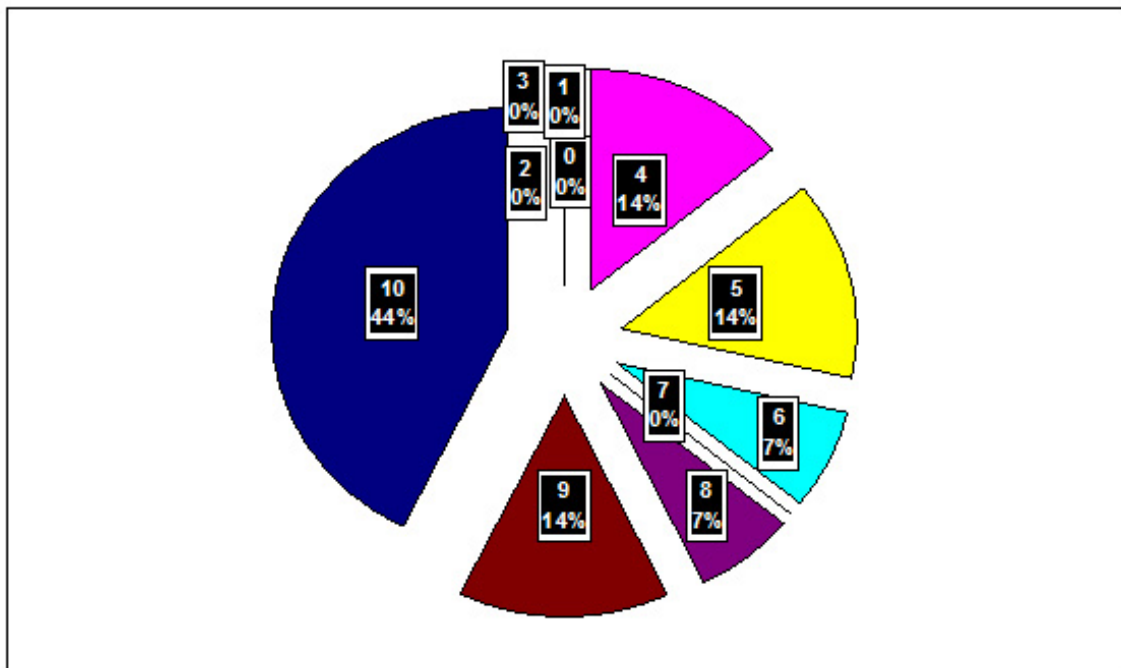


Figura 8.2: Distribución porcentual de los grupos formados con TOGETHER con respecto al número de respuestas correctas

En las figuras 8.2 y 8.3 se puede observar la distribución porcentual de grupos y el número de respuestas correctas que dio cada uno de ellos. Por ejemplo, el

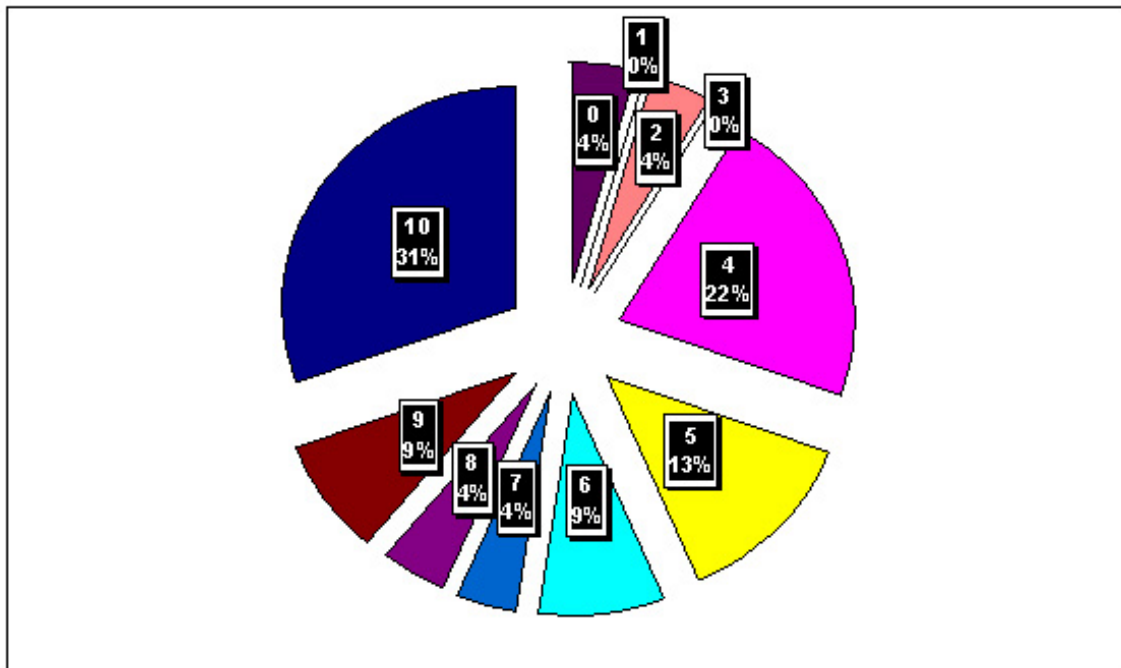


Figura 8.3: Distribución porcentual de los grupos formados por ellos mismos con respecto al número de respuestas correctas

44% de los grupos formados con TOGETHER respondieron bien a 10 preguntas mientras solo lo hicieron el 31% de los grupos formados por ellos mismos.

En la tabla 8.1 se puede ver el número medio de respuestas correctas, la varianza y la desviación estándar de cada uno de los dos grupos. De ahora en adelante se usaran las etiquetas, en las figuras y cuadros, de *TOGETHER* para los grupos que formó nuestra herramienta y de *SOLOS* para los grupos que se formaron libremente. Como se puede observar, los grupos que se formaron con TOGETHER contestaron correctamente a un mayor número de preguntas acerca del Acertijo de Einstein (1.25 puntos por encima) que los que se agruparon por sí mismos.

	Media	Varianza	Desv. Est.
TOGETHER	7.86	6.13	2.48
Solos	6.61	9.16	3.03

Tabla 8.1: Número medio de respuestas, varianza y desviación estándar, para los grupos agrupados con TOGETHER y solos

Una vez que los estudiantes finalizaron la tarea colaborativa, rellenaron de forma individual un cuestionario para evaluar el trabajo en grupo (Apéndice E). Este cuestionario consta de 7 preguntas, y en las figuras 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9 y 8.10, se pueden observar los resultados de las respuestas a cada una de ellas.

A continuación examinaremos las preguntas una a una.

8.2.1. Pregunta 1

1. En tu opinión el tamaño del grupo ha sido

- a) pequeño
- b) grande
- c) bueno

En la figura 8.4, se puede ver cómo a la pregunta referente al tamaño del grupo, la gran mayoría está de acuerdo en que el tamaño del grupo ha sido bueno. Sin embargo es curioso observar cómo a los que han sido agrupados con TOGETHER les parece que el tamaño ha sido pequeño en una proporción mayor. Esto puede ser debido a que los integrantes del grupo no son “amigos” y, probablemente, la interacción era más difícil al principio, lo que podría causar una sensación de grupo pequeño.

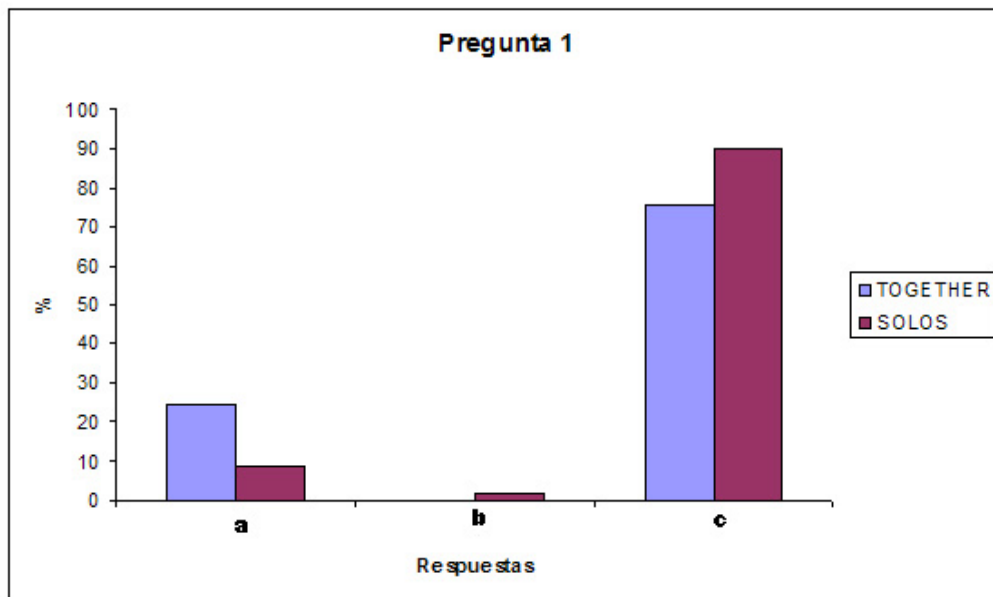


Figura 8.4: Porcentaje de respuestas a la pregunta 1

8.2.2. Pregunta 2

2. Si tuvieras que elegir compañeros para trabajo en grupo tu preferencia sería

- a) trabajar con amigos
- b) trabajar con los mejores
- c) trabajar con gente diferente a mi
- d) me da igual

En la pregunta 2, relativa a quién escogería como compañero para trabajar en grupo, se puede observar cómo los que han sido agrupados con TOGETHER siguen prefiriendo trabajar con amigos, pero menos que los otros. Mientras que en las otras tres categorías (los mejores, gente diferente a mí y me da igual) alcanzan porcentajes mayores. Esto puede significar un cambio de mentalidad en los estudiantes que trabajan en grupo con estudiantes con los que no han trabajado antes.

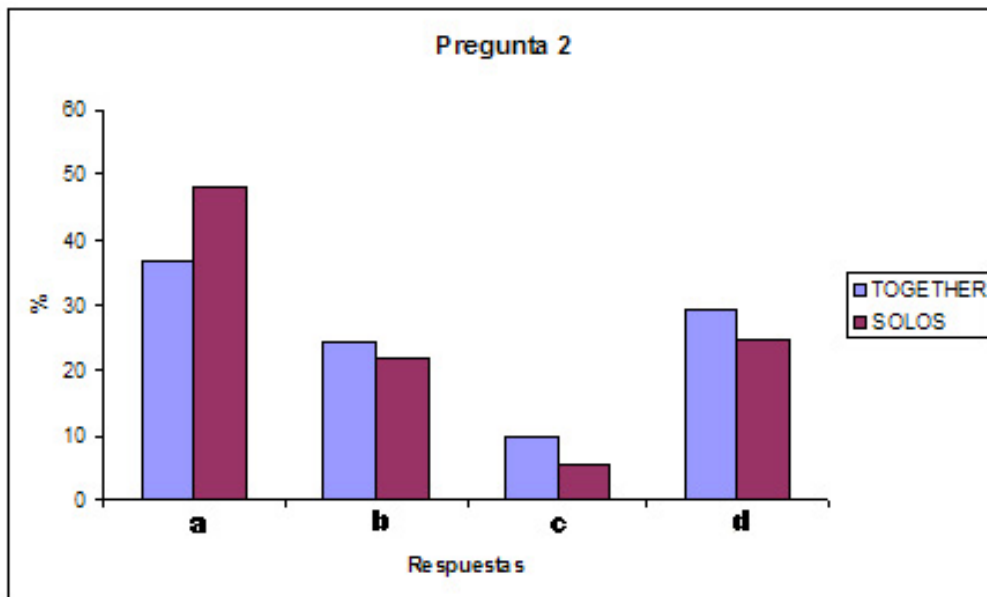


Figura 8.5: Porcentaje de respuestas a la pregunta 2

8.2.3. Pregunta 3

3. En tu opinión, ¿cómo ha sido la participación del grupo?
- a) todos los miembros han participado
 - b) solo hemos participado algunos
 - c) no ha participado ninguno

En la pregunta 3, referente a la participación de los estudiantes en el grupo, no se aprecian diferencias significativas en un grupo y en otro.

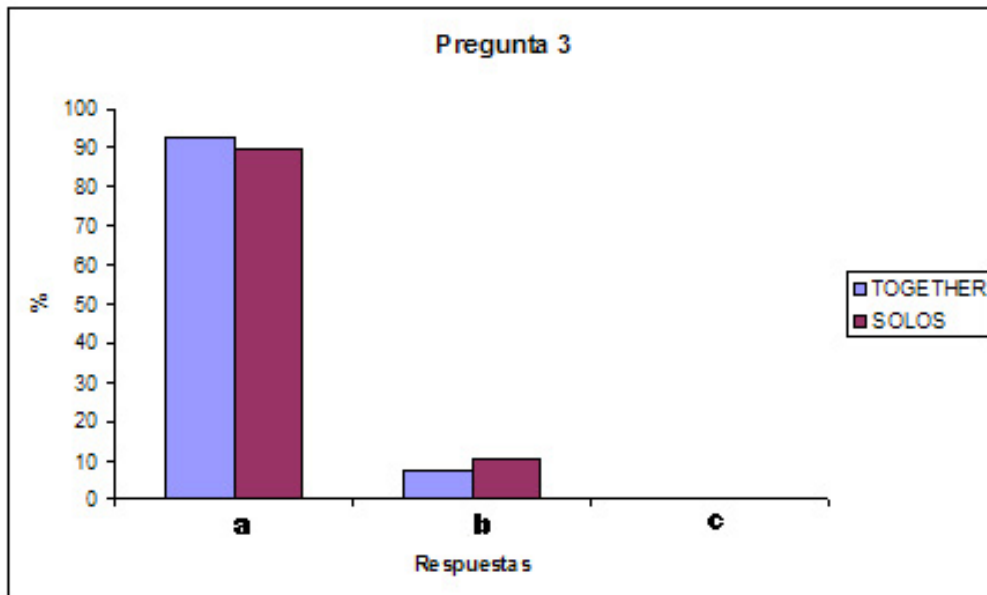


Figura 8.6: Porcentaje de respuestas a la pregunta 3

8.2.4. Pregunta 4

4. ¿Te gustaría trabajar con el mismo grupo de nuevo?
- a) si
 - b) no
 - c) me da igual

A la pregunta de si volverías a trabajar de nuevo con el mismo grupo (pregunta 4), los que han sido agrupados con TOGETHER repetirían en una proporción menor que el resto. Esto evidencia que la preferencia a agruparse con amigos sigue siendo la mayor a pesar de que los resultados sean mejores trabajando con otras personas.

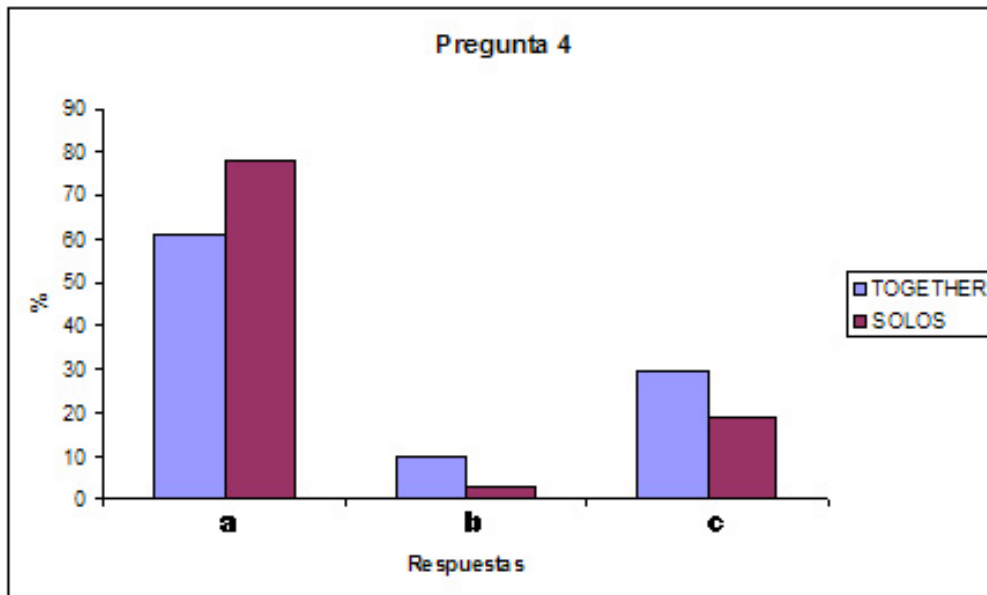


Figura 8.7: Porcentaje de respuestas a la pregunta 4

8.2.5. Pregunta 5

5. En tu opinión, ¿cuáles son los beneficios del trabajo en grupo?
- a) aprender nuevas formas de solucionar problemas
 - b) hacer nuevos amigos
 - c) aprender a ayudar a otros
 - d) mejorar mis habilidades para trabajar con otros
 - e) no creo que tenga ninguno

En la pregunta 5 llama la atención cómo los estudiantes agrupados con TOGETHER alcanzan mayores porcentajes en las respuestas “b”, “c” y “d”. Estas tres respuestas se refieren a los beneficios del trabajo en grupo con relación al resto de los compañeros; hacer nuevos amigos, aprender a ayudar a otros y mejorar mis habilidades para trabajar con otros. Podría decirse que se han centrado más en los beneficios comunes que en los meramente individuales.

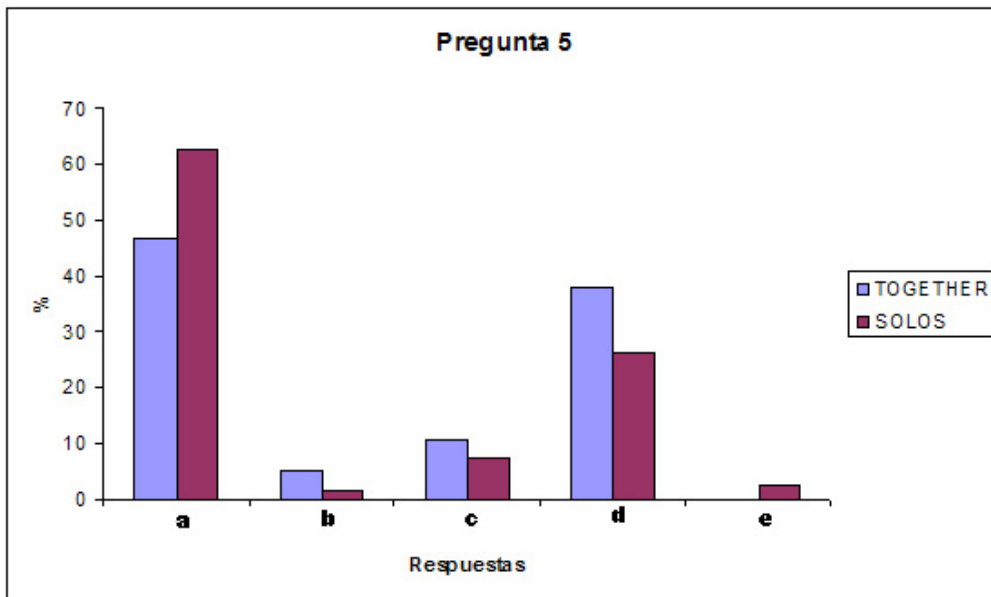


Figura 8.8: Porcentaje de respuestas a la pregunta 5

8.2.6. Pregunta 6

6. ¿Crees que el trabajo en grupo ha sido satisfactorio?

- a) si
- b) no

En la pregunta 6 no se aprecian diferencias significativas, en la percepción por parte de ambos grupos de la satisfacción en el resultado del trabajo en grupo.

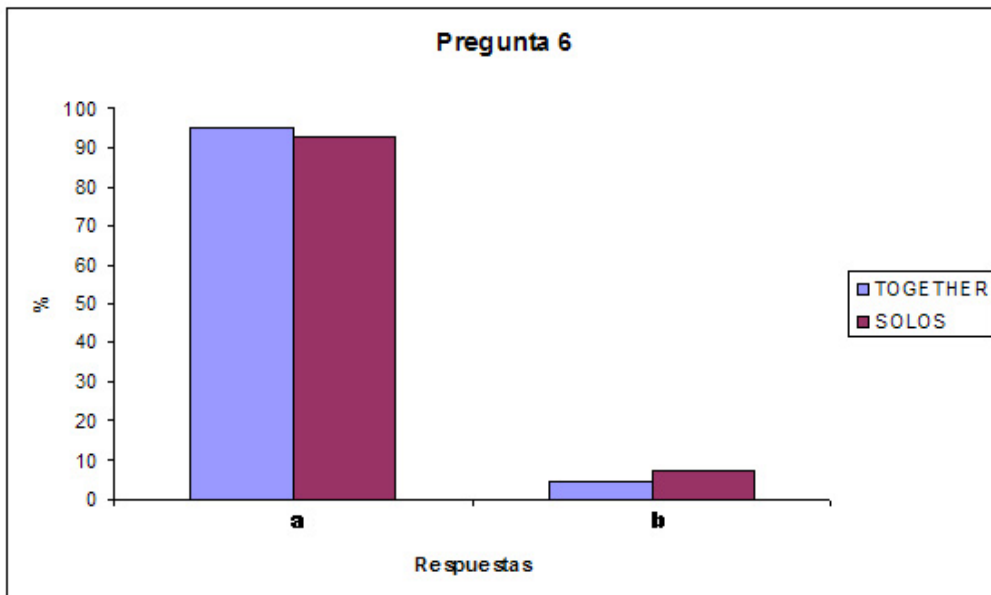


Figura 8.9: Porcentaje de respuestas a la pregunta 6

8.2.7. Pregunta 7

7. En tu opinión, ¿qué ha sido lo peor del trabajo en grupo?

- a) los miembros no nos escuchábamos
- b) no conseguíamos llegar a acuerdos
- c) no me gustaba el grupo

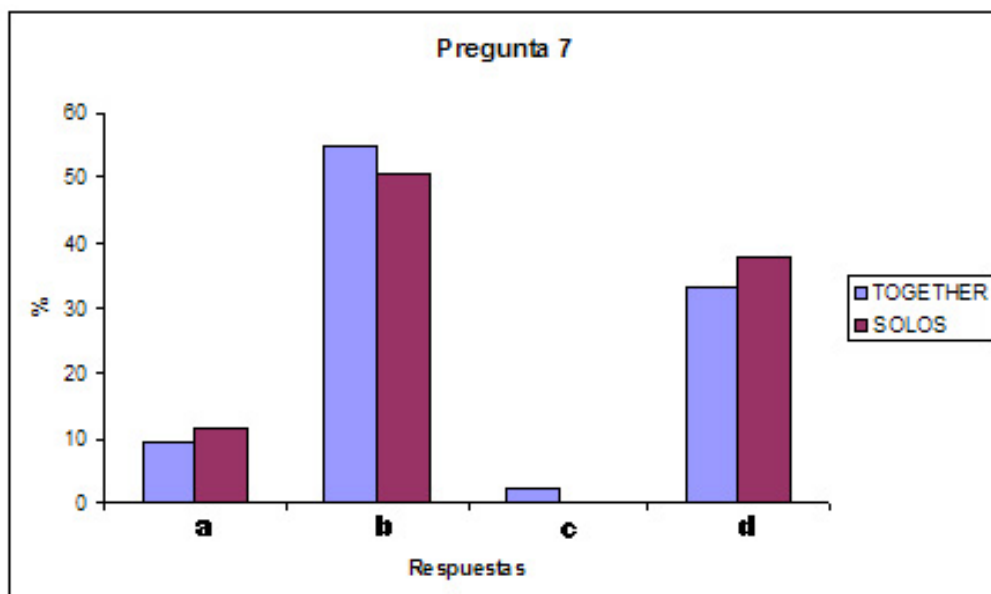


Figura 8.10: Porcentaje de respuestas a la pregunta 7

Lo mismo ocurre con la pregunta 7, parece que los problemas en la resolución de conflictos en los grupos eran muy parecidos.

8.3. Recapitulación

En general, los resultados indican que los grupos de estudiantes que se formaron basándose en sus estilos de aprendizaje contestaron correctamente a un mayor número de preguntas que los grupos formados libremente (al azar con respecto a su estilo de aprendizaje). Por lo tanto, la herramienta desarrollada para la agrupación supervisada ha demostrado utilizar una técnica viable para la creación de grupos efectivos.

Además, el cuestionario acerca de la satisfacción demuestra que los estudiantes que trabajaron con gente distinta a la habitual, experimentaron un cambio de actitud hacia los beneficios de trabajar con gente diferente a ellos, y del trabajo colaborativo en sí.

Como conclusión general, se puede decir que mientras que hay muchas formas de agrupar a los estudiantes para el trabajo colaborativo, los estilos de aprendizaje y la agrupación supervisada basándose en ellos, parecen una buena opción.

Parte III

Conclusiones y trabajo futuro

Parte III

Esta Parte analiza los resultados obtenidos respecto a los objetivos propuestos. Cuáles son las aportaciones principales del trabajo y en que aspectos se han detectado limitaciones. Además esboza las principales líneas de investigación que podrían continuarse a partir del trabajo realizado.

- En el **Capítulo 9** se remarcan las principales aportaciones de este trabajo, se discuten sus limitaciones y concluye esbozando los posibles trabajos futuros.

Capítulo 9

Conclusiones y Trabajo Futuro

Este capítulo expone las conclusiones del trabajo llevado a cabo en esta propuesta. En la siguiente sección se detalla la investigación realizada y las contribuciones más relevantes. Después se describen las limitaciones de la propuesta y el trabajo futuro.

9.1. Principales aportaciones

Los objetivos de este trabajo eran proporcionar, tanto a los usuarios finales como a los autores de los cursos, estrategias útiles para incorporar los Estilos de Aprendizaje al aprendizaje, tanto individual como en grupo. Desde el punto de vista de los usuarios finales (estudiantes), el objetivo era extender la adaptación de un sistema hipermedia adaptativo basándose en los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Al mismo tiempo, su incorporación no debe complicar el uso del sistema para los profesores.

En concreto, esta propuesta ha intentado dar respuesta a las preguntas planteadas en el Capítulo inicial:

1. *¿Cómo pueden ser identificados los EA?*

Para establecer el EA del estudiante es necesario optar por uno de los modelos de EA. Hoy en día, hay una gran cantidad de modelos de EA, cada uno integrando algunos aspectos del aprendizaje y solapándose unos con otros. Este gran número de modelos provoca críticas y genera la duda de cómo incorporar todas las dimensiones de los EA en la educación o, desde un punto de vista más práctico, qué modelo de EA es más relevante y debe ser usado. En este trabajo se utiliza el modelo de Felder-Silverman porque el uso de escalas facilita la descripción de las preferencias de estilo de aprendizaje con más detalle, mientras que construir tipos de estudiantes no permite distinguir la intensidad de estas preferencias. Además el uso de escalas permite expresar las preferencias equilibradas indicando que el estudiante no tiene una preferencia específica por ninguno de los dos extremos de la dimensión.

Por otra parte, la mayoría de los modelos proporcionan un cuestionario, donde los estudiantes responden acerca de sus preferencias con respecto a

las dimensiones o tipos del modelo. Un tema importante es la fiabilidad y validación de los cuestionarios usados. Varios investigadores [Livesay *et al.*, 2002] [Seery *et al.*, 2003] [Zywno, 2003] han comprobado la fiabilidad y han validado el cuestionario Index of Learning Styles (ILS) usado en este trabajo. Generalmente, el uso de estos cuestionarios supone aceptar varias premisas:

- los estudiantes están motivados para rellenar el cuestionario
- los estudiantes son conscientes de sus preferencias acerca de la forma en la que aprenden
- los estudiantes no se ven afectados por aspectos sociales y psicológicos sobre cómo se deberían comportar a la hora de contestar

Si estas premisas no se cumplieran, una posibilidad es complementar el uso de cuestionarios con un sistema de inferencia. Por consiguiente, se ha desarrollado una forma de construir y actualizar el modelo de estudiante que, a partir de los datos obtenidos a través del cuestionario ILS, refina ese modelo en base al comportamiento y las acciones de éste [Paredes y Rodríguez, 2004]. Para inferir el estilo de aprendizaje basándose en el comportamiento y las acciones del usuario se usa un sistema muy simple de reglas que toma las decisiones a partir del registro de las acciones del estudiante (tareas que ha realizado, secuencia que ha seguido, tiempo que ha tardado, éxito en los ejercicios).

Estos procesos de creación y actualización del modelo de estudiante teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje proporcionan información relevante en dos aspectos. Por un lado, esta información se puede usar para hacer conscientes a los estudiantes y profesores de su estilo de aprendizaje, ayudando a los estudiantes a entender mejor sus procesos de aprendizaje y motivando a los profesores a extender sus estrategias de enseñanza o los materiales usados para ayudar a todos los estilos de aprendizaje. Por otro lado, la información es necesaria para proporcionar cursos adaptativos en sistemas hipermedia para la educación.

Además, el uso de cuestionarios para la identificación del estilo de aprendizaje consume tiempo y, muchas veces, no es necesario realizar todas las preguntas para identificar la clase a la que pertenece el estudiante. Por este motivo, en este trabajo se ha deducido un cuestionario adaptativo que, usando un número pequeño de cuestiones, es capaz de identificar la clase a la que pertenece el estudiante con un gran porcentaje de acierto [Ortigosa *et al.*, 2008].

2. *¿Qué puede ser adaptado en un curso adaptativo en función del EA?*

Una vez que se conoce el estilo de aprendizaje se puede llevar a cabo la adaptación. En este trabajo se ha implementado la adaptación de la secuenciación de los contenidos y las opciones de navegación para las dimensiones

secuencial/global [Paredes y Rodríguez, 2002c] y sensorial/intuitivo [Paredes y Rodríguez, 2002b] del modelo de Felder-Silverman. La adaptación se ha llevado a cabo en TANGOW [Carro *et al.*, 2004], y permite la generación automática de cursos adaptados a esas dos dimensiones sin ningún trabajo extra por parte del profesor [Paredes y Rodríguez, 2002a]. Gracias a esta adaptación, los estudiantes aprenden en un entorno que favorece sus preferencias [Paredes y Rodríguez, 2003].

3. *¿Afecta el EA de los estudiantes en el trabajo colaborativo?*

Para responder a esta pregunta se ha llevado a cabo un estudio para analizar si los estilos de aprendizaje tenían influencia en la realización de tareas colaborativas [Alfonseca *et al.*, 2006]. Algunas conclusiones que pueden ser extraídas del estudio son:

- Los estilos de aprendizaje parecen tener efecto en los resultados de los estudiantes cuando trabajan en grupos.
- La tendencia parece ser que las parejas mixtas formadas por estudiantes con distinta puntuación en las dimensiones activo/reflexivo y sensorial/intuitivo obtienen mejores resultados.
- Los estudiantes se agrupan libremente de forma aleatoria, sin seguir ningún patrón con respecto a su estilo de aprendizaje.

Gracias a las conclusiones de este estudio se ha desarrollado un algoritmo llamado Faraway-so-close para la agrupación supervisada de estudiantes que tiene como criterio la formación de equipos con estudiantes diferentes en cuanto a su estilo de aprendizaje [Paredes y Rodríguez, 2006]. Asimismo se ha implementado una herramienta, llamada TOGETHER, que facilita la creación de grupos mediante la visualización de los resultados.

Los resultados obtenidos en entornos reales con esta herramienta indican que los estudiantes obtienen mejores resultados en la resolución de tareas colaborativas cuando son agrupados con TOGETHER que cuando se agrupan libremente. Por lo tanto, podemos afirmar que estos experimentos apoyan la validez del criterio y que la herramienta es de utilidad para la agrupación supervisada.

Con respecto a sistemas anteriores, este trabajo aporta avances significativos en cuanto a la utilización de los estilos de aprendizaje en sistemas hipermedia adaptativos:

- en primer lugar, desde el punto de vista del autor del curso, éste no tiene que tener un conocimiento extenso de la teoría de los estilos de aprendizaje. El autor del curso se limita a decidir si quiere que el curso se adapte o no a los estilos de aprendizaje del alumno, ya que el modelo de EA, los métodos de inicialización e inferencia, y las estrategias educativas están prediseñadas y se implementan de forma dinámica en la generación de cursos.

- en segundo lugar, en cuanto al uso por parte de los estudiantes, no se lleva a cabo la eliminación de ningún tipo de material, sino que se adapta la secuenciación del curso a sus características. Además, se benefician de la reducción del número de preguntas necesarias para identificar la clase a la que pertenecen en cuanto a su estilo de aprendizaje.
- por último, los estilos de aprendizaje se usan tanto para el aprendizaje individual como en grupo. La formación de grupos heterogéneos en cuanto a su estilo de aprendizaje mejora los resultados obtenidos en la tarea colaborativa.

En la tabla 9.1 se muestran los sistemas hipermedia adaptativos analizados en el capítulo 3 y ordenados por fecha en la que incorporaron adaptación a los Estilos de Aprendizaje. La diferencia de este trabajo con los SHA de la tabla 9.1 es que en esta propuesta se implementa un cuestionario adaptativo que facilita la clasificación de los estudiantes con un número muy reducido de preguntas. Además esta clasificación se refina gracias a un método de inferencia que utiliza el comportamiento y las acciones de los estudiantes.

Si analizamos las ventajas de nuestra propuesta con respecto a estos sistemas nos damos cuenta de que solo CS383, MASPLANG y LSAS utilizan el modelo de Felder-Silverman para su adaptación. Como ya se ha comentado en el Capítulo 2 la principal ventaja del modelo de Felder-Silverman es que el uso de escalas facilita la clasificación de los estudiantes y la medición de cuán lejos o cerca están unos de otros. La desventaja de los sistemas que dejan al profesor que decida cuáles van a ser las estrategias educativas a emplear dependiendo de los estilos de aprendizaje de los estudiantes, es que esto implica que el profesor tiene que ser un experto en la teoría de los estilos de aprendizaje si quiera utilizar la adaptación y esto no siempre es así.

Por último, este trabajo incorpora los estilos de aprendizaje al trabajo colaborativo y, excepto el caso de Deibel [Deibel, 2005] y una propuesta anterior para la formación de grupos [Martín y Paredes, 2004], no se conoce otro sistema que implemente la formación de grupos basándose en los estilos de aprendizaje de los estudiantes. La diferencia de esta propuesta es que los grupos que se forman son heterogéneos en dos dimensiones mientras que Deibel propone formar grupos con estudiantes similares en la dimensión activo/reflexivo y distintos en la dimensión secuencial/global. Sin embargo, el trabajo de Deibel no justifica este agrupamiento con datos empíricos sino con argumentos teóricos, y sus resultados se basan en opiniones de los alumnos y no en los resultados obtenidos durante la realización de la tarea colaborativa.

Sistema	Desarrollado	Modelo de EA	Adaptación
CS383	1999	Sensorial/intuitivo, visual/verbal, y secuencial/global de Felder-Silverman	Ordenación de objetos multimedia
MANIC	2000	Combinar preferencias de aprendizaje	Uso del texto expansible
IDEAL	2002	Determinado por el profesor	Ordenación, inclusión y selección del material
MASPLANG	2002	Felder-Silverman	Elegir los formatos multimedia, estrategias de enseñanza, y herramientas de navegación
LSAS	2003	Secuencial/global de Felder-Silverman	Ocultar o presentar enlaces adicionales y elementos del curso
iWeaver	2003	Building Excellence Inventory	Ordenación y ocultación de enlaces
INSPIRE	2003	Honey y Mumford	Método y orden de la presentación de contenidos
AHA!	2005	Determinado por el profesor	selección de presentación, orden y caminos de navegación

Tabla 9.1: Sistemas Hipermedia Adaptativos y su adaptación a los Estilos de Aprendizaje

9.2. Limitaciones

Se ha implementado la adaptación a los estilos de aprendizaje en el aprendizaje individual de los estudiantes en las dimensiones secuencial/global y sensorial/intuitivo del modelo de Felder-Silverman. La adaptación activo/reflexivo se

usa para la formación de grupos en TOGETHER. Sin embargo, no se ha encontrado una adaptación que satisfaga para la dimensión visual/verbal. Una posibilidad era la eliminación de cierto material para unos estudiantes y de otro para el resto, pero se ha considerado que no es una buena elección. Incluso si pudiésemos expresar la misma información solo con materiales visuales y, por otro lado, con materiales verbales, la pregunta es ¿por qué presentar la información solo de una manera?, o dicho de otra forma, ¿por qué eliminar las imágenes para los estudiantes verbales o el texto para los estudiantes visuales?. Quizás la inclusión o no de imágenes podría depender en gran medida de los requerimientos técnicos tales como velocidad de conexión o dispositivo utilizado.

La propuesta de este trabajo está ligada al modelo de Felder-Silverman, y en ese sentido, las adaptaciones individuales y la formación de grupos están estrechamente ligadas a las puntuaciones obtenidas en las dimensiones del modelo. Este aspecto se podría considerar una limitación si el profesor decidiese utilizar cualquier otro modelo de estilos de aprendizaje. Sin embargo, es de esperar que las ideas de cuestionario adaptativo y agrupación heterogénea sean fácilmente exportables a otros modelos de EA, aunque serían necesarios estudios para verificar que estilos de aprendizaje de otros modelos afectan a la formación de grupos.

En cuanto al cuestionario adaptativo, proporciona la clase a la que pertenece el estudiante, pero si se quiere una clasificación más detallada es necesario hacerles las 11 preguntas de cada dimensión. Por ejemplo, para la formación de grupos en TOGETHER, tal y como está ahora, se necesita conocer la puntuación exacta.

Con respecto a TOGETHER, una limitación es que su visualización está restringida a dos dimensiones, por lo tanto, no es posible la visualización de los resultados del algoritmo Faraway-so-close si se quisieran incorporar nuevas características del estudiante.

En cuanto a la evaluación de TOGETHER, una limitación es que se ha utilizado para la formación de grupos en la enseñanza tradicional y, a pesar de que la población con la que se ha probado ha sido variada en cuanto a edades y conocimientos previos, son necesarias pruebas en entornos de aprendizaje a través de Internet para comprobar la mejoría de los grupos formados. También sería interesante variar las tareas a realizar (en cuanto a grado de complejidad, por ejemplo), y el número de integrantes de los grupos.

9.3. Trabajo Futuro

Además de las propuestas realizadas en el apartado “Limitaciones” de la sección anterior, existen varias líneas de investigación posibles que complementarían la propuesta presentada en este trabajo.

En la adaptación de los sistemas hipermedia adaptativos a los EA de los estudiantes, se ha considerado la posibilidad de que los estudiantes deseen cambiar sus preferencias en el modelo de estudiante durante el proceso de aprendizaje, para ello habría que permitir al estudiante acceder a los datos de su perfil y modificar los valores.

En cuanto al algoritmo de agrupación, se ha considerado utilizar alguna otra

técnica (como algoritmos genéticos) para la selección de la mejor configuración posible.

El algoritmo y la herramienta de visualización pueden ser de interés para sistemas hipermedia adaptativos con actividades colaborativas, como TANGOW [Carro *et al.*, 2003]. Estos entornos de aprendizaje a través de Internet contienen cursos adaptativos que incluyen actividades colaborativas y esta herramienta podría permitir la formación de grupos de forma supervisada. Por último, se pueden incorporar otras características del usuario para la formación de grupos, tales como inteligencia, personalidad, conocimientos previos, etc., de forma sencilla en nuestro algoritmo de agrupamiento.

Otra línea de investigación es la combinación de distintas características del usuario y su interacción dentro del algoritmo. Los requisitos son que esas propiedades estén expresadas de forma numérica y, otra posibilidad, es darle distinto peso a cada una de ellas en función de la importancia que el profesor les otorgue.

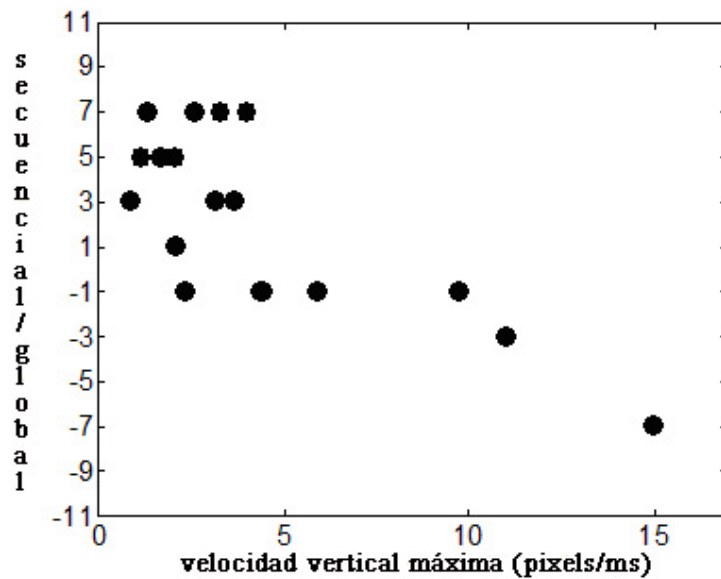


Figura 9.1: Velocidad vertical máxima y dimensión secuencial/global

En la actualidad se están explorando nuevas formas de inferir el estilo de aprendizaje de los estudiantes, por ejemplo, mediante los movimientos del ratón. Un estudio llevado a cabo con 18 estudiantes de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid muestra resultados prometedores. En las figuras 9.1 y 9.2 se puede observar cómo hay una alta correlación entre la velocidad vertical máxima del desplazamiento del ratón y la puntuación en la dimensión secuencial/global [Spada *et al.*, 2008].

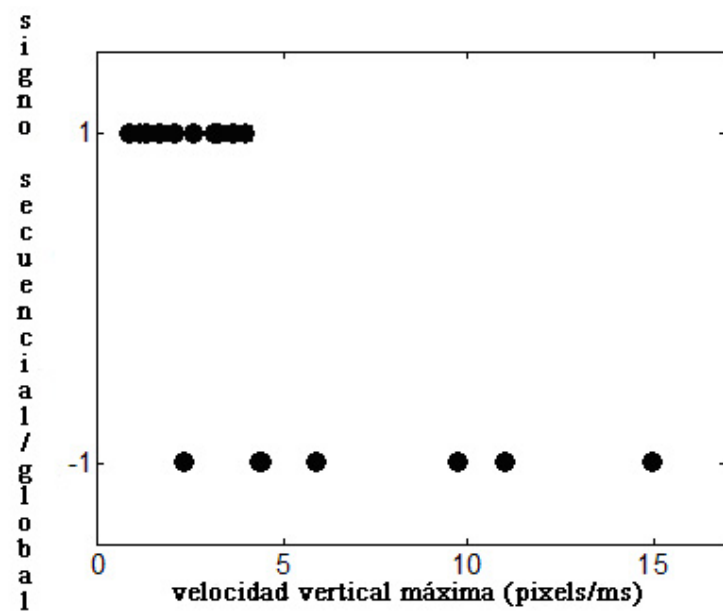


Figura 9.2: Velocidad vertical máxima y signo dimensión secuencial/global

Apéndice A

Cuestionario ILS

For each of the 44 questions below select either “a” or “b” to indicate your answer. Please choose only one answer for each question. If both “a” and “b” seem to apply to you, choose the one that applies more frequently

1. I understand something better after I
 - a) try it out.
 - b) think it through.
2. I would rather be considered
 - a) realistic.
 - b) innovative.
3. When I think about what I did yesterday, I am most likely to get
 - a) a picture.
 - b) words.
4. I tend to
 - a) understand details of a subject but may be fuzzy about its overall structure.
 - b) understand the overall structure but may be fuzzy about details.
5. When I am learning something new, it helps me to
 - a) talk about it.
 - b) think about it.
6. If I were a teacher, I would rather teach a course
 - a) that deals with facts and real life situations.
 - b) that deals with ideas and theories.

7. I prefer to get new information in
 - a) pictures, diagrams, graphs, or maps.
 - b) written directions or verbal information.
8. Once I understand
 - a) all the parts, I understand the whole thing.
 - b) the whole thing, I see how the parts fit.
9. In a study group working on difficult material, I am more likely to
 - a) jump in and contribute ideas.
 - b) sit back and listen.
10. I find it easier
 - a) to learn facts.
 - b) to learn concepts.
11. In a book with lots of pictures and charts, I am likely to
 - a) look over the pictures and charts carefully.
 - b) focus on the written text.
12. When I solve math problems
 - a) I usually work my way to the solutions one step at a time.
 - b) I often just see the solutions but then have to struggle to figure out the steps to get to them.
13. In classes I have taken
 - a) I have usually gotten to know many of the students.
 - b) I have rarely gotten to know many of the students.
14. In reading nonfiction, I prefer
 - a) something that teaches me new facts or tells me how to do something.
 - b) something that gives me new ideas to think about.
15. I like teachers
 - a) who put a lot of diagrams on the board.
 - b) who spend a lot of time explaining.

16. When I'm analyzing a story or a novel
- a) I think of the incidents and try to put them together to figure out the themes.
 - b) I just know what the themes are when I finish reading and then I have to go back and find the incidents that demonstrate them.
17. When I start a homework problem, I am more likely to
- a) start working on the solution immediately.
 - b) try to fully understand the problem first.
18. I prefer the idea of
- a) certainty.
 - b) theory.
19. I remember best
- a) what I see.
 - b) what I hear.
20. It is more important to me that an instructor
- a) lay out the material in clear sequential steps.
 - b) give me an overall picture and relate the material to other subjects.
21. I prefer to study
- a) in a study group.
 - b) alone.
22. I am more likely to be considered
- a) careful about the details of my work.
 - b) creative about how to do my work.
23. When I get directions to a new place, I prefer
- a) a map.
 - b) written instructions.
24. I learn
- a) at a fairly regular pace. If I study hard, I'll "get it."
 - b) in fits and starts. I'll be totally confused and then suddenly it all "clicks."

25. I would rather first
- a) try things out.
 - b) think about how I'm going to do it.
26. When I am reading for enjoyment, I like writers to
- a) clearly say what they mean.
 - b) say things in creative, interesting ways.
27. When I see a diagram or sketch in class, I am most likely to remember
- a) the picture.
 - b) what the instructor said about it.
28. When considering a body of information, I am more likely to
- a) focus on details and miss the big picture.
 - b) try to understand the big picture before getting into the details.
29. I more easily remember
- a) something I have done.
 - b) something I have thought a lot about.
30. When I have to perform a task, I prefer to
- a) master one way of doing it.
 - b) come up with new ways of doing it.
31. When someone is showing me data, I prefer
- a) charts or graphs.
 - b) text summarizing the results.
32. When writing a paper, I am more likely to
- a) work on (think about or write) the beginning of the paper and progress forward.
 - b) work on (think about or write) different parts of the paper and then order them.
33. When I have to work on a group project, I first want to
- a) have "group brainstorming" where everyone contributes ideas.
 - b) brainstorm individually and then come together as a group to compare ideas.

34. I consider it higher praise to call someone
- a)* sensible.
 - b)* iimaginative.
35. When I meet people at a party, I am more likely to remember
- a)* what they looked like.
 - b)* what they said about themselves.
36. When I am learning a new subject, I prefer to
- a)* cstay focused on that subject, learning as much about it as I can.
 - b)* try to make connections between that subject and related subjects.
37. I am more likely to be considered
- a)* outgoing.
 - b)* reserved.
38. I prefer courses that emphasize
- a)* concrete material (facts, data).
 - b)* abstract material (concepts, theories).
39. For entertainment, I would rather
- a)* watch television.
 - b)* read a book.
40. Some teachers start their lectures with an outline of what they will cover. Such outlines are
- a)* somewhat helpful to me.
 - b)* very helpful to me.
41. The idea of doing homework in groups, with one grade for the entire group,
- a)* appeals to me.
 - b)* does not appeal to me.
42. When I am doing long calculations,
- a)* I tend to repeat all my steps and check my work carefully.
 - b)* I find checking my work tiresome and have to force myself to do it.

43. I tend to picture places I have been

- a)* easily and fairly accurately.
- b)* with difficulty and without much detail.

44. When solving problems in a group, I would be more likely to

- a)* think of the steps in the solution process.
- b)* think of possible consequences or applications of the solution in a wide range of areas.

Apéndice B

Cuestionario ILS: versión castellano

Para cada una de las siguientes 44 cuestiones seleccione a o b para indicar su respuesta. Si ambas respuestas parecen validas, escoja la que aplique con más frecuencia.

1. Entiendo algo mejor después de
 - a) intentarlo
 - b) pensar en ello
2. Preferiría ser considerado
 - a) realista
 - b) innovador
3. Cuando pienso en lo que hice ayer, normalmente obtengo
 - a) una imagen
 - b) palabras
4. Tiendo a
 - a) entender los detalles de una materia mientras estoy confuso acerca de su estructura general
 - b) entender la estructura general mientras estoy confuso acerca de los detalles
5. Cuando estoy aprendiendo algo nuevo, me ayuda
 - a) hablar acerca de ello
 - b) pensar en ello

6. Si fuera un profesor, preferiría enseñar un curso
 - a) que tratara sobre hechos y situaciones de la vida real
 - b) que tratara sobre ideas y teorías
7. Prefiero obtener nueva información de
 - a) fotos, diagramas, gráficos, o mapas
 - b) instrucciones escritas o información verbal
8. Una vez que entiendo
 - a) todas las partes, entiendo el conjunto
 - b) todo el conjunto, veo como encajan las partes
9. En un grupo de estudio que trabaja con material difícil, me gusta
 - a) proponer y aportar ideas
 - b) sentarme y escuchar
10. Encuentro más fácil
 - a) aprender hechos
 - b) aprender conceptos
11. En un libro con muchas fotos y gráficas, tiendo a
 - a) examinar detenidamente las fotos y gráficas
 - b) centrarme en el texto
12. Cuando soluciono problemas matemáticos
 - a) normalmente obtengo la solución paso a paso
 - b) a menudo veo las soluciones pero después tengo que esforzarme para comprender los pasos que me han llevado a obtenerlas
13. En las clases a las que he asistido
 - a) normalmente he logrado conocer a muchos de los estudiantes
 - b) rara vez he logrado conocer a muchos de los estudiantes
14. Cuando leo material educativo, prefiero
 - a) algo que me enseñe nuevos hechos o que me diga como hacer algo
 - b) algo que me proporcione nuevas ideas sobre las que reflexionar

15. Me gustan los profesores
- a)* que ponen muchos diagramas en la pizarra
 - b)* que dedican mucho tiempo a las explicaciones
16. Cuando estoy analizando una historia o una novela
- a)* recuerdo los acontecimientos y trato de ponerlos juntos para comprender el conjunto
 - b)* entiendo en conjunto cuando termino de leer y después tengo que volver atrás y encontrar los acontecimientos que los corroboran
17. Cuando comienzo a resolver un problema, es probable que
- a)* comience trabajando en la solución inmediatamente
 - b)* trate de entender completamente el problema primero
18. Prefiero la idea de
- a)* certeza
 - b)* teoría
19. Recuerdo mejor
- a)* lo que veo
 - b)* lo que escucho
20. Para mí lo más importante es que un profesor
- a)* presente el material en una secuencia lógica
 - b)* me de una visión general y relacione el material con otras materias
21. Prefiero estudiar
- a)* en un grupo
 - b)* solo
22. Me gustaría ser considerado
- a)* cuidadoso acerca de los detalles de mi trabajo
 - b)* creativo en la forma en la que hago mi trabajo
23. Cuando me dan direcciones de un nuevo sitio, prefiero
- a)* un mapa
 - b)* instrucciones escritas

24. Aprendo
- a) a un ritmo bastante regular. Si estudio duro, lo conseguiré
 - b) a trompicones. Paso de estar totalmente confundido a que todo encaje de repente
25. Prefiero primero
- a) probar las cosas
 - b) pensar acerca de como voy a hacerlas
26. Cuando leo por entretenimiento, me gustan los escritores que
- a) dicen claramente lo que quieren decir
 - b) dicen las cosas de una forma creativa e interesante
27. Cuando veo un diagrama o un esbozo en clase, probablemente recuerde
- a) el dibujo
 - b) lo que el profesor dijo acerca de él
28. Cuando considero un conjunto de información, tiendo a
- a) centrarme en los detalles y perder la visión general
 - b) entender la visión general antes de meterme con los detalles
29. Recuerdo más fácilmente
- a) algo que he hecho
 - b) algo acerca de lo que he pensado mucho
30. Cuando tengo que realizar una tarea, prefiero
- a) dominar una forma de hacerlo
 - b) proponer nuevas formas de hacerlo
31. Cuando alguien me esta presentando datos, prefiero
- a) gráficas o diagramas
 - b) texto resumiendo los resultados
32. Cuando escribo un trabajo, acostumbo a
- a) trabajar en (pensar o escribir) el principio del trabajo e ir progresando
 - b) trabajar en (pensar o escribir) diferentes partes del trabajo y después ordenarlas

33. Cuando tengo que trabajar en un proyecto de grupo, quiero que primero
- a) haya una “lluvia de ideas” donde cada uno aporte las suyas
 - b) reflexionemos individualmente y después comparemos ideas dentro del grupo
34. Considero una mayor alabanza llamar a alguien
- a) sensato
 - b) imaginativo
35. Cuando encuentro gente en una fiesta, tiendo a recordar
- a) como eran
 - b) lo que dijeron acerca de ellos mismos
36. Cuando estoy aprendiendo una nueva materia, prefiero
- a) centrarme en esa materia, aprendiendo tanto como pueda acerca de ella
 - b) intentar establecer relaciones entre esa materia y otras materias relacionadas
37. Probablemente soy considerado
- a) sociable
 - b) reservado
38. Prefiero cursos que ponen énfasis en
- a) material concreto (hechos, datos)
 - b) material abstracto (conceptos, teorías)
39. Para pasar el tiempo, prefiero
- a) ver la televisión
 - b) leer un libro
40. Algunos profesores empiezan sus clases con un temario de lo que van a explicar. Estos temarios son
- a) algo útil para mí
 - b) muy útiles para mí
41. La idea de hacer trabajos en grupo, durante todo un curso,
- a) me atrae
 - b) no me atrae

42. Cuando estoy haciendo grandes calculos,
- a)* tiendo a repetir todos mis pasos y comprobar mi trabajo cuidadosamente
 - b)* encuentro comprobar mi trabajo aburrido y tengo que forzarme a mí mismo para hacerlo
43. Tiendo a describir lugares en los que he estado
- a)* fácilmente y con gran precisión
 - b)* con dificultad y sin mucho detalle
44. Cuando resuelvo problemas en un grupo, me gusta
- a)* pensar en los pasos necesarios para solucionar el problema
 - b)* pensar en las posibles repercusiones o aplicaciones de la solución en otras áreas

Apéndice C

Cuestionario de uso de TOGETHER

1. Puntúe cómo de difícil le ha parecido usar TOGETHER:
 - a) Muy fácil (aunque no me hubieran dado una introducción lo hubiera sabido usar)
 - b) Fácil (la introducción ha sido útil y el sistema no tiene ningún opción compleja de manejar)
 - c) Normal
 - d) Difícil (si no hubiera tenido la introducción no hubiera sabido usarla)
 - e) Muy difícil (he tenido que preguntar personalmente para saber cómo se usaba)

2. Puntúe cómo se ajusta este sistema a la necesidad de agrupar estudiantes automáticamente:
 - a) Totalmente
 - b) Bastante
 - c) Parcialmente (está bien, pero debería mejorarse)
 - d) Un poco
 - e) De ninguna manera

3. ¿Cómo de intuitiva le parece la interfaz?
 - a) Muy intuitiva
 - b) Bastante intuitiva
 - c) Intuitiva
 - d) Poco intuitiva
 - e) Nada intuitiva

4. Respecto al tiempo que TOGETHER tarda en agrupar, usted piensa que:
 - a) Es muy rápido (podría soportar que tardase más si eso mejora la agrupación)
 - b) Es bastante rápido
 - c) Normal (pero no aguantaría que se ralentizase más)
 - d) Es bastante lento (en algunos momentos me he desesperado)
 - e) Es muy lento
5. ¿Conoce usted alguna herramienta de agrupación automática? Si es así ¿Cuál?
6. ¿Qué característica de TOGETHER le ha parecido la menos interesante?
7. ¿Qué característica de TOGETHER le ha parecido la más interesante?
8. TOGETHER debería mejorarse en:
9. Me gustaría que TOGETHER a la hora de formar los grupos tuviera en cuenta:

Apéndice D

El acertijo de Einstein

Tenemos 5 casas de cinco colores diferentes y en cada una de ellas vive una persona de una nacionalidad diferente. Cada uno de los dueños bebe una bebida diferente, fuma una marca de cigarrillos diferente y tiene una mascota diferente.

Tenemos las siguientes claves:

- El británico vive en la casa roja.
- El sueco tiene un perro.
- El danés toma té.
- La casa verde esta a la izquierda de la blanca.
- El dueño de la casa verde toma café.
- La persona que fuma Pall Mall tiene un pájaro.
- El dueño de la casa amarilla fuma Dunhill.
- El que vive en la casa del centro toma leche.
- El noruego vive en la primera casa.
- La persona que fuma Brends vive junto a la que tiene un gato.
- La persona que tiene un caballo vive junto a la que fuma Dunhill.
- El que fuma Bluemasters bebe cerveza.
- El alemán fuma prince.
- El noruego vive junto a la casa azul.
- El que fuma Brends tiene un vecino que toma agua.

Y por último las preguntas:

- ¿De que color es la casa del noruego?
- ¿Quién fuma Dunhill?
- ¿En que posición está la casa roja?
- ¿Quién toma leche?
- ¿Y quién cerveza?
- ¿Quién vive en la casa azul?
- ¿Quién es el dueño del caballo?
- ¿Quién vive en la casa 5?
- ¿Quién fuma Brends?
- ¿Quién es el dueño del pececito?

Apéndice E

Cuestionario del trabajo en grupo

1. En tu opinión el tamaño del grupo ha sido
 - a) pequeño
 - b) grande
 - c) bueno
2. Si tuvieras que elegir compañeros para trabajo en grupo tu preferencia sería
 - a) trabajar con amigos
 - b) trabajar con los mejores
 - c) trabajar con gente diferente a mi
 - d) me da igual
3. En tu opinión, ¿cómo ha sido la participación del grupo?
 - a) todos los miembros han participado
 - b) solo hemos participado algunos
 - c) No ha participado ninguno
4. ¿Te gustaría trabajar con el mismo grupo de nuevo?
 - a) si
 - b) no
 - c) me da igual
5. En tu opinión, ¿cuáles son los beneficios del trabajo en grupo?
 - a) aprender nuevas formas de solucionar problemas
 - b) hacer nuevos amigos
 - c) aprender a ayudar a otros
 - d) mejorar mis habilidades para trabajar con otros
 - e) no creo que tenga ninguno

6. ¿Crees que el trabajo en grupo ha sido satisfactorio?
- a) si
 - b) no
7. En tu opinión, ¿qué ha sido lo peor del trabajo en grupo?
- a) los miembros no nos escuchábamos
 - b) no conseguíamos llegar a acuerdos
 - c) no me gustaba el grupo

Referencias

- [Alfonseca *et al.*, 2006] E. Alfonseca, R. M. Carro, E. Martin, A. Ortigosa, and P. Paredes. The impact of learning styles on student grouping for collaborative learning: a case study. *User Modeling and User-Adapted Interaction: The Journal of Personalization Research. Special issue on User Modeling to Support Groups, Communities and Collaboration*, 16 (3-4):377–401, 2006.
- [Bajraktarevic *et al.*, 2003] N. Bajraktarevic, W. Hall, and P. Fullick. Incorporating learning styles in hypermedia environment: Empirical evaluation. In P. de Bra, H. C. Davis, J. Kay, and M. Schraefel, editors, *Proceedings of the Workshop on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, pages 41–52, Nottingham, UK, 2003. Eindhoven University.
- [Barros y Verdejo, 1998] B. Barros and M. F. Verdejo. Designing workspaces to support collaborative learning. In *IEA/AIE, Vol. 2*, pages 668–677, Castellon, Spain, 1998.
- [Barros y Verdejo, 2000] B. Barros and M. F. Verdejo. Degree: un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje colaborativo en enseñanza a distancia. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 9:27–37, 2000.
- [Biggs, 1979] J. Biggs. Individual differences in study processes and the quality of learning outcomes. *Higher Education*, 8(4):381–394, 1979.
- [Briggs y Myers, 1977] K. C. Briggs and I. B. Myers. *Myers-Briggs Type Indicator*. Consulting Psychologist Press, Inc, Palo Alto, CA, 1977.
- [Brown *et al.*, 1989] J. S. Brown, A. Collins, and P. Duguid. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 1:32–42, 1989.
- [Bruner, 1966] J. Bruner. *Toward a Theory of Instruction*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1966.
- [Brusilovsky, 1996] P. Brusilovsky. Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction: The Journal of Personalization Research*, 6 (2-3):87–129, 1996.
- [Brusilovsky, 2001] P. Brusilovsky. Adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction: The Journal of Personalization Research*, 11, 1&2:87–110, 2001.

- [Bush, 1945] V. Bush. As we may think. *The Atlantic Monthly*, 176(1):101–108, 1945.
- [Carro *et al.*, 1999a] R. M. Carro, E. Pulido, and P. Rodríguez. Designing adaptive web-based courses with tangow. *Advanced Research in Computers and Communications in Education*, 2:697–704, 1999.
- [Carro *et al.*, 1999b] R. M. Carro, E. Pulido, and P. Rodríguez. Dynamic generation of adaptive internet-based courses. *Journal of Network and Computer Applications*, 22:249–257, 1999.
- [Carro *et al.*, 2003] R. M. Carro, A. Ortigosa, E. Martín, and J. Schlichter. Dynamic generation of adaptive web-based collaborative courses. In *Groupware: Design, Implementation and Use*, pages 191–198. LNCS, Vol. 2806, Berlin, Heidelberg, 2003.
- [Carro *et al.*, 2004] R. M. Carro, M. Freire, E. Martín, A. Ortigosa, P. Paredes, P. Rodríguez, and J. Schlichter. Authoring and dynamic generation of adaptive e-courses. In *Web Engineering*, pages 619–620. LNCS, Vol. 3140, Berlin, Heidelberg, 2004.
- [Carro, 2005] R. C. Carro. Aplicaciones adaptativas a través de internet. <http://www.eps.uam.es/esp/posgrado/master/ensennanzainternet.php>, 2005.
- [Carver *et al.*, 1999] C. A. Carver, R. A. Howard, and W. D. Lane. Enhancing student learning through hypermedia courseware and incorporation of student learning styles. *IEEE Transactions on Education*, 42, 1:33–38, 1999.
- [Chen y Macredie, 2002] S. Chen and R. Macredie. Cognitive styles and hypermedia navigation: Development of a learning model. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(1):3–15, 2002.
- [Coffield *et al.*, 2004] F. J. Coffield, D. V. Moseley, E. Hall, and K. Ecclestone. Learning styles for post 16 learners: What do we know? Technical report, Learning and Skills Research Centre/University of Newcastle upon Tyne, London, 2004.
- [Conklin, 1987] J. Conklin. Hypertext: An introduction and survey. *IEEE Computing*, 20:17–41, 1987.
- [De Bra *et al.*, 2002] P. De Bra, A. Aerts, D. Smits, and N. Stash. Aha! version 2.0, more adaptation flexibility for authors. In *World Conference on e-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education (ELearn' 2002)*, pages 240–246, Montreal, Canada, 2002.
- [De Bra *et al.*, 2003] P. De Bra, A. Aerts, B. Berden, B. de Lange, B. Rousseau, T. Santic, D. Smits, and N. Stash. Aha! the adaptive hypermedia architecture. In *Paper presented at the Fourteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (HT03) (AH Workshop)*, pages 81–84, Nottingham, UK, 2003.

- [Deibel, 2005] K. Deibel. Team formation methods for increasing interaction during in-class group work. In *Annual Joint Conference Integrating Technology into Computer Science Education. Proceedings of the 10th annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, pages 291–295, Caparica, Portugal, 2005.
- [Dillenbourg, 1999] P. Dillenbourg. *Collaborative learning: cognitive and computational approaches*. Elsevier, Oxford, UK, 1999.
- [Dunn et al., 1996] R. Dunn, K. Dunn, and G. E. Price. *Learning Style Inventory*. Price Systems, Lawrence, KS, 1996.
- [Dunn y Dunn, 1974] R. Dunn and K. Dunn. Learning style as a criterion for placement in alternative programs. *Phi Delta Kappan*, 56 (4):275–278, 1974.
- [Dunn y Griggs, 2003] R. Dunn and S. A. Griggs. *Synthesis of the Dunn and Dunn learning-style model research: Who, what, when, where, and so what?* St. John’s University’s Center for the Study of Learning and Teaching Styles, New York, 2003.
- [Ellis et al., 1991] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, and G. L. Rein. Groupware: Some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1):38–58, 1991.
- [Engeström, 1987] Y. Engeström. *Learning by Expanding: An activity-Theoretical Approach to Development Research*. Orienta-Konsultit Oy, Helsinki, 1987.
- [Entwistle et al., 2001] N. J. Entwistle, V. McCune, and P. Walker. Conceptions, styles and approaches within higher education: Analytic abstractions and everyday experience. In *Perspectives on Thinking, Learning and Cognitive Styles*, pages 103–136. Lawrence Erlbaum, Mahwah, New Jersey, 2001.
- [Entwistle y Tait, 1995] N. J. Entwistle and H. Tait. The revised approaches to studying inventory. Technical report, University of Edinburgh Centre for Research on Learning and Instruction, Edinburgh, 1995.
- [Entwistle y Tait, 1996] N. J. Entwistle and H. Tait. Approaches and study skills inventory for students. Technical report, University of Edinburgh Centre for Research on Learning and Instruction, Edinburgh, 1996.
- [Entwistle, 1981] N. J. Entwistle. *Styles of Learning and Teaching*. Wiley, New York, 1981.
- [Entwistle, 1998] N. J. Entwistle. Improving teaching through research on student learning. In *University Teaching: International Perspectives*, pages 73–112. RoutledgeFalmer Press, New York and London, 1998.
- [Fabregat et al., 2000] R. Fabregat, J. L. Marzo, and C. I. Peña. Teaching support units. In M. Ortega and J. Bravo, editors, *Computers and Education in the 21st Century*, pages 163–174. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2000.

- [Felder y Henriques, 1995] R. M. Felder and E. R. Henriques. Learning and teaching styles in foreign and second language education. *Foreign Language Annals*, 28(1):21–31, 1995.
- [Felder y Silverman, 1988] R. M. Felder and L. K. Silverman. Learning styles and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78 (7):674–681, 1988.
- [Felder y Soloman, 2004] R. M. Felder and B. A. Soloman. Index of learning styles. <http://www.ncsu.edu/felderpublic/ILSpage.html>, 2004.
- [Felder y Spurlin, 2005] R. M. Felder and J. Spurlin. Applications, reliability and validity of the index of learning styles. *International Journal on Engineering Education*, 21 (1):103–112, 2005.
- [Felder, 1996] R. M. Felder. Matters of style. *ASEE Prism*, 6, 4:18–23, 1996.
- [Ford, 1985] N. Ford. Learning styles and strategies of postgraduate students. *British Journal of Educational Technology*, 16 (1):65–77, 1985.
- [Garrido *et al.*, 2002] J. L. Garrido, M. Gea, N. Padilla, F. L. Gutiérrez, J. J. Cañas, and Y. Waern. Amenities: Modelado de entornos cooperativos. In *III Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*, pages 97–104, Madrid, España, 2002.
- [Gaudioso, 2002] E. Gaudioso. *Contribuciones al Modelado del Usuario en Entornos Adaptativos de Aprendizaje y Colaboración a través de Internet mediante técnicas de Aprendizaje Automático*. PhD Thesis, Madrid, España, 2002.
- [Gottdenker *et al.*, 2002] J. S. Gottdenker, H. Remidez, R. Hong, S. Yoon, C. Amelung, D. R. Musser, and J. M. Laffey. Introduction to the shadow networkspace. In *CSCL 2002*, pages 527–528, Boulder, CO, USA, 2002.
- [Gregorc, 1979] A. F. Gregorc. Learning/teaching styles: Potent forces behind them. *Educational Leadership*, 36:234–237, 1979.
- [Herrmann, 1990] N. Herrmann. *The Creative Brain*. Brain Books, Lake Lure, NC, 1990.
- [Honey y Mumford, 1982] P. Honey and A. Mumford. *The Manual of Learning Styles*. Peter Honey Publications, Maidenhead, 1982.
- [Honey y Mumford, 1992] P. Honey and A. Mumford. *The Manual of Learning Styles*. (3ª Ed.) Peter Honey Publications, Maidenhead, 1992.
- [Hong y Kinshuk, 2004] H. Hong and D. Kinshuk. Adaptation to student learning styles in web based educational systems. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, pages 491–496, Lugano, Switzerland, 2004.

- [Horvitz *et al.*, 1998] E. Horvitz, L. Breese, D. Heckerman, D. Hovel, and K. Rommelse. The lumiere project: Bayesian user modelling for inferring the goals and needs of software users. In *Proceedings of UAI-98*, pages 256–265, 1998.
- [Johnson *et al.*, 1984] D. W. Johnson, R. T. Johnson, and E. J. Holubec. *Cooperation in the Classroom*. Interaction Book Company, Edina, MN, 1984.
- [Johnson y Johnson, 1975] D. W. Johnson and F. P. Johnson. *Learning Together: Group Theory and Group Skills*. Pearson Education, 1975.
- [Jonassen y Grabowski, 1993] D. H. Jonassen and B. L. Grabowski. *Handbook of Individual Differences, Learning, and Instruction*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1993.
- [Jung, 1976] C. G. Jung. *Psychological Types*. Princeton University Press, Bollingen Series, New Jersey, 1976.
- [Keefe, 1979] J. W. Keefe. Nassp’s student learning styles: Diagnosing and prescribing programs. Technical report, National Association of Secondary School Principals, Reston, VA, 1979.
- [Kobsa *et al.*, 1999] A. Kobsa, J. Kownemann, and W. Pohl. Personalized hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships. Technical report, German National Research Center for Information Technology, St. Augustin, Alemania, 1999.
- [Kobsa, 2001] A. Kobsa. Generic user modeling systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction: The Journal of Personalization Research*, 11:49–63, 2001.
- [Kolb, 1976] D. A. Kolb. *The Learning Style Inventory: Technical Manual*. McBer and Company, Boston, 1976.
- [Kolb, 1981] D. A. Kolb. Experiential learning theory and the learning style inventory: a reply to freedman and stumpf. *Academy of Management Review*, 6(2):289–296, 1981.
- [Kolb, 1984] D. A. Kolb. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.
- [Kolb, 1999] D. A. Kolb. *The Kolb Learning Style Inventory*. Hay Resources Direct, Boston, 1999.
- [Koschmann, 1996] T. Koschmann. Paradigms shift and instructional technology. In T. Koschmann, editor, *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*, pages 1–23. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, USA, 1996.
- [Kuutti y Arvonen, 1992] K. Kuutti and T. Arvonen. Identify potential cscw applications by means of activity theory concepts: A case example. In *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-Supported Cooperative Work*, pages 233–240, Toronto, Ontario, Canada, 1992.

- [Livesay *et al.*, 2002] G. A. Livesay, E. A. Dee, and L. S. Hites. Engineering student learning styles: A statistical analysis using felder's index of learning styles. In *2002 Annual Conference of the American Society for Engineering Education*, pages–, Montreal, Quebec, 2002.
- [MacLean, 1952] P. D. MacLean. Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 4 (4):407–418, 1952.
- [Martín y Paredes, 2004] E. Martín and P. Paredes. Using learning styles for dynamic group formation in adaptive collaborative hypermedia systems. In M. Matera and S. Comai, editors, *Engineering Advanced Web Applications. Proceedings of Workshops in Connection with 4th International Conference on Web Engineering (ICWE 2004)*, pages 188–197. Rinton Press, Inc, Munich, Germany, 2004.
- [Marton, 1976] F. Marton. What does it take to learn? some implications on an alternative view of learning. In N. J. Entwistle, editor, *Strategies for Research and Development in Higher Education*, pages 200–222. Swets and Zeitlinger, Amsterdam, 1976.
- [Merrill, 1983] M. D. Merrill. Component display theory. In C. M. Reigeluth, editor, *Instructional Design Theories and Models: An Overview of Their Current Status*, pages 279–333. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1983.
- [Messick, 1976] S. Messick. Personal styles and educational options. In S. Messick, editor, *Individuality in Learning*, pages 327–368. Jossey Bass, San Francisco, 1976.
- [Mora *et al.*, 2003] M.A. Mora, R. Moriyón, and F. Saiz. Developing applications with a framework for the analysis of the learning process and collaborative tutoring. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning (IJCEELL)*, 13:268–279, 2003.
- [Myers y McCaulley, 1985] I. B. Myers and M. H. McCaulley. *Manual: A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs Type Indicator*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA, 1985.
- [Myers y McCaulley, 1998] I. B. Myers and M. H. McCaulley. *Manual: A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs Type Indicator*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA, 1998.
- [Nelson, 1965] T. H. Nelson. Complex information processing: a file structure for the complex, the changing and the indeterminate. In *ACM Annual Conference/Annual Meeting. Proceedings of the 1965 20th national conference*, pages 84–100, Cleveland, Ohio, United States, 1965.
- [Nijstad y De Dreu, 2002] B. A. Nijstad and C. K. W. De Dreu. Creativity and group innovation. *Applied Psychology*, 51(3):400–406, 2002.

- [Ortigosa *et al.*, 2008] A. Ortigosa, P. Paredes, and P. Rodríguez. An adaptive hierarchical questionnaire based on the index of learning styles. In *Proceedings of the Workshop on Authoring of Adaptive and Adaptable Hypermedia. AH 2008*, pages 45–53, Hannover, Germany, 2008.
- [Panitz, 1999] T. Panitz. The motivational benefits of cooperative learning. *New directions for teaching and learning*, 78:59–67, 1999.
- [Papanikolaou *et al.*, 2003] K. A. Papanikolaou, M. Grigoriadou, H. Kornilakis, and G. D. Magoulas. Personalizing the interaction in a web-based educational hypermedia system: The case of inspire. *User-Modeling and User-Adapted Interaction*, 13 (3):213–267, 2003.
- [Paredes *et al.*, 2008] P. Paredes, A. Ortigosa, and P. Rodríguez. Together: A tool for group formation based on learning styles. *Journal of Educational Technology & Society*, enviado, 2008.
- [Paredes y Rodríguez, 2002a] P. Paredes and P. Rodríguez. Considering learning styles in adaptive web-based education. In *Proceedings of the 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol. 2*, pages 481–485, Orlando, Florida, 2002.
- [Paredes y Rodríguez, 2002b] P. Paredes and P. Rodríguez. Considering sensing-intuitive dimension to exposition-exemplification in adaptive sequencing. In P. de Bra, P. Brusilovsky, and R. Conejo, editors, *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. LNCS 2347*, pages 556–559. Springer-Verlag, London, UK, 2002.
- [Paredes y Rodríguez, 2002c] P. Paredes and P. Rodríguez. Tratamiento de los casos secuenciales-globales moderados y extremos en un sistema de enseñanza adaptativa. In *Actas del III Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*, pages 121–127, Madrid, España, 2002.
- [Paredes y Rodríguez, 2003] P. Paredes and P. Rodríguez. Incorporating learning styles into the user model. In *Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society*, pages 774–778, Badajoz, España, 2003.
- [Paredes y Rodríguez, 2004] P. Paredes and P. Rodríguez. A mixed approach to modelling learning styles in adaptive educational hypermedia. *Advanced Technology for Learning, ACTA PRESS*, 1(4):210–215, 2004.
- [Paredes y Rodríguez, 2006] P. Paredes and P. Rodríguez. The application of learning styles in both individual and collaborative learning. In *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 1141–1142, Kerkrade, The Netherlands, 2006.
- [Pask, 1972] G. Pask. A fresh look at cognition and the individual. *International Journal of Man-Machine Studies*, 4:211–216, 1972.

- [Pask, 1973] G. Pask. Caste: A system for exhibiting learning strategies and regulating uncertainties. *International Journal of Man-Machine Studies*, 5(1):17–52, 1973.
- [Pask, 1975] G. Pask. *Conversation, Cognition and Learning: A Cybernetic Theory and Methodology*. Elsevier, Amsterdam and New York, 1975.
- [Pask, 1976a] G. Pask. *Conversation Theory: Applications in Education and Epistemology*. Elsevier, Amsterdam and New York, 1976.
- [Pask, 1976b] G. Pask. Styles and strategies of learning. *British Journal of Educational Psychology*, 46:128–148, 1976.
- [Peña *et al.*, 2002] C. I. Peña, J. L. Marzo, and J. L. de la Rosa. Intelligent agents in a teaching and learning environment on the web. In V. Petrushin, P. Kommers, Kinshuk, and I. Galeev, editors, *Proceedings of the International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 21–27, Palmerston North, NZ, 2002. IEEE Learning Technology Task Force.
- [Peña, 2004] C. I. Peña. *Intelligent Agents to Improve Adaptivity in a Web-Based Learning Environment*. Tesis Doctoral, Universidad de Girona, 2004.
- [Quinlan, 1996] J. R. Quinlan. Improved use of continuous attributes in c4.5. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 4:77–90, 1996.
- [Ramsden y Entwistle, 1981] P. Ramsden and N. J. Entwistle. Effects of academic departments on students' approaches to studying. *British Journal of Educational Psychology*, 51 (3):368–383, 1981.
- [Read *et al.*, 2006] T. Read, B. Barros, E. Barcena, and J. Pancorbo. Coalescing individual and collaborative learning to model user linguistic competences. *User Modeling and User-Adapted Interaction: The Journal of Personalization Research. Special issue on User Modeling to Support Groups, Communities and Collaboration*, 2006.
- [Reigeluth y Stein, 1983] C. M. Reigeluth and F. S. Stein. The elaboration theory of instruction. In C. M. Reigeluth, editor, *Instructional Design Theories and Models: An Overview of Their Current Status*, pages 335–381. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1983.
- [Rodriguez *et al.*, 2002] O. Rodriguez, S. Chen, H. Shi, , and Y. Shang. Open learning objects: The case for inner metadata. In *Proceedings of the World Wide Web Conference*, Honolulu, Hi, 2002.
- [Rundle y Dunn, 2000] S. M. Rundle and R. Dunn. *The Guide to Individual Excellence: A Self Directed Guide to Learning and Performance Solutions*. Performance Concepts International, New York, 2000.
- [Schlichter, 1997] J. Schlichter. Lecture 2000: More than a course across wires. *Teleconference - The Business Communications Magazine*, 16(6):18–21, 1997.

- [Schwarz *et al.*, 1996] E. Schwarz, P. Brusilovsky, and Weber G. World-wide intelligent textbooks. In *Proceedings of ED-TELEKOM 96 - World Conference on Educational Telecommunications*, pages 302–307, Charlottesville, VA, 1996.
- [Seery *et al.*, 2003] N. Seery, W. F. Gaughran, and T. Waldmann. Multi-modal learning in engineering education. In *Proceedings of the ASEE Conference on Engineering Education*, Nashville, 2003.
- [Shang *et al.*, 2001] Y. Shang, H. Shi, and S. Chen. An intelligent distributed environment for active learning. *ACM Journal of Educational Resources in Computing*, 1 (2):1–17, 2001.
- [Soloman, 1992] B. A. Soloman. Inventory of learning styles. North Carolina State University, 1992.
- [Spada *et al.*, 2008] D. Spada, M. Sanchez-Montanes, P. Paredes, and R. M. Carro. Towards inferring sequential-global dimension of learning styles from mouse movement patterns. In *5th International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2008*, Hannover, Germany, 2008.
- [Sperry, 1964] R. W. Sperry. The great cerebral commissure. *Scientific American*, 210 (1):42–52, 1964.
- [Stash *et al.*, 2004] N. Stash, A. Cristea, and P. De Bra. Authoring of learning styles in adaptive hypermedia: Problems and solutions. In *World Wide Web Conference 2004*, pages 114–123, New York, USA, 2004.
- [Stash *et al.*, 2005] N. Stash, A. Cristea, and P. de Bra. Explicit intelligence in adaptive hypermedia: Generic adaptation languages for learning preferences and styles. In I. Hatzilygeroudis, editor, *Proceedings of the International Workshop on Combining Intelligent and Adaptive Hypermedia Methods/Techniques in Web- Based Education (in Conjunction with Acm Conference on Hypertext and Hypermedia)*, pages 75–84, Patras, Greece, 2005. University of Patras.
- [Stern *et al.*, 1997a] M. K. Stern, J. Steinberg, H. I. Lee, J. Padhye, , and J. Kurose. Manic: Multimedia asynchronous networked individualized courseware. In *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia/Hypermedia and World Conference on Educational Telecommunications (Ed-Media/Ed-Telecom)*, pages 1002–1007, Calgary, Canada, 1997.
- [Stern *et al.*, 1997b] M. K. Stern, B. P. Woolf, and J. Kurose. Intelligence on the web? In B. Boulay and R. Mizoguchi, editors, *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems*, pages 490–497. IOS, Amsterdam, 1997.
- [Stern y Woolf, 2000] M. K. Stern and B. P. Woolf. Adaptive content in an online lecture system. In *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems: International Conference, AH 2000*, volume 1892 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 227–238. Springer Berlin / Heidelberg, 2000.

- [Tyler y Entwistle, 2003] S. Tyler and N. J. Entwistle. Approaches to learning and studying inventory: Self-score version. In *The Managers Good Study Guide: An Essential Reference with Key Concepts, Tools and Techniques Explained*, pages 311–324. Milton Keynes, Open University, 2003.
- [Van der Linden y Hambleton, 1997] W. J. Van der Linden and R. K. Hambleton. *Handbook of modern item response theory*. New York: Springer, 1997.
- [Vygotsky, 1978] L. S. Vygotsky. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.
- [Witten y Frank, 2005] I. Witten and E. Frank. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. Elsevier, 2005.
- [Wolf, 2002] C. Wolf. iweaver: Towards an interactive web-based adaptive learning environment to address individual learning styles. *European Journal of Open Distance and E-learning (EURODL 2002)*, 2002.
- [Zywno, 2003] M. S. Zywno. A contribution of validation of score meaning for felder-soloman’s index of learning styles. In *Proceedings of the 2003 Annual ASEE Conference, Washington, DC: American Society for Engineering Education*, Nashville, Tennessee, 2003.