

TESIS DEFENDIDA POR

Gabriel Alejandro López Morteo

Y aprobada por el siguiente comité:

Dr. Pedro Gilberto López Mariscal

Director del Comité

Dra. Ana Isabel Martínez García

Miembro del Comité

Dr. Jesús Favela Vara

Miembro del Comité

Dr. César Osuna Gómez

Miembro del Comité

Dr. Arturo Velázquez Ventura

*Coordinador del programa en
Electrónica y Telecomunicaciones*

Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla

*Director de Estudios
de Posgrado*

21 de Octubre de 2005

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN
SUPERIOR DE ENSENADA



PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS EN ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES CON ORIENTACIÓN EN
TELECOMUNICACIONES

**Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos
de Diversiones Matemáticas**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS

Presenta:

Gabriel Alejandro López Morteo

Ensenada, Baja California a Octubre de 2005.

RESUMEN de la tesis de **Gabriel Alejandro López Morteo**, presentada como requisito parcial para obtener el grado de DOCTOR EN CIENCIAS en ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES CON ORIENTACIÓN EN TELECOMUNICACIONES. Ensenada, B. C. Octubre de 2005.

Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas

Resumen aprobado por:

Dr. Pedro Gilberto López Mariscal

Director de Tesis

En este trabajo, se presenta la conceptualización, el desarrollo y la implementación de un Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (AIIDM), el cual es un espacio de trabajo colaborativo diseñado con el objetivo de fomentar el aprendizaje de las matemáticas. Los Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (IIDM), se definen como componentes de software educativo especializados en conceptos matemáticos presentados a través de matemáticas recreativas. De esta manera, los IIDM son mostrados como objetos de aprendizaje dentro del ambiente, el cual actúa a la vez como contenedor y como espacio de trabajo para el estudiante.

El AIIDM tiene una estructura de portal de Internet basado en un arreglo multicapas. A través de un conjunto de servicios del sistema, el AIIDM permite a los usuarios personalizar su espacio de trabajo. Para proporcionar los mecanismos de interacción entre la comunidad de estudiantes, se integraron servicios de comunicación tales como el servicio de mensajería instantánea y correo electrónico. Además se desarrollaron los mecanismos para soportar la ejecución de IIDM multi-usuarios, los cuales mantienen comunicación con el entorno, para proveer de manera transparente para el usuario, los procesos de inicio y ejecución de la sesión de interacción.

Se evaluaron diversos aspectos del ambiente de aprendizaje en tres cursos cortos de carácter motivacional dirigidos a estudiantes de bachillerato. Los resultados obtenidos muestran que el uso del AIIDM influye de manera positiva en la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas, principalmente por la integración del material didáctico interactivo, el entorno de trabajo colaborativo, y los modelos de aprendizaje.

Palabras clave: ambientes de aprendizaje, aprendizaje colaborativo, objetos de aprendizaje.

ABSTRACT of the thesis presented by **Gabriel Alejandro López Morteo**, as a partial requirement to obtain the DOCTOR IN SCIENCE degree in ELECTRONIC AND TELECOMMUNICATIONS ORIENTATION IN TELECOMMUNICATIONS. Ensenada, B. C. October 2005.

Learning Environment based on Interactive Instructors of Recreational Mathematics

Abstract approved by:

Dr. Pedro Gilberto López Mariscal

Thesis director

This work contains the design and development of the Learning Environment based on Interactive Instructors of Recreational Mathematics (AIIDM), a collaborative workspace for motivating students towards mathematics. The Interactive Instructors of Recreational Mathematics (IIDM), are educational software components, specializing in mathematical concepts, presented through recreational mathematics, conceived as interactive, recreation-oriented learning objects, integrated within the environment.

The AIIDM is an Internet portal with a N-tier architecture. The learning environment acts as the container of the IIDM, however, at internal levels, the functionality of IIDM is enhanced with features supported by the environment infrastructure. The learning community interaction is supported by the learning environment architecture, which integrates communication services such as e-mail, instant messaging, chat rooms, and multi-player math games. Through those mechanisms, the IIDM interact with its container for a transparent management of the collaborative session. Using the environment interface of their personal workspace, students have access to several easy-to-use mechanisms that allows the to customize its content.

Different aspects of the learning environment were evaluated in three short, motivation-oriented math courses given to Mexican high-school students. The results indicate that the use of the AIIDM, positively affects student attitudes towards mathematics, mostly due to the integration of the interactive didactic material, the use of a collaborative workspace, and the learning models.

Keywords: learning environments, collaborative learning, learning objects.

A Mariana, mi compañera, mi amiga, mi complice

A Abril, porque dejaste de ser poema y te convertiste en nuestro milagro de abril

A mis padres, a quienes admiro por la educación y el cariño que nos dieron

A mis hermanos, mi ejemplo a seguir

A mis sobrinas y sobrinos, quienes representan la continuidad y la esperanza

A todas y todos aquellos que han influido en mi vida

A Sergio Beltrán, amigo sin tu apoyo no hubiera sido posible, q.e.p.d

Agradecimientos

Desde luego en primer lugar quiero agradecer a mi asesor, el Dr. Gilberto López por toda la paciencia que me tuvo durante todos estos años, así como su acertados consejos, pero sobre todo, el apoyo y confianza que me tuvo al emprender la aventura del doctorado. Gracias Gilberto.

También, quiero agradecer al Dr. Jesús Favela y a la Dra. Ana Martínez no solamente por sus consejos como parte del comité de tesis, sino también por la influencia que tuvieron en mi como profesional y como persona durante toda mi estancia en el programa.

Al Dr. César Osuna, por sus acertados comentarios y observaciones, además de que siempre tuvo palabras de aliento para sacar adelante el proyecto de investigación.

A los investigadores del departamento de Ciencias de la Computación con los que tuve un contacto cercano, Raúl, Gustavo, José Luis, Josefina, Alberto y Jorge. Me permito llamarlos solamente por sus nombres porque me hicieron sentir uno de los suyos.

A Carolina y Lidia, siempre dispuestas a apoyar en los trámites administrativos, o a tener una charla amena.

Al personal del CICESE, por su amor a la institución y por lo orgulloso que estoy de haber estudiado aquí.

A mis compañeros, Jorge, Brenda, Rafael, Juan Tapia, Juan Contreras, por mencionar a algunos, por su sincera amistad y apoyo.

Al CONACyT, por el apoyo económico otorgado a través de la beca crédito registrada con el número 69532.

Ensenada, México

21 de Octubre de 2005.

Gabriel Alejandro López Morteo

Tabla de Contenido

Capítulo	Página
Tabla de Contenido	I
Resumen	II
Abstract	III
Lista de Figuras	IX
Lista de Tablas	XI
I. Introducción	1
I.1. Trabajos relacionados	5
I.1.1. El uso de las nuevas tecnologías de la información en la educación de las matemáticas	5
I.1.2. El uso de software recreativo en la educación de las matemáticas	6
I.2. Objetivos	13
II. Marco teórico	15
II.1. Los Instructores de Diversiones matemáticas	15
II.2. Los Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas	17
II.2.1. El soporte pedagógico	19
II.2.2. El contexto lúdico	20
II.2.3. Soporte a la interactividad	21
II.2.4. Soporte telemático	21
II.2.5. Metadatos	22
II.2.6. Características tecnológicas de los IIDM	22
II.3. Sistema de Instructores Interactivos de Diversiones matemáticas: Fibonacci	25
II.4. El Ambiente basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas AIIDM	28
II.4.1. Primer capa: Taxonomía del Instructor de Diversiones Matemáticas (IDM)	31
II.4.2. Segunda capa: Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas	31
II.4.3. Tercer capa: Mecanismos de colaboración	32
II.4.4. Cuarta capa: Interfaces	33
II.4.5. Quinta capa: Modelo pedagógico y teorías de aprendizaje	34
III. Análisis y Diseño del Ambiente de Aprendizaje	36
III.1. Requerimientos	36
III.2. El modelo conceptual de la arquitectura del Ambiente de Aprendizaje	39
III.2.1. El módulo administración de la sesión	43
III.2.2. El módulo de administración del espacio de trabajo	43
III.2.3. El módulo de administración del contenido	44
III.2.4. El módulo de administración de la mensajería	45
III.2.5. El módulo de soporte a la aplicación WEB	45

Tabla de Contenido (Continuación)

Capítulo	Página
III.3. Análisis de casos de uso del Ambiente de Aprendizaje	46
III.3.1. Acceso al contenido	48
III.3.2. Administración de la Membresía	50
III.3.3. Interacción entre los usuarios	53
IV. El Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas	57
IV.1. Implementación de la arquitectura del ambiente de aprendizaje	57
IV.1.1. El servidor WWW y el servidor de aplicaciones	64
IV.1.2. Los servicios de comunicación	65
IV.2. Estructura de clases	73
IV.3. Funcionalidad del Ambiente de Aprendizaje	74
IV.3.1. Ingreso al sistema	74
IV.3.2. Inicio de la sesión y la página principal del usuario	81
IV.3.3. Personalización de la página principal del usuario	83
IV.3.4. La búsqueda y recuperación de portlets	88
V. Los IIDM como objetos de aprendizaje	92
V.1. Los objetos de aprendizaje	92
V.2. Modelos del aprendizaje y pedagógicos	97
V.2.1. Modelos y metodologías del aprendizaje de las matemáticas	98
V.2.2. Modelos de desarrollo de contenido educativo	99
V.3. Metodología de diseño	100
V.4. Implementación	103
V.4.1. El Documento de Definición de Tipo del IIDM	104
V.5. Edición del IIDM	114
V.5.1. El Sistema de Edición de Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas	116
V.6. La plantilla de transformación del IIDM	118
V.7. Consideraciones generales de los IIDM como Objetos de Aprendizaje	121
VI. Los IIDM multiusuarios	124
VI.1. Introducción	124
VI.1.1. El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador	126
VI.1.2. El esquema de aplicación replicada	128
VI.1.3. El esquema semi-centralizado	129
VI.2. Elementos de diseño	130
VI.2.1. La representación abstracta del mundo real	130
VI.2.2. La interacción entre el usuario y la aplicación	132
VI.2.3. La interacción entre usuarios y entre las aplicaciones	134
VI.3. Soporte tecnológico	137

Tabla de Contenido (Continuación)

Capítulo	Página
VI.3.1. Las capas de abstracción de datos para la triada MVC	137
VI.3.2. El objeto Estafeta de envío de datos y eventos	138
VI.3.3. El objeto Administrador de conexiones	139
VI.4. Desarrollo de prototipos	141
VI.4.1. El Memorama Aritmético colaborativo	141
VII. Evaluación y resultados	146
VII.1 Metodología	147
VII.2 Resultados	152
VII.2.1 El sentir del estudiante hacia las matemáticas	152
VII.2.2 Experiencia previa del estudiante con software educativo y video- juegos	156
VII.2.3 La percepción de la complejidad de uso del Ambiente de Apre- ndizaje	157
VII.2.4 El Ambiente de Aprendizaje y la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas	159
VII.2.5 El sentir del estudiante hacia el uso del AIIDM	160
VII.2.6 Medición de la actitud	161
VII.3 Discusiones de los resultados	163
VIII. Conclusiones	170
IX. Trabajo a futuro	174
Referencias	175
A. El registro de portlets	185
A.1. El registro de portlets	185
A.2. El portlet	186
A.3. El registro de portlets de Los Supersabios	187
B. DTD para los IIDM con estructura interna	196
C. Construcción de la escala Likert	199
C.1. Principales características de la escala Likert	199
C.2. Metodología para la construcción de la escala Likert	200
C.2.1. La construcción de los elementos de la escala	201
C.2.2. Aplicar estos elementos a un conjunto de jueces con característi- cas similares al mismo grupo objetivo.	202
C.2.3. Asignación de puntajes a los elementos dependiendo de su orien- tación, positiva o negativa.	203
C.2.4. Asignación de puntajes totales a los individuos de estudio de acuerdo al tipo de respuesta.	203
C.2.5. Analizar los elementos	204
C.2.6. Construcción de la escala final	204

Lista de Figuras

Figura	Página
1. Estructura de un Instructor de Diversiones matemáticas. Se compone de la diversión matemática la cual contiene el concepto matemático que se desea reforzar, uno o varios modelos pedagógicos que corresponden a una teoría del aprendizaje.	16
2. Modelo conceptual del Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas. Se incorporan componentes que amplían el alcance de los IDM, como los metadatos, el entorno lúdico, la interactividad y elementos de la telemática.	18
3. Diagrama del Sistema de Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas.	25
4. Imágenes de ejemplo tomadas del Sistema de Instructores Interactivos de Diversiones matemática. Se muestran la página principal (arriba), y un IIDM llamado Aritmética 24 (abajo)	27
5. Diagrama que muestra las posibles rutas de interacción entre los IIDM y el AIIDM.	29
6. Modelo conceptual del Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas.	30
7. Módulos que componen la arquitectura del AIIDM y los servicios asociados a cada uno de ellos.	42
8. Diagrama general de casos de uso para el AIIDM.	47
9. Diagrama de casos de uso de Acceso al contenido.	48
10. Diagrama de casos de uso de administración de la membresía.	51
11. Diagrama de casos de uso de interacción entre los usuarios.	54
12. Arquitectura del Ambiente de Aprendizaje.	59
13. Diagrama que muestra la redirección de la solicitud del usuario desde el servidor Apache al servidor de Aplicaciones Tomcat.	65
14. Diagrama principal de clases del AIIDM.	75
15. Página principal de Los Supersabios. Se muestra la interfaz del usuario anónimo.	77
16. Forma de registro de un nuevo usuario.	79
17. Ejemplo de un archivo de preferencias de usuario.	84
18. Detalle del decorado de un portlet. De izquierda a derecha, sus elementos son: título, editar propiedades, eliminar, minimizar y maximizar.	85

Lista de Figuras (Continuación)

Figura	Página
19. Interfaz de la página para la personalización de la página principal de cada usuario. Se muestra un ejemplo del acomodo a dos columnas. También pueden observarse como el sistema representa a cada portlet y los controles de modificación del acomodo y de borrado, asociados a cada uno de ellos.	86
20. Detalle del catálogo de portlets.	89
21. Ejemplo de un registro de un IIDM cuyo formato original está en XML.	91
22. Nodo raíz y primer nivel del IIDM. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.	108
23. Nodo de metadatos del IIDM. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.	110
24. Nodo de contenido del IIDM. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.	111
25. Nodo de solución del IIDM. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.	112
26. Elemento texto, como un nodo de tercer nivel y orientado al formato del contenido. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.	115
27. Ejemplo de la edición en JEdit de un documento XML con un DTD asociado.	116
28. Interfaz principal de SEIIDM. Se muestra el árbol de la estructura XML de un IIDM, así como la forma de captura de uno de sus nodos.	117
29. Segmento del IIDM titulado “Dedos y Colores de Cromo” ya transformado y presentado en Los Supersabios.	120
30. El patrón de diseño Modelo-Presentación-Controlador.	127
31. Envío de mensajes y eventos entre las instancias distribuidas de una aplicación colaborativa. Las flechas indican el flujo de los mensajes. En este caso, la aplicación A genera el mensaje, el cual es enviado a las instancias remotas B y C a través del objeto estafeta de transferencia de eventos y datos, quien es parte del administrador de comunicaciones.	131
32. Detalle del objeto Modelo modificado.	133
33. Relación entre los datos en XML, el archivo que le da estructura semántica a los datos (DTD) y el resultado de su interpretación tal y como los presenta la aplicación.	138
34. Estructura del Identificador Único del Usuario de Jabber.	140
35. El memorama aritmético colaborativo en ejecución.	142
36. DTD del registro de portlets.	195

Lista de Tablas

Tabla	Página
I. Cuestionario aplicado a los grupos A, B y C.	148
II. Resultados porcentuales del cuestionario aplicado a los grupos A, B y C.	150
III. Resultados de la prueba KS, con un nivel de significancia de $p = 0.01$.	151
IV. Cuestionario y resultados porcentuales aplicados al grupo D (N=77). La columna de opciones contienen las cinco posibles respuestas para cada una de las tres preguntas (Q1cb, Q2cb y Q3cb), y son completamente en desacuerdo, en desacuerdo, neutral, de acuerdo y completamente de acuerdo, cuyo valor va de 1 a 5 respectivamente. Los resultados de la cuarta pregunta (Q4cb), fueron obtenidos después de agrupar las respuestas de los estudiantes en dos clases: aquellas carreras que planean estudiar y que tienen o no un fuerte componente matemático.	153
V. Aserciones de la escala Likert y el valor de la moda de sus respuestas para el grupo C. Cada pregunta tiene cuatro opciones variando desde completamente en desacuerdo, en desacuerdo, de acuerdo y completamente en desacuerdo. Cada opción tiene un valor de 1 a 4 para las actitudes positivas y de 4 a 1 para las negativas.	162

Capítulo I

Introducción

Las matemáticas son una actividad muy particular del quehacer humano, el cual ha estado estrechamente ligado con la evolución científica, tecnológica e intelectual de las sociedades. A pesar de esto, el sector de la población que disfruta de estar involucrado en actividades relacionadas con las matemáticas es muy reducido. Este es un problema de importancia actual, cuyo estudio involucra a especialistas en diferentes áreas del conocimiento.

Las dificultades asociadas al proceso por el cuál se transmiten conceptos matemáticos son diversas. Muchos investigadores se han dado a la tarea de identificar, principalmente, los problemas pedagógicos y psicológicos relacionados con la formación de un pensamiento matemático en los individuos. Los diversos estudios, han resultado en que la enseñanza de las matemáticas haya sufrido diversos cambios durante las últimas décadas. Se han modificado o adoptado diferentes modelos pedagógicos que son aplicados en la preparación curricular de los cursos a todos los niveles de enseñanza. Sin embargo, no se ha avanzado lo suficiente en la concepción de actividades matemáticas que lleguen a resultar en un proceso educativo dinámico y asociado a diferentes actividades cotidianas, y que, de acuerdo con los indicadores resultantes de evaluaciones periódicas sobre el aprovechamiento de los estudiantes, auxilien a resolver satisfactoriamente las problemáticas asociadas al mejoramiento en el aprendizaje de las matemáticas.

Al parecer, el problema en sí, no corresponde exclusivamente a la asimilación de los conceptos matemáticos que se presentan en las aulas, sino la posibilidad real de adquirir y fomentar hábitos deseables para aquellos que emplean las matemáticas en diferentes

ámbitos de su vida académica y profesional. Existen varias tendencias y escuelas del pensamiento que toman el problema y tratan de analizarlo bajo diferentes puntos de vista. Se destaca la visión de que el pensamiento matemático que se desea inculcar en el educando sea orientado a la resolución de problemas. Por ejemplo Schoenfeld (1999), propone que el educador explique claramente y en la medida de lo posible, aquellas situaciones o casos en donde las teorías matemáticas tengan una aplicación práctica visible y viable. El educador debe comprender el concepto matemático que está tratando de enseñar a los alumnos, pero también la forma mediante la cual se aprenden estos conceptos. Particularmente, menciona que no existe una estructura teórica que esté orientada a comprender los mecanismos del aprendizaje del conocimiento, y mucho menos, en lo que se refiere al aprendizaje de las matemáticas. En este sentido Dewey (1927), establece que el mecanismo de pensar conlleva a la función de sugerir la esencia de un hecho u objeto real a través de la interpretación de estímulos físicos o intelectuales. Una buena selección de estos estímulos puede llevar al individuo a reflexionar en la relación entre lo que está viendo o haciendo y los conceptos almacenados en su mente como producto de experiencias previas, a la vez que estimula la generación de un pensamiento reflexivo necesario para el aprendizaje de las matemáticas, y que eventualmente conduzca a la comprensión del fenómeno que se le está presentando al estudiante, para que finalmente se convierta en un aprendizaje. Una propuesta sobre los mecanismos para el aprendizaje de las matemáticas está dada por Skemp (1993), quien sugiere que el instructor debe fomentar la creación de mapas mentales en el alumno. Así, partiendo de ejemplos, el estudiante puede generalizar los conceptos a partir de la asociación con conocimiento matemático previamente adquirido, y a partir de ese momento, ser sensible a asimilar la representación formal de los conceptos matemáticos e interiorizar el conocimiento.

De lo anterior, se deduce que las metodologías y técnicas empleadas en la enseñanza

y el aprendizaje de las matemáticas, deben de ser coherentes en el logro de una meta global que, entre otras cosas, contemple la capacitación del individuo en la resolución de problemas cotidianos, en los cuales se vean involucrados conceptos matemáticos simples o complejos, pero que requieran de habilidades cognitivas para poder analizar, comprender y solucionar los retos a los que nos enfrentamos diariamente. La concepción de las actividades educativas como integrantes de un proceso integral en la formación de los individuos, conlleva a involucrar a especialistas de muchas áreas en el análisis del proceso educativo con el fin de valorarse en su forma y contenido. Considerando un punto de vista en particular, se considera el apoyo que puedan dar las tecnologías de información a este proceso, para crear una relación entre los conceptos abstractos de las matemáticas, la representación mental del concepto matemático y la aplicación de todo esto en el análisis, comprensión y resolución de problemas cotidianos.

Resulta evidente que existe un esfuerzo importante en distintas partes del mundo para generar nuevas estrategias dentro de la enseñanza, que permitan preparar a las nuevas generaciones con un conocimiento matemático adecuado a los tiempos venideros, y plenamente apoyados e integrados al mundo tecnológico en el que nos encontramos inmersos. Sin embargo, en nuestro país, este punto debe ser considerado como de gran importancia, especialmente si se toma en cuenta la baja capacidad que tienen nuestros estudiantes para aplicar conocimientos matemáticos, lo que es evidenciado en los resultados del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA por sus siglas en inglés, (OCDE, 2001; for International Student Assessment, 2003)), el cual se aplicó a jóvenes mexicanos de 15 años en el 2001 y en el 2003. Los resultados indican que al evaluar la capacidad para aplicar conceptos matemáticos en los dos años de aplicación, nuestro país mantiene un valor menor al promedio del resto de los países participantes. Más preocupante aún, es el hecho de que los valores promedio obtenidos por nuestros estudiantes, tanto en matemáticas como en las ciencias, disminuyó en el

2003 con respecto a los promedios obtenidos en el 2001. En resumen, de 5 niveles de aptitudes, nuestro país se encuentra catalogado en el nivel 1, entre 25% y 34% de estudiantes ni siquiera alcanzaron el nivel mínimo que este programa era capaz de medir. Dado que nuestros jóvenes no están desarrollando bien sus habilidades de aplicar sus conocimientos en matemáticas y las ciencias, es imprescindible desarrollar estas habilidades en los diferentes niveles escolares.

Las tendencias mostradas en estos estudios, coinciden con las observadas en el reporte del análisis de los resultados oficiales de las pruebas de Estándares Nacionales de Lectura y Matemáticas que se aplican cada año en escuelas públicas y privadas a nivel primaria y secundaria (del Valle, 2004), éste indica que entre 2000 y 2003 aumentó seis veces el porcentaje de alumnos de sexto grado de primaria con el nivel más bajo de desempeño en matemáticas, además de que el porcentaje de estudiantes con el mejor nivel de aprovechamiento en esta disciplina cayó a la mitad entre los años evaluados.

Así entonces, para la incorporación de las tecnologías de la información el ámbito educativo, es necesario contar con software que proporcione un respaldo a la instrucción en el aula, o bien, auxilie a la realización de actividades educativas a nivel personal o en grupo. Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, en particular este trabajo de tesis se enfoca en evaluar el uso de la computadora para el aprendizaje de las matemáticas, mediante la integración en un ambiente de aprendizaje electrónico, a elementos de las matemáticas recreativas y teorías del aprendizaje cognitivo como una propuesta informático-educativa para motivar a los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas. Con el objeto de establecer la pertinencia de esta propuesta, en la siguiente sección se presentan los trabajos relacionados con ésta, en los cuales se muestra el empleo de la computadora para la educación de las matemáticas, el uso de las matemáticas recreativas en la educación, así como el valor del enfoque lúdico para el aprendizaje de las matemáticas.

I.1. Trabajos relacionados

I.1.1. El uso de las nuevas tecnologías de la información en la educación de las matemáticas

Se ha encontrado evidencia de que a través del uso de las nuevas tecnologías de la información en el salón de clases, se establece una relación entre las actividades educativas asistidas por computadora, la actitud positiva hacia las matemáticas, mejoría en el aprendizaje y el desempeño del estudiante (Kenneth, 1996; Rosas *et al.*, 2003). Esto es posible al emplear la computadora como una "herramienta de pensamiento" o "*mindtool*", tal y como lo proponen Jonanssen y Carr (2000), lo que implica que ésta se utilice para apoyar el pensamiento reflexivo que es necesario para el aprendizaje significativo.

De acuerdo con Brandt (1997), las computadoras en la educación pueden ser utilizadas como un nuevo soporte tecnológico para la visualización de conceptos abstractos a través de representaciones visuales, dando lugar a la generación de modelos mentales del concepto. Mediante software de computadora, los estudiantes pueden interactuar con material educativo diseñado para desarrollar las habilidades necesarias para resolver situaciones cotidianas empleando sus conocimientos matemáticos. Ahora bien, el componente lúdico en la enseñanza de las matemáticas a adquirido relevancia debido a su capacidad de atraer a los estudiantes, ya sea a través de ambientes de aprendizaje electrónicos (Sánchez, 1998), o utilizando en el aula a juegos de computadora con un trasfondo matemático (Gorriz y Medina, 2000; Gros *et al.*, 1998).

Sin embargo, de acuerdo con lo expuesto por Dodge y Maarch (2001) y Wishart (2000), el uso de herramientas tecnológicas para auxiliar el aprendizaje, resultaría ineficiente si no se provee de un entorno de trabajo que refleje por si mismo parte de alguna metodología de la enseñanza. De esta manera, se propone la integración de las nuevas

tecnologías y metodologías de la enseñanza, en componentes de software educativo que involucren fuertemente elementos del aprendizaje colaborativo.

Ahora bien, el uso de computadoras en la enseñanza corresponde más que a una moda temporal, a una necesidad de un nuevo soporte tecnológico basado en las nuevas tecnologías de la información, tanto dentro como fuera del aula. De esta manera y en conformidad con lo expuesto por Brandt (1997), el uso de la computadora en el aula permite la visualización de conceptos abstractos mediante una representación binarizada y virtual que facilita la creación del modelo mental del concepto en el estudiante. Ésto le permite explorar aplicaciones de dichos conceptos mediante simulaciones de situaciones que requieran el empleo pragmático de lo que han aprendido.

Por otra parte, en la computadora es posible interactuar con material de aprendizaje muy variado, diseñado para desarrollar habilidades psíquicas y motoras (como la habilidad para usar el apuntador del ratón y la agilidad de escritura mediante el teclado) del individuo, mediante ejercicios, exposición de situaciones en las cuales se requiere de aplicar el conocimiento matemático del individuo, resolución de problemas, animaciones geométricas de conceptos abstractos, tutoriales simples e inteligentes y juegos. De esta manera, se manifiesta un aspecto importante introducido por el empleo de la computadora para el aprendizaje: el gran interés que despierta en los individuos el uso de la computadora y la expectativa de entretenimiento y novedad que se obtiene de los programas educativos o instruccionales.

I.1.2. El uso de software recreativo en la educación de las matemáticas

El uso de la computadora en la educación, es fomentada en parte por el gran interés que entre la comunidad de jóvenes despierta su empleo como una tecnología interesante y atractiva. Entre el software que puede ser utilizado para la educación se encuentran

los juegos de computadora. En el ámbito del aprendizaje de las matemáticas, no resulta extraño pensar en aprovechar la capacidad de los juegos de computadora para atraer la atención del usuario. Fomentando el interés por las matemáticas a través de actividades recreativas que requieran la aplicación de su conocimiento matemático. El uso de juegos en la educación ha sido explorado por diversos investigadores en diferentes áreas del conocimiento, entre las que destacan: matemáticas (Rosas *et al.*, 2003; Averbach y Chein, 2000; Gorriz y Medina, 2000; CIMT, 1999), la enseñanza de la física, geografía e historia (Gros *et al.*, 1998). Para realizar una implementación exitosa de juegos de computadora en la educación, es necesario considerar varios aspectos que tienen que ver con el efecto de los juegos en los usuarios. Uno de ellos es cuidar que los conceptos que se quieren ilustrar mediante el juego sean muy claros para el estudiante, para no desvirtuar su aprendizaje por cualquier característica del juego. Otros aspectos a considerar son que el juego sea atractivo, que refleje una metodología clara, y que visible para el estudiante el objetivo educativo. Es importante evitar que el estudiante se centre solamente en lograr la meta propuesta por el juego, para no oscurecer el objetivo de ilustrar un concepto, ya que de acuerdo con Bachelard (1938), cuando en el proceso de aprendizaje se involucra demasiado a los sentidos e incluso sentimientos del estudiante, se corre el riesgo de que el observador se ligue demasiado con el objeto de estudio y deje de cuestionar la esencia del concepto que se está estudiando.

Considerando particularmente a los juegos de computadora y al software recreativo-educativo (*edutainment*) como material educativo, Szendrei (1996) establece que el juego en si no es suficiente para el desarrollo matemático del estudiante por lo que el proceso educativo planeado por el instructor en el que tiene lugar un juego debe tener un valor agregado. Este valor agregado son las matemáticas contenidas en el juego en conjunto con el diseño instruccional de la actividad. Papert (1996), establece que existe mucho software comercial que no reúne las características necesarias para cumplir el

objetivo educativo que ostentan, resultando en muchas ocasiones, en un software que solamente replica situaciones o actividades que ocurren en el mundo real, sin aprovechar el potencial de incorporar elementos propios de esta nuevo elemento de la enseñanza. Al considerar las nuevas características que provee la computadora, es necesario modificar el desarrollo de actividades entre los profesores, alumnos y padres para fomentar el aprendizaje; todo en beneficio del objetivo instruccional al cual está dirigido el uso del software. Evidentemente el transportar directamente a la computadora conceptos ya establecidos dentro de la enseñanza asistida por computadora, puede no representar un beneficio por sí solo. Si bien es cierto que se está aprovechando el interés que despiertan las computadoras como elementos tecnológicos novedosos, tal y como lo expresa Szendrei (1996), también es cierto que no puede esperarse que esta tecnología mejore los puntajes de aprovechamiento de los alumnos por el simple hecho de utilizarla, aún y cuando se están repitiendo en ellas elementos de enseñanza ampliamente utilizados y probados.

De acuerdo con lo anterior, el uso de juegos matemáticos de carácter educativo no es suficiente para tener una certeza de que funcione como una herramienta para el aprendizaje de las matemáticas. Para lograrlo, es necesario crear un contexto en el cual, el estudiante se vea inmerso en una actividad educativa de la cual está plenamente consciente y que tenga una estructura adecuada al uso de la tecnología y a los objetivos educativos. Como lo establece Gros (2002), el aprendizaje puede ser mejorado si el estudiante construye su propio ambiente de aprendizaje, con lo cual se involucra al estudiante en la actividad educativa y se le traspa parte de la responsabilidad de su aprendizaje. Además, es indispensable que el estudiante esté conciente de los tópicos matemáticos que se van a cubrir como parte de la actividad, además de una explicación adecuada de cualquier metodología o algoritmo involucrado en la ejecución del juego.

En el ámbito de los juegos de computadora que son usados como material educativo,

el juego en sí puede resultar demasiado atractivo al estudiante. Si se toma en cuenta que por lo general, el contexto de un juego de computadora es ficticio, se corre el riesgo de que el estudiante acepte cualquier resultado del juego como un hecho incuestionable, centrando su atención solamente en los resultados finales y no en el proceso de generación del conocimiento. Sin embargo, si se toma a la interacción del estudiante con el juego como una estrategia para generar estímulos en él, éste tiene el potencial de ayudar al aprendizaje del concepto involucrado. Como lo establece Michalski (1993), el mecanismo del proceso de aprender en un individuo no está ligado a una metodología o proceso específico, sino que se encuentra relacionado con los estímulos que sugieran o induzcan el aprendizaje de un concepto o hecho específico presentados durante el manejo interactivo con el medio. Al enfocarse el uso del juego para el aprendizaje de las matemáticas, se llega invariablemente a las diversiones matemáticas, las cuales por definición, conllevan una inherente orientación lúdica que puede ser estructurada como un juego. Cuando éste es creado como software, entonces se tiene un juego de computadora con un fuerte componente matemático. La combinación de las matemáticas recreativas y el entorno computacional puede sobrellevar la limitante indicada por Gardner (1961), quien dice que las matemáticas recreativas pueden no resultar cautivantes para aquellas personas que cuentan con mentes con pensamiento no matemático. No obstante, se ha demostrado el valor de emplear las matemáticas recreativas en el aula, como una herramienta valiosa para los cursos que tienen una clara orientación a la solución de problemas (Averbach y Chein, 2000; Avalos, 1998; CIMT, 1999).

A partir de la idea de emplear ambientes de aprendizaje electrónicos para las matemáticas, se desarrollan propuestas para crear ambientes de aprendizaje con un contexto recreativo en donde los estudiantes se ven inmersos en un problema a resolver como parte de una situación lúdica. Aprovechando estas expectativas, se han realizado esfuerzos para lograr la creación de sistemas computacionales para el aprendizaje que

contienen un fuerte componente lúdico. Esto se hace con el fin de capturar la atención del individuo que está interactuando con ellos y poder brindar una alternativa tecnológica para el aprendizaje entretenido, o bien para el entretenimiento educativo. Tal es el caso de los conceptos fundamentados en la teoría constructivista de Jean Piaget y que fueron aplicados y ampliados en el ámbito computacional por Papert (1996), quien diseñó un lenguaje de programación para niños llamado LEGO. Además establece que el aprendizaje del niño puede ser mejorado a través de un ambiente computacional de creación de objetos programables por él mismo y que genere un mundo virtual propio “MicroWorlds”, bajo un esquema en donde el aprendizaje se realiza de una manera natural a través de la comparación de conocimientos nuevos con estructuras del pensamiento que ya se tenían anteriormente. En los Micromundos, los niños son motivados para que construyan sus propios videojuegos, como una estrategia para comprender que el aprendizaje puede ocurrir de una manera natural a través de la derivación de nuevo conocimiento a partir de estructuras mentales anteriormente adquiridas. Sin embargo, este enfoque requiere de un fuerte compromiso por parte del estudiante para adquirir y desarrollar las habilidades necesarias para convertirse en un programador especializado en Micromundos, lo cual reduce el número potencial de estudiantes exitosos.

Otro enfoque notable, es el empleado por el proyecto colombiano denominado Ludomática (Panqueva, 1998; Sánchez, 1998), el cual se basa en la exploración de mundos fantásticos y mágicos en los cuales los estudiantes son expuestos a escenarios en donde se presentan problemas que tienen que resolver para que puedan proseguir su aventura, por lo que para que puedan acceder a nueva escenas, los estudiantes tienen que resolver rompecabezas, acertijos y crucigramas. Las actividades que los estudiantes tienen que desarrollar en el ambiente de aprendizaje se centran en el aspecto psicológico y motivacional del aprendizaje buscando, como lo sugiere Quinn (1997), reforzar las habilidades cognitivas más que aumentar el conocimiento matemático. Otra característica

interesante del proyecto Ludomática, radica en que contempla la capacitación de los profesores para la adopción del modelo y para el desarrollo de actividades recreativas tales como: actividades colaborativas orientadas a la solución de problemas; actividades asistidas por computadora empleando software multimedios; servicios de Internet y videojuegos; actividades basadas en juegos; actividades con conjuntos de construcción (Mecano); y actividades con libros (Panqueva, 2000).

En cuanto a la utilidad del uso de juegos de computadora para el aprendizaje de las matemáticas, un ejemplo reconocido es el proyecto *Electronic Games for Education in Math and Sciences (E-GEMS)* de la Universidad de Columbia Británica. Este proyecto se planteó para motivar a los estudiantes para aprender matemáticas y ciencias a través del uso de juegos de computadora. El proyecto analiza los efectos en el aprendizaje del diseño de la interfaz, las preferencias de juegos por género (Klawe y Phillips, 1999; Gorriz y Medina, 2000), y el uso de juegos multi-jugadores para el aprendizaje colaborativo (Dai *et al.*, 2002).

En conjunto, los proyectos presentados como trabajos relacionados, cubren muchos de los aspectos ya identificados sobre el uso de la computadora en la educación así como el valor del enfoque lúdico a través de software y actividades para el aprendizaje de las matemáticas. Sin embargo, ninguna de estas propuestas presenta una visión integrada como un solo ente educativo y no como elementos que se deben tratar por separado, al software educativo con un enfoque lúdico y su espacio de trabajo. Es decir, algunos trabajos se enfocan exclusivamente al software educativo como aplicaciones pequeñas e independientes, mientras que otros trabajos muestran un sistema contenedor de aplicaciones educativas el cual es empleado solamente como el medio de acceso a las mismas.

Tomando en consideración lo anterior, emerge uno de los tópicos de investigación

del presente trabajo de tesis, el cual corresponde al diseño y desarrollo de un ambiente de aprendizaje electrónico que integre a software educativo basado en diversiones matemáticas, de tal manera que parte de las propiedades del ambiente de aprendizaje contribuyan a las propiedades del software educativo. Se plantean diversas interrogantes sobre las características que debe tener el ambiente de aprendizaje desde el punto de vista del diseño de la aplicación para lograr la integración de con el software educativo, ¿cómo debe ser el modelo del software educativo para fomentar el aprendizaje de las matemáticas?, ¿cuál es la mejor arquitectura para un software de esta naturaleza?, ¿qué tecnologías habrán de seleccionarse para su desarrollo?, y ¿cuales son las contribuciones de los posibles elementos del sistema a la experiencia de aprendizaje?

Así entonces, en este trabajo de tesis se planteó auxiliar al aprendizaje de las matemáticas mediante la presentación de un enfoque recreativo y orientado a problemas de conceptos matemáticos, buscando que los estudiantes desarrollen una actitud positiva hacia las matemáticas. Para lograr ese objetivo, se crearon los Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (IIDM), como un componente de software educativo, que tiene el potencial de ser un material didáctico atractivo para el estudiante, y que está sustentado en varios niveles en un conjunto de propuestas pedagógicas: para el aprendizaje de las matemáticas, para la enseñanza de las matemáticas a través de las tecnologías de la información, sobre el uso del videojuego para la enseñanza de las matemáticas, y para el aprendizaje en línea. Así entonces, para integrar a los IIDM con un entorno de trabajo electrónico, se propone el diseño y desarrollo del Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (AIIDM), y se define como un espacio de trabajo convergente y colaborativo que está diseñado para incrementar la funcionalidad del IIDM. Su diseño arquitectónico está concebido para servir de contenedor y facilitador para el contenido educativo representado por los IIDM.

En conjunto, tanto el ambiente de aprendizaje como los IIDM forman una propuesta educativa integral, atractiva y con un alto potencial de uso e implantación para el fomento hacia el aprendizaje de las matemáticas. Para sustentar lo anterior, en este estudio se plantearon un conjunto de objetivos generales y particulares orientados a investigar el efecto de los IIDM y del AIIDM, los cuales son presentados a continuación.

I.2. Objetivos

El objetivo de esta tesis, es el de formalizar los fundamentos teóricos de los Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas, como un elemento básico para el diseño y la implementación del Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas, que ayude a fomentar el interés de los usuarios en el aprendizaje de las matemáticas.

Como objetivos particulares se encuentran los siguientes:

- Desarrollar el Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas.
- Establecer un marco experimental para el AIIDM para la búsqueda de evidencia de que el aprendizaje de las matemáticas, puede ser influenciados positivamente a través del AIIDM.
- Formalizar las estrategias de análisis y diseño de un AIIDM para generar una estructura de componentes reutilizables.
- Establecer esquemas de aprendizaje colaborativo empleando IIDM como un soporte a la enseñanza de las matemáticas dentro y fuera del aula.

Se presenta a continuación en el capítulo 2 el marco teórico, en el cual se muestra a detalle el modelo de software educativo que sustenta al IIDM, así como los elementos

teóricos que dan se emplearon para diseñar el AIIDM. El análisis y diseño del AIIDM, así como los detalles de la implantación se exponen en los capítulos 3 y 4 respectivamente. En el capítulo 5, se analiza al IIDM desde la perspectiva de los Objetos de Aprendizaje a través de la definición de una estructura interna que refleje los modelos pedagógicos empleados en esta tesis para el aprendizaje de las matemáticas. En el capítulo 6, se analiza al IIDM desde la perspectiva de software distribuido y se muestra como se integró al IIDM con el AIIDM para implementar un esquema multiusuarios. Posteriormente, en el capítulo 7, se muestran los resultados de la evaluación del uso del AIIDM con estudiantes de nivel bachillerato. Las conclusiones y el trabajo a futuro, se encuentran en el capítulo 8.

Capítulo II

Marco teórico

II.1. Los Instructores de Diversiones matemáticas

Desde 1999, en CICESE se han desarrollado los Instructores de Diversiones matemáticas (IDM) con el propósito de apoyar el aprendizaje de conceptos matemáticos (Vizcarra, 2000; López-Morteo *et al.*, 2000). Estos modelos representan las tendencias de determinados modelos pedagógicos, aprovechando las posibilidades que ofrecen las matemáticas recreativas, para fomentar la creación o ejercitamiento de habilidades relacionadas con el aprendizaje y uso de las matemáticas. Por su parte, las matemáticas recreativas, de acuerdo con Singmaster (1992), se definen como “las matemáticas que son divertidas y populares en el que el problema es comprensible para el no-matemático y que puede tener una solución simple o compleja”. La figura 1 muestra el modelo del IDM, se observa que éste se compone de una o varias diversiones matemáticas y sus conceptos matemáticos asociados, además de modelos pedagógicos del aprendizaje. Este concepto se desarrolló para integrar a las metodologías de la enseñanza con la resolución de problemas con un fuerte componente matemático, para reforzar algún elemento o habilidad matemática a través de un esquema lúdico.

El empleo de la tecnología de información para brindar soporte al aprendizaje a través de los IDM, conduce a establecer un esquema que contenga los adelantos teóricos y tecnológicos de las ciencias computacionales que permitan construir una base de apoyo al aprendizaje y que colaboren a ampliar los objetivos y las metas establecidas. De esta manera, es necesario contemplar los avances en áreas de investigación como la enseñanza

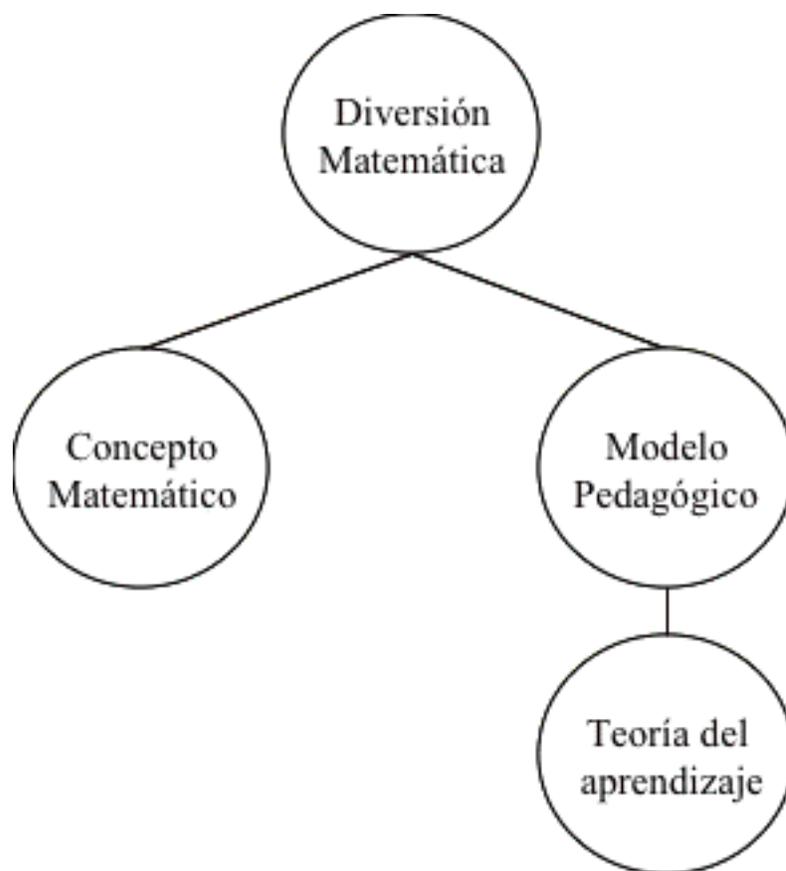


Figura 1: Estructura de un Instructor de Diversiones matemáticas. Se compone de la diversión matemática la cual contiene el concepto matemático que se desea reforzar, uno o varios modelos pedagógicos que corresponden a una teoría del aprendizaje.

asistida por computadora, la interacción hombre – máquina, el trabajo colaborativo asistido por computadora, el aprendizaje colaborativo asistido por computadora y la telemática, con el propósito de emplear el conocimiento generado en cada una de estas áreas.

De la conjunción de la tecnología de información se delimita un concepto que amplía a los IDM, el cual corresponde a la introducción de la interactividad entre una o varias personas con un IDM incrustado en un sistema computacional y definido como Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas (IIDM).

II.2. Los Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas

Los Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (IIDM) son el resultado de la conjunción de los modelos pedagógicos, las matemáticas recreativas y elementos de las Ciencias de la Computación, para fomentar la creación o ejercitamiento de ciertas habilidades relacionadas con el aprendizaje y uso de las matemáticas, cuya estructura se muestra en la figura 2. Formalmente, se define al Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas como un componente de software educativo especializado en conceptos matemáticos presentados a través de matemáticas recreativas, con el cuál uno o varios individuos interactúan con él o entre ellos con el propósito de generar un pensamiento matemático.

El IIDM se desarrolló para integrar a ciertas metodologías de la enseñanza, con la resolución de problemas presentados a través de las matemáticas recreativas, para aumentar el interés del usuario por este tipo de material. Así, el reto que representa la resolución de un problema con enfoque recreativo puede ser aprovechado a través de los modelos pedagógicos y el contexto de aprendizaje para reforzar algún elemento o

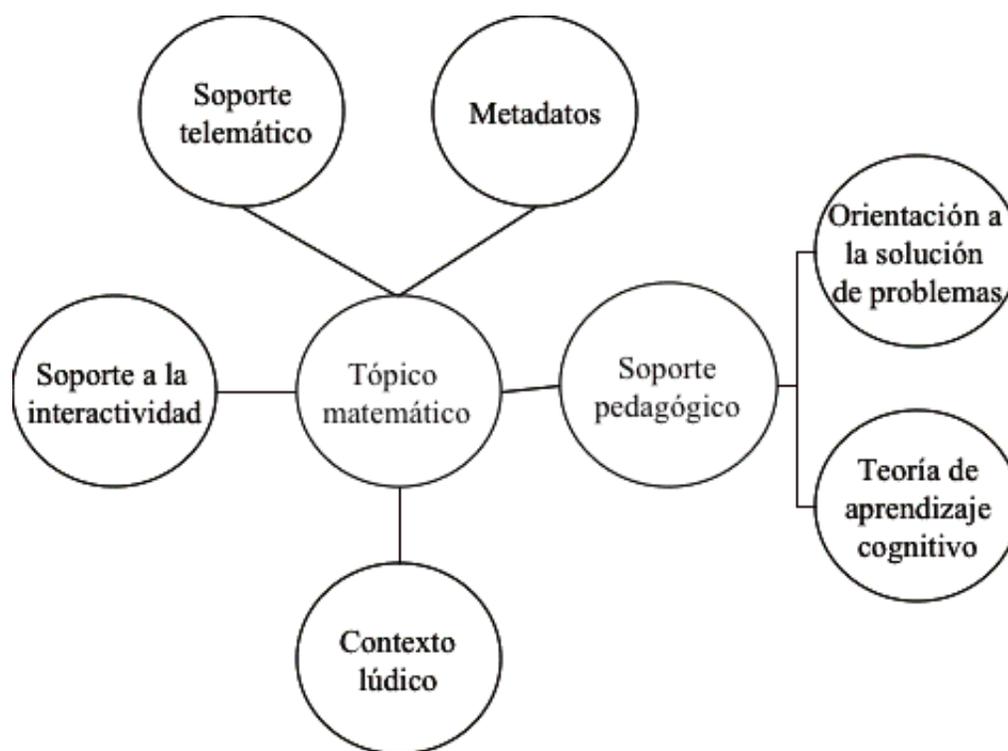


Figura 2: Modelo conceptual del Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas. Se incorporan componentes que amplían el alcance de los IDM, como los metadatos, el entorno lúdico, la interactividad y elementos de la telemática.

habilidad matemática a través del IIDM.

El concepto de interactividad agregado al IDM, implica que éste sea implementado como un software, el cual permite al alumno interactuar con él, observar el resultado y obtener una retroalimentación inmediata a sus acciones. De esta manera, el alumno interactúa con un sistema que lo guía y corrige durante la búsqueda o construcción de la solución.

Por otra parte, el IIDM puede emplearse en un entorno constituido por una variedad de elementos formados por componentes de software, o bien, por otros usuarios con los cuales interactúa durante la resolución de un problema. De esta manera, se espera que el beneficio del usuario se centre en lo aprendido individualmente a partir de la interacción con el grupo de usuarios o con otros componentes de software. Es por esto que se considera que a través del uso de IIDM, se puede desarrollar una estrategia para generar estímulos que ayuden al individuo a comprender los conceptos matemáticos y a interesarse en los procesos relacionados con su aprendizaje o aplicación.

En la figura 6, se muestra el modelo conceptual del IIDM, en donde sus componentes mantienen una relación con un elemento central, con el propósito de agregar algunas de sus características al tópico matemático que se presente al usuario. Estos elementos son: el soporte pedagógico, el contexto lúdico, el soporte a la interactividad, el soporte telemático y los metadatos, los cuales son explicados a continuación.

II.2.1. El soporte pedagógico

El modelo del IIDM contempla, como una característica sustancial, la adopción de un enfoque de resolución de problemas con un especial énfasis en la presentación de los fundamentos matemáticos. Los conceptos pedagógicos centrales se enfocan al diseño curricular, los tópicos matemáticos cubiertos, y el uso apropiado de la tecnología para el mejoramiento del aprendizaje, tomando en cuenta las sugerencias de los estándares

para la enseñanza de las matemáticas del organismo estadounidense *National Council of Teachers of Mathematics* NCTM (2002), el cual comparte en buena medida los tópicos y objetivos del programa de estudios de la Secretaría de Educación Pública para las matemáticas de primaria y secundaria (SEP, 1995). La implementación de estos lineamientos en el IIDM se complementa mediante las propuestas de varios autores. Así, se adoptó el método heurístico de solución de problemas de Polya (1973), como un enfoque estructurado para analizar y resolver un problema matemático. El diseño del contenido instruccional se complementa con el enfoque no algorítmico para la enseñanza de las matemáticas descrito por Szendrei (1996), el cual está muy bien ilustrado por Steen (1999). Además, se emplearon representaciones múltiples de conceptos matemáticos, tal y como lo recomienda Heuvelen (2001). Para definir la estructura del contenido en línea, se empleó el modelo propuesto por Núñez (1999), basado en las cinco dimensiones del aprendizaje propuestas por Marzano *et al.* (1993) que son: problematizadora, acceso y organización de la información, procesamiento de la información, aplicación de la información, y conciencia del proceso de aprendizaje. Estas dimensiones son revisadas en el capítulo 4.

II.2.2. El contexto lúdico

Dentro del modelo del IIDM, el contexto lúdico se muestra como un elemento independiente. La importancia de emplear un enfoque lúdico para la enseñanza de conceptos matemáticos ha sido bien documentada. De acuerdo con Szendrei (1996), tiene la ventaja de ser capaz de capturar la atención de los estudiantes hacia el contenido, a la vez que provee de mecanismos alternativos para explorar los conceptos matemáticos que se van a aprender, ya sea a través de situaciones ficticias o problemas recreativos (Averbach y Chein, 2000; Sánchez, 1998). Este enfoque lúdico ha sido probado exitosamente en el salón de clases para enseñar matemáticas tal y como se expuso en la sección 1.2 de

este capítulo. Sin embargo, no cualquier recreación matemática es candidata a formar parte de un IIDM, ya que también es necesario tomar en cuenta su valor pedagógico. Este criterio se fundamenta en lo expuesto por Papert (2000), quien dice que una recreación matemática en particular debe ser seleccionada para transmitir conocimiento matemático en conformidad con el concepto matemático cubierto y su potencial de uso como material educativo con un valor pedagógico directo. En este sentido, las matemáticas recreativas seleccionadas no deben presentar conocimiento matemático aislado y no deben ser fáciles de dominar.

II.2.3. Soporte a la interactividad

El concepto de interactividad es un elemento muy importante en los IIDM. Se consideró incorporar interactividad unidireccional y bidireccional, ya sea para recuperar contenido multimedios (video, audio o animaciones), o bien para interactuar con el software. Además, se incluyó el soporte para las interacciones sociales entre los estudiantes a través del uso de herramientas de interacción como: cuartos de plática, mensajes instantáneos, correo electrónico y juegos multi-usuarios.

II.2.4. Soporte telemático

Este elemento incluye la manera en la que son distribuidos el software y los contenidos, así como los mecanismos mediante los cuales los estudiantes pueden obtener los IIDM y otros recursos computacionales asociados. En esta ocasión, en este trabajo, se enfocaron los esfuerzos de desarrollo para crear sistemas que trabajen en Internet, por lo que a este nivel se considera el uso de varios servicios de Internet para comunicar a los estudiantes, para recuperar y almacenar a los IIDM, para distribuir a los IIDM y para la sincronización de los juegos multi-usuarios.

II.2.5. Metadatos

La inclusión de metadatos en el modelo del IIDM, se debió a la necesidad de incorporar una capa descriptiva que contuviera información acerca del IIDM y lo identificara como un objeto de aprendizaje. Los metadatos actúan como un puente entre el contenido y el contexto, que pueden ser utilizados desde un punto de vista educativo o funcional. En el punto de vista educativo, los metadatos pueden ser utilizados por el estudiante para identificar propiedades del objeto de aprendizaje, algo muy apreciado en un contexto educativo, de tal manera que el estudiante pueda recuperarlo a partir de un catálogo. En el punto de vista funcional, los metadatos pueden ser utilizados para la búsqueda, recuperación, e intercambio de IIDM con otros sistemas.

El modelo del IIDM, está diseñado para que en una sola entidad se incluyan elementos de diferentes áreas de las ciencias de la computación y del diseño instruccional. Así, el contenido educativo resultante, incorpora características que lo hacen más atractivo para los estudiantes, comparado contra sus contrapartes estáticas (digitales o no digitales).

II.2.6. Características tecnológicas de los IIDM

Los actuales adelantos tecnológicos disponibles, permiten establecer mecanismos mediante los cuales la tecnología de la información aumente la cantidad de personas que puedan hacer uso de los IIDM al hacerlos disponibles a través de medios electrónicos de fácil acceso y de relativamente bajo costo, como lo son Internet y los discos compactos multimedios. A su vez, las tecnologías relacionadas a estos medios permiten ampliar el espectro de elementos que pueden componer un sistema de software y que pueden ser incluidos dentro del IIDM para apoyar de diferente manera al aprendizaje de los conceptos matemáticos.

Evidentemente, un IIDM es un objeto complejo cuyo soporte involucra a diferentes

áreas del conocimiento. En este contexto, y con el objetivo de fomentar la interacción individuo – máquina e individuo – individuo y que auxilie al proceso de aprendizaje, un IIDM presenta ciertos elementos computacionales que lo caracterizan:

1. **Acceso simple y rápido al sistema.** El individuo o individuos deben de poder acceder fácilmente al IIDM en un tiempo razonablemente corto para evitar la pérdida de interés en el empleo del sistema.
2. **Capacidad de ser utilizado aisladamente o con conectividad a sitios remotos.** Sea cual fuere el medio de distribución del IIDM (un sitio WWW o un disco compacto), éste debe de contar con la posibilidad de ser utilizado aisladamente, o bien, con la opción de poder ser utilizado en un equipo conectado a una red privada (red local) o pública (Internet).
3. **Interfaces sencillas y comprensibles.** La navegación a través del sistema debe de ser intuitiva y fácil de usar. El concepto matemático apoyado por el IIDM debe de ser presentado al individuo adicionalmente a las instrucciones de uso.
4. **Interacción entre el individuo y el IIDM.** La interface del IIDM debe de ser altamente interactiva, permitiendo que el individuo introduzca o altere información relacionada con la diversión matemática obteniendo una retroalimentación inmediata de los resultados de sus acciones.
5. **Persistencia del estado de la interacción entre el individuo y el IIDM.** El sistema puede o no almacenar el estado de la interacción del IIDM. En el caso en que sí lo haga, el individuo debe poder continuar la manipulación del IIDM en el estado en el que lo dejó.
6. **Soporte a la interacción multiusuarios.** En este caso, el IIDM puede ser utilizado por más de un usuario a la vez, ya sea en forma concurrente, en competencia

o en colaboración.

7. **Soporte al aprendizaje colaborativo.** El IIDM puede proveer herramientas para la interacción conjunta de al menos dos individuos que colaboren para construir o encontrar una solución al problema matemático que se les presente, contemplando mecanismos de comunicación sincrónica o asincrónica entre los individuos.

No es necesario que un IIDM en particular cuente con todas las características tecnológicas descritas anteriormente para los objetivos que se persiguen, pero la combinación de algunas de ellas generan una herramienta educativa con un alto potencial de interés general para los docentes. Se considera que el IIDM debe cumplir al menos con los puntos 1 al 4 de los arriba enlistados. Al introducir tecnología colaborativa se pueden llegar a generar espacios de trabajo con grupos de individuos de diferentes grados, diferentes escuelas, e incluso diferentes regiones geográficas en una labor de grupo, con la particularidad de estar apoyada por tecnologías de información con una sólida base teórica y tecnológica que apoyen la creación de un pensamiento matemático individual y de grupo.

Una de las ventajas que la computadora sea el entorno nativo de los IIDM, radica en la posibilidad de dejar de trabajar con ellos de manera aislada para integrarlos en un sistema de cómputo como se ilustra en la figura 3, en el cual se presenten en un mismo espacio virtual un conjunto de IIDM orientados a diferentes áreas del conocimiento matemático. De esta manera, el usuario de este sistema, puede verse inmerso en un espacio de trabajo recreativo en donde puede seleccionar una sección de su interés, interactuar con ella y posteriormente dirigirse – si así lo desea – a otra sección en la cual se cubra otro aspecto de las matemáticas sin que sea necesario abrir otro programa ni aprender a utilizarlo.

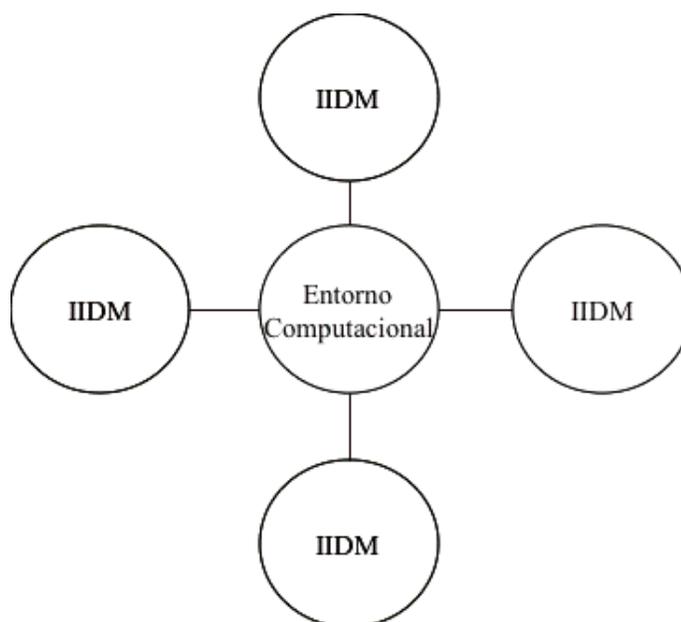


Figura 3: Diagrama del Sistema de Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas.

II.3. Sistema de Instructores Interactivos de Diversiones matemáticas: Fibonacci

A partir de las primeras definiciones de los IIDM, se desarrolló un sistema de Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas desarrollado por Vizcarra (2000), orientado a los tópicos matemáticos que se imparten a nivel secundaria en nuestro país, y que llevó por nombre FIBONACCI (<http://fibonacci.cicese.mx>), en el cuál se establecieron las bases para los conceptos que se exponen. Este sistema es en sí un repositorio de IIDM, que cuenta con una estructura de navegación bien definida y segmentada por categorías temáticas (figura 4). Aunque las características de este sistema no cumplen con la totalidad de los requerimientos de los IIDM, las experiencias obtenidas durante su desarrollo y evaluación, permitieron asentar los conceptos fundamentales de la investigación y generar precedentes para nuevas líneas de investigación y desarrollo.

El sistema FIBONACCI está compuesto por IIDM basados en narraciones, rompecabezas, juegos interactivos en Javascript y Java applets. El sitio está dividido en secciones dedicadas a la aritmética (Fibonacci 1), geometría (Fibonacci 2) y álgebra (Fibonacci 3), además de contar con apartados para historias y acertijos.

En el trabajo de Vizcarra (2000), se realizaron pruebas de evaluación del sistema con grupos de secundaria de algunas escuelas de la ciudad de Ensenada; las experiencias de dichas evaluaciones se sintetizan a continuación.

1. La necesidad de contar con una métrica que permita determinar cuantitativamente las rutas de navegación que siguieron los usuarios durante la interacción con el sistema y el tiempo de uso en cada uno de los IIDM visitados.
2. La necesidad de tener mayor información sobre los usuarios, así como un mecanismo que permita conocer el retorno de usuarios al sitio, con qué frecuencia lo hicieron.
3. La posibilidad de que algunos IIDM tomen conciencia de la existencia en el sistema de otros IIDM relacionados por el tema matemático que cubren. Y de esta manera poder crear IIDM que contengan otros IIDM.
4. El requerimiento de tener mecanismos de colaboración entre los usuarios del sistema (conciencia de colaboración, herramientas de comunicación y sincronización de interacciones). Con la opción de que estos mecanismos funcionen dentro o fuera del contexto de los IIDM, es decir, durante la interacción con un IIDM o mientras visitan el sitio.
5. La necesidad de contar con requerimientos mínimos de hardware y software, de tal manera que la ejecución de los IIDM brinde una experiencia satisfactoria al usuario.



Figura 4: Imágenes de ejemplo tomadas del Sistema de Instructores Interactivos de Diversiones matemática. Se muestran la página principal (arriba), y un IIDM llamado Aritmética 24 (abajo)

La caracterización de los diferentes elementos involucrados en el diseño, implementación y primeras experiencias de uso de los IIDM resultaron en nuevos esquemas de desarrollo, sin embargo, la naturaleza de los diferentes mecanismos involucrados en éstos primeros avances dificultaron este proceso. Esta dificultad no es de ninguna manera una particularidad de los IIDM, se relaciona directamente a la naturaleza del proceso de desarrollo de software educativo, o para el caso, cualquier tipo de software. Cuando se construye software educativo, los encargados de diseñarlo, intentan resolver alguna problemática o necesidad específica. Asimismo, se espera que sea capaz de proveer de algún beneficio en conocimiento o práctica hacia quien lo utiliza. Sin embargo, resulta particularmente difícil poder realizar una evaluación del beneficio educacional que este software provee, así como la caracterización del propio software con respecto a una clasificación acotada a los elementos involucrados en el objetivo que persiguen. Por ejemplo: si está más representada la parte pedagógica que la temática y/o ésta más que la parte tecnológica, para poder establecer fundamentos para iniciar líneas de investigación con respecto a la influencia que tiene cada uno de ellos en el resultado final, y conjuntamente con en el beneficio que le otorgue al individuo o individuos que lo utilicen.

II.4. El Ambiente basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas AIIDM

El Ambiente basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (AIIDM) se define como un espacio colaborativo de acción para la transmisión de conocimiento matemático (López *et al.*, 2001). El escenario de uso lo forman un conjunto de IIDM en un entorno atractivo que fomenta el uso de los mismos. El AIIDM posee la capacidad de dar soporte a diferentes aspectos del aprendizaje colaborativo asistido por computadora, como lo es la interacción entre los miembros del grupo, o el compartir

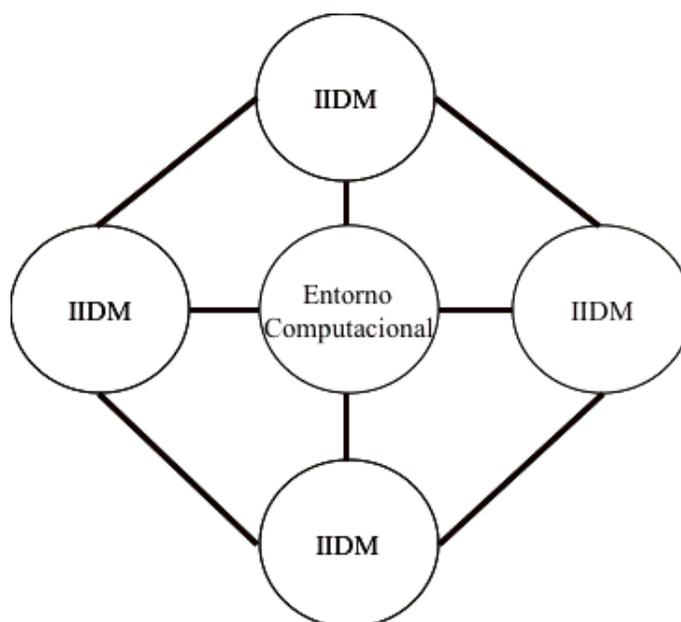


Figura 5: Diagrama que muestra las posibles rutas de interacción entre los IIDM y el AIIDM.

responsabilidades para las actividades de solución de problemas matemáticos.

El AIIDM incluye en su definición, a la colaboración entre sus elementos. De esta manera, para poder proveer de este nivel de interacción, es necesario que el ambiente adquiera cierto nivel de conciencia sobre los IIDM que se encuentran bajo su influencia. Por ello, el ambiente debe proveer mecanismos mediante los cuales pueda llevarse a cabo el intercambio de información entre sí a través del ambiente. Esta relación, que se muestra en la figura 5, permite diseñar instructores que concatenen sus actividades, o bien, que compartan cierta cantidad de información referida al usuario. El modelo conceptual diseñado para lograr este objetivo se basa en un modelo formado por módulos funcionales organizados en capas, en donde los componentes son independientes entre sí para permitir extender la funcionalidad y administración del sistema. A continuación se muestra el detalle de este modelo conceptual. La figura 6

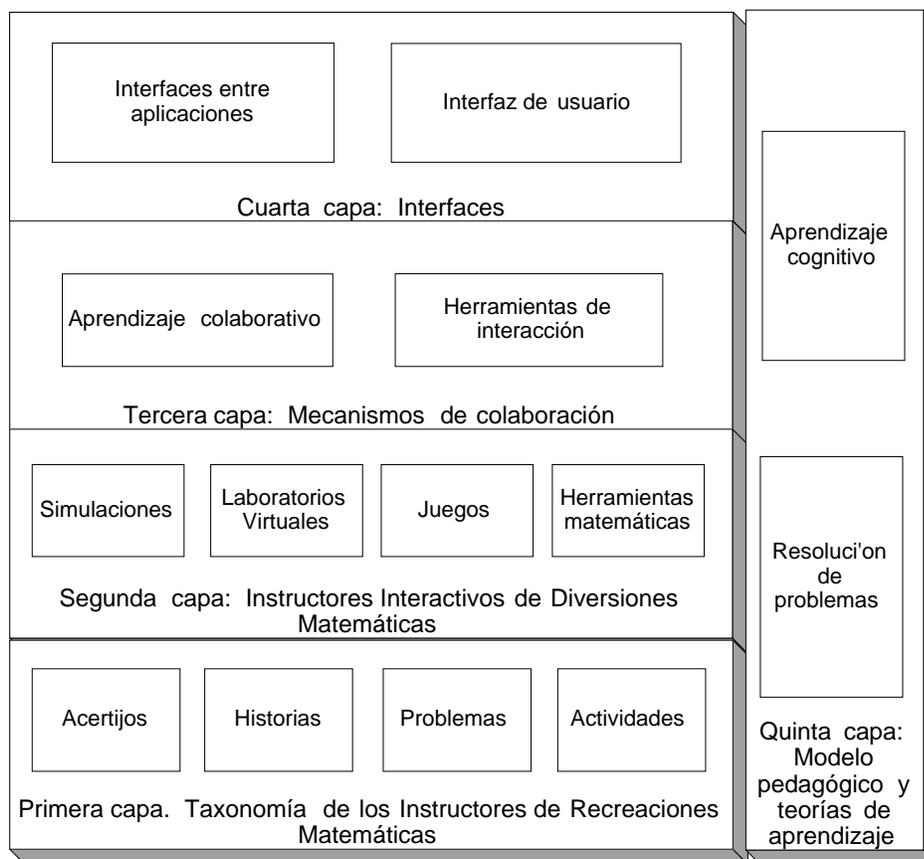


Figura 6: Modelo conceptual del Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas.

II.4.1. Primer capa: Taxonomía del Instructor de Diversiones Matemáticas (IDM)

Los IDM se clasifican de acuerdo a la forma en que los representamos: historias, acertijos, problemas y actividades. Esta taxonomía representa la primer capa de desarrollo del AIIDM (ver figura 6). Los procesos de desarrollo, implementación y experimentación, nos han llevado a idear nuevas formas de representarlos como son: biografías de matemáticos, proyectos de investigación, la diversidad de soluciones a un acertijo propuesto, entre otros.

En este nivel del modelo, los IDM existen por si mismos y pueden ser obtenidos a través de cualquier medio (electrónico o no). De esta manera, se selecciona a la diversión matemática que se considere más adecuada al concepto que se desea transmitir, sin tomar en cuenta el medio de distribución, sino sus cualidades como material educativo por su contenido y estructura.

Como ejemplo tomemos la conceptualización de la forma en que usamos los números naturales en el proceso de contar y lo que representa su cardinalidad. Esta “grandeza” de los números se puede transmitir con una historia, como la de las Agujas de Brahma (Mataix, 1986), o bien relacionarlo al juego de las Torres de Hanoi, como en Kasner y Newman (1940).

II.4.2. Segunda capa: Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas

La segunda capa del modelo representa la inserción del IDM en un entorno computacional (ver figura 6), originando con ello al Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas (IIDM). Empleando, de esta manera, metodologías de la enseñanza que incorporen teorías de aprendizaje o valores educativos mediante los cuales se desea que el usuario adquiera conocimiento matemático. Por ello, un IIDM es mostrado de tal

modo que constituya una experiencia entretenida y de aprendizaje para el usuario, en donde la manera de representar el aprendizaje varía conforme a la especificación del concepto que se desea presentarle.

En este nivel, se especifica la estructura del contenido y cómo está conformado el IIDM, aún sin importar la forma de interacción con el usuario. Una de las ventajas de definir esta capa, es que tenemos la posibilidad de incorporar al sistema muchos de los esfuerzos que investigadores de diferentes disciplinas están realizando para generar material didáctico no convencional, pero presentado de una manera atractiva, fomentando el aprendizaje significativo y de larga duración, ejemplificado por los trabajos de Cantoral *et al.* (2000); Berlanga *et al.* (1999); Braun (1999); la Peña (1999) y Steen (1999).

Por ejemplo, se logra construir un IIDM si de alguna manera se coloca la historia de las Agujas de Brahma en una pieza de software, como pueden ser los libros electrónicos de MathCad (Harger, 1996), un sistema multimedios o una página electrónica de Internet. O bien, si se construye un juego computacional de las Torres de Hanoi.

II.4.3. Tercer capa: Mecanismos de colaboración

En esta capa se amalgaman los mecanismos de colaboración en el ámbito del aprendizaje colaborativo asistido por computadora, (ver figura 6). Es aquí donde se agrega al ambiente la capacidad de trabajar en colaboración con otros usuarios. Se propone lograr esto en dos diferentes esquemas: cuando se trabaja en grupo y en colaboración empleando un IIDM, y cuando se establece un contexto de interacción basado en la competencia entre los usuarios.

El concepto de grupo en colaboración a través de la computadora, se ve reforzado con la generación de comunidades virtuales de interés. En parte, estas se logran desarrollar entre muchas otras cosas, gracias a la interacción de los individuos que la componen

mediada por un sistema de software, de acuerdo con Sherry (2000) y de Montes y Gonzales (2000). Es por ello, que en esta capa se plantea dar este tipo de soporte colaborativo a los usuarios. Debido a que el interés de la interacción entre los individuos puede ir más allá que el intercambio de mensajes e instrucciones, planteamos que el AIIDM contenga mecanismos de soporte a la interacción fuera de los IIDM. De esta manera se refuerza la percepción de la comunidad, que a su vez se espera que refuerce la colaboración entre los participantes.

Regresando a nuestro ejemplo con los números naturales, el AIIDM puede generar el ambiente colaborativo mediante las herramientas computacionales de colaboración con que cuenta. Ciertos mecanismos dirigen al usuario hacia la historia de las Torres de Hanoi y se genera un esquema tipo unijugador o multijugador. Es decir se tiene interacción con el sistema y con otros usuarios.

II.4.4. Cuarta capa: Interfaces

En esta capa se encuentran los elementos que definen el puente que existe entre el espacio de trabajo en la computadora y el aprendizaje del usuario, (ver figura 6), mismos que corresponden a las denominadas *interfaces de aprendizaje*, definidas por Duchastel (1996), y que son aquellas interfaces que se encuentran situadas entre el aprendiz y el conocimiento que éste está intentando adquirir, actuando como facilitadores que ofrecen acceso al contenido, a su estructura y a los mecanismos de manipulación.

Esta capa está compuesta por dos bloques: las interfaces entre programas y las interfaces al usuario. La primera se refiere a la interconexión entre programas de diferente naturaleza pero que tienen alguna característica en común. Esta característica puede ser variada como es la información del usuario, el estado de su interacción o su perfil de usuario. Gracias a esta capa, el AIIDM cuenta con la opción de interconectar a los IIDM entre sí, o bien, conectar al AIIDM con algún servicio alternativo (como puede ser

el correo electrónico o mensajería instantánea), logrando con ello que la experiencia de uso por parte del usuario sea grata y que contenga lo necesario para apoyar la adquisición del conocimiento o habilidad que se desee fomentar. La segunda parte de la capa corresponde a las interfaces de usuario. En este nivel se especifica la apariencia final del IIDM y la funcionalidad general con la que va a interactuar el usuario. Las opciones varían desde applets realizados en Java, hasta interfaces simples en HTML que muestren la funcionalidad completa del IIDM pantalla tras pantalla.

Regresando al IIDM de la historia o el juego de las Torres de Hanoi, este se muestra inmerso en un ambiente que le ofrece las herramientas necesarias para crear esa unión entre el concepto matemático que contiene y la adquisición de este conocimiento por parte de la comunidad de usuarios, los cuales pueden interactuar entre sí para buscar la solución al problema.

II.4.5. Quinta capa: Modelo pedagógico y teorías de aprendizaje

Este módulo representa a las teorías del aprendizaje que se adoptan para la elaboración de las piezas de software que conforman al AIIDM, (ver figura 6). En el modelo, cada una de las capas está acotada por su participación en el contexto educativo. La orientación educativa de todo el AIIDM es muy importante en el ámbito de los objetivos generales. Para determinar la aportación individual que cada una de las capas tiene en la adquisición del conocimiento matemático en los usuarios, es necesario recorrer el modelo de manera horizontal y así evaluar las contribución al contexto de aprendizaje de la tecnología y su empleo dentro del AIIDM. Siguiendo con el ejemplo de las Torres de Hanoi, este IIDM presenta un problema relacionado con números grandes, ya que su solución, tal y como lo plantea la historia original, implica encontrar el tiempo en segundos en el que se resuelve el problema, el cual es mayor al tiempo estimado de

vida del universo. Por otra parte, para poder hacer este cálculo, es necesario introducir al alumno en el uso de la inducción matemática para plantear el uso de la recursividad en la búsqueda de la solución. De esta manera, la aportación educativa de este IIDM se centra en: 1). la exposición de una situación en un contexto recreativo en la cual el estudiante debe de, 2). aplicar sus conocimientos matemáticos para resolver un problema, 3). la visualización del problema a través de un software interactivo y, 4). la posibilidad de experimentar con él escenarios simples de la solución, 5). además de la representación algorítmica de la solución empleando expresiones matemáticas. La metodología empleada para elaborar el material didáctico está basada en teorías de aprendizaje cognitivo con una orientación a la resolución de problemas.

De esta manera quedan asentadas las bases teóricas que le dan sustento al ambiente de aprendizaje desde el punto de vista de los requerimientos funcionales del propio ambiente, así como sus requerimientos pedagógicos. Queda claro que el eje principal de la propuesta es el IIDM, por lo que el diseño e implementación del AIIDM debe de tener siempre en consideración sus requerimientos funcionales, educativos y tecnológicos, para lograr la mayor integración entre ambos. En el siguiente capítulo, se presenta el resultado del análisis y diseño del ambiente de aprendizaje tomando en consideración lo presentado en este capítulo.

Capítulo III

Análisis y Diseño del Ambiente de Aprendizaje

En este capítulo se presenta el análisis y diseño de alto nivel del Ambiente de Aprendizaje, y de sus componentes principales. El objetivo principal de este capítulo es el de definir las bases para facilitar el proceso mediante el cual, un programador se incorpore al desarrollo del ambiente y comprenda los requerimientos básicos establecidos para el Ambiente de Aprendizaje, los mecanismos principales mediante los cuales se da el servicio al usuario, el servicio de membresía del usuario proporcionado por el sistema, la integración de los sistemas auxiliares de interacción y los mecanismos de registro de contenidos.

III.1. Requerimientos

Para la definición inicial de los requerimientos se elaboraron escenarios ideales de uso, en los que se reflejan los diferentes aspectos de uso del sistema por parte de un grupo de usuarios. El procedimiento fue iterativo, de tal manera que se lograra contar con un solo escenario de uso mediante el cual se describa completamente el uso del sistema. Finalmente, de esta descripción se extrajeron una serie de lineamientos que definieran, ya de manera independiente, a subsistemas que trabajaran en conjunto para proveer una experiencia de uso en particular. Finalmente, se integraron estos escenarios en uno solo de índole genérico con el propósito de poder visualizar de una sola vez, los elementos

funcionales del sistema. El escenario de uso resultante se presenta a continuación:

El usuario ingresa al sistema a través de su navegador de Internet y llega a la página principal, la cual está conformada por una interfaz amigable y elementos de navegación sencillos y fáciles de usar, además de contar con información general del Ambiente de Aprendizaje. Es necesario que el usuario se registre para poder crear su sesión personalizada así como su espacio de trabajo individual. El usuario debe experimentar la sensación de sentirse inmerso en un espacio de trabajo recreativo en donde puede seleccionar una sección de su interés, interactuar con ella y posteriormente dirigirse -si así lo desea- a otra sección. Al ingresar el usuario a las diferentes secciones del sistema en donde encuentre otros IIDM, debe poder interactuar con ellos sin que sea necesario abrir otro programa distinto al que está utilizando (el navegador).

Los IIDM deben ser autónomos, en el sentido de poder instanciarse de manera independiente uno del otro, pero con la posibilidad de establecer interacciones con el sistema u otros IIDM. Por su parte, el espacio de trabajo debe contar con mecanismos de personalización del contenido y de la interfaz misma. Debe proveer las herramientas necesarias para la búsqueda y recuperación de los IIDM que puedan ubicarse en el espacio de trabajo personal. Los IIDM que el usuario utiliza son de naturaleza muy variada, ya que puede seleccionar tanto IIDM de corto ciclo de vida (un ejemplo son los juegos tipo Arcade), como aquellos cuyo ciclo de vida persiste entre diferentes sesiones de usuario (por ejemplo un juego de rol). Como una característica necesaria del sistema, éste debe proveer los mecanismos para dar soporte a la interacción entre IIDM.

Durante su sesión de trabajo, el usuario puede interactuar con otros usuarios para intercambiar mensajes mientras se encuentra en una sesión colaborativa durante el uso de un IIDM específico o bien, en un contexto social. La colaboración entre los usuarios se realiza a través de dos mecanismos: el primero de ellos a través del AIIDM, donde los usuarios usan las herramientas de interacción que ofrece el sistema para el

intercambio de información, el segundo mecanismo consiste en la colaboración mediante IIDM colaborativos. El usuario puede modificar el contenido de su espacio de trabajo para contar con los IIDM que le resulten más atractivos. Cuando el usuario abandona su sesión, los parámetros personalizados de su espacio de trabajo son almacenados para mantener la persistencia de éstos y se encuentren disponibles en su próxima visita al sistema.

Una vez concebido el escenario de uso, se definen los lineamientos que rigen a los IIDM y al propio AIIDM, los cuales se presentan a continuación.

Para los IIDM:

Capacidad de ser utilizado aisladamente o con conectividad a sitios remotos. Esta característica debe estar disponible sea cual fuere el medio de distribución del IIDM, ya sea un sitio WWW o bien a través de medios físicos como un disco compacto o un archivo que se descarga de Internet. Una característica importante para los IIDM, es que deben contar con la posibilidad de ser utilizados aisladamente, o bien, con la opción de poder ser utilizados en un equipo conectado a una red privada (red local) o pública (Internet).

Interacción entre el individuo y el IIDM. La interfaz del IIDM debe ser altamente interactiva, permitiendo que el individuo introduzca o modifique información relacionada con la diversión matemática obteniendo una retroalimentación inmediata de los resultados de sus acciones. La experiencia de uso por parte del usuario, debe ser rica, simple y entretenida. Para ello, la interfaz del IIDM debe ser explicativa por si misma en cuanto a sus componentes y su uso. En general, en conformidad a lo expuesto en el primer capítulo, la interacción entre el IIDM y los usuarios debe quedar enmarcada dentro de las cuatro metáforas del software educativo definidas por Crook (1994), y que corresponden a la manera de usar la computadora y al software como: tutor, pupilo, simulación y herramienta.

Para el AIIDM:

Acceso simple y rápido al sistema. El individuo o individuos deben poder acceder fácilmente al AIIDM en un tiempo razonablemente corto para evitar la pérdida de interés en el empleo del sistema.

Interfaces sencillas y comprensibles. La navegación a través del sistema debe ser intuitiva y fácil de usar. El software interactivo debe ser introducido al usuario en relación a su función dentro del IIDM y presentar además las instrucciones de uso.

Persistencia del estado de la interacción entre el individuo y el IIDM. El sistema debe ser capaz de almacenar el estado de la interacción del IIDM, para que el usuario tenga la posibilidad de continuar la manipulación del IIDM en el estado en el que lo dejó.

Soporte a la interacción multiusuarios. El IIDM debe tener acceso a diversos mecanismos de interacción entre usuarios, en modalidad sincrónica y asincrónica. El AIIDM proveerá la infraestructura de soporte para este tipo de interacción.

Soporte al aprendizaje colaborativo. El AIIDM debe proveer herramientas para la interacción conjunta de al menos dos individuos que colaboren para construir o encontrar una solución a un cierto problema matemático que se les presente. Dentro de estas herramientas están contempladas la conciencia de colaboración y mecanismos de comunicación sincrónica o asincrónica entre los individuos.

III.2. El modelo conceptual de la arquitectura del Ambiente de Aprendizaje

La arquitectura presenta una estructura modular basada en componentes y bajo un esquema cliente-servidor. Esta estructura permite que el AIIDM mantenga un nivel adecuado de administración, de tal forma que si se actualiza algún IIDM o se agregan

nuevas secciones no se afecte a la totalidad del sistema. Por otra parte, la modularización facilita el acceso a subsistemas del AIIDM por parte de elementos externos, en este caso, estos elementos externos están representados por los IIDM cuando es necesario acceder a los servicios del sistema fuera de su contexto de ejecución.

El Ambiente de Aprendizaje es más que el sistema de presentación de IIDM, ya que involucra una serie de servicios provistos por subsistemas internos, así como por servicios externos. Se tuvo especial cuidado en que todos los servicios estuvieran plenamente integrados entre sí, de tal manera que el usuario tuviera acceso transparente a estos servicios durante su sesión en el sistema.

Dado que desde el inicio se estableció que el Ambiente de Aprendizaje fuera una aplicación de Internet, fue necesario definir los elementos de la arquitectura que proporcionaran esta función. Para ello se requirió de un servidor HTTP y un servidor de aplicaciones HTTP. La necesidad de contar con los dos servidores obedece al requerimiento de contar con una arquitectura escalable y que facilite la administración del sistema.

El primer servidor tiene la tarea de proveer todo el contenido estático que no requiere un procesamiento del lado del servidor tales como imágenes, páginas estáticas o archivos. Este servidor también actúa como el punto de acceso al sistema, enrutando las solicitudes del usuario hacia el servicio adecuado. Por otra parte, el segundo servidor es el que se encarga de proveer la funcionalidad del sistema a través de la ejecución del Ambiente de Aprendizaje, así como de cualquier otra aplicación HTTP que pueda incorporarse al mismo.

Un requerimiento corresponde a la escalabilidad de la arquitectura. El esquema de despliegue de la aplicación más simple y de baja demanda, consiste en mantener en el mismo equipo de cómputo a ambos servidores. En un escenario donde la demanda de

uso del sistema se incrementa, resultando en un decremento del rendimiento del sistema de manera notable, una posible estrategia a seguir es migrar cualquiera de estos servidores a otro equipo o a una granja de servidores. De esta manera, es posible implementar mecanismos de balanceo de carga para que no exista la necesidad de modificar la aplicación o la distribución de responsabilidades entre servidores. Sin embargo para que esto sea posible, es necesario que la arquitectura del sistema tenga un diseño que soporte la escalabilidad de la aplicación, como por ejemplo, un modelo arquitectónico basado en componentes organizados en capas.

Otro punto a considerar en el diseño de la arquitectura, es el mantenimiento del sistema. Es común que el administrador de un sistema tenga que realizar actualizaciones de los servidores debido a diferentes razones, como pueden ser corrección a fallas de seguridad, nuevas características, correcciones a errores de programación, etc. La separación de los servidores permite actualizar estos sistemas por separado, ya sea que se encuentren en el mismo equipo o en distintos. Debido a que en la fase inicial se plantea una arquitectura escalable para los servidores HTTP, se evita tener a priori una visión monolítica del sistema a la vez que se cuenta con un esquema de despliegue de la aplicación que sirve para sitios de bajo y alto desempeño.

Como ya se mencionó, la arquitectura del Ambiente de Aprendizaje está basada en módulos con el propósito de mantener una separación entre sus elementos constituyentes y de esta forma mantener la flexibilidad requerida para el mantenimiento del sistema. La figura 7 muestra los módulos y los servicios asociados a cada uno de ellos, mostrando además los subsistemas que controlan. Cada módulo provee una serie de servicios que en su conjunto proveen la funcionalidad completa del sistema. Se tuvo cuidado de que ninguno de éstos servicios presentaran funciones que pudieran traslaparse entre sí. De esta manera, los módulos y sus servicios asociados pueden interactuar entre ellos a través de interfaces bien definidas. Con este esquema se logró mantener la encapsulación de la

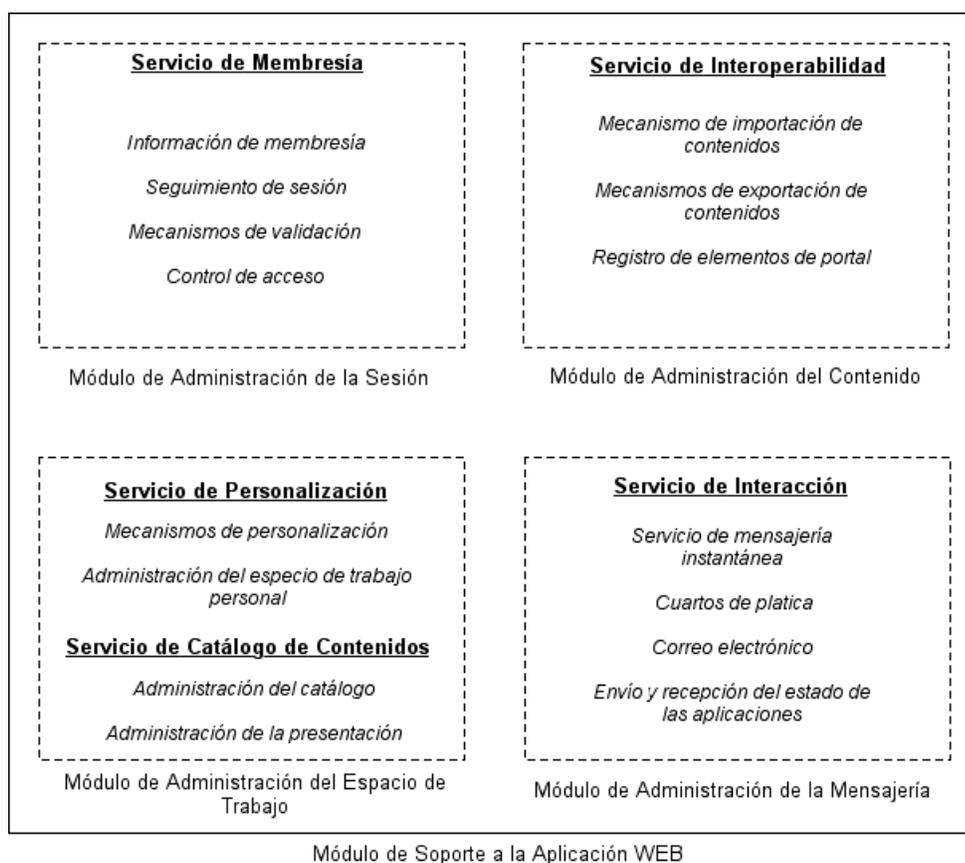


Figura 7: Módulos que componen la arquitectura del AIIDM y los servicios asociados a cada uno de ellos.

información manejada internamente, garantizando con ello su integridad.

La arquitectura consiste de cinco módulos: administración de la sesión, administración del espacio de trabajo, administración del contenido, administración de la mensajería, y soporte a la aplicación WEB. Cada módulo provee al menos un servicio especializado en membresías, interoperabilidad con sistemas externos, interacción entre usuarios y de personalización de interfaces de trabajo. A continuación se describe cada módulo y sus servicios asociados.

III.2.1. El módulo administración de la sesión

Este módulo tiene la función de proveer los mecanismos para el manejo de la sesión de usuario a través del servicio de membresía. Provee la interfaz para crear, almacenar, editar y acceder la información personal del usuario, incluyendo su clave de acceso y la contraseña, su correo electrónico y la actividad de la sesión. La información de la sesión es empleada por las herramientas de interacción y por los IIDM que lo requieran durante su ejecución. El servicio de membresía administra los grupos de usuarios y sus roles. Además administra los mecanismos de control de acceso al contenido, de acuerdo con las listas de control de acceso del sistema. Entre las funciones de este módulo se encuentran: el registro de la cuenta de usuario, manejo de la información de la membresía, inscripción a los recursos del sistema, consolidación de la información del usuario, seguimiento de sesiones, mecanismos de verificación del usuario, y control de acceso.

III.2.2. El módulo de administración del espacio de trabajo

Se encarga de generar el espacio de trabajo y de proveer los mecanismos necesarios para su personalización, entre los que se encuentran la elección del esquema de acomodo del contenido y su esquema de colores, y de la persistencia del contenido. También, contiene los mecanismos para la buscar, agregar y eliminar contenidos (IIDM) en el espacio de trabajo. Este módulo se compone de los servicios de Personalización y de Catálogo de Contenidos.

Mediante el servicio de Personalización, los usuarios pueden modificar su espacio de trabajo de acuerdo a sus intereses y preferencias, así como seleccionar el esquema de colores y acomodo de los IIDM. También cuenta con la opción de eliminar IIDM del espacio de trabajo. Mediante el segundo servicio de este módulo, el de Catálogo de Contenidos, los usuarios pueden navegar a través del catálogo de IIDM para seleccionar

aquellos que deseen agregar a su espacio de trabajo. El catálogo organiza a los IIDM como una lista en la que se muestra el nombre y una descripción del contenido.

Entre las funciones de este módulo se encuentran: proveer los mecanismos para personalizar la organización y presentación del espacio de trabajo, así como su persistencia, el manejo del catálogo de contenidos, y la manipulación individual de contenidos para agregar y eliminar IIDM.

III.2.3. El módulo de administración del contenido

Este módulo se encarga de la importación, exportación y registro de los contenidos en el catálogo de contenidos del sistema. Dado que los contenidos (IIDM) pueden tener diversos formatos, como por ejemplo HTML, XML o texto plano, este módulo provee de los mecanismos necesarios para importarlos dentro del contexto del sistema mediante la manipulación del registro de contenidos. Este módulo también se encarga de proveer el contenido al espacio de trabajo, poniendo a disposición el cuerpo de cada IIDM en formato HTML, para el constructor de la página hogar del usuario. Para que el contenido que pueda ser visualizado por el cliente y en el caso en que el IIDM original esté escrito en XML o texto, se realizan las transformaciones de formato necesarias.

Este módulo provee el servicio de interoperabilidad, el cual incluye los mecanismos para la incorporación del contenido externo al sistema local o remoto. Estos contenidos son incorporados al catálogo y a su contexto de ejecución, para que puedan estar disponibles localmente. Además, manipula el registro centralizado de IIDM locales y remotos. Tiene como función el proveer los mecanismos para la importación, registro y transformación del contenido.

III.2.4. El módulo de administración de la mensajería

Este módulo se encarga de la administración de mensajes entre los usuarios y entre las aplicaciones multiusuarios provistas por los IIDM. Consta del servicio de interacción, el cual da el soporte para el envío y recepción de mensajes sincrónicos (mensajería instantánea y cuartos de plática) y asincrónicos (correo electrónico), para permitir la interacción dentro del sistema y solamente entre usuarios registrados. Este servicio integra herramientas de interacción externas para hacer disponible sus servicios a las aplicaciones incrustadas dentro de los IIDM, quienes emplean el módulo de membresía para obtener la información de sesión del usuario y con ella iniciar la sesión en la herramienta de interacción correspondiente. Tiene como función dar el soporte para la mensajería instantánea, los cuartos de plática, el correo electrónico y, el envío y recepción de estados y mensajes de aplicaciones multiusuarios.

III.2.5. El módulo de soporte a la aplicación WEB

Este módulo corresponde al soporte para la ejecución del Ambiente de Aprendizaje como una aplicación WEB. Básicamente provee el espacio de ejecución para los diferentes módulos del sistema, además de los servicios típicos de un servidor de aplicaciones WEB como son: el espacio de ejecución de aplicaciones independiente, la administración de librerías compartidas e independientes, y el despliegue de la aplicación, entre otras. Teniendo como responsabilidades la administración del espacio de ejecución de la aplicación, la disponibilidad del interprete del lenguaje, y la administración del uso de la memoria de la computadora en donde se ejecuta.

Aunque estos módulos de la arquitectura contienen la totalidad de los elementos que componen el Ambiente de Aprendizaje, existe todavía mucho detalle dentro de cada uno de los módulos y sus servicios asociados. En el siguiente apartado se describen los principales elementos de la arquitectura desde el punto de vista del análisis del sistema.

III.3. Análisis de casos de uso del Ambiente de Aprendizaje

A partir de los requerimientos preliminares identificados para el sistema y los IIDM, se desarrolló un análisis basado en casos de uso con el propósito de granularizar el problema a través de escenarios de uso simples y cuya interrelación a nivel de subsistemas fuera de baja complejidad. En este caso, el diseño de la aplicación se realizó a partir de la arquitectura, tal y como lo sugieren Jacobson *et al.* (1998).

La figura 8 muestra el diagrama de casos de uso de todo el sistema de una manera simplificada pero que contempla a todas las funciones del Ambiente de Aprendizaje. Se identificaron tres escenarios de uso como los más representativos de las funciones que debía proveer el sistema,

Acceso al contenido. Este escenario de uso comprende la personalización del área de trabajo, la selección del contenido disponible en el área de trabajo, la manipulación interna en el sistema de los diferentes formatos del contenido y, el manejo y construcción de la interfaz del usuario.

Administración de la membresía. Aquí se realiza el manejo de la cuenta de acceso del usuario, la manipulación y almacenamiento de sus datos personales, así como el acceso a ellos.

Interacción entre los usuarios. En este escenario de uso se involucran a los mecanismos de conciencia de colaboración y las herramientas de interacción entre usuarios.

Como puede deducirse a partir de la figura 8 y la arquitectura modular (figura 7), algunos casos de uso emplean uno o varios servicios previstos en el modelo del Ambiente de Aprendizaje, por lo que no es posible presentar una relación directa entre el modelo arquitectónico y los escenarios de uso; por ello cuando se considera pertinente, se hace explícita la relación entre ellos, buscando que el análisis y el diseño sea coherente con

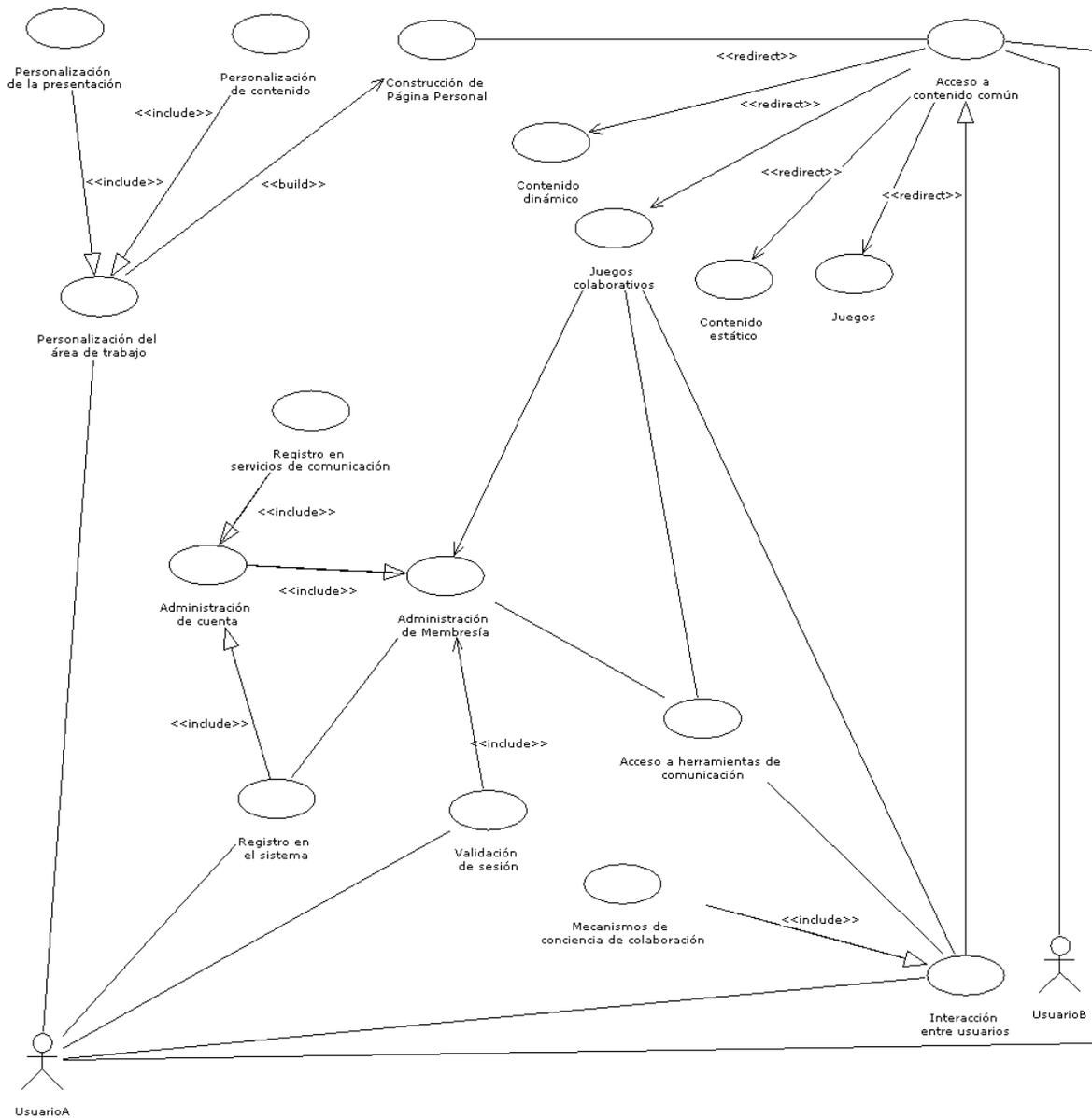


Figura 8: Diagrama general de casos de uso para el AIIDM.

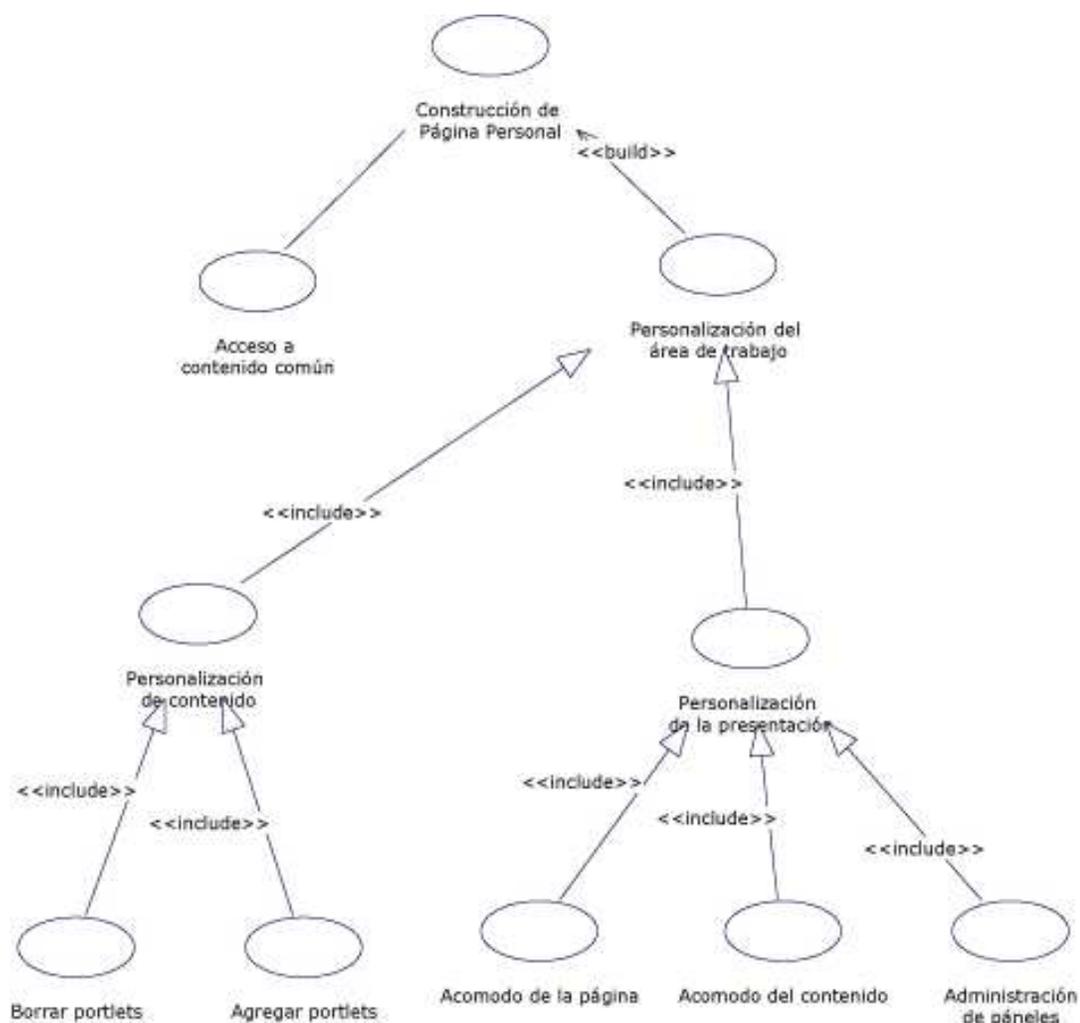


Figura 9: Diagrama de casos de uso de Acceso al contenido.

la arquitectura impuesta por el modelo del Ambiente de Aprendizaje. La descripción detallada de cada escenario de uso es revisada a continuación.

III.3.1. Acceso al contenido

Este escenario de uso, ver figura 9, involucra directamente el área de trabajo del usuario visto desde la perspectiva de acceder al contenido, para lo cual existen dos maneras de hacerlo. La primera corresponde al contenido común o público, el cual puede

ser accedido por todos los usuarios del sistema, ya sean usuarios registrados o anónimos. Sobre este mecanismo, el usuario normal no tiene control ya que es definido por el administrador del contenido quien es el único responsable de administrar la información que se presenta; la información se muestra a través de una interfaz idéntica para todos los usuarios. La segunda forma de acceder al contenido, es aquella en la que está involucrada la membresía del usuario por lo que es necesario que esté registrado y su sesión haya sido iniciada. El contenido es presentado mediante una interfaz única y personalizada para el usuario. De esta manera, el usuario puede seleccionar el contenido que desea tener en su área de trabajo personalizada, siempre y cuando tenga los privilegios necesarios para seleccionar algún elemento en particular. Además, el usuario tiene control de la ubicación de los IIDM dentro de su área de trabajo, y el control sobre el esquema de presentación visual de todo el contenido.

Casos de uso que conforman al escenario de uso

Construcción de la página personal. La página personal se construye dinámicamente durante la sesión del usuario, de acuerdo con los parámetros específicos para su sesión y el contenido seleccionado.

Acceso al contenido común. El acceso es independiente del tipo de usuario y de sus privilegios. Es manipulado solamente por el administrador del contenido y se presenta en un área común de trabajo.

Personalización del área de trabajo. Es necesario que el usuario esté registrado y que su sesión haya sido iniciada. La estructura del área de trabajo es persistente entre sesiones de usuario.

Personalización del contenido. El usuario es capaz de agregar y eliminar elementos del portal de su área de trabajo, además de poder personalizar la presentación de la interfaz.

Borrar elementos de contenido. El usuario puede eliminar elementos de contenido

de su área de trabajo, más no del catálogo de contenidos del sistema.

Agregar elementos de contenido. El usuario puede seleccionar uno o varios elementos de contenido a la vez, a partir del catálogo descriptivo de estos elementos para ser agregados a su área de trabajo. No contempla la función de agregar nuevo contenido al catálogo.

Personalización de la presentación. El usuario puede modificar el arreglo y la estructura de su interfaz.

Acomodo de la página. El usuario puede seleccionar de un catálogo de opciones, la colocación de los IIDM dentro de su área de trabajo, referida a la ubicación dentro del contenedor de los elementos que conforman la interfaz.

Acomodo del contenido. El usuario cuenta con mecanismos para definir el orden y la ubicación de cada elemento de contenido dentro de su área de trabajo.

Administración de paneles. El usuario puede agregar contenedores de portlets a su área de trabajo a través de la incorporación de nuevos paneles de elementos de contenido.

III.3.2. Administración de la Membresía

Este escenario de uso, ver figura 10, contempla la administración de la información personal del usuario, así como la información de su sesión y el registro en los diferentes servicios que provee la arquitectura. La membresía del usuario contiene la información de registro en el sistema y los diferentes servicios de interacción. Esta información está disponible a través de la interfaz de datos del usuario para todos los elementos contenedores de IIDM, de tal manera que éstos pueden a su vez proveer la información a cualquier programa incrustado en ellos.

Casos de uso que conforman al escenario de uso

Administración de membresía. Los diferentes servicios del sistema pueden acceder

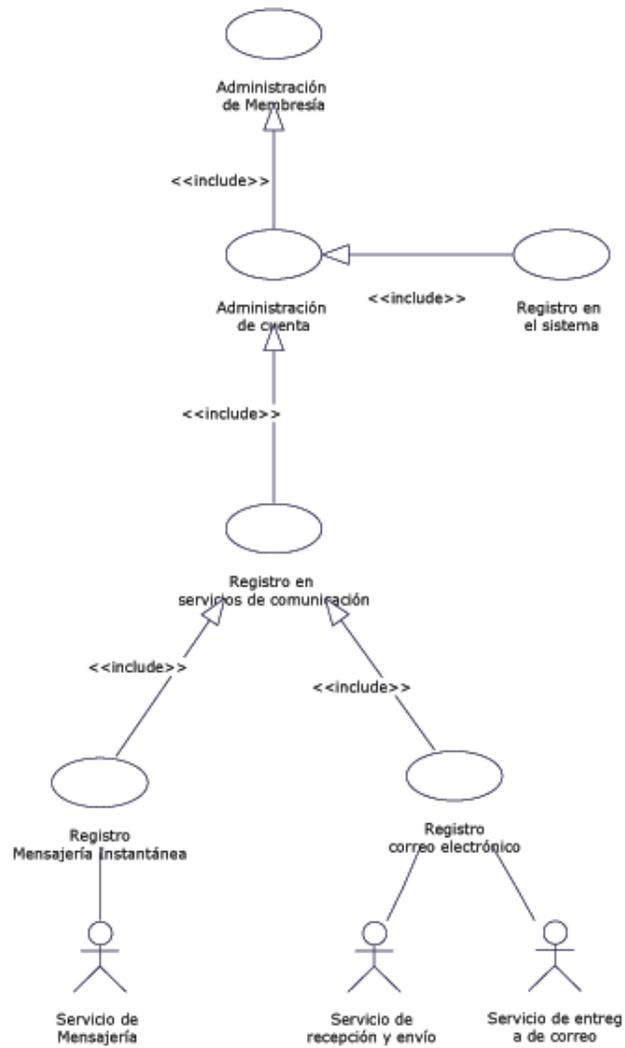


Figura 10: Diagrama de casos de uso de administración de la membresía.

a la membresía del usuario para la creación, modificación, y acceso a la información de las membresías.

Administración de cuenta. La membresía está íntimamente ligada a la cuenta del usuario, por lo que existen mecanismos para su administración. Estos mecanismos tienen acceso a una base de datos, que funge como el contenedor permanente de la información de la cuenta.

Registro en el sistema. Corresponde a los mecanismos de creación, modificación y eliminación de la cuenta del usuario en la base de datos centralizada de usuarios del sistema.

Registro en los servicios de comunicación. El registro a estos servicios se realiza a través de mecanismos separados de los que comúnmente utiliza el sistema. Esto se debe a que el registro a estos servicios puede requerir la introducción de información adicional en un formato específico, además de que el mecanismo de registro a un sistema de comunicación en específico puede requerir de una capa de comunicación especial, como puede ser el registro a través de enlaces remotos.

Registro al correo electrónico. Se crea el registro del usuario para el sistema de correo electrónico, el cual es ajeno al sistema principal. Este servicio involucra dos escenarios de uso, el primero corresponde a la recepción y envío de buzón a buzón del correo electrónico, mientras que el segundo se refiere a la entrega de los mensajes de correo.

Servicio de entrega de correo. Los usuarios pueden tener acceso a sus mensajes de correo mediante alguno de los protocolos típicos de entrega, como son el protocolo IMAP y POP.

Servicio de recepción y envío de correo. Comprende tanto la recepción del correo electrónico en el servidor, como el envío de buzón a buzón de los mensajes. Este servicio no incluye la interfaz de usuario de elaboración de mensajes, ya que éste es manejado a través de una aplicación incrustada en el ambiente.

Registro de mensajería instantánea. Contiene los mecanismos para el registro y modificación de la cuenta de usuario en el servicio de mensajería instantánea y cuartos de discusión.

III.3.3. Interacción entre los usuarios

Este escenario de uso, ver figura 11, comprende a los mecanismos para el acceso a los servicios de interacción que provee el sistema a través de los servicios de comunicación, como son la mensajería instantánea y el correo electrónico, así como los mecanismos de soporte de comunicación para los juegos multiusuarios incrustados dentro de los IIDM. Por ello, en este escenario de casos de uso, se contempla el acceso a las herramientas de comunicación y a los juegos multiusuarios.

Casos de uso que conforman al escenario de uso

Acceso a las herramientas de comunicación. Corresponde a los mecanismos mediante los cuales los usuarios tienen acceso directo a estas herramientas (mensajería instantánea, cuartos de plática y correo electrónico), así como a los mecanismos con los que cuentan las aplicaciones incrustadas en los IIDM para tener acceso a estas herramientas y sus servicios asociados.

Administración de la membresía. Este caso de uso se explicó anteriormente, sin embargo se incluye debido a que los servicios de comunicación requieren de información de la cuenta del usuario para iniciar sus respectivas sesiones asociadas al registro del usuario.

Interacción entre usuarios. Representa a los mecanismos y objetos mediante los cuales se realiza alguna interacción entre los usuarios del sistema.

Mecanismos de conciencia de colaboración. El usuario debe contar con información que le ayude a tener conciencia de que otros usuarios se encuentran en sesión dentro del sistema y/o en sesión en alguna de las herramientas de comunicación.

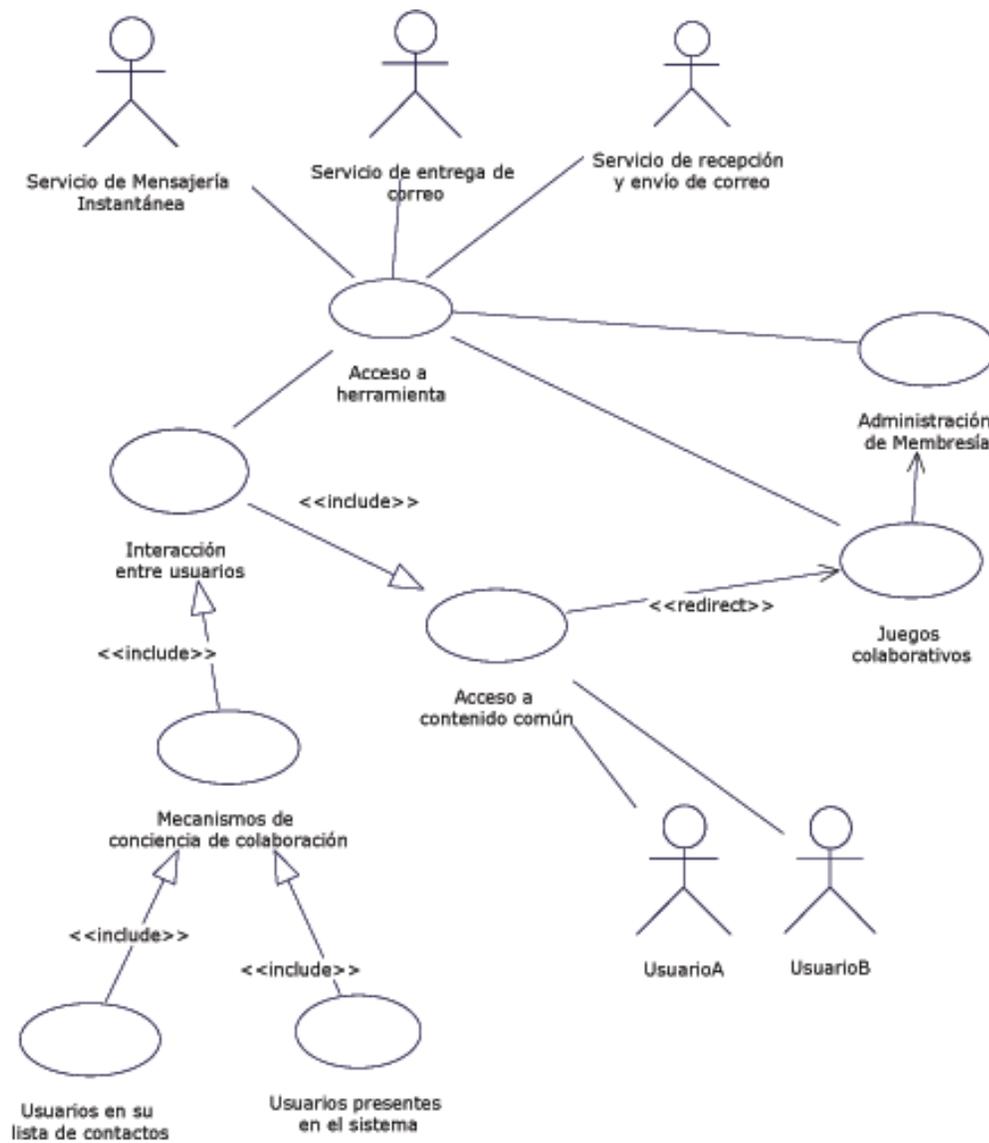


Figura 11: Diagrama de casos de uso de interacción entre los usuarios.

Usuarios en la lista de contactos. En particular, el servicio de mensajería instantánea y cuartos de pláticas tienen la capacidad de crear una lista personalizada de contactos del usuario. Por ello, el usuario debe disponer de mecanismos que le indiquen cuando alguno de los usuarios de su lista de contactos está en sesión dentro del sistema, para que éste pueda decidir si desea iniciar alguna interacción con alguno de esos contactos.

Usuarios presentes en el sistema. Cuando los usuarios inicien una sesión en el sistema y no se encuentren co-localizados con el resto de los usuarios, el sistema puede mostrar un listado de usuarios en sesión. De esta manera, algún usuario en particular puede obtener la información de algún otro usuario para agregarlo a su relación de contactos e iniciar una interacción con él.

Acceso al contenido común. Corresponde a los IIDM que tienen incrustados juegos multiusuarios. Para que al menos dos usuarios puedan comenzar una interacción a través de uno de estos juegos, es necesario que ambos tengan cargados en su espacio de trabajo al IIDM que contiene al juego.

Juegos colaborativos. Este caso de uso ilustra la instanciación de juegos multiusuarios, los cuales requieren tener acceso tanto a la información de membresía del usuario que lo instancia, como a las herramientas de comunicación que les dan soporte para el intercambio de mensajes y datos.

El análisis basado en casos de uso resultó ser de gran ayuda para especificar con mayor detalle a los requerimientos del sistema. Entre las ventajas de emplear este enfoque, se encuentra el manejo de escenarios de uso que auxilian a manipular la complejidad del problema mediante el seguimiento de situaciones simples, pero relacionadas entre sí, mediante el seguimiento de la secuencia de acciones de uso del sistema. Por otra parte, al organizar la arquitectura en módulos proveedores de servicios, es posible incorporar gradualmente a los distintos componentes al AIIDM, ya sea a través de los servicios que ofrecen o bien, mediante la incorporación de un subsistema. Finalmente, la integración

de la información de los subsistemas y los servicios alternos en un esquema centralizado, simplifica tanto a la administración del sistema, como a los mecanismos de acceso a los datos del usuario. Con estos mecanismos el AIIDM puede compartir datos con diferentes sistemas y ofrece diversas interfaces para su acceso externo.

En el siguiente capítulo se presenta detalladamente al AIIDM. Mostrando sus características principales así como la relación entre sus subsistemas y los servicios alternos.

Capítulo IV

El Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas

Una vez definida la arquitectura y el diseño del Ambiente de Aprendizaje, el siguiente paso consiste en la implementación de los servicios de la arquitectura y de la plataforma de trabajo base. Debido a que la arquitectura está conformada por diversos componentes que ofrecen servicios, fue necesario integrar sistemas externos en el contexto de la arquitectura, de tal manera que la oferta de servicios se presente de manera unificada y transparente para el usuario dentro de su entorno de trabajo. Estos sistemas externos corresponden a sistemas independientes a la arquitectura de la aplicación, pero que se integran para proveer una funcionalidad

IV.1. Implementación de la arquitectura del ambiente de aprendizaje

Para seleccionar las tecnologías que se emplearon para la implementación del ambiente de aprendizaje, se tomaron en cuenta criterios de estabilidad, madurez, disponibilidad de librerías, y en particular, la capacidad de poder adecuar su funcionamiento a las especificaciones definidas para el ambiente de aprendizaje. Por ello, se seleccionó software basado en código abierto, así como estándares abiertos para el manejo de documentos

de configuración y protocolos.

La arquitectura del ambiente de aprendizaje está compuesta por cinco grandes componentes proveedores de servicios, los cuales están representados en la figura 12: el servicio de páginas WWW estáticas representado por el servidor Apache, el servicio de páginas WWW dinámicas representado por el servidor de aplicaciones Tomcat, el servicio de almacenamientos de datos provisto por el manejador de bases de datos MySQL, el servicio de almacenamiento de colecciones de documentos XML a través del servidor de bases de datos nativas en XML llamado dbXML, y el servicio de comunicaciones el cual es sustentado a su vez en dos servidores, el primero de ellos es el servidor de correo electrónico Qmail y el segundo es el servidor de mensajería instantánea Jabber.

En el servidor de aplicaciones se encuentra desplegado la aplicación WEB “Los Supersabios” que está en su propio espacio de ejecución. La base de la aplicación son los recursos provistos por el proyecto Turbine (<http://jakarta.apache.org/turbine/>), el cual contiene los mecanismos para la administración de la membresía. Sobre estos recursos, se encuentra ubicado Jetspeed (<http://jakarta.apache.org/jetspeed/>), el cual provee los mecanismos para ejecutar las acciones del portal y el registro de los portlets, así como los mecanismos de importación de contenido en diferentes formatos. A su vez, a través de Jetspeed se provee el contenedor de portlets y su API para el desarrollo de portlets personalizados.

La interacción entre los diferentes servidores que componen la arquitectura se realiza mediante los canales entrada y salida que definen cada uno de ellos, por lo que no es necesario incorporar un servicio dentro de otro. La implementación de la totalidad de la arquitectura del AIIDM demanda el acoplamiento de varios sistemas independientes. Se tomó la decisión de emplear sistemas independientes y especializados en servicios específicos, con el propósito de cumplir con los requisitos de flexibilidad y escalabilidad de la solución; adoptando entonces a los mejores sistemas de servicios de acuerdo a

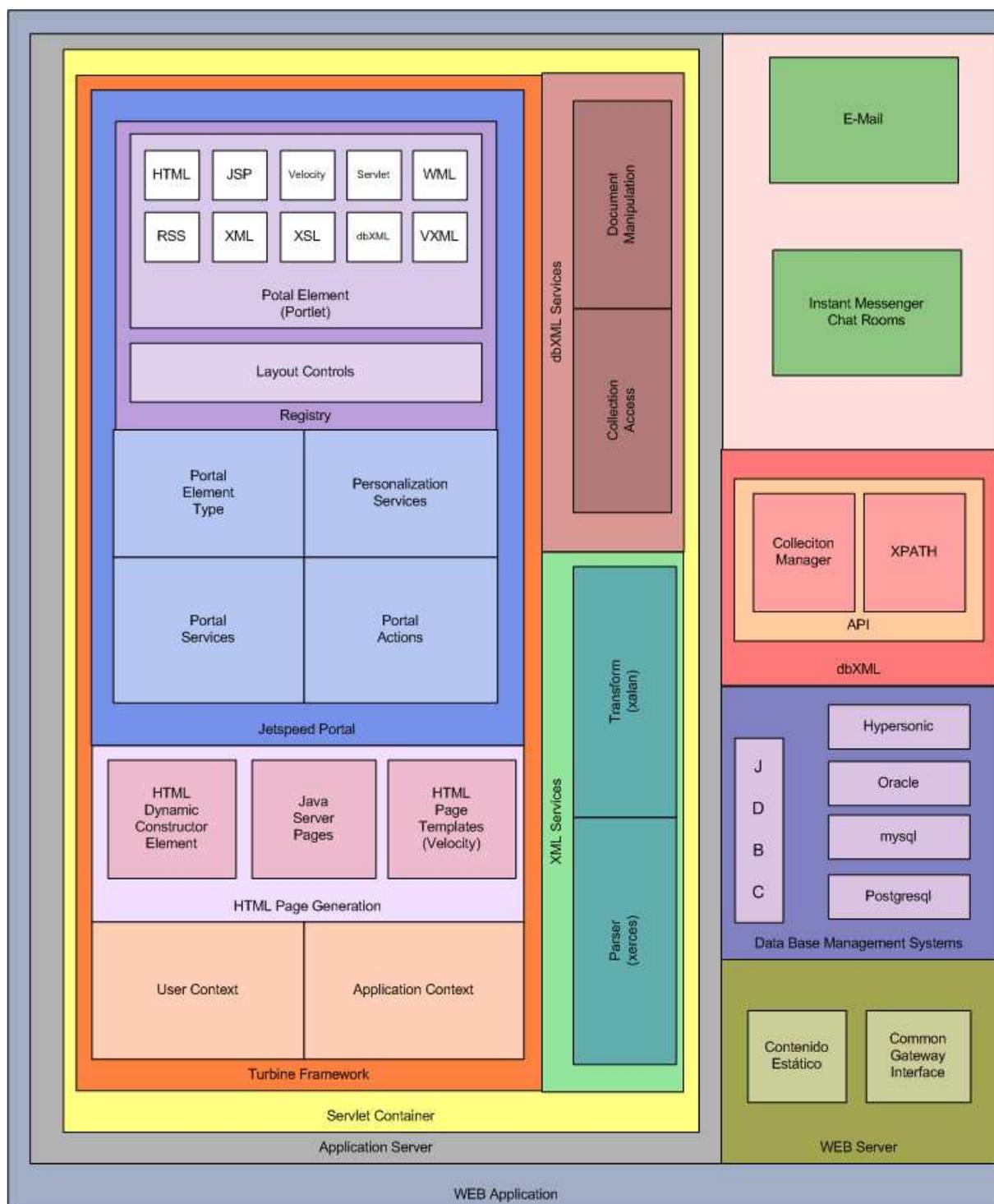


Figura 12: Arquitectura del Ambiente de Aprendizaje.

su madurez, estabilidad, escalabilidad y capacidad de permitir la integración de sus funciones en la arquitectura del sistema.

Para lograr la integración de los servicios, uno de los aspectos mas importantes a considerar es la manera en que se comparte información entre servicios, particularmente en lo que se refiere a los datos del usuario. Por ello, se pretende evitar en lo posible, el duplicar la información del usuario en los sistemas de registro de cada uno de los servicios y trabajar con un repositorio de datos centralizado. De esta manera, tanto el ambiente de aprendizaje como los servicios alternos pueden acceder a la información del usuario a través de las interfaces internas de acceso a la membresía, o bien, mediante un acceso directo al repositorio permanente de la información.

Cabe mencionar que en todos los casos, tanto en los subsistemas que dan el entorno de ejecución del ambiente de aprendizaje, como en los sistemas externos de soporte, los procesos correspondientes pueden estar ejecutándose en el mismo equipo, o bien en equipos distintos. Así, para migrar de un esquema de servicios centralizado en un solo equipo a un esquema completamente distribuido, se requiere de modificaciones simples a la configuración de cada servicio, de tal forma que éste siga proveyendo de sus funciones a sus respectivos clientes, siguiendo un esquema flexible y escalable.

A continuación se presenta la implementación de los elementos de la arquitectura, mostrando la aportación al modelo de cada una de las tecnologías empleadas, así como la justificación de su empleo con base a sus características tecnológicas y de escalabilidad.

La arquitectura propuesta para el ambiente de aprendizaje requiere de características muy peculiares, ya que tiene que soportar procesos complejos como son: el manejo de la membresía del usuario, la incorporación de IIDM en diferentes formatos y la presentación de los IIDM en el espacio de trabajo del usuario. En esta etapa del trabajo de investigación, fue de vital importancia la decisión de cómo implementar el ambiente de aprendizaje junto con la arquitectura de soporte, manteniendo la flexibilidad y la

capacidad de escalamiento de todos sus elementos.

Para el desarrollo de la aplicación base para el Ambiente de Aprendizaje, y como ya se había mencionado, se seleccionó el proyecto de software libre llamado Jetspeed de Apache Software Foundation (ASF), el cual provee de la infraestructura de soporte para desarrollar software de tipo portal de Internet, a la vez que provee de un API para tener acceso mediante programación a las funciones internas del sistema.

Jetspeed tiene una arquitectura basada en el modelo J2EE siguiendo el patrón de diseño conocido como Modelo-Vista-Controlador o MVC (Gama *et al.*, 1994). De acuerdo a este patrón de diseño, la presentación al usuario, representada por el elemento Vista, se realiza mediante Java Server Pages (JSP) o bien por páginas construidas mediante un framework de construcción de páginas basadas en macros llamado Velocity (<http://jakarta.apache.org/velocity/>), y que también pertenece a Apache Software Foundation. En estas páginas de presentación no se realiza ningún procesamiento que altere el estado de la aplicación; todo el procesamiento que se realiza en estas páginas dinámicamente construidas, se relaciona exclusivamente sobre la manera de presentar el contenido, como puede ser el acomodo de los IIDM en el espacio de trabajo o el manejo de los esquemas de colores de la interfaz. El elemento Controlador del patrón de diseño MVC es quien se encarga de la captura de las acciones del usuario y su implementación se realiza a través de Servlets. Este elemento provee las formas de captura de información del usuario al mismo tiempo que captura las selecciones realizadas a través de las hiper-ligas. Por su parte, el elemento Modelo es quien se encarga de realizar todo el procesamiento de los datos involucrados en la ejecución del sistema, y está implementado mediante clases en Java o mediante JavaBeans; con la particularidad de que ninguna de estas clases presenta el resultado del procesamiento de los datos directamente a la interfaz del usuario, sino que son los elementos de la Vista los que recuperan los datos de las clases del Modelo para realizar la presentación.

Una característica relevante de Jetspeed, es la capacidad de importar contenido en diferentes formatos. Entre estos formatos se encuentran documentos en HTML provenientes de páginas estáticas o de aplicaciones WEB (Servlets y JSP, por ejemplo), documentos en texto sin formato, documentos con contenido estructurado que cumplen con el protocolo de Sumario Enriquecido de Sitios (Rich Site Summary o RSS) y documentos estructurados en XML. El proceso para importarlos se realiza mediante diversos mecanismos especializados de acuerdo al formato original de los documentos. Por ello, es posible la incorporación del cuerpo de los documentos al contexto de ejecución de Jetspeed. En el caso de páginas en HTML y texto sin formato, la transformación a HTML de los documentos en XML, y la transformación en HTML de los documentos RSS. Dado que la importación se realiza al momento en que se solicita la incorporación en la interfaz gráfica del usuario, es necesario definir el tipo de documento en el registro de contenidos, correspondiendo a uno de los tipos de documentos mencionados en este párrafo, el cual es manipulado por clases especializadas y presentado en pantalla mediante contenedores también especializados.

La interfaz del usuario está constituida por elementos de portal llamados portlets. Cada uno de estos portlets funciona como un contenedor del contenido extraído de los documentos importados, por lo tanto, debe existir un tipo de portlet por cada tipo de contenido que soporte el sistema. A través del API de Jetspeed, se puede extender el catálogo de tipo de portlets, y de esta manera crear nuevos tipos que puedan ser incorporados al entorno de ejecución. Los portlets se hacen accesibles al usuario mediante un servicio de catálogo el cual también es extensible. El usuario puede recorrer el catálogo para seleccionar los portlets que desee incluir en su espacio de trabajo, o bien seleccionar aquellos portlets que desee eliminar de la interfaz.

Por otra parte, la membresía es controlada en Jetspeed mediante otro proyecto de Apache Software Foundation llamado Turbine, el cual es un framework diseñado para el

manejo de la sesión del usuario. Este framework consta de mecanismos para el registro de la cuenta de usuario, la actualización de su información y el manejo de la información de su sesión. Mediante el API que provee Turbine, es posible extender la información del usuario para agregar campos de registro en la base de datos y para crear los JavaBeans de acceso.

Aprovechando estas características de Jetspeed se crearon nuevos tipos de portlets para contener a IIDM específicos, como fue el caso de los escritos en XML. Además, se expandió la información contenida en la membresía del usuario y se crearon las clases de acceso a esta nueva información. También, se extendieron las clases de manejo del registro de usuarios para incorporar la funcionalidad de registro en los servicios de comunicación. Para la presentación de la información en la interfaz del usuario, se realizaron modificaciones sustanciales para ajustarla a la propuesta de este trabajo en lo que se refiere al esquema de colores, elementos gráficos, elementos de navegación y estructura de la presentación de portlets. Estos detalles se presentan posteriormente durante la descripción de los elementos del ambiente de aprendizaje.

El proyecto Turbine requiere almacenar cierta información relacionada con la sesión del usuario para asegurar la persistencia de datos entre sesiones y durante el desarrollo de una sesión, además de almacenar la información de registro de los usuarios. Aunque este proyecto provee directamente de un manejador de bases de datos, para el desarrollo de este trabajo se seleccionó como manejador de bases de datos a MySQL (<http://www.mysql.com/>), en parte por su reconocida estabilidad de ejecución y facilidad de administración. Se busca que los servicios externos, como los de comunicación, pueden hacer uso de este manejador para almacenar sus registros de usuario y de esta manera simplificar la consolidación de esta información entre los servicios y el ambiente de aprendizaje.

IV.1.1. El servidor WWW y el servidor de aplicaciones

Como ya se había mencionado anteriormente, es necesario contar con dos servicios HTTP independientes entre sí, pero a la vez integrados, y de esta manera poder brindar un acceso transparente a la aplicación. Como servidor de contenido estático, se empleó el servidor Apache (<http://httpd.apache.org/>), dada su reconocida robustez y sus características técnicas, que lo ubican como uno de los mejores servidores de su tipo. Para proveer el espacio de ejecución del sistema a través del servidor de aplicaciones, se seleccionó al servidor Jakarta Tomcat (<http://jakarta.apache.org/tomcat/>) también de Apache Software Foundation. Este servidor tiene la característica de proveer un entorno de ejecución para código desarrollado en el lenguaje Java, soportando los estándares más recientes de las especificaciones de Servlets y Java Servlet Pages.

Debido a que ambos servidores se ejecutan en su propio espacio de ejecución y su puerto de escucha de solicitudes es distinto (80 para el servidor Apache y 8080 por el servidor Tomcat), fue necesario incorporar un mecanismo de pasarela de conexión, para dirigir las solicitudes de los clientes al servicio adecuado. La figura 13 muestra como es la relación entre ambos servidores a través de la pasarela de conexión. La incorporación de esta pasarela involucra que el contenido estático debe ser proporcionado por el servidor Apache, y la funcionalidad del sistema es proporcionada por el servidor de aplicaciones Tomcat. Para cumplir con esta función, se empleó el mecanismo de interconexión que provee el servidor Tomcat y que es específico para el servidor Apache. Este conector consta de dos partes, la primera de ellas se instala en el servidor Apache definiendo el segmento del URI (Uniform Resource Identifier) que va a ser atendido por el servidor Tomcat. Así, cuando algún cliente solicita un URL que tenga en su ruta ese segmento específico, el servidor Apache redirecciona automáticamente la solicitud a través de esta pasarela de solicitudes hacia el servidor Tomcat sin modificar en ningún sentido el URL en el navegador del cliente. De esta manera, esta redirección pasa inadvertida para el

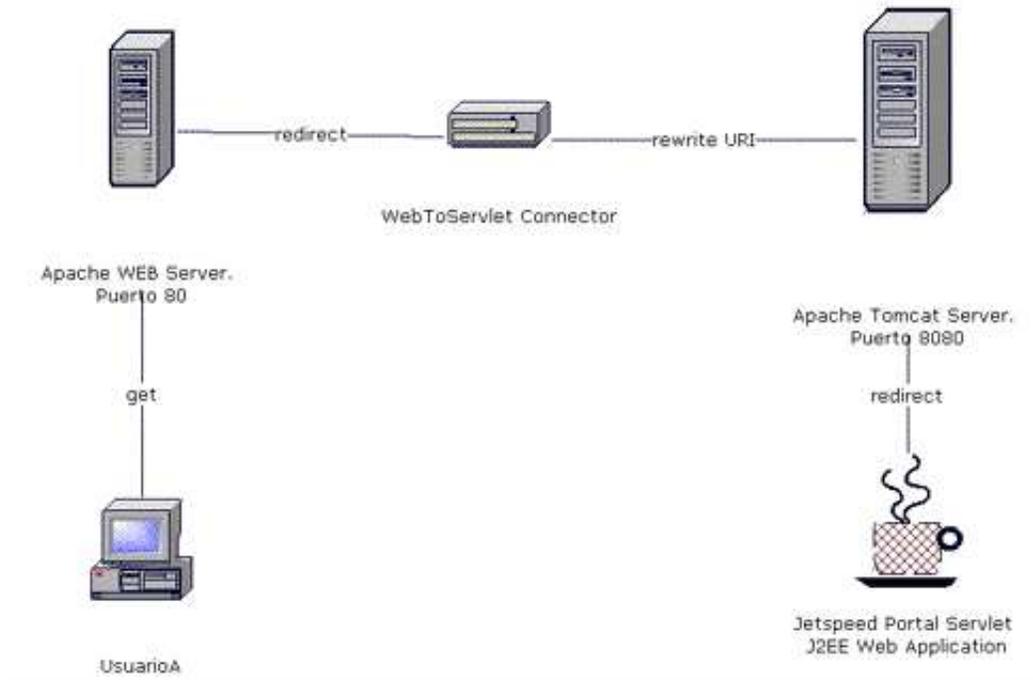


Figura 13: Diagrama que muestra la redirección de la solicitud del usuario desde el servidor Apache al servidor de Aplicaciones Tomcat.

usuario.

IV.1.2. Los servicios de comunicación

Estos servicios consisten en: mensajería instantánea, cuartos de plática, y correo electrónico. Cada uno de estos servicios requirió de una evaluación por separado. Básicamente, en todos los servicios de comunicación se buscaron características comunes en relación a la capacidad de centralizar la información del usuario en bases de datos heterogéneas y distribuidas. Lo anterior, con el objetivo de asegurar la consolidación de la información de registro de los usuarios de los diferentes subsistemas en una sola base de datos, a la cual tuvieran acceso al menos el subsistema de comunicación y el sistema

del Ambiente de Aprendizaje. A continuación, se describe por separado a estos sistemas, sus características principales y la manera de cómo se acoplaron a la propuesta global de la arquitectura.

El servicio de mensajería instantánea y los grupos de discusión

Para proveer este servicio, se seleccionó al conjunto de protocolos y tecnologías Jabber (<http://www.jabber.org/about/overview.shtml>) por una serie de características que lo hicieron muy atractivo para este trabajo:

El protocolo de comunicación es abierto, está basado en XML y cuenta con un diseño flexible y simple.

El protocolo de comunicación está muy bien documentado y cuenta con una licencia de código abierto.

La estructura del protocolo está disponible a través del Document Type Definition (DTD), con lo cual se facilita la validación de las cadenas XML, es decir, de los mensajes.

Entre las tecnologías disponibles se encuentran diferentes implementaciones del servidor Jabber con acceso al código fuente, librerías en diferentes lenguajes de programación como C, C++ y Java. Los clientes Jabber están desarrollados para prácticamente cualquier plataforma disponible en la actualidad, incluyendo Java y Flash applets.

El servidor Jabber tiene una arquitectura basada en componentes, mediante la cual es posible agregar al núcleo principal del servidor nuevas funciones a través de módulos independientes. De esta manera, el servidor Jabber incorpora funciones como el soporte a grupos de plática, un servicio de búsqueda de usuarios basado en registros personales, el soporte a la comunicación directa con otros protocolos de mensajería y mecanismos alternos de almacenamiento permanente de la información de sesión del usuario.

En este trabajo, se emplearon los componentes de grupos de plática y de almacenamiento de la información de la sesión del usuario en un manejador de bases de

datos externo. Resultó particularmente útil este último componente para lograr la centralización de la información de sesión del usuario. De esta manera, se realizaron las adecuaciones para que el servidor Jabber almacenara la información del usuario en la misma tabla y base de datos que el ambiente de aprendizaje, al menos los datos compartidos como lo son el identificador de acceso o JID (Jabber Identifier) y la contraseña. El resto de la información de sesión que requiere Jabber para funcionar, como la fecha de inicio de sesión y el listado de contactos, entre otros, es almacenada en tablas independientes en conformidad con los requerimientos del componente.

Al almacenar la información en una sola base de datos, se fundamenta la integración de los servicios de comunicación y el ambiente de aprendizaje manteniendo un esquema dual de acceso a la información del usuario. Este consiste en un acceso directo a la base de datos para iniciar la sesión de usuario en el servidor, y de un acceso indirecto a la información del usuario para el inicio de una sesión en el servidor a través de los mecanismos que provee el ambiente de aprendizaje. Este esquema dual mantiene un entorno de uso flexible pues uno u otro método de acceso puede ser empleado de acuerdo a las circunstancias definidas para una situación de aprendizaje en particular.

La integración del servidor de mensajería con los IIDM y el Ambiente de Aprendizaje se realizó a través del protocolo del propio servidor de mensajería. Aprovechando la orientación a objetos del lenguaje Java, se empleó una librería de clases para la interconexión llamada Jabberbean (<http://jabberbeans.org>) y fue desarrollado por David Waite y Jabber.com Inc. Al emplear esta librería de clases, fue posible hacer que prácticamente cualquier IIDM escrito en Java sea susceptible de emplear el sistema de mensajería.

El servicio de correo electrónico

Este servicio se compone de tres procesos: el primero de ellos es el proceso de recepción de correo en el servidor, el segundo es el envío de correo de buzón a buzón, y el tercero es la recuperación de mensajes del buzón hacia un cliente de correo. Debido a que el requisito de integración de los servicios en el ambiente de aprendizaje se siguió de manera muy estricta, la selección de los servicios que brindan esta capacidad fue difícil, ya que prácticamente la totalidad de los servicios disponibles públicamente emplean sistemas de registro de usuarios provistos por el sistema operativo y no por mecanismos internos o externos en bases de datos centralizadas.

Para la recepción de mensajes y su almacenamiento en el buzón del destinatario, uno de los servidores más conocidos y utilizados es el *sendmail*. Para lograr que este servidor fuera capaz de recuperar la información de usuario del receptor de un mensaje se requería de modificar su sistema de recepción de mensajes de tal manera que consultara una base de datos centralizada distinta al registro de usuarios del sistema operativo. Esta modificación fue posible a través de un parche al código fuente en el cual se modifica la fuente de la información para la validación del usuario. Sin embargo las modificaciones agregadas por el parche dejaban de ser válidas en versiones subsecuentes del software, haciendo muy difícil y lenta la administración de este subsistema al tener que encontrar la manera de hacerlo funcionar nuevamente con las nuevas versiones. Una característica que se consideró seriamente, fue la actualización periódica de este subsistema debido a la continua presencia de errores en el código, y a las alarmas de seguridad que continuamente se hacen públicas. Por ello, se optó emplear el sistema de correo Qmail (<http://qmail.geto.net/blurb.html>), el cual proveía un componente extra para mantener el sistema de registro de usuarios en la base de datos MySQL. Gracias a este componente, el servidor Qmail puede verificar la información de registros de usuarios en una tabla de la base de datos compartida con el Ambiente de Aprendizaje y con

esto realizar la integración entre ambos sistemas.

Recuperación de mensajes de correo

El servicio de correo electrónico es sin duda uno de los servicios que se consideran indispensables hoy en día para la interacción entre individuos a través de Internet. El acceso al servicio de correo electrónico puede variar dependiendo de la disponibilidad de la conexión a Internet, pero principalmente, de acuerdo a la funcionalidad que se va a ofrecer al usuario. En este sentido, el servicio de correo puede ser dividido en dos de acuerdo a la funcionalidad que percibe el usuario final.

La primer división ocurre cuando los mensajes de correo son copiados o transferidos desde el equipo servidor hacia el cliente. En esta situación, se almacena el mensaje en el disco duro local, por lo que requiere suficiente espacio en disco para contener a todos los mensajes una vez que se haya terminado la conexión con el servidor. Cuando los mensajes son transferidos al cliente, éstos se eliminan del servidor.

El servidor de correo más usual para recuperar mensajes de esta manera es conocido como POP (Post Office Protocol). El usuario tiene la opción de dejar una copia de sus mensajes en el servidor, con lo cual puede recuperarlos desde cualquier otro cliente en el momento que lo desee. Este esquema en particular es muy útil cuando no se cuenta con una conexión permanente a Internet y se desea tener acceso a los mensajes aún y cuando no se encuentre en línea. Por su parte, este esquema resulta impráctico cuando el usuario no accede a sus mensajes siempre desde el mismo equipo, ya que almacena localmente una copia de los mismos.

La segunda división del uso del correo electrónico de acuerdo a la funcionalidad, se da cuando los mensajes se mantienen en el servidor y se accede a ellos uno por uno. En este esquema se tiene acceso al contenido de los mensajes solamente cuando el usuario se encuentre en línea. El usuario puede obtener los encabezados de sus correos (por ejemplo, quién lo envía, asunto, fecha y hora de envío) y él es quién selecciona el

mensaje que desea sea presentado en la interfaz de su cliente de correo.

Aquí se presentan dos variantes más refiriéndose a la entrega de los mensajes de correo. La primera ocurre cuando el usuario accede a sus mensajes a través de un acceso por terminal. En este caso, los mensajes no son transferidos al equipo cliente sino que solamente son mostrados en la terminal del usuario. La segunda se presenta cuando el usuario accede a un servidor de correo a través de un cliente de correo que lo valida y le entrega los encabezados de los mensajes que tiene en su buzón. El usuario selecciona el mensaje que desea leer, y en ese momento el contenido del mismo es transferido hacia el cliente. A menos que el usuario almacene intencionalmente el mensaje, éste se pierde al momento de cerrar el cliente; sin embargo, el mensaje original se mantiene en el buzón de correo dentro del servidor. Entre los servidores más empleados para implementar este esquema se encuentran el Microsoft Exchange e IMAP (Internet Message Access Protocol) .

El usuario es capaz de crear carpetas adicionales para organizar sus mensajes de correo, y en el caso en que sea un servidor IMAP, es posible compartir una carpeta de mensajes o incluso un buzón de correo entre varios usuarios autenticados o anónimos. Este tipo de servidor es el que mejor se adapta a las necesidades de este trabajo, ya que mantiene una sola copia de los mensajes en el buzón del usuario y no requiere la sobrecarga que implica una recuperación vía POP desde el buzón hasta la aplicación, aún y cuando estos dos elementos se encuentren en el mismo equipo.

Instalación y configuración del servicio

Este proceso se relaciona con la recuperación de los mensajes del buzón del usuario hacia el cliente de correo. Para proveer este servicio se seleccionó el servidor Cyrus IMAP (<http://asg.web.cmu.edu/cyrus/imapd/>), que está basado en el protocolo del mismo nombre (<http://www.imap.org/about/whatisIMAP.html>). La selección de este servidor en particular, obedeció al alto grado de flexibilidad en la configuración del

servidor, aunado a la posibilidad de crear usuarios cuyos datos estén almacenados en una base de datos cualquiera, por lo que no es necesario darlos de alta en el sistema, mejorando con ello la administración y mantenimiento de este servicio.

Para lograr que el servidor certificara al usuario empleando la base de datos MySQL, se utilizó el servidor intermediario de verificación del usuario authcheck (<http://www.hazard.maks.net/cyrus/sql-auth/INSTALL>), el cual se sitúa entre el cliente de correo y el servidor Cyrus IMAP, al que se conecta mediante un socket de sistema. De esta manera, la verificación del usuario se realiza en una tabla compartida con el ambiente de aprendizaje logrando con esto la integración entre estos sistemas.

Una de las ventajas de establecer este esquema de trabajo, consiste en que la información de validación del usuario puede residir en la base de datos del Ambiente de Aprendizaje que contiene toda la información de usuario. Con esto, se busca que no se duplique la información, además de simplificar todo lo posible el proceso de registro del usuario al ambiente de aprendizaje ya que basta con proporcionar la información una sola vez para que tenga acceso a todos los servicios que provee el sistema.

El software del servidor puede ser obtenido de la página de Ivaschenko en forma binaria y lista para instalar en sistemas Linux basados en paquetes de instalación del tipo rpm. Es necesario instalar los siguientes archivos¹:

cyrus-imapd-sql-1.6.24-7.i386.rpm (software del servidor IMAP)

cyrus-sasl-1.5.21-8.i386.rpm (soporte para al autenticación)

El SASL (Simple Authentication and Security Layer) es el software encargado de dar soporte de validación a protocolos basados en conexión (<http://asg2.web.cmu.edu/sasl>), y en este caso, provee de un método de autenticación al servidor IMAP. Una vez instalados este par de archivos, hay que descompactar el archivo *sql-auth.tar.gz* obtenido del servidor antes mencionado.

¹El nombre de los archivos contiene las versiones del software que contienen. Estas versiones pueden variar a las presentadas en este escrito, sin embargo, la funcionalidad será la misma.

Enseguida, se crea el archivo */etc/authcheck.conf*, el cual es el archivo de configuración de este programa y que tiene la siguiente sintaxis:

línea de conexión para la base de datos en formato para el módulo de PERL DBI::DBD. Esta línea contiene entre otras cosas, el controlador para el manejador de la base de datos, el nombre de la base de datos, el equipo en donde reside la base de datos y el puerto de conexión. La sintaxis de la línea de conexión se define tal y como se muestra en el siguiente ejemplo: *DBI:mysql:database=supersabios;host=localhost*

usuario para la conexión a la base de datos.

contraseña para la conexión a la base de datos.

nombre de la tabla que contiene la información del usuario.

Una vez realizado este procedimiento, solamente basta con ejecutar el servidor *authcheck.pl* directamente desde la línea de comando. La estructura de la tabla de la base de datos que emplea este servicio es muy simple y se muestra a continuación:

```
create table emailtab (
login varchar(80) primary key,
password varchar(80) not null,
fname varchar(120),
lname varchar(120)
)
```

Al realizar este procedimiento, el servidor IMAP está listo para responder a solicitudes de usuarios que solamente existen como registros de la base de datos. Entonces la funcionalidad de todo el esquema de recepción de mensajes de correo para los usuarios del ambiente de aprendizaje queda de la siguiente manera:

Cuando se recibe una solicitud de aceptar un correo de algún usuario, el servidor Qmail busca los datos del usuario en los archivos de configuración del sistema. Si no lo encuentra, reenvía la solicitud al servidor IMAP, tal y como lo indica el archivo de configuración.

Posteriormente, el servidor IMAP recibe la solicitud y la redirecciona hacia el subsistema SASL para autenticar el usuario.

El subsistema solicita la información del usuario a través del servidor *authcheck.pl*.

Este servidor se conecta a la base de datos y realiza la búsqueda de la información del usuario. Si existe y es correcta (la clave de acceso y contraseña coinciden con lo almacenado en la tabla de usuarios), los datos son regresados al servidor IMAP a través del SASL. Si la información no coincide, se regresa un valor cero (0).

El subsistema SASL realiza la validación y habilita o niega el acceso hacia el buzón del correo del destinatario.

Si el acceso es habilitado, el servidor IMAP recibe el correo y lo deposita finalmente en el buzón del destinatario.

IV.2. Estructura de clases

Una manera de presentar la organización interna de las clases que forman al Ambiente de Aprendizaje, lo constituye un diagrama de clases estructurado en tres grandes capas (ver figura 14), como los diagramas que se pueden observar en la obra de Jacobson *et al.* (1998):

La capa de presentación, conformada por todas las clases cuya salida de datos se realiza directamente hacia el sistema cliente y no existe un procesado de la información que altere el estado de la aplicación. Las clases que componen esta capa están representadas principalmente por Java Server Pages.

La capa lógica de la aplicación, está conformada por las clases que pueden tener salida de datos, pero que son capturados por clases de presentación (JSP) y luego enviadas al cliente. En estas clases se realiza el procesamiento de los datos de la aplicación que definen el estado de la misma en un momento dado. Entre estas clases se encuentran

Servlets y clases de Java.

La capa de datos, se forma de clases que proveen el acceso para leer, mantener y escribir los datos temporales o permanentes de la aplicación. También se encuentran las clases (Java y JavaBeans), que se emplean para acceder a fuentes de datos o bases de datos externas.

Esta organización de clases mediante un modelo típico de arquitectura de tres capas de un sistema distribuido, ayuda en el manejo de la complejidad del problema, a la vez que refuerza el patrón de diseño MVC, muy propio de las aplicaciones WEB del modelo J2EE, el cual se revisa en el capítulo 5. De esta manera, al observar la figura 14 con las clases organizadas en las tres capas y marcadas las relaciones entre ellas, el desarrollador puede observar claramente la parte dentro de la arquitectura en donde se encuentra trabajando así como el área de influencia de su desarrollo.

IV.3. Funcionalidad del Ambiente de Aprendizaje

A continuación se hace una descripción de la implementación del Ambiente de Aprendizaje, mostrando sus elementos principales a través de escenarios de uso.

IV.3.1. Ingreso al sistema

Cuando un usuario accede a la página principal, ésta es construida dinámicamente por el sistema en conformidad con dos criterios, el primero de ellos es el reconocimiento del usuario como un usuario identificado y el segundo corresponde al establecimiento del estado de inicialización de la sesión de usuario para identificar si está validado o no.

En caso que se acceda al sistema por primera vez, el navegador WEB solicita el recurso raíz del sitio (<http://azul.cicese.mx/supersabios/>), el cual está constituido por el recurso *index.JSP* y que contiene una sola instrucción para redireccionar la solicitud

hacia el Servlet “*portal*” misma que se muestra a continuación,

```
<jsp:forward page="portal/" />
```

Esta redirección es necesaria debido a que el ambiente de aprendizaje está basado en el modelo J2EE (Java 2 Enterprise Edition), siendo el patrón de diseño que mejor refleja la arquitectura del Modelo-Vista-Controlador o MVC. Como se mencionó anteriormente, dentro del modelo J2EE, cada elemento del patrón de diseño MVC es atendido por diferentes tecnologías dentro de la plataforma Java. De esta manera, el objeto Vista está representado a través de las Java Server Pages (JSP), el objeto Controlador es administrado mediante Java Servlets y el objeto Modelo se maneja a través de JavaBeans o por Enterprise JavaBeans (EJB) (Alur *et al.*, 2003). En este caso, la solicitud es atendida por el recurso raíz que es una JSP, y es redirigida al Servlet *org.apache.turbine.Turbine* quien se encarga de redireccionar la solicitud hacia el constructor de la página principal, no sin antes haber realizado algunas verificaciones referidas a la validación del usuario.

Parte del soporte que provee el proyecto Turbine, corresponde a la administración de la membresía del usuario. De esta manera, al solicitar el Servlet de tipo Turbine, se inicia una sesión de usuario anónimo, a la cual se le asigna un identificador único del tipo `HTTPSession` y se verifica el rol del usuario. Cuando la sesión es identificada como no validada (anónima), el portal construye la interfaz definida para este tipo de usuario (figura 15). Esta interfaz está compuesta por contenedores de portlets, cuyo contenido está orientado a proveer información general sobre el sitio y el proyecto de investigación. Desde un punto de vista funcional, la página de inicio del usuario anónimo es empleada para informar al usuario casual sobre el propósito del portal, proveer ligas a otros recursos de información adicional, y para presentar la forma de registro para nuevos usuarios.

Los Supersabios. Un ambiente de aprendizaje colaborativo para las matemáticas.

http://azul.ling.mx/uabc.mx/supersabios/portal/pane0/Publicaciones

Agenda • Sitios • Doctorado • Ciencia • Utiles • Familia • CPTIBC • UABC • CITIBC • Cursos • Conacyt • EduMat • Diccionario / de español

Los Supersabios, Un amb...

LOS SUPERSABIOS
UN AMBIENTE DE
APRENDIZAJE COLABORATIVO
PARA LAS MATEMÁTICAS

Introduce tus datos para comenzar la sesión
Clave de usuario:
Contraseña:
[Comienza tu sesión](#) [Obtén tu cuenta de acceso](#) | [Ayuda](#)

[Página principal](#) [Principal](#) [Descripción](#) [Publicaciones](#) [Acerca de...](#)

¿Quieres conocer un método para resolver problemas?

CICESE
Conoce un poco más sobre nuestra institución localizada en la ciudad y puerto de Ensenada, Baja California en México

Artículos, Publicaciones y Noticias del proyecto de investigación

- **Una concepción lúdica del software educativo para las matemáticas**
G. López y G. López. 2000. Educación Abierta y a Distancia. Experiencias y Perspectivas. Primer Congreso Regional de Educación Abierta y a Distancia. 8 al 10 de junio 2000, Ensenada, Baja California, México. Coordinadores Carmen Perez Fragoso, Jesus Favela Vara y Gilberto Lopez Mariscal. 127-140. Archivo en formato pdf.
- **Una alternativa lúdica al aprendizaje asistido por computadora: Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas.**
G. López y G. López, 2000. Capítulo del libro Tecnología de Información para el Aprendizaje Colaborativo, editado por la Universidad de Guadalajara. México. En prensa. Archivo en formato PDF.
- **Ambiente de Aprendizaje Basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas**
G. López, G. López y J. Ibarra. 2001. International Conference on New Technologies in Science Education CINTEC 2000, 4 al 6 de julio, Aveiro, Portugal. Formato html.
- **Development of a learning environment based on interactive instructors of mathematical entertainers**
Jorge Ibarra Esquer, Gilberto López Mariscal y Gabriel López Morteo. Memoria del tercer Encuentro Internacional de ciencias de la Computación ENC01, Tomo II, septiembre 2001, Aguascalientes, Mexico. 571-577. Archivo en formato pdf.
- **Enticing learners to mathematics through a ludic collaborative learning environment**
G. López Morteo, G. López Mariscal y J. Ibarra Esquer. Memorias del Segundo Congreso Internacional de Educación Abierta y a Distancia. 6 al 8 de junio del 2002. Colección Innovación Educativa y Nuevas Tecnologías, ANUIES. Archivo en formato pdf.

Figura 15: Página principal de Los Supersabios. Se muestra la interfaz del usuario anónimo.

Registro de un nuevo usuario

Cuando un usuario decide registrarse, selecciona la liga “Obtén tu cuenta de acceso” y el sistema le presenta la forma de registro (figura 16). La forma de registro de un nuevo usuario, está compuesta de elementos que se relacionan con información personal del usuario y sobre su escolaridad. Debido a la necesidad de contar con una membresía que proporcione automáticamente acceso al resto de los servicios del sistema, la forma muestra el identificador del usuario para el servicio de mensajería instantánea, el cual es asignada automáticamente por el sistema a través de un campo que el usuario no puede editar directamente, sino que éste se llena a partir de la combinación de la clave del usuario y el identificador del servidor de mensajería. De esta manera, si por ejemplo la clave del usuario es *abril.lopez*, el identificador quedará como *abril.lopez@azul.cicese.mx*.

Al usuario se le solicita también una cuenta de correo, la cual puede ser empleada para ejecutar un paso intermedio del registro del usuario y que corresponde a la activación asincrónica de la cuenta. En este caso, se envía un correo electrónico a la dirección introducida por el usuario, el cual contiene una hiper-liga a un recurso de verificación del portal y que contiene un identificador único para cada solicitud de creación de una nueva cuenta. Al solicitar el usuario este recurso, se confirma la autenticidad del correo y, por lo tanto, se establece una relación de confianza con el usuario que permite que se active su cuenta de acceso. Sin embargo, debido a que buscamos que el proceso de registro fuera lo más simple y rápido posible, se optó por realizar el registro directamente. De esta manera, una vez que el usuario envía su forma, se realiza una verificación simple para ver si el nombre de usuario no está repetido. Si es así, se le indica al usuario que es necesario cambiarlo, de lo contrario, se crea la sesión del usuario y se genera su página principal.

El portal emplea la base de datos MySQL para almacenar la información relacionada con la sesión del usuario. Para integrar a los servicios en una sola membresía, se

The image shows a web browser window with the URL `http://azul.ling.mx/uabc.mx/supersabios/portal/template/NewAccount`. The page title is "Los Supersabios. Un ambiente de aprendizaje colaborativo para las matemáticas." The main content area is titled "Crear una nueva cuenta en Los Supersabios" and contains the following form fields:

- Clave de usuario:
- Contraseña:
- Contraseña (confirmar):
- Nombre:
- Apellidos:
- Edad:
- Sexo (femenino o masculino):
- Cuenta de mensajero: (usuario@azul.cicese.mx)
- Tu escuela:
- En que grado estás:
- Ciudad:
- Estado:
- Email:

Below the form, there is a note: "Se necesita una cuenta de correo válida!" and two buttons: "Reiniciar" and "Crear nueva cuenta".

On the left sidebar, there is a section titled "Página principal" with a link "¿Quieres conocer un método para resolver problemas?". Below it, there is a section for "CICESE" with the text: "Conoce un poco más sobre nuestra institución localizada en la ciudad y puerto de Ensenada, Baja California en México".

Figura 16: Forma de registro de un nuevo usuario.

consolidó la información de usuario de todos los servicios en una sola base de datos. Por ello, al crear el registro del usuario en la base de datos también se crea el registro para el servicio de mensajería y el servicio de correo electrónico. Así, al iniciar la sesión del usuario, éste ya tiene lista su membresía en los subsistemas de servicio.

El almacenamiento de los datos

El ambiente de aprendizaje almacena su información en la base de datos MySQL. Debido a que se empleó el framework Turbine para el manejo de la membresía, la estructura de la base de datos está bien definida para las aplicaciones basadas esta tecnología. De esta manera, la base de datos está compuesta por las siguientes tablas:

1. TURBINE_GROUP. Contiene los registros para el manejo de grupos.
2. TURBINE_PERMISSION. Contiene los registros correspondientes a la relación de

acciones que pueden ser ejecutadas por un usuario, como por ejemplo maximizar o minimizar un portlet.

3. TURBINE_ROLE. Contiene los registros de los roles disponibles en la aplicación.
4. TURBINE_ROLE_PERMISSION. Contiene los registros para el control de acceso para los roles.
5. TURBINE_USER. Contiene la información del usuario. Su información personal y la información de sesión.
6. TURBINE_USER_GROUP_ROLE. Contiene registros que relacionan al usuario con un rol y un grupo.

El acceso a estas tablas se realiza a través de Jetspeed, y son empleadas en distintos momentos durante la interacción del usuario con el sistema. En particular, para el desarrollo del AIIDM, se procedió a extender la tabla de información del usuario (TURBINE_USER), para que contuviera la información adicional que se solicita en la forma de registro, así como la información de validación de usuario para el servicio de mensajería instantánea (JID). A continuación, se muestra la estructura de esta tabla:

```
CREATE TABLE 'TURBINE_USER'
(
  'USER_ID' int(11) NOT NULL auto_increment,
  'LOGIN_NAME' varchar(32) NOT NULL default '',
  'PASSWORD_VALUE' varchar(32) NOT NULL default '',
  'FIRST_NAME' varchar(99) NOT NULL default '',
  'LAST_NAME' varchar(99) NOT NULL default '',
  'AGE' varchar(99) default NULL,
  'SEX' varchar(99) default NULL,
  'EMAIL' varchar(99) default NULL,
  'JID' varchar(99) NOT NULL default '',
  'SCHOOL' varchar(99) default NULL,
```

```

'GRADE' varchar(99) default NULL,
'CITY' varchar(99) default NULL,
'STATE' varchar(99) default NULL,
'CONFIRM_VALUE' varchar(99) default NULL,
'MODIFIED' timestamp(14) NOT NULL,
'CREATED' timestamp(14) NOT NULL,
'LAST_LOGIN' timestamp(14) NOT NULL,
'OBJECTDATA' mediumblob,
PRIMARY KEY ('USER_ID'),
UNIQUE KEY 'LOGIN_NAME' ('LOGIN_NAME')
)
TYPE=MyISAM AUTO_INCREMENT=1887 ;

```

La extensión de la información dentro de Turbine no es tan simple como agregar campos a la base de datos, ya que requiere de crear las clases de acceso a las columnas de los registros. Para ello, se empleó el subsistema Torque, el cual es parte de Turbine, y que genera automáticamente estas clases de acceso, a partir de un guion escrito en XML.

Entonces, a partir de la extensión de esta tabla, se integró en un solo espacio a la información del usuario que era empleada para validar su sesión en: el ambiente de aprendizaje, el sistema de mensajería instantánea, y el correo electrónico.

IV.3.2. Inicio de la sesión y la página principal del usuario

Una vez que el usuario está registrado y es validado por el sistema, se instancia a su sesión y se genera la página principal. Ésta es una composición de distintas sub-páginas que se refieren a partes de la página principal: la región superior de la pantalla (Top.vm), una barra a la izquierda de la pantalla (Left.vm), la parte inferior de la pantalla (Bottom.vm), y el cuerpo principal (Home.vm). Los nombres entre paréntesis, corresponden a los nombres de los archivos que controlan la inserción del contenido en

cada sección de la página.

Para la construcción dinámica de las páginas del portal, se emplea el proyecto Velocity de la Apache Software Foundation (<http://jakarta.apache.org/velocity/user-guide.html>), el cual es una colección de mecanismos basados en plantillas de Java que permiten llamar a métodos definidos en el código de Java para incluir su respuesta en la página WEB, pudiendo manipular la presentación a través de mecanismos de control. En conjunto con el proyecto Turbine, este subsistema de presentación refuerza el uso del patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC) en una aplicación, correspondiendo a Velocity la ejecución del objeto Vista. Una característica que hace a Velocity más atractivo que las JSP para trabajar con este objeto (Vista), es precisamente la inclusión de los mecanismos de control (forEach, if, for) los cuales se introducen a la página a manera de un script. El servidor que implementa Velocity, interpreta estas instrucciones justo antes de servir la página y envía el resultado hacia el cliente; a diferencia de las JSP, las cuales tienen que ser compiladas durante la primer solicitud para ser convertidas en Servlets y que sean éstos quienes respondan la solicitud del cliente. Sin embargo, a través de Jetspeed se pueden usar cualquiera de las dos tecnologías para este fin.

El cuerpo de la página es el que va a contener los portlets y por consiguiente los IIDM. Cuando el usuario inicializa su sesión por primera vez, se le asigna una página de inicio genérica la cual es definida por el administrador del sistema. Cada usuario tiene definido un archivo en XML con la extensión .psml que lleva su nombre. Este archivo contiene la relación de portlets ubicados la página principal del usuario, así como sus preferencias sobre el acomodo de la página y el esquema de colores seleccionado. De esta manera, es como se mantiene la persistencia en las preferencias del usuario. Cada portlet en el archivo es referenciado por su nombre, el cual es registrado por el administrador en un archivo en XML designado para ello. Y como puede verse en la figura 17, a cada

portlet se le asigna una posición en la página principal.

Cada portlet está asignado a un contenedor, el cual está decorado por un recuadro cuyo formato está definido en el esquema seleccionado por el usuario. Sin embargo, existen elementos del decorado que pueden estar o no presentes, dependiendo del tipo de portlet y sus controles de acceso, siendo éstos: el título, los botones de minimizar, maximizar, editar propiedades y eliminar temporalmente de la interfaz, tal y como se muestran en la figura 18.

El conjunto de portlets están contenidos en un panel, el cual es en sí la página principal del usuario. Aunque con la posibilidad de agregar nuevos paneles, es decir, nuevas páginas a la interfaz. Este panel tiene también una decoración, y al menos un control que es el de modificar propiedades. Este control es muy importante debido a que es el que brinda el acceso a los mecanismos que permiten modificar el arreglo del panel y cambiar el esquema de colores, pero también da acceso a los mecanismos vitales de eliminación de portlets y la búsqueda y recuperación de portlets a través del catálogo.

IV.3.3. Personalización de la página principal del usuario

Cuando el usuario quiere modificar su página principal, tiene que acceder al subsistema de personalización presionando el botón de “Personalización” del panel. Al hacer esto, se presenta la página de personalización en la cual el usuario puede modificar el acomodo de los portlets, seleccionar un esquema predefinido de acomodo de portlets, seleccionar un esquema de colores y agregar portlets. En la figura 19, pueden observarse los diferentes elementos que componen a esta interfaz. A continuación, se revisa cada uno de estos elementos a detalle.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>.
2 <portlet xmlns="http://www.apache.org/2000/02/CVS">.
3   <controller name="TabController" />.
4   <control name="TabControl" />.
5   <skin name="orange-red" />.
6   <metainfo>.
7     <title>Default Jetspeed page</title>.
8   </metainfo>.
9   <portlets>.
10     <controller name="TwoColumns" />.
11     <skin name="supersabios" />.
12     <metainfo>.
13       <title>PDgina principal</title>.
14     </metainfo>.
15     <entry parent="Actividades">.
16       <layout>.
17         <property name="column" value="1" />.
18         <property name="row" value="2" />.
19       </layout>.
20     </entry>.
21     <entry parent="Instructores_Interactivos">.
22       <layout>.
23         <property name="column" value="0" />.
24         <property name="row" value="1" />.
25       </layout>.
26     </entry>.
27     <entry parent="Acertijos">.
28       <layout>.
29         <property name="column" value="1" />.
30         <property name="row" value="1" />.
31       </layout>.
32     </entry>.
33     <entry parent="IIDM">.
34       <layout>.
35         <property name="column" value="0" />.
36         <property name="row" value="2" />.
37       </layout>.
38     </entry>.
39     <entry parent="Taller2001">.
40       <layout>.
41         <property name="column" value="1" />.
42         <property name="row" value="0" />.
43       </layout>.
44     </entry>.
45     <entry parent="MensajeríaApplet">.

```

Figura 17: Ejemplo de un archivo de preferencias de usuario.

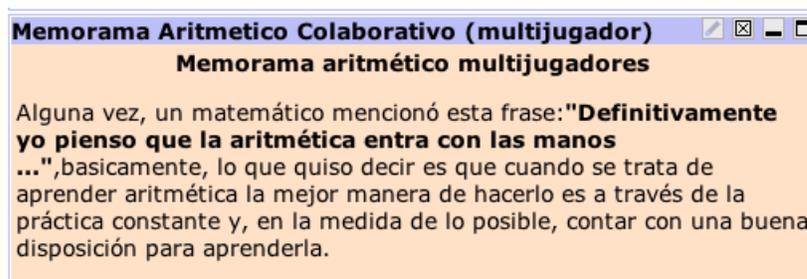


Figura 18: Detalle del decorado de un portlet. De izquierda a derecha, sus elementos son: título, editar propiedades, eliminar, minimizar y maximizar.

Selección del acomodo de portlets

Cada portlet que se encuentre en la página principal, es representado en la interfaz de personalización y se le asignan controles de localización (arriba, abajo, derecha e izquierda) mediante los cuales se puede reubicar la posición del portlet en la página principal; además se asigna un control de borrado del portlet, mediante el cual es posible descargarlo definitivamente de la interfaz.

Selección de un esquema del acomodo de los portlets

El usuario puede seleccionar un esquema para el acomodo de los portlets a partir de un lista que contiene los siguientes elementos:

Un solo renglón. Los portlets son acomodados uno al lado del otro ocupando una sola fila horizontal.

Una sola columna. Los portlets son acomodados uno después del otro ocupando una fila vertical.

Dos columnas. Los portlets son acomodados ocupando dos filas verticales. La proporción del espacio en la pantalla que ocupan ambas filas puede variar entre 25 %-75 %, 75 %-50 % y 50 %-50 %.

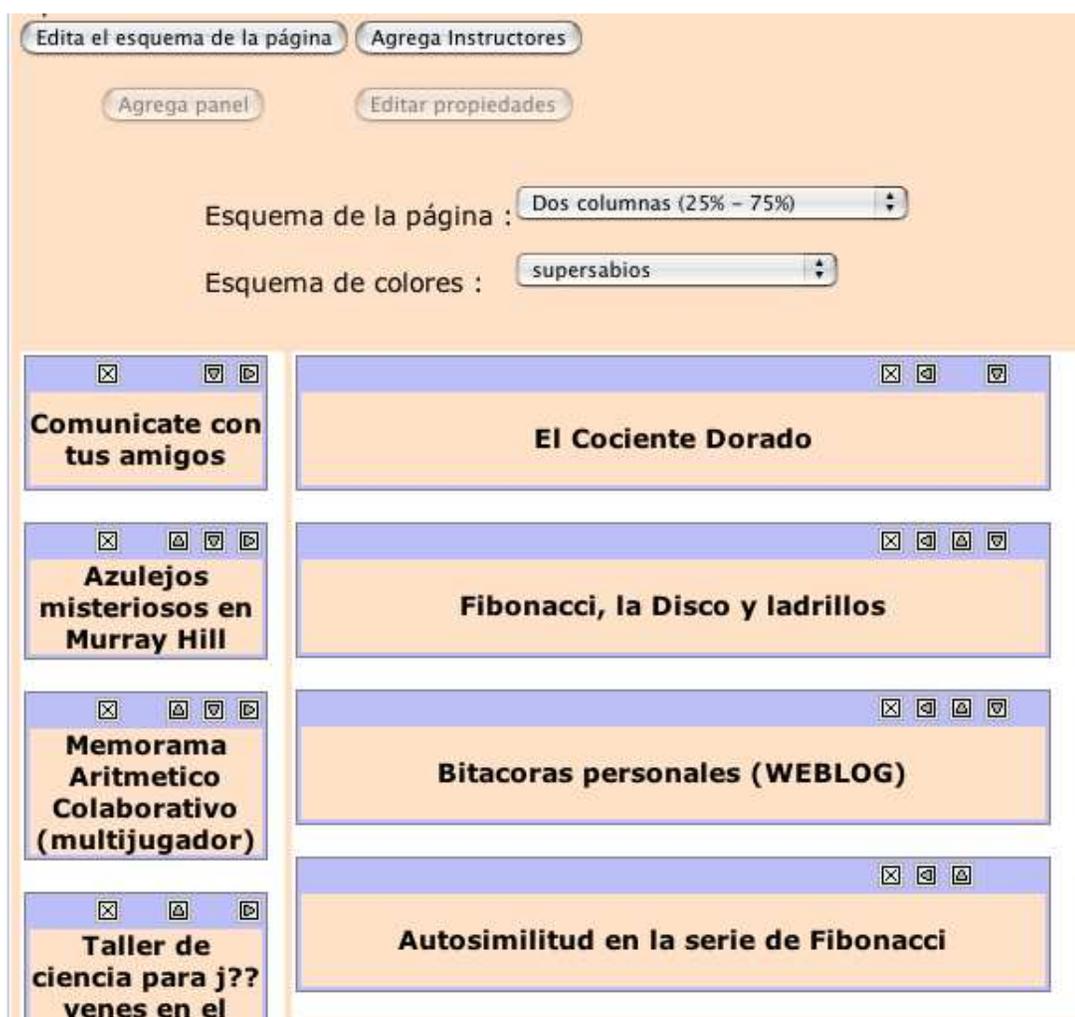


Figura 19: Interfaz de la página para la personalización de la página principal de cada usuario. Se muestra un ejemplo del acomodo a dos columnas. También pueden observarse como el sistema representa a cada portlet y los controles de modificación del acomodo y de borrado, asociados a cada uno de ellos.

Tres columnas. Los portlets son acomodados ocupando tres filas verticales. La proporción del espacio en la pantalla que ocupan estas filas puede variar entre 25 %-50 %-25 % y 33 %-33 %-33 %.

Menú de paneles. Se muestra un menú vertical con los nombres de los portlets como una hiper-liga, y ocupando aproximadamente una tercera parte del espacio para el contenido. Las dos terceras partes restantes están ocupados por el portlet activo.

Línea de paneles. Se muestra un menú horizontal con los nombres de los portlets como liga y ocupando aproximadamente una tercera parte del espacio visible para el contenido. Las dos terceras partes restantes situadas justo abajo del menú, están ocupados por el portlet activo.

Selección de un esquema de colores

El usuario tiene la libertad de escoger algún esquema de color de entre una lista. Estos esquemas de colores definen el color del fondo de la página, el color de los títulos y la presentación gráfica del decorado de los portlets. Este mecanismo puede ser aprovechado de diversas maneras, una de ellas es la de manejar esquemas de colores adecuados para diferentes edades de los usuarios; otro posible uso es emplearlo como un identificador de contenidos al asignar esquemas de colores distintos para cada materia o tópico.

Eliminación y agregación de portlets

Para eliminar permanentemente portlets de la página principal, el usuario debe presionar el control definido para ello, en la decoración de cada portlet. Es importante recalcar, que cada portlet no es borrado del sistema, sino que es retirado del archivo de preferencias del usuario. Si en algún momento futuro el usuario desea volver a utilizar algún portlet que eliminó, solamente deberá entrar a la opción “Agregar portlets” y

seleccionarlo del catálogo. Este último punto será tratado más adelante.

IV.3.4. La búsqueda y recuperación de portlets

Este proceso se lleva a cabo mediante el sistema de catálogo del Ambiente de Aprendizaje. Este sistema se compone a su vez por el registro de portlets y la página de navegación de portlets. Para este trabajo, era importante que los portlets (IIDM) fueran fáciles de encontrar y recuperar, a la vez que su formato de almacenamiento o de presentación fuera accesible a través de las herramientas ya disponibles en el equipo cliente. Por ello, el concepto del catálogo de portlets se adaptó muy bien a estas necesidades, debido a que en una sola interfaz el usuario puede seleccionar cualquier cantidad de portlets heterogéneos entre sí para agregarlos a su página principal.

El catálogo de portlets (IIDM)

La interfaz del catálogo es muy simple, se trata de una tabla en la que se muestra el nombre del portlet y una descripción del mismo. En la figura 20 se presenta un detalle del catálogo. No se hace referencia al formato de la fuente, ni a su creador, el lugar donde se encuentra disponible, ni ninguna otra información adicional. De esta manera, el usuario puede navegar por todos los portlets registrados en el sistema, seleccionando aquellos que son de su interés en ese momento. La identificación del portlet adecuado se puede hacer por una solicitud explícita del profesor de la clase, en cuyo caso la mejor opción es la búsqueda por nombre, o por un interés personal en algún tópico en particular, en donde la mejor ayuda proviene de la descripción del portlet. En cualquier caso, el usuario puede ir seleccionando aquellos que desea cargar a su página principal.

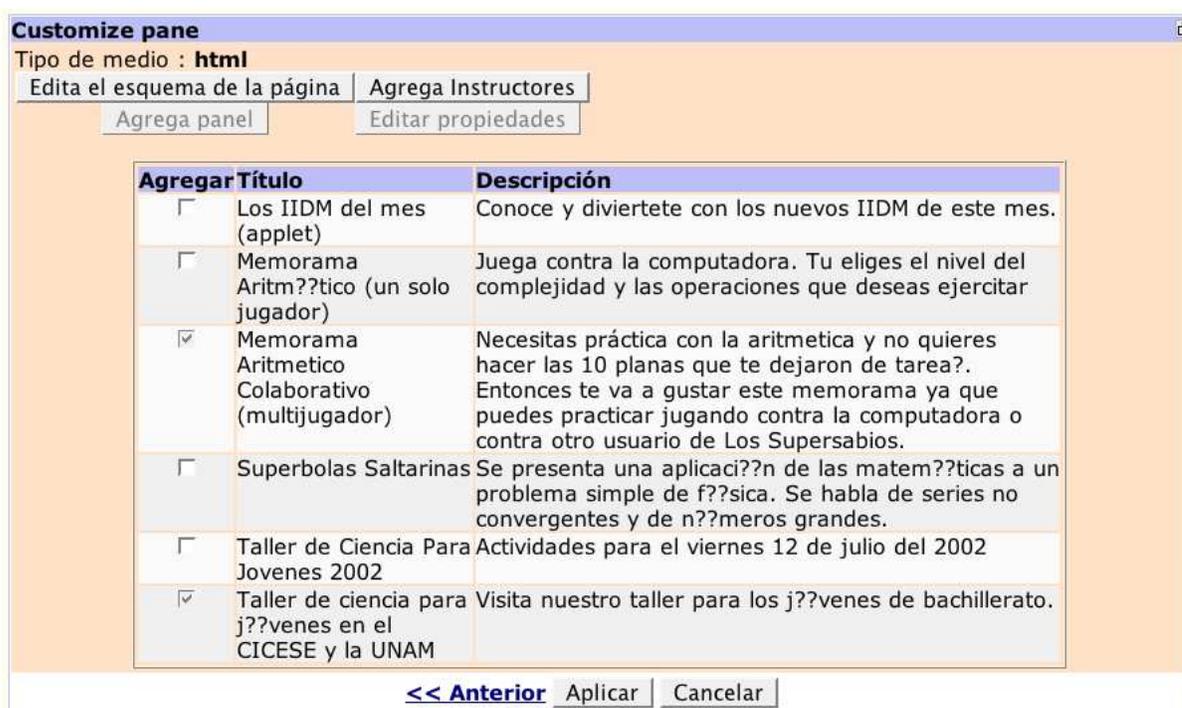


Figura 20: Detalle del catálogo de portlets.

El registro de portlets

Todos los portlets son registrados en un archivo en XML, el cual es leído inicialmente al hacer el despliegue de la aplicación WEB en el servidor de aplicaciones. Posteriormente, este archivo es leído cada minuto para verificar cualquier variante y que ésta se vea reflejada inmediatamente en el sistema.

Jetspeed provee diferentes tipos de portlets, cada uno de ellos con su correspondiente clase. Dentro de ellos destacan los portlets de tipo: HTML a través de un URL, XSL, RSS, Java Server Page, y Java applet. Cada clase está especializada para importar contenido de acuerdo a su formato, para luego ser incorporado a un objeto que lo contiene, el cual es requerido al momento de construir la página principal del usuario para llenar el “cuerpo” del contenedor.

El sistema de registro de Jetspeed, puede contener 7 diferentes tipos de elementos que son usados para el manejo de los portlets. Estos tipos son:

Portlets. Contiene las referencias de los portlets que van a estar disponibles para el usuario a través del catálogo del sistema.

Controles. Los controles son las clases encargadas de decorar a los portlets en una página y de proveer los mecanismos para tener acceso a las acciones definidas para el portlet, como la personalización.

Controladores. Son las clases encargadas de la presentación de los portlets en la página del usuario (columnas, renglones, etc.).

Caretas. Define a los esquemas de colores disponibles para los usuarios.

Tipos de medios. Define a los diferentes tipos de formatos de presentación de los contenidos dependiendo de su formato original, por ejemplo, los tipos html, jsp, rss, etc.

Clientes. Define a las características que se van a instanciar dependiendo del tipo de agente del usuario (Mozilla, Internet Explorer, etc.)

Seguridad. Define los atributos para el control del acceso asociado a los elementos de la página y a las acciones del portal.

Los detalles del DTD que define la estructura del documento de registro, se presentan en el apéndice A.

En particular, para el registro de los portlets se requieren al menos el nombre, definir si va a ser visible en el catálogo o no, el tipo de formato, el título, la descripción, y la ruta de acceso al archivo cuya estructura está dada por el formato. Un ejemplo del registro de un IIDM se muestra en la figura 21. En esta figura se muestra el registro del portlet “CHABELO” del tipo XSL, el cual va a estar visible en el catálogo (etiqueta `<portlet-entry>`), y que es un IIDM que lleva por título “El Gran Juego de la CATAFIXIA” (etiqueta `<title>`), el cual se emplea como un laboratorio virtual de conceptos matemáticos relacionados con la probabilidad de ocurrencia de un evento a través de un juego de un popular programa televisivo, como se indica en su descripción

```

<portlet-entry name="CHABELO" hidden="false" type="ref" parent="XSL" application="false">.
  <meta-info>.
    <title>El Gran Juego de la CATAFIXIA</title>.
    <description>A través del conocido juego televisivo de.
      la Catafixia, se introduce a conceptos elementales de la.
      probabilidad y como ésta puede tener injerencia en.
      algunas decisiones de la vida cotidiana.</description>.
  </meta-info>.
  <parameter name="stylesheet.text/html".
    value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl" hidden="false"/>.
  <media-type ref="html"/>.
  <url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/chabelo/chabelo.xml</url>.
</portlet-entry>.

```

Figura 21: Ejemplo de un registro de un IIDM cuyo formato original está en XML.

(etiqueta `description`). Este IIDM está desarrollado en XML (etiqueta `url`), por lo que el sistema requiere la ruta de la hoja de transformación (etiqueta `parameter`) para su presentación final en la página del usuario como html (etiqueta `media-type`).

De esta manera, una vez que se registra un portlet dependiendo de su atributo de visibilidad, aparecerá en el catálogo si el atributo de ocultamiento (`hidden`) está definida como falso, o bien estará disponible para ser incluido mediante programación en alguna página del portal si el atributo está definido como verdadero.

Una vez terminada la descripción del Ambiente de Aprendizaje, los siguientes capítulos se centran principalmente en los IIDM, revisando sus características pedagógicas para ubicarlos como objetos de aprendizaje y, en la metodología que se desarrolló en este trabajo para crear IIDM multiusuarios.

Capítulo V

Los IIDM como objetos de aprendizaje

Los IIDM están conceptualizados como un contenido educativo auto-contenido, de tal manera que pueden entenderse como tópicos cortos para el aprendizaje de un concepto matemático bien definido. En este capítulo se presentan a los IIDM como objetos de aprendizaje (OA), con el propósito de establecer un marco de referencia común entre los IIDM y las diferentes propuestas de definición de los objetos de aprendizaje.

V.1. Los objetos de aprendizaje

El concepto de objetos de aprendizaje ha sido acuñado para establecer un punto de partida para la creación de esquemas de reutilización de contenido educativo en formato digital. De acuerdo con Wiley (2000), la búsqueda de estos esquemas surge como respuesta a la necesidad de parte de la comunidad académica, de aumentar la productividad del profesorado mediante la disminución del tiempo dedicado a disgregar los diferentes elementos del material educativo que recibe, y acoplarlos de acuerdo a sus propios objetivos instruccionales.

Aún y cuando existen diferentes propuestas para definir a los objetos de aprendizaje, aún no existe un consenso para la adopción de una sola definición, por lo que tanto los diferentes grupos de trabajo que elaboran los estándares de los OA como los investigadores que los desarrollan, emplean sus propias definiciones las cuales, por lo

general, están adaptadas a los objetivos específicos de sus propuestas. Sin embargo, esta definición del concepto, no ha impedido el desarrollo de estándares que establecen los elementos que componen a un objeto de aprendizaje, así como los requerimientos para garantizar su reutilización.

Una de las definiciones de OA más referenciada, está dada por el IEEE Learning Technology Standards Committe (LTSC, 2000), el cual establece que un OA es:

Cualquier entidad, digital o no digital, que puede ser usada, reutilizada o referenciada durante el aprendizaje soportado por computadora.

Estableciendo a su vez, la sintaxis y la semántica de los metadatos, los cuales son definidos como los atributos necesarios para describir completamente a un objeto de aprendizaje. Con la inclusión de los metadatos dentro del esquema de los objetos de aprendizaje, se pretende crear la documentación necesaria para describirlos en diversos aspectos y que estos puedan ser incorporados a sistemas de presentación, búsqueda y recuperación de objetos de aprendizaje. De esta manera, y en conformidad con lo expuesto por Pöyry *et al.* (2002), en este trabajo los metadatos son definidos como “datos acerca de los datos” o “información acerca de la información”, y que en los ambientes de aprendizaje éstos son interpretados como “información comprensible para la computadora acerca de objetos de aprendizaje”.

De acuerdo a la última especificación disponible, los estándares de metadatos de la LTSC definen descriptores del contenido en 9 categorías (LTSC, 2001):

Categoría General. Agrupa a la información general que describe al objeto de aprendizaje en su totalidad.

Categoría del Ciclo de Vida. Contiene a las características relacionadas con la historia y el estado actual del objeto de aprendizaje y de aquellos OA afectados durante la evolución del OA descrito.

Categoría Meta-metadatos. Comprende a la información relacionada con los propios

metadatos.

Categoría Técnica. Abarca a los requerimientos técnicos y características del OA.

Categoría Educativa. Agrupa las características educativas y pedagógicas del OA.

Categoría de Derechos. Contiene a los derechos de propiedad intelectual y las condiciones de uso del OA.

Categoría de Relación. Asocia a las características que definen las relaciones entre el OA y otros OA específicos.

Categoría de Notas. Provee los comentarios del uso educativo del OA, e información de quién y cuándo fueron realizados estos comentarios.

Categoría de Clasificación. Describe cuando el OA cae dentro de algún sistema de clasificación en particular.

Paralelamente, la Fundación para el Agrupamiento Europeo de Conocimiento desarrolló el proyecto ARIADNE (Duval *et al.*, 2001), el cual es un repositorio de material educativo en forma de una biblioteca digital. Este grupo llama a sus entidades digitales educativas como “componentes educativos” y los define como “cualquier cosa digital sin restricción alguna de formato”. Con el objeto de indexar sus componentes educativos, proponen el uso de metadatos que los describan, los cuales están categorizados como:

Tipo de documento. Activo o expositivo.

Formato. Cuestionario, simulación, hipertexto entre otros.

Comentarios de uso. Explicando como el documento puede ser utilizado en un contexto pedagógico.

Contexto didáctico y nivel del curso. Describe el tipo de estudiantes objetivo para los cuales se realizó el documento.

Nivel de dificultad, nivel de interacción y densidad semántica. Indicadores cualitativos que varían de “muy bajo” a “muy alto”.

Duración pedagógica. Tiempo requerido por los estudiantes para trabajar con el

documento.

Una tercer iniciativa es la propuesta por el grupo *Dublin Core Metadata Initiative* (<http://dublincore.org/about/>), el cual denomina a su unidad educativa como “Recurso Informativo” y que es definido como “cualquier cosa que tenga identidad”, término que es tomado del documento Request For Comments número 2396 (Berners-Lee *et al.* (1998)), y que corresponde a la definición de un recurso digital. Estos estándares tienen una estructura relativamente simple, organizada de la siguiente manera (DCMI, 2003):

Elementos de Autoría e Información. Contiene la información relacionada con el autor, el asunto del recurso, su descripción, los contribuyentes, los derechos de autor y la fecha de creación.

Elementos de Codificación Regional. Información relacionada al lenguaje y la codificación empleada en el documento.

Elementos de Tipo y Formato. Contiene la clasificación del recurso digital, describiendo categorías, funciones, géneros o niveles de agregación del contenido. Así como el formato del recurso digital.

A pesar de que estas tres iniciativas sobre objetos de aprendizaje son las más reconocidas a nivel mundial, las definiciones que proponen, aunque útiles, son demasiado generales. Es de llamar la atención, que si se toma cualquiera de estas definiciones de OA, en conjunto con las categorías de los metadatos propuestas por ambos, entonces es posible definir de manera más concreta a los OA, así como a sus requerimientos informativos, educativos, pedagógicos, culturales, de uso, de formato y de propiedad intelectual. La unión entre las diferentes categorías de metadatos y la orientación educativa inherente en los OA, definen un conjunto de características de los objetos de aprendizaje que sobrepasan la simple existencia del material, como lo comprenden las diferentes definiciones ya mencionadas. De esto, se deriva que no basta la inclusión de los metadatos para garantizar la reutilización del OA, sino que es necesario contemplar

esquemas más complejos de estructuración de los OA. Es decir, que se cuente con contenido educativo específico a un área del conocimiento bien acotada y con una estructura interna que refleje su propuesta pedagógica. De esta manera, los académicos que requieran de utilizar OA desarrollado por terceros, pueden realizar una mejor selección que esté acorde a sus necesidades académicas.

La Asociación para el Aprendizaje Avanzado Distribuido (Advanced Distributed Learning o ADL, <http://www.adlnet.org/>), ha desarrollado el modelo SCORM (Shareable Content Object Reference Model), para proporcionar cierta estructura a los objetos de aprendizaje. Específicamente en lo que se refiere a los mecanismos para especificar la agregación de OA para conformar un curso, y los mecanismos para la ejecución secuencial del mismo (ADL). Con este modelo, se introduce una capa de datos intermedia entre el OA y el sistema contenedor que lo presenta al usuario. En esta capa, se encuentra toda la información acerca de la estructura del curso, y es utilizada por el sistema contenedor para controlar la ruta de navegación del usuario dentro del curso. De aquí se desprende nuevamente la necesidad de contar con más información extra sobre la estructura del material educativo. Dado que un OA puede ser desde una imagen hasta un curso completo, el modelo SCORM puede ser visualizado como una estructura de representación de un tipo o una familia de tipos de OA, que sirve para incorporar la propuesta pedagógica del autor en un entorno distinto al original, y que permite controlar, hasta cierto nivel, su presentación al estudiante.

En este trabajo, el dominio del problema está acotado por el aprendizaje de las matemáticas empleando una orientación a la solución de problemas a través de un enfoque recreativo. El IIDM visualizado como OA, tiene una semejanza con el modelo SCORM, en el sentido de que provee una estructura para su navegación, pero ésta es interna. Como se explicará más adelante, esta estructura tiene el objetivo de dirigir la navegación del estudiante a través de los diferentes espacios del aprendizaje que apoya

el IIDM. La propuesta relacionada con la estructura del IIDM hace evidente su modelo educativo para aquellos profesores que deseen reutilizarlo en su totalidad, y no solo reutilizar sus elementos multimedia o interactivos.

V.2. Modelos del aprendizaje y pedagógicos

Una de las problemáticas que hubo que solucionar, correspondió a la creación de una estructura de los IIDM con el propósito de estandarizar los diferentes elementos que deben contener para poder tratarlo como un OA. De esta manera, se logró establecer un marco base que sirve como guía para el desarrollo de nuevos IIDM tanto para los objetivos de este trabajo, como para autores externos.

Aún y cuando el ambiente de aprendizaje tiene la capacidad de importar documentos con múltiples formatos a su catálogo de portlets, se consideró importante contar con objetos de aprendizaje que reflejaran fielmente la metodología de desarrollo del IIDM, conforme a las especificaciones de Vizcarra (2000) y su consecuente evolución descrita en los capítulos anteriores. De esta manera, se logra incorporar dentro del cuerpo del IIDM una propuesta pedagógica independiente de la propuesta educativa del uso de actividades recreativas para el aprendizaje de las matemáticas. Para ello, se emplearon diferentes modelos cognitivos del aprendizaje de las matemáticas, así como modelos pedagógicos para el diseño de contenido educativo en línea, y que son presentados a continuación.

V.2.1. Modelos y metodologías del aprendizaje de las matemáticas

Como se explicó anteriormente en el modelo del IIDM, se adoptaron las guías propuestas por la NCTM (2002) para el diseño curricular del contenido del IIDM, resaltando la orientación a la resolución de problemas, el uso correcto de la tecnología y la creación de un entorno que facilite la comunicación entre los alumnos. Estas recomendaciones se fundamentan en trabajos teóricos y experimentales para el aprendizaje de las matemáticas en el marco de la teoría de aprendizaje constructivista desarrollado por Piaget (1950), y el aprendizaje constructivista social desarrollado por Vygotsky (1978).

Sin embargo, estas recomendaciones no son lo suficientemente detalladas para ser utilizadas directamente en el diseño instruccional. Por ello, se adoptó la metodología propuesta por Polya (1973) para la búsqueda de la solución de problemas matemáticos. Esta metodología establece cuatro pasos para establecer una heurística para problemas matemáticos, estableciendo claramente los elementos del problema que se conocen y aquellos que se desconocen, y descomponiendo el problema en sus elementos más simples. De tal manera, que el alumno busque la solución del problema intentando resolver los elementos más sencillos, agregando la respuesta a la solución final.

Los pasos que componen esta metodología son:

Comprensión del problema. En este paso se definen los elementos conocidos y los desconocidos, además se establecen cuales son los datos y cuales son las condiciones del problema. Se establece si es posible satisfacer la condición, si es redundante o contradictoria. Se recomienda dibujar un esquema del problema e introducir una notación para representarlo. También se separan las diferentes partes de la condición y se escriben.

Desarrollo de un plan. En este paso se debe buscar la relación entre los datos y la incógnita. Se debe considerar el uso de problemas auxiliares idénticos o similares, que el alumno haya visto previamente. Buscar algún teorema que pueda ser útil y que

el alumno conozca. Al finalizar este paso, el alumno debe contar con un plan para encontrar la solución.

Ejecución del plan. Aquí, se desarrolla el plan, evaluando cada uno de sus pasos, verificando si es correcto. Además se recomienda analizar si puede probarse que el plan es correcto.

Revisión de la solución. Debe examinarse la solución obtenida, cuestionando si ésta tiene sentido. Analizar si existen otras maneras para solucionar el problema. Evaluar si la respuesta puede ser aplicada para otro problema.

Esta metodología fue aplicada en el diseño del contenido del IIDM, para presentar el problema recreativo en lo que se refiere a las interrogantes a resolver y a la búsqueda de la solución, así como la estructura de la presentación de la solución matemática del problema.

V.2.2. Modelos de desarrollo de contenido educativo

Aunque el modelo del IIDM no establece un medio específico para su distribución, el ambiente de aprendizaje impone como medio a Internet. Por ello, se buscó una metodología para definir con detalle las actividades que el estudiante debe de realizar al emplear un IIDM. En este sentido, se adoptaron las ideas de Pérez-Fragoso para la conducción de cursos en línea (Fragoso (2002)). Esta autora, presenta un manual para el docente en línea con sugerencias y recomendaciones para la elaboración del material didáctico y el diseño de las actividades a realizar durante un curso en línea. Para esto, se apoya en las especificaciones de Núñez (1999) quien realiza una adaptación de la planeación de actividades de aprendizaje para este tipo de cursos, con base a las 5 dimensiones del aprendizaje propuestas por Marzano *et al.* (1993). Estas dimensiones del aprendizaje definen estrategias para fortalecer el aprendizaje del estudiante en diferentes áreas, incluyendo a las matemáticas,

Problematizadora. Remite a la generación de actitudes favorables para aprender.

Acceso y organización de la información. Dimensión que contempla las conexiones que los estudiantes hacen con la información

Procesamiento de la información. Comprende a la organización de la información, operar con ella, desarrollar operaciones mentales tales como, la deducción, la inducción, la comparación, la clasificación y la abstracción.

Aplicación de la información. Delimita la necesidad de hacer prácticas de aplicación de la información para resolver problemas simples, operar los conceptos, investigar, planear el proyecto, resolver el problema y estudiar casos entre otros.

Conciencia del proceso de aprendizaje. Aquí, se hace conciencia de los procesos que se siguieron para obtener el resultado logrado.

Tomando en consideración tanto a los modelos de la teoría del aprendizaje como a los modelos pedagógicos ya mencionados, fue posible diseñar la estructura del IIDM en diferentes niveles de abstracción. Los primeros definen la orientación de la estructura curricular del IIDM, mientras que los segundos definen las actividades a realizar por el estudiante.

V.3. Metodología de diseño

En un marco general, la metodología para el diseño del IIDM fue mencionada anteriormente durante la exposición de su modelo base. En un marco particular, esta metodología de diseño contempla un cierto nivel de detalle, por lo que es necesario definir claramente las actividades que el alumno va a realizar mientras cubre la totalidad del contenido del IIDM. De esta manera, se busca que su estructura esté acorde con el marco teórico ya expuesto, y que el IIDM sea en realidad una unidad educativa. Sin embargo, la propuesta pedagógica del IIDM requiere un nivel de granularización aún

mayor. Por lo que dentro de la metodología de diseño debe tomarse en cuenta explícitamente, la identificación visual del contenido que corresponde a cada uno de los elementos de la estructura del IIDM. Así, debe considerarse la identificación visual del tipo de contenido que se está presentando, para que el estudiante lo identifique plenamente, no solo por la naturaleza del contenido, sino también por su representación en la pantalla.

Para lograr que el IIDM reflejara en su estructura a los diferentes tipos de actividades que propone el modelo de dimensiones del aprendizaje de Núñez (1999), se definieron 4 elementos de estructura dentro del IIDM.

Metadatos. Este elemento contiene información descriptiva del IIDM, mediante un subconjunto de los campos de metadatos propuesto por la LTSC.

Contenido. Contiene el planteamiento del problema, con el propósito de que el estudiante comprenda bien el problema y sus requerimientos, se propone que se empleen, además del texto, a elementos multimediales o programas interactivos. En este espacio se contemplan las dimensiones 1 y 2, así como el punto 1 de la metodología de Polya.

Solución. Aquí se presenta la solución del problema. Las actividades de este elemento comprenden sugerencias de estrategias de solución, elementos multimediales o programas interactivos, instrucciones para el uso de las herramientas interactivas auxiliares, explicación de conceptos matemáticos relacionados, demostraciones matemáticas y ejemplos de solución de problemas simples pero similares. A su vez, puede contener la solución al problema planteado por el IIDM, con una presentación conforme al método de Polya. En este espacio se contempla la dimensión 3 de Marzano, y los puntos 2, 3 y 4 de Polya.

Externos. Elemento para los objetos de aprendizaje auxiliares que corresponden a aquellos cuyo contenido temático esté asociado al OA actual. Estos son empleados para ampliar el dominio del problema, o para definir objetos de aprendizaje relacionados con el tópico del problema, o bien, para presentar referencias para realizar estudios más

profundos del t3pico en el que se est3 trabajando.

De esta manera, queda claro el tipo de contenido en cada uno de los 4 elementos de estructura contenidos en el IIDM. Sin embargo, se opt3 por proveer de una mayor granularidad a la estructura del contenido, especialmente para los elementos de Contenido y Soluci3n. El objetivo es el de dar una estructura sem3ntica a los elementos que conforman cada elemento, logrando con ello que sea posible ofrecer al estudiante una ayuda visual de la orientaci3n de cada elemento. Por ejemplo, el elemento de soluci3n dentro de un IIDM puede estar compuesto por teoremas, desarrollos matem3ticos de ecuaciones, demostraciones matem3ticas, preguntas, texto explicativo sobre la soluci3n, elementos multimedia, entre otros. Para lograr esto, ambos elementos pueden contener los siguientes subelementos:

Planteamiento. Empleado para contener la descripci3n del problema recreativo, el objetivo y sus caracter3sticas generales.

Antecedentes. Contiene antecedentes relacionados con el contenido matem3tico, o bien con el IIDM en general.

Instrucciones. Contiene instrucciones de uso de: aplicaciones embebidas; aplicaciones externas; hojas de c3lculo; y actividades varias.

Cita. Empleado para la inclusi3n literal de texto de otras fuentes.

Referencia. Contiene referencias bibliogr3ficas.

Objeto auxiliar. Pensado para contener alguna referencia externa hacia un IIDM relacionado ya sea por el contenido matem3tico o por la naturaleza del IIDM.

Por otra parte, cada subelemento est3 conformado al menos por un elemento denominado como "texto", y 3ste est3 conformado a su vez, por al menos un subelemento del tipo p3rrafo, imagen, aplicaci3n incrustada, lista o hiperv3nculo. Para ejemplificar lo anterior, se muestra a continuaci3n un fragmento de un IIDM del elemento de estructura Contenido.

```

<contenido>
<planteamiento>
<texto>
<parrafo>Uno de los juegos más conocidos, es el de la CATAFIXIA.
La mecánica del juego es bastante simple. Una vez que el participante decide ingresar a la Catafixia,
debe seleccionar una de tres puertas cerradas. Se le explica previamente,
que cada una de estas puertas tiene algún tipo de premio, y que éste puede ser
mejor o peor de lo que ya ha ganado hasta el momento, y que tuvo que abandonar por entrar al concurso.</parrafo>
<parrafo formato="pregunta">;El problema reside en elaborar una estrategia que te permita
contar con las mayores probabilidades de ganar en la Catafixia !!</parrafo>
<parrafo>Para comenzar, vamos a definir ciertas condiciones del juego y que son las siguientes:</parrafo>
<lista formato="listanominal">
<item>Solamente existe un premio mejor que el que originalmente tenías.</item>
<item>Dos puertas tienen premios realmente malos.</item>
<item>Eres el único participante que le entró a la Catafixia.</item>
<item>Cuando escojas una puerta, siempre te destaparán de inmediato una segunda puerta
que NO es la premiada.</item>
<item>Tu debes decidir si te quedas con la puerta que escogiste originalmente
o seleccionas la otra puerta sin descubrir.</item>
</lista>
...

```

A su vez, cada párrafo fue identificado semánticamente por su orientación como del tipo normal, pregunta, cita, nota, referencia, explicación o demostración. Dependiendo del tipo de estos elementos, se asoció a cada uno de ellos una subclasificación, como en el caso del párrafo, o bien los parámetros necesarios para referenciar al recurso.

V.4. Implementación

Dado que la estructura del IIDM está compuesta de varios niveles jerárquicos, su complejidad puede aumentar considerablemente si se trabaja con un documento extenso. Esta característica limita considerablemente el tipo de estrategias de edición de los documentos. Esta consideración es importante para este trabajo, ya que influye directamente en el formato del archivo que contendrá al IIDM. Se adoptó al lenguaje de etiquetas XML para estructurar al IIDM conforme a las especificaciones mencionadas anteriormente. Sin embargo, aunque este tipo de documentos pueden ser visualizados directamente a través de los navegadores, la presentación es muy variada y en la mayoría de los casos es poco atractiva y difícil de leer. Es decir, que no se están aprovechando las capacidades de revestimiento de texto de los navegadores. Aprovechando los mecanismos de transformación de documentos XML a HTML del Ambiente de Aprendizaje, se creó una plantilla de transformación adecuada a las especificaciones del IIDM, de tal

manera que presentara el contenido en conformidad con el diseño del autor.

V.4.1. El Documento de Definición de Tipo del IIDM

En primer lugar, se creó el Documento de Definición de Tipo (DTD por sus siglas en inglés), en el cual se define a detalle la estructura del documento XML. En el DTD se especifican las etiquetas a emplear, definiendo la jerarquía de cada etiqueta así como sus elementos y atributos. Una de las ventajas del XML es la posibilidad de emplear etiquetas personalizadas que tienen una interpretación semántica relacionada con el dominio del problema, ya que el nombre de cada etiqueta es utilizado por un analizador para identificar cada nodo de la estructura jerárquica del documento. Así entonces, el nombre de la etiqueta no tiene influencia en el manejo posterior de la información, pero sí su ubicación dentro de la jerarquía. Por ello, al definir estas etiquetas es necesario especificar los subelementos que puede contener y el número de veces en que cada uno de ellos debe aparecer dentro del documento.

En un documento XML, cada etiqueta identifica un nodo y debe especificarse su etiqueta de apertura así como la de cierre. Es decir puede haber dos etiquetas o bien una sola terminada con “/” , dependiendo de si tiene o no elementos o contenido. Cada etiqueta puede contener atributos y la sintaxis es:

```
<nombre_etiqueta atributo1=valor_atributo1 atributo2=valor_atributo2 />
```

En XML, la asignación de nombres de etiqueta así como la de nombres de los atributos es completamente libre. Es gracias a esta característica, que un documento en XML puede tener una asociación semántica estrecha con el contexto de origen de los datos a través del nombre de sus etiquetas y atributos. Así, para crear un documento XML válido, solamente es necesario seguir reglas elementales referidas a la estructura válida del documento, como la existencia del elemento de cierre en una etiqueta individual, o la existencia de la etiqueta de cierre en etiquetas pareadas o la correcta anidación de

etiquetas de apertura y cierre, entre otras, también de apertura y cierre. Sin embargo, el uso del DTD ofrece una alternativa más completa y estricta en lo que se refiere a la validación de un documento XML, ya que con su uso un interprete del documento puede seguir fielmente las mismas reglas mediante las cuales el documento fue construido.

En el DTD, cada elemento se define con la palabra ELEMENT, y los atributos con la palabra ATTLIST, especificando además sus posibles subelementos y su cardinalidad, como se muestra a continuación ilustrando el nodo raíz del DTD del IIDM;

```
<!ELEMENT iidm (metadatos|contenido+|solucion*|externos?)+ >
<!ATTLIST texto iidm >
```

Las claves para la cardinalidad de los elementos son:

Vacío - Aparece una sola vez.

* - Cero, una o muchas veces.

+ - Una o varias veces.

? - Cero o una vez.

| - Selecciona uno o más elementos

, - Selecciona solo un elemento en el orden especificado.

De acuerdo a estas claves, la interpretación del segmento de DTD anterior es: el elemento superior es el *iidm* y no tiene atributos, pero contiene a los subelementos *metadatos* que aparecen una sola vez; *contenido* que debe aparecer una o varias veces; *solucion* que puede o no aparecer y si lo hace puede tener una o varias ocurrencias; *externos* que puede o no aparecer y si lo hace debe aparecer una sola vez. Además, todos estos elementos pueden repetirse en conjunto dentro del documento. Este ejemplo sirve también para ilustrar los elementos que reflejan los 4 espacios principales dentro del IIDM. Con el objeto de brindar flexibilidad en el diseño del contenido, se especificó que los espacios de contenido, solución y externos pudieran repetirse individualmente y en bloque. El listado completo del DTD está disponible en el apéndice B. El DTD se agrega en las primeras líneas del documento XML, en donde se hace referencia a la codificación de caracteres del documento (ISO-8859-1 en nuestro caso para soportar los caracteres

en español), y se hace referencia al tipo de DTD (público o privado), el identificador del DTD (formado por la institución, el departamento, el proyecto, el nombre del DTD y el idioma), y por último al URL.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE iidm PUBLIC
"-//CICESE//CCMAT//SUPERSABIOS/XDTD//ES"
"http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/dtd/iidm.dtd">
```

A continuación, se presenta a detalle el DTD desarrollado para reflejar los espacios del IIDM.

Elemento raíz del DTD y el primer nivel

El elemento raíz del DTD es iidm y cuenta con cuatro nodos (metadatos, contenido, solución y externos). Cada uno de estos nodos contiene a su vez nodos internos que definen el tipo de contenido con respecto a la interpretación semántica de las etiquetas. Sus nodos se presentan a continuación y se ilustran en la figura 22.

metadatos. Información relacionada al IIDM y que es empleada para categorizarlo, incluir información de la autoría y brindar mayor información sobre su uso.

contenido. Corresponde al espacio problematizador del IIDM, de acuerdo con el modelo de Núñez (1999). Aquí se desarrolla el problema a resolver y se da la información preliminar necesaria.

solucion. En este espacio, se desarrollan estrategias de solución al problema. Se incluyen las herramientas interactivas para ayudar a las actividades de esta etapa. Incluye también, un espacio para información adicional que puede ser de utilidad al usuario.

externos. Referencias, ligas o información sobre material externo al IIDM que puede ser de utilidad al usuario, ya sea como información de consulta, como un material didáctico adicional para enriquecer la experiencia de aprendizaje, o como otros IIDM

relacionados por t3pico o por actividad.

Elemento metadatos

El elemento *metadatos* contiene 8 nodos. Cada uno de estos nodos representa a informaci3n que describe alguna caracter3stica del IIDM. Sus nodos se presentan a continuaci3n y se ilustran en la figura 23.

titulo. T3tulo del IIDM.

subtitulo. Subt3tulo del IIDM si es que aplica.

descripcionIIDM. Descripci3n extensa del IIDM. Esta informaci3n ayuda al usuario en el proceso de b3squeda y selecci3n del IIDM en el cat3logo del ambiente de aprendizaje. Tambi3n, puede contener cualquier informaci3n relacionada con su uso.

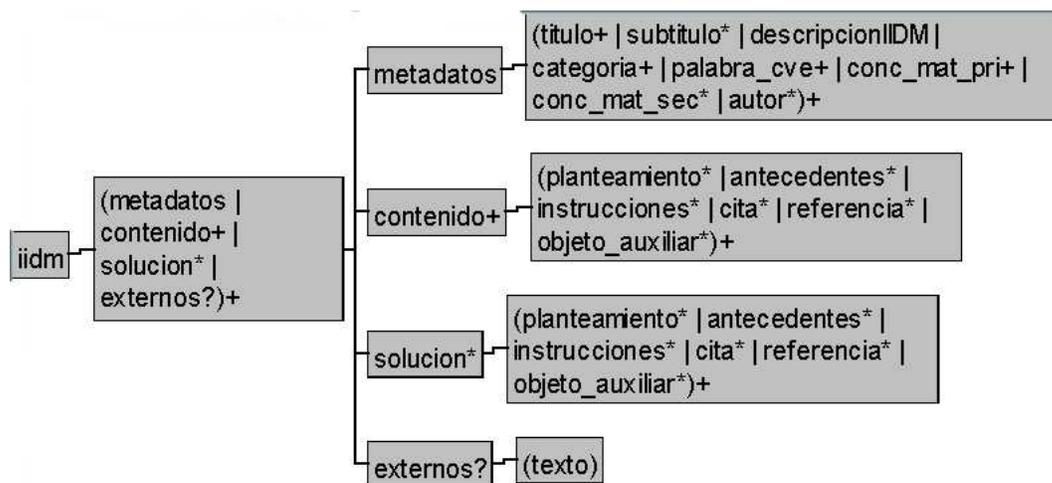
categoria. La categor3a se emplea para definir el tipo de divers3n matem3tica que emplea el IIDM. Pudiendo tener como valor acertijo, problema, adivinanza, etc. Este campo es utilizado en el ambiente de aprendizaje por herramientas de b3squeda de IIDM por categor3as.

palabra_cve. Palabra clave que se relacione con alg3n aspecto del IIDM. Puede ser el tipo de actividad, el nombre de alguno de los personajes, etc. Este nodo puede presentarse m3s de una vez para permitir la existencia de m3s de una palabra clave.

conc_mat_pri. Este identifica el concepto matem3tico primario, es decir, el concepto matem3tico principal que est3 representado en el IIDM. Por supuesto, el IIDM puede tener m3s de un elemento de esta naturaleza.

conc_mat_sec. Este nodo corresponde al concepto matem3tico secundario, es decir, alg3n concepto matem3tico que est3 incluido en el IIDM pero que no corresponde a la principal aportaci3n del mismo. Sirve tambi3n para categorizar los conceptos por su importancia en el IIDM.

autor. Autor del IIDM. En este caso un IIDM puede tener m3s de un autor con



```
<!--
```

```
ELEMENT: IIDM
```

```
COMMENT: Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas: Historias, Acertijos, Actividades, Efemérides
```

```
-->
```

```
<!ELEMENT iidm (metadatos|contenido+|solucion*|externos?)+ >
```

```
<!ATTLIST iidm >
```

Figura 22: Nodo raíz y primer nivel del IIDM. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.

respecto a la diversión matemática, al texto, a la actividad a desarrollar o a las herramientas interactivas.

Elemento contenido

El elemento *contenido* tiene 6 nodos, cada uno de estos nodos identifica semánticamente a través de su etiqueta, al contexto del contenido del nodo. Los nodos se presentan a continuación y se ilustran en la figura 24.

planteamiento. Aquí, se establecen los objetivos del IIDM y se realiza el planteamiento del problema. También se incluyen sus características principales y los requerimientos.

antecedentes. Antecedentes relacionados ya sea con el contenido matemático, con el tipo de IIDM o con el origen del problema.

instrucciones. Instrucciones para emplear applets o aplicaciones relacionadas, o para realizar actividades propuestas dentro del planteamiento.

cita. Inclusión literal del texto de otras fuentes.

referencia. Información sobre el material externo empleado.

objeto_auxiliar. Texto, audio, página WWW, video o cualquier otro tipo de elemento que sea accesible a través de un URL y que apoya a esta parte del IIDM.

Elemento solución

El elemento *solución* tiene 6 nodos. La estructura de este elemento es muy similar a la del elemento *contenido*, sin embargo la connotación de cada uno de sus nodos es distinta, debido a que el contenido de este nodo está orientado hacia la solución del problema planteado en el IIDM . Los nodos se presentan a continuación y se ilustran en la figura 25.

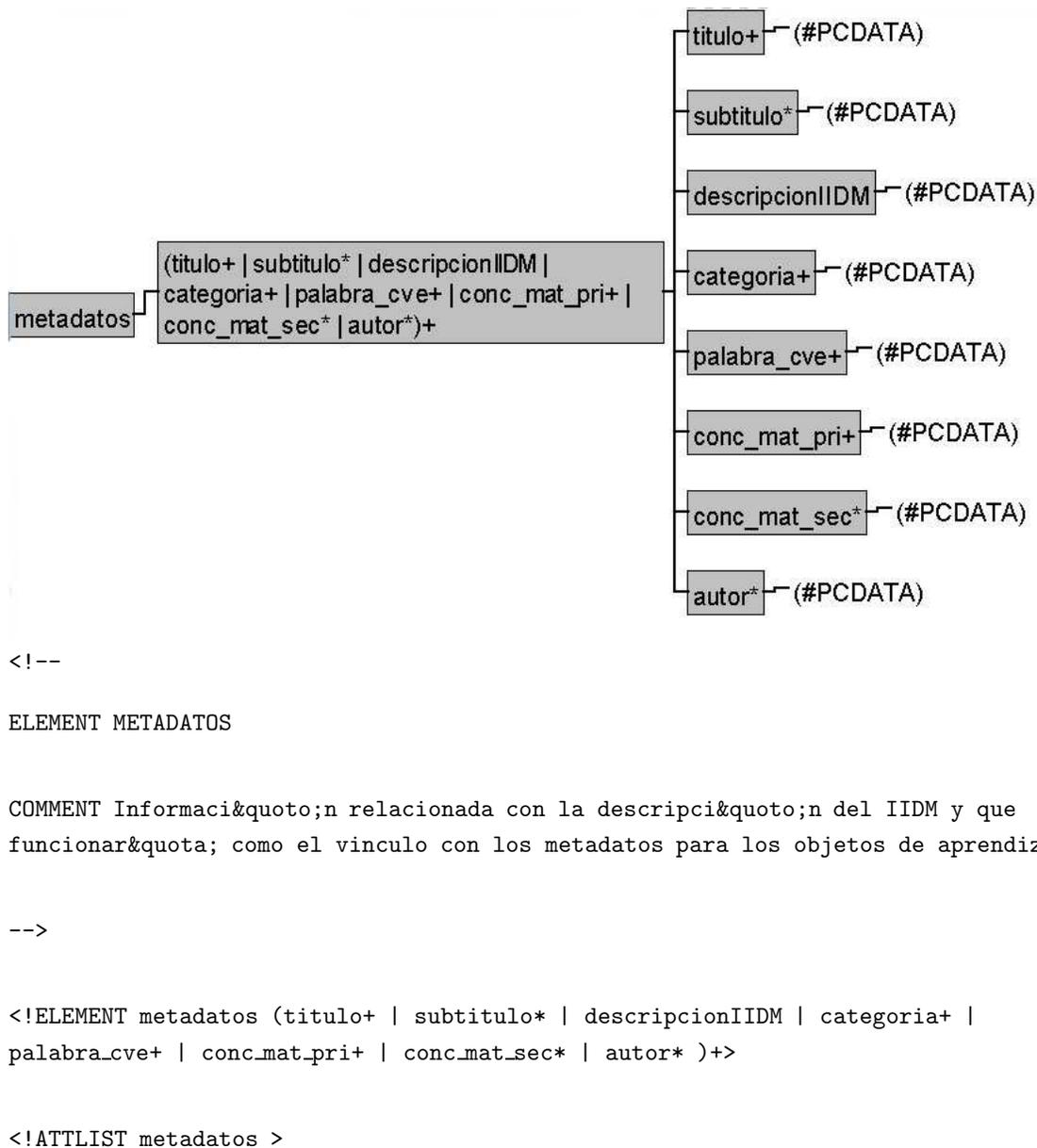
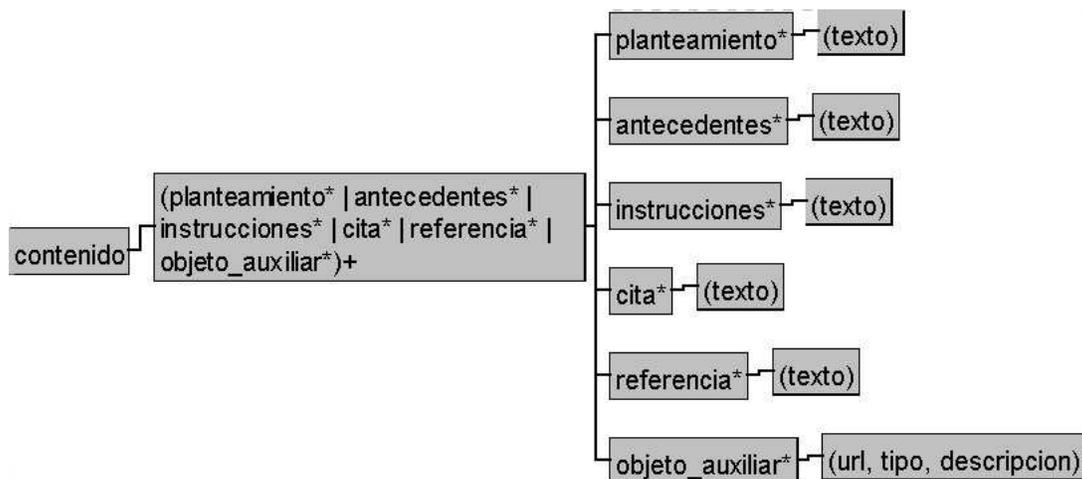


Figura 23: Nodo de metadatos del IIDM. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.



```
<!--
```

```
ELEMENT CONTENIDO
```

```
COMMENT Contiene la esencia del iidm. Sin incluir la solución ni objetos externos.
```

```
-->
```

```
<!ELEMENT contenido
```

```
(planteamiento*|antecedentes*|instrucciones*|cita*|referencia*|objeto_auxiliar*)+>
```

```
<!ATTLIST contenido >
```

Figura 24: Nodo de contenido del IIDM. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.

planteamiento. Aquí se sugieren las estrategias a seguir para buscar una solución al problema. Puede contener un análisis de problemas similares, o incluso, estrategias de solución para problemas simplificados.

antecedentes. Información relacionada a experiencias previas que pueden servir para la búsqueda de la solución.

instrucciones. Instrucciones para emplear applets o aplicaciones relacionadas, o para realizar actividades definidas en el planteamiento, como pueden ser el uso de un laboratorio virtual, la interacción con alguna aplicación, la ejecución de una simulación, etc.

cita. Inclusión literal del texto de otras fuentes.

referencia. Información sobre el material externo empleado.

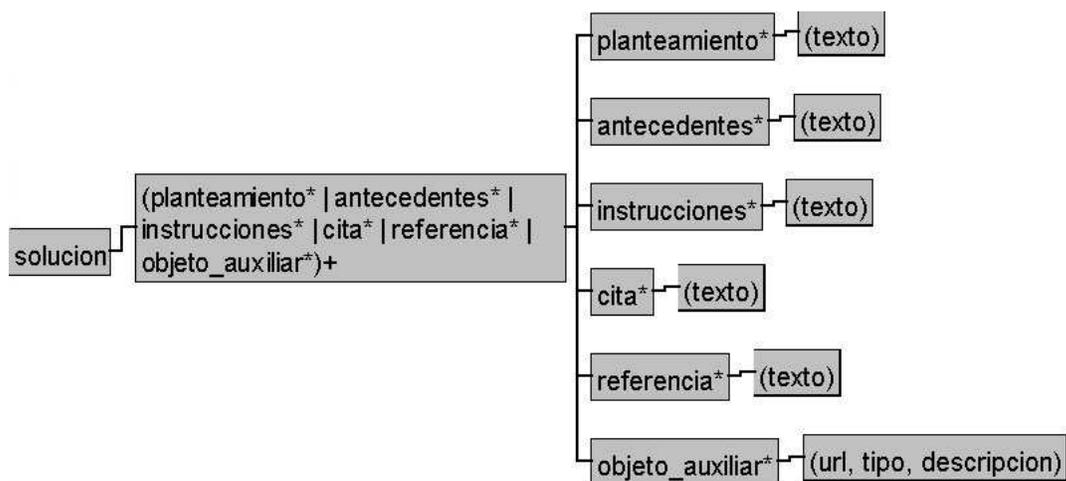
objeto_auxiliar. Texto, audio, página WWW, video o cualquier otro tipo de elemento que sea accesible a través de un URL y que apoya a esta parte del IIDM.

El elemento texto, un nodo de tercer nivel

Este elemento requiere de una mención especial, ya que su definición está orientada hacia la estructura del documento en sí, y no propiamente hacia el contexto educativo del IIDM. Por ello, este nodo y sus elementos responden a la necesidad de identificar claramente el tipo de contenido a partir de su formato (texto, applet, imagen o liga) y su función dentro del documento (como lo ejemplifica el tipo de formato del párrafo). Sus nodos se presentan a continuación y se ilustran en la figura 26.

texto. Corresponde al contenedor unitario de todo el contenido dentro de cada nodo que lo emplea.

párrafo. Es la unidad más pequeña para contener texto, y está caracterizado a través de un atributo como de tipo normal, pregunta, cita, nota, referencia, explicación y demostración. Siendo la opción por defecto, el tipo normal. Este nodo tiene a su vez



```
<!--
```

```
ELEMENT: solucion
```

```
COMMENT: Soluci&quot;n al problema matem&quot;tico primario y o secundario
```

```
-->
```

```
<!ELEMENT solucion
```

```
(planteamiento*|antecedentes*|instrucciones*|cita*|referencia*|objeto_auxiliar*)+ >
```

```
<!ATTLIST solucion >
```

Figura 25: Nodo de soluci"n del IIDM. Se muestra la representaci"n gr´fica del elemento y sus nodos, así como su especificaci"n en el DTD.

un par de subnodos que son lista y liga.

lista. Contiene elementos a listar en cualquiera de dos formatos, como listanumerada o listanominal. Siendo la opción por defecto la listanominal.

liga. Definida para contener elementos de referencia a recursos externos al IIDM. Se compone de los subnodos url, descripción, tipo y leyenda.

imagen. Su función dentro de la estructura es la de proveer la información necesaria para asociar una imagen al ámbito de cobertura del nodo superior. Se compone a su vez de los elementos url y descripción.

applet. Este elemento incorpora a toda la información necesaria para referenciar un applet de Java. Tiene definidos como atributos height, width, code y codebase, y se compone de los siguientes subnodos.

info. Información alterna acerca del applet.

appletinstr. Instrucciones de uso del applet.

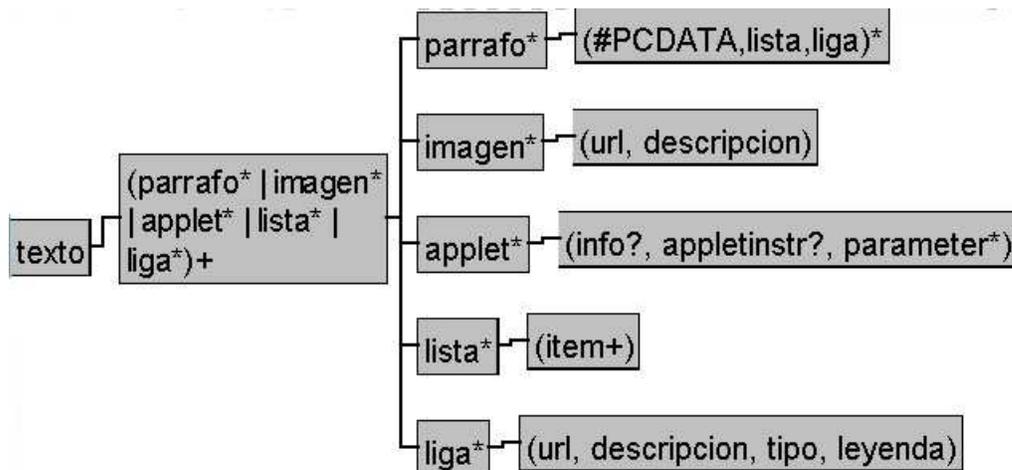
parameter. Parámetros de instanciación del applet.

lista. Es un nodo idéntico al presentado anteriormente.

liga. Es un nodo idéntico al presentado anteriormente.

V.5. Edición del IIDM

Gracias a la estructura que impone el XML, la edición de los IIDM se vio favorecida al emplear el editor JEdit (<http://jedit.org/>). Aunque este editor está diseñado para documentos de texto de cualquier tipo, es posible aumentar su funcionalidad agregando componentes extras, entre ellos está el componente de soporte al XML. Al crear o abrir un documento XML que reverencie a un DTD local o remoto, el editor automáticamente lo descarga a su memoria de trabajo. De esta manera, toda la edición es auxiliada por un analizador de XML que recorre el DTD en tiempo real y va sugiriendo posibles etiquetas



```
<!--
```

```
ELEMENT: texto
```

```
COMMENT:
```

```
-->
```

```
<!ELEMENT texto (parrrafo*| imagen* | applet* | lista* | liga*)+ >
```

```
<!ATTLIST texto >
```

Figura 26: Elemento texto, como un nodo de tercer nivel y orientado al formato del contenido. Se muestra la representación gráfica del elemento y sus nodos, así como su especificación en el DTD.

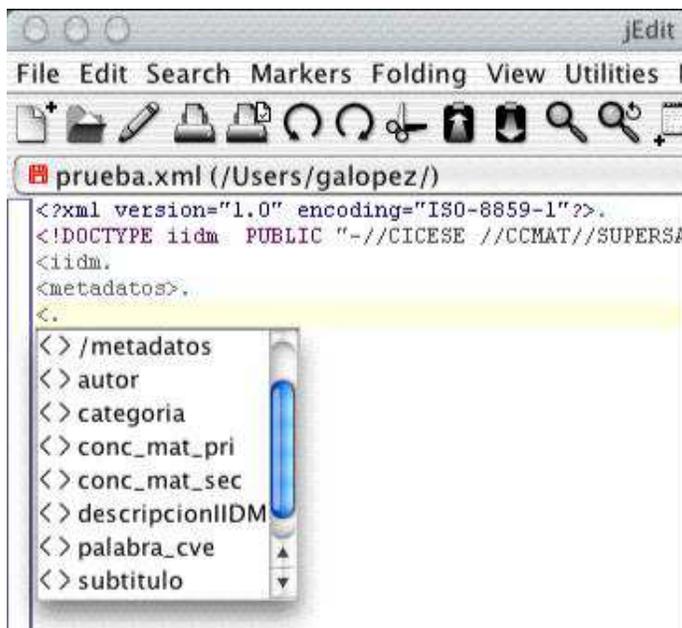


Figura 27: Ejemplo de la edición en JEdit de un documento XML con un DTD asociado.

a escribir, dependiendo de la ubicación del cursor de edición del documento dentro de la jerarquía del DTD, tal y como se muestra en la figura 27. La capacidad de que el editor siga fielmente al DTD, permite que el documento resultante no contenga errores, pues siempre sugiere el conjunto de etiquetas que son adecuadas en ese momento de la edición. Aunque este tipo de herramientas son útiles para la edición de documentos XML, su uso es aún complejo, especialmente para la comunidad de profesores de la cual se espera que generen los nuevos IIDM. Para ello sería necesario desarrollar un editor que tuviera la capacidad de mantener la rigidez del DTD, pero a su vez, ofreciera la flexibilidad para poder editar cualquier IIDM sea cual sea su estructura. Para ello, se desarrolló un editor especializado y que se presenta a continuación.

V.5.1. El Sistema de Edición de Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas

El Sistema de Edición de Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (SEIIDM), es un entorno de trabajo para la edición colaborativa de IIDM y fue desarrollado por Sandoval-Soriano (2005). Su diseño se fundamenta en la necesidad de contar con un editor que fuera simple de usar, pero que a la vez siguiera fielmente las reglas definidas en el DTD para la edición el documento XML. De esta manera y empleando las librerías y herramientas del proyecto XML Master de IBM (<http://freshmeat.net/projects/xmlmaster/>), se desarrolló un editor gráfico que presenta en su interfaz la estructura de árbol del documento XML como una guía de navegación, y formas de captura como interfaz de entrada de datos. De esta manera, el usuario puede editar muy fácilmente el documento sin necesidad de conocer XML en absoluto. En la figura se muestra la interfaz principal del SEIIDM.

Internamente, el editor emplea JavaBeans para administrar el acceso a los nodos del árbol del DTD del IIDM; cada uno de estos JavaBeans se asocia a cada uno de los elementos gráficos que componen las formas de captura, por lo que al introducir contenido en uno de estos elementos de forma de captura, de manera directa se agrega esta información al nodo correspondiente. De esta manera, al seleccionar la acción “Guardar” del menú del editor, se genera el archivo XML y se valida contra el DTD del IIDM. Debido a estas características del SEIIDM, el autor de IIDM tiene la seguridad de crear un objeto de aprendizaje totalmente compatible con el modelo del IIDM, al cual podrá tener acceso de forma local o remota.

El editor tiene las capacidades básicas de cualquier otro editor, como son la capacidad de crear nuevos documentos, la edición de documentos ya existentes y el almacenamiento de ellos. Sin embargo, se incorporó la capacidad de buscar, recuperar y almacenar documentos XML en un servidor WEBDAV. Así, se logró agregar al SIIDM

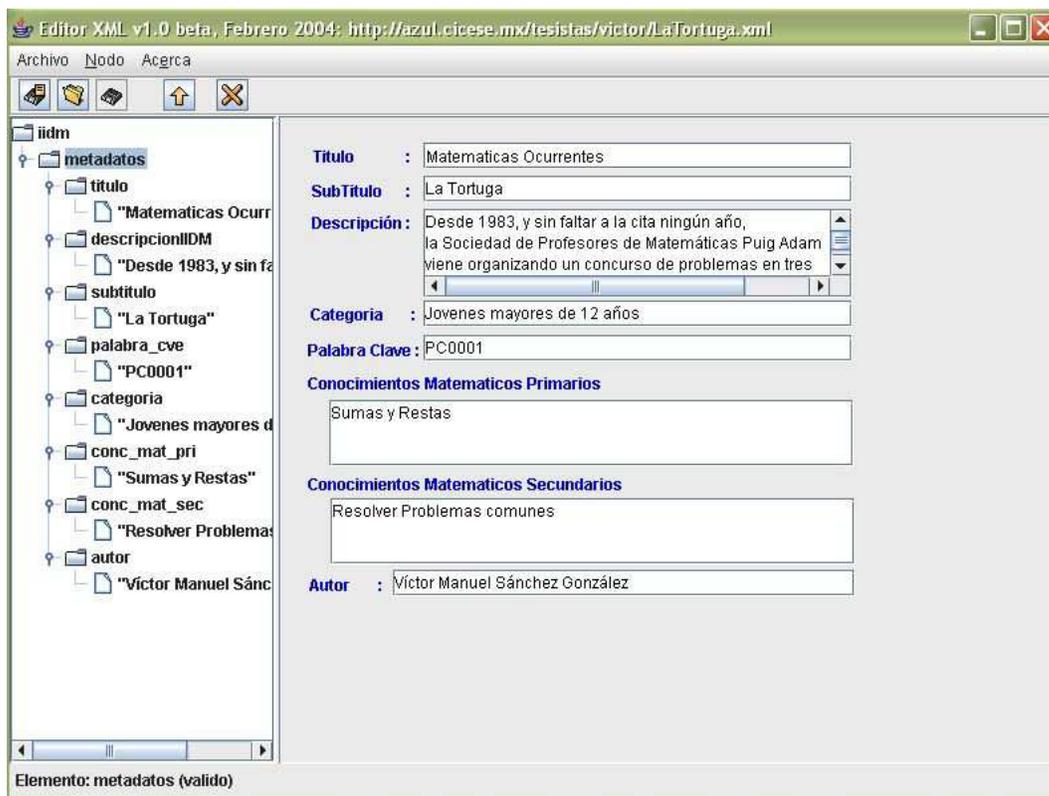


Figura 28: Interfaz principal de SEIIDM. Se muestra el árbol de la estructura XML de un IIDM, así como la forma de captura de uno de sus nodos.

la capacidad de editar de manera colaborativa estos documentos aprovechando la característica de establecer candados de edición en el servidor de documentos. Mediante este mecanismo, un usuario que quiere asegurarse de que nadie más que él pueda editar el documento, puede crear un candado de edición en el servidor de documentos WEBDAV directamente desde el SIIDM. Todos los detalles de la implementación de el SEIIDM se encuentran ampliamente explicados en Sandoval-Soriano (2005).

V.6. La plantilla de transformación del IIDM

Debido a que el XML se enfoca en la estructura de la información y no en su presentación, la W3C (<http://www.w3c.org>) publicó la recomendación para la elaboración de plantillas de estilos llamada XML Stylesheet Language o XSL. Estos estándares implican la transformación de los documentos antes de que la información sea desplegada, por lo que funciona como una capa intermedia que interpreta, filtra y manipula la información, agregando todo el código necesario para presentarla en algún medio electrónico de despliegue. Los formatos de salida disponibles hasta el momento, son HTML, WML, PDF y texto.

Un documento XSL, es un documento XML que emplea un espacio de nombres que permite la inclusión de instrucciones para el manejo de la información asociada a cada nodo del documento que se va a transformar. Permite acceder al nombre, atributos y contenido de cada nodo, para modificar cualquiera de estos elementos. Las modificaciones más comunes corresponden a la agregación de código HTML que dan formato al contenido del nodo. Para ilustrar esto, se presenta el siguiente ejemplo en el cual el atributo *nota* del elemento *parrafo*, es utilizado para recuperar el contenido asociado a este elemento y agregar código HTML para dar una presentación conforme a la especificación del IIDM. Agregando incluso leyendas para ilustrar no solo de manera visual

que se trata de cierto tipo de contenido, sino además, identificándolo semánticamente.

El código se muestra a continuación:

```
<xsl:template match=''parrafo[@formato='nota']''>
  <p>
  <blockquote>
    <h5>
    <xsl:text>Nota:</xsl:text>
  </h5>
  <xml:value-of select=''. '' />
  </blockquote>
</p>
</xsl:template>
```

El resto de las instrucciones de la plantilla de transformación está compuesto por código similar al anterior, pero referenciando a cada uno de los elementos del IIDM. Para realizar la transformación, tanto el documento XML como la plantilla de transformación son tomados por una maquinaria de transformación, la cual realiza el análisis de ambos documentos y da como resultado un flujo de salida con el formato deseado. La figura 29, presenta un segmento de un IIDM en donde se ilustran 4 formatos visuales asociados a los elementos del IIDM. Se puede ver que además del cambio de formato, también puede agregarse texto para complementar a la orientación del contenido con una ayuda semántica. El párrafo 1 está identificado como “nota” por el valor del atributo *formato* del elemento *párrafo*. El párrafo 2 es una “cita”, el 3 está etiquetado como demostración y el 4 es una pregunta. En la sección de apéndices se encuentra el listado completo de la plantilla de transformación, el listado completo de un IIDM y el resultado de la transformación del mismo.

V.7. Consideraciones generales de los IIDM como Objetos de Aprendizaje

Dada la ambigüedad en los diferentes conceptos de lo que se conocen como objetos de aprendizaje, la enorme heterogeneidad de forma y contenido de los materiales educativos

Si parte de la respuesta a este problema es que hay solo 1 cromos azul, ¿cuántos cromos rosas y verdes hay?

Seguramente después de haber encontrado las posibles combinaciones de triadas de cromos, habrás visto que hay 9 combinaciones de ellas. Si acaso encontraste más, revisa nuevamente el texto del problema y observarás que no se menciona que sea importante el orden en el cual se sientan los cromos en cada trio, sino solamente su color.

Nota:

1

Si todavía no puedes encontrar la respuesta, lee con cuidado lo que dice Corallie:

" ... De cualquier modo que divida a los invitados de a tres, al menos uno en cada terceto será rosa. "

3

Demostración: En matemáticas, las restricciones que se establecen en la búsqueda de la solución de un problema adquieren mayor importancia conforme son más útiles, ya que es fácil pasarlas por alto. En la frase de Corallie, la restricción que define la solución del problema se encuentra al principio de la cita anterior: "... de cualquier modo ...", lo cual impone una restricción inamovible que nos dice que no puede haber excepciones. Continuando con la cita de Corallie: "... al menos uno en cada terceto será rosa.", así que ya puedes eliminar de la lista de combinaciones aquellas que no contienen al menos un cromos rosa.

¿Será posible que haya varios cromos azules y varios verdes? 4

Demostración: Si tu respuesta es afirmativa imaginemos un escenario en donde tienes al menos dos cromos azules y dos verdes. Verás en tu lista de combinaciones posibles de triadas de cromos que con esta cantidad de cromos distintos a los rosas, es posible formar trios en los cuales no existe un cromos rosa (p.e. azul, azul, verde o verde, verde, azul) lo cual contradice la restricción que menciona Corallie, por lo que estas combinaciones no pueden ser posibles y por consiguiente no pueden asistir ese número de cromos azules y verdes al banquete.

¿Sabes ya cuántos cromos rosas, verdes y azules asistirán al banquete?

Figura 29: Segmento del IIDM titulado "Dedos y Colores de Cromo" ya transformado y presentado en Los Supersabios.

que pueden ser considerados OA, hacen que la reutilización de éstos en un entorno externo al que fueron creados se vea comprometida, o al menos limitada a funcionar en condiciones excepcionales. La capa semántica asociada a los OA a través de sus metadatos, ha tenido una función muy simple en los repositorios de objetos de esta naturaleza.

Por ejemplo, el proyecto ARIADNE (Duval *et al.* (2001)), ofrece una interfaz de búsqueda y recuperación de OA a través de la información contenida en los metadatos. El usuario obtiene entonces un listado de objetos que cumplen con su(s) criterio(s) de búsqueda, pudiendo recuperar el contenido del OA a través de dicha lista. Este proceso de recuperación de un OA tiene limitaciones importantes entre las que se pueden contar la falta de mecanismos más complejos que la simple correspondencia de caracteres, en la búsqueda de OA a través de los metadatos. Otra limitante importante es la falta de una clasificación de los OA que no contemple su contenido sino su estructura. De esta manera, un usuario puede consultar múltiples OA que varían en formato, tamaño, contenido, estructura, modelo educativo, etc., por lo que la capacidad de un OA para ser reutilizado depende de la interpretación que haga el diseñador del curso después de recuperar el documento y analizarlo a detalle. Es decir, que los OA empleados de esta manera, no se diferencian en mucho del contenido digital disponible a través de una biblioteca digital, toda vez que el lenguaje de búsqueda está contenido dentro de un contexto de la comunidad de profesionales involucrados en el proceso educativo (educadores, diseñadores instruccionales, administradores, etc.).

El nombre de Objetos de Aprendizaje, proviene del ámbito de las Ciencias de la Computación, en el sentido de visualizar a cada OA como un componente. Sin embargo, poco se ha investigado sobre como integrar los elementos teóricos del diseño de componentes orientado a objetos, con el material educativo digital tal y como lo sugiere el concepto del objeto de aprendizaje. El modelo del IIDM no aporta una propuesta

concreta relacionada con esta relación objeto-contenido digital ya que no corresponde a ninguno de los objetivos planteados. Sin embargo, el modelo del IIDM si aporta una visión de la importancia de contar con una estructura interna y bien definida del OA. Dicha estructura permite una posible manipulación del OA en diferentes niveles de granularidad. En un nivel general en donde se reutiliza al OA completo y se le referencia a través de los metadatos, o en un nivel detallado en donde es posible extraer partes del IIDM para reutilizar cualquiera de sus elementos, bajo un modelo en el cual toda la semántica empleada pertenece a un área del conocimiento específica, independientemente del modelo pedagógico que se adopte. Aunque es evidente que hace falta realizar más investigaciones al respecto de cómo aplicar conceptos como la herencia, la propia modularización del diseño, la relaciones entre objetos, etc., para buscar las mejores prácticas de diseño de OA que permitan implementarlos.

Por otra parte, la estructura impuesta al IIDM ayuda a llevar de una manera sistemática la creación de los contenidos educativos, logrando con ello la estandarización de la edición. Otro beneficio directo de la estructura basada en XML fue la homogeneización de la presentación de los IIDM en la interfaz del usuario. No hubo necesidad de que el autor tuviera que emplear plantillas de edición regidas por el diseño de la presentación, sino que empleó un editor que guiaba la edición regido por la orientación semántica del contenido. Y es precisamente la inclusión de la semántica de la intención del contenido, lo que hace atractiva la propuesta del objeto de aprendizaje. De esta manera, el modelo estructural del IIDM apoya diferentes procesos relacionados con el diseño estructural: la edición de contenidos, la presentación del contenido, y la reutilización del contenido.

Capítulo VI

Los IIDM multiusuarios

VI.1. Introducción

A partir de las primeras pruebas que se realizaron con los IIDM a través del sistema FIBONACCI con estudiantes de nivel secundario (Vizcarra, 2000), el cual se presenta en el capítulo 1, se obtuvieron requerimientos para la adición de mecanismos de interacción entre los usuarios del sistema relacionados con la conciencia de colaboración, el uso de herramientas de comunicación y la capacidad de sincronización de interacciones; con la opción de que estos mecanismos funcionen dentro o fuera del contexto de los IIDM, es decir, durante la interacción con un IIDM o bien mientras se navega en el sistema.

Al introducir tecnología colaborativa se genera un espacio de trabajo en donde, en una labor de grupo, se involucran grupos de individuos de diferentes grados académicos, escuelas, e incluso de diferentes regiones geográficas. Con la particularidad de que las actividades son instructivas y entretenidas, apoyadas por tecnologías de información con una sólida base teórica y tecnológica que apoyen la generación de un pensamiento matemático individual y colectivo. Para que esto fuera posible, fue necesario crear una infraestructura tecnológica que brindara todos los servicios necesarios para la formación del grupo de trabajo, a la vez que brindara las interfaces necesarias para adicionar capacidades colaborativas a los IIDM.

Fue así, que surgió la idea de incluir IIDM multiusuarios en el Ambiente de Aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas. El ambiente cuenta con mecanismos de interacción entre los IIDM y mecanismos de interacción

entre usuarios, que fueron incluidos con la intención de generar grupos de trabajo colaborativo para la solución de problemas matemáticos presentados como IIDM. Por otra parte, estos mecanismos de interacción proveen la posibilidad de que IIDM complejos que contengan o utilicen a otros IIDM y que en conjunto conformen la solución a un problema matemático. En este trabajo, este punto es muy importante, ya que se busca fomentar el aprendizaje de las matemáticas a través del uso del AIIDM y su contenido; para ello tomamos en consideración las ideas de Dewey (1927) y Michalski (1993), relacionadas con la generación del pensamiento reflexivo y en las que establecen que el mecanismo del proceso de aprender en un individuo no está ligado a una metodología o proceso específico, sino que se encuentra relacionado con los estímulos que sugieran o induzcan el aprendizaje de un concepto o hecho y que le son presentados en su manejo interactivo con el medio. En este trabajo, el medio está constituido por una variedad de componentes de software (los IIDM), así como por individuos con los cuales el usuario interactúa para resolver problemas matemáticos. De esta manera, aunque los participantes colaboren en la búsqueda de una meta común, el beneficio para cada usuario está representado por lo aprendido individualmente a partir de la interacción con el grupo. De acuerdo con esto, el uso de IIDM en un contexto de interacción auxiliada por la computadora con un enfoque hacia el aprendizaje colaborativo, puede generar los estímulos que buscamos para que el usuario aprenda matemáticas, a la vez que forma su pensamiento matemático mientras interactúa con el medio y con otros usuarios en un contexto lúdico.

En la búsqueda de alternativas para agregar el soporte al trabajo colaborativo en los IIDM, consideramos mecanismos que están orientados a extender la funcionalidad de aplicaciones legadas, agregando a la aplicación mecanismos para el trabajo colaborativo bajo un esquema de colaboración transparente mediante el reemplazo en tiempo de ejecución de las interfases monousuario por las interfases multiusuario (Begole *et al.*,

1999), a la vez que se extienden sus funciones para auxiliar el trabajo colaborativo (Ellis y Gibbs, 1989). Por otra parte se encuentran las tecnologías que permiten compartir la pantalla de trabajo de una computadora entre los miembros de una sesión de trabajo colaborativo sin necesidad de modificar las aplicaciones ya existentes bajo un esquema de datos y acciones compartidos (Greenberg, 1990), o bajo un esquema de pantalla compartida (Corporation, 2002).

En este capítulo, se presenta un enfoque flexible para el desarrollo de IIDM colaborativos, el cual está basada en una arquitectura híbrida de aplicación replicada y semi-centralizada empleando un enfoque orientado a objetos en un sistema basado en eventos. Esta propuesta está basada principalmente en el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC) (Gama *et al.*, 1994), popularizado por el lenguaje de programación orientado a objetos SmallTalk-80 (Bourbeck, 1992).

VI.1.1. El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador

Este patrón de diseño (MVC) establece la separación entre la representación del mundo real (Modelo), la retroalimentación visual hacia el usuario (Vista) y la introducción de información por parte del usuario (Controlador), a través de objetos independientes y especializados en el desarrollo de cada tarea. La figura 30 muestra las interacciones que existen entre los objetos.

El paradigma se implementa de la siguiente manera: el objeto Modelo contiene la información del estado de la representación del mundo real en la aplicación y los mecanismos para modificarla. Cuando el objeto Modelo cambia su estado, notifica del cambio al objeto Vista y será éste objeto el encargado de modificar la interfaz para proveer de retroalimentación al usuario de dicho cambio. El objeto Controlador es el encargado de la interacción directa con el usuario ya que captura la introducción de información según sea el caso. Cuando esto ocurre, notifica a alguno de los objetos

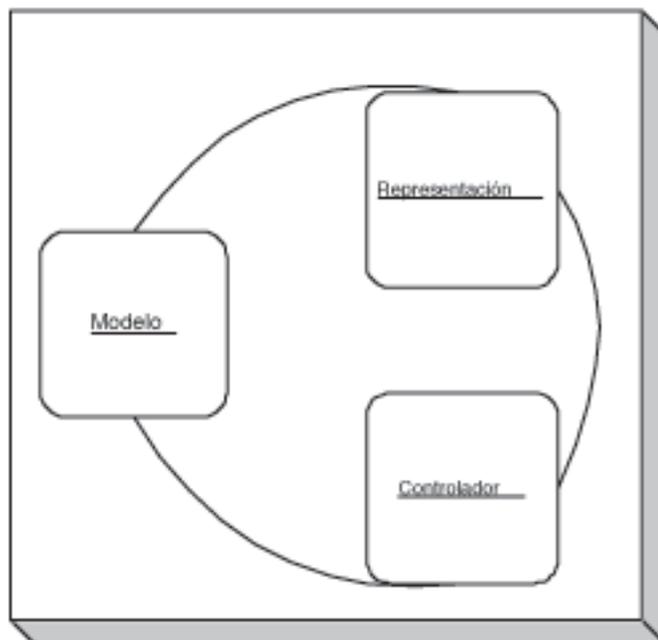


Figura 30: El patrón de diseño Modelo-Representación-Controlador.

(Modelo o Vista) de dicha interacción.

En una representación simple de este modelo, el objeto Controlador notifica directamente al objeto Vista de la solicitud del usuario para que éste modifique la interfaz. En este caso, el objeto Modelo puede no ser notificado del evento por parte del objeto Vista, implicando que no se requiere alguna de su parte. En una representación compleja del Modelo, el objeto Controlador notifica, ya sea al objeto Vista o al objeto Modelo, de la solicitud del usuario. Entonces, el objeto Modelo transforma la información y actualiza el estado de la aplicación, notificando posteriormente, al objeto Vista para que actualice la interfaz.

La estrategia que se siguió, emplea una arquitectura híbrida de aplicación replicada y semi-centralizada, en la que cada usuario interactúa con una interfaz en un contexto compartido (Ellis y Gibbs, 1989), mediante alguna de las instancias distribuidas de la

aplicación. Esta arquitectura, comparada con una arquitectura completamente centralizada (Lauwers *et al.*, 1990), obtiene un mejor tiempo de actualización de la interfaz ya que cada instancia de la aplicación es responsable de manipular sus entradas y salidas sin que éstas tengan que viajar por la red (Greenberg, 1990), resultando en una menor carga del ancho de banda.

Cada instancia distribuida de la aplicación, contiene una representación del modelo MVC, logrando con ello tener triadas MVC distribuidas (ver figura 31), en donde la triada es responsable en primer lugar, de que la interacción con el usuario se realice en el menor tiempo posible, y en segundo lugar de establecer la comunicación y el intercambio de eventos y datos con el resto de las aplicaciones.

VI.1.2. El esquema de aplicación replicada

Para implementar esta arquitectura, primero se modificó el tradicional modelo MVC para que dos de sus objetos, el objeto Controlador y el objeto Modelo, adquieran la habilidad de interactuar con las triadas MVC distribuidas.

El primer cambio se basa en extender el objeto Controlador para que la aplicación pueda recibir información de la introducción de datos del usuario por dos canales distintos: el primero de ellos es la interfaz de la aplicación (manejada por el objeto Controlador), mientras que el segundo canal es un objeto Controlador remoto que proviene de una instancia remota de la aplicación (figura 31). Para el envío de la copia del evento hacia la aplicación remota, se emplea un objeto Estafeta de transferencia de datos y eventos que se retomará más adelante.

La segunda modificación fue la extensión del objeto Modelo para que tome conciencia del origen (local o remoto) de la información con la cual va a modificar su estado. Cuando el origen del cambio es local, este objeto requiere activar los mecanismos adecuados para modificar su estado y notificar al objeto Vista local además de notificar al

objeto Controlador remoto de dicho cambio. Por otra parte, cuando el origen del cambio es remoto, este objeto es alimentado por el objeto Controlador local de la información recibida por la aplicación remota para que modifique su estado y a su vez notifique al objeto Vista local y éste actualice la interfaz. En un sentido estricto, el objeto Modelo solamente recibe datos provenientes del objeto Controlador local, sin importar el origen de los datos; sin embargo es necesario que el protocolo de comunicación entre el objeto Modelo y el Controlador incluya algún parámetro que especifique su origen para discriminar las rutas que deben seguir los datos dentro del contexto de la lógica de la aplicación; recordando que cada aplicación va a tener una copia local de la lógica de la aplicación, de los datos y de los protocolos de comunicación.

VI.1.3. El esquema semi-centralizado

En Ralph *et al.* (1994), se reporta una arquitectura para el desarrollo de aplicaciones colaborativas llamada Rendezvous que emplea un esquema modificado del MVC. En este trabajo se menciona que al emplear una estrategia semejante a la que aquí se presenta, se logra tener un desarrollo rápido de aplicaciones, pero que solamente puede utilizarse cuando las instancias de las aplicaciones son idénticas. Para solventar esto, se contempla un diseño flexible en la definición del objeto Vista y en el mecanismo mediante el cual éste es notificado por el objeto Modelo, logrando con ello un esquema en donde pueden existir aplicaciones no idénticas interactuando en una sesión de trabajo colaborativo.

Este diseño contempla la posibilidad de emplear el envío sincrónico o asincrónico de los mensajes entre los objetos del MVC, esto se logra al introducir un nuevo elemento representado por un objeto Estafeta de transferencia de datos y eventos (ver figura 31), el cual se encarga de mantener las comunicaciones entre las aplicaciones. Otro elemento introducido en este esquema semi-centralizado, es el *Manejador de conexiones*.

Este actor provee de los mecanismos para comunicar a los usuarios y a las aplicaciones distribuidas a través de la red, administrando a través de ellos las sesiones de usuario y de grupo. Estos dos actores componen al objeto que denominamos *Manejador de comunicación*, situándose este objeto entre las triadas MVC distribuidas mediando la interacción entre ellas. Este objeto está planteado para funcionar de manera centralizada, ejecutándose en un servidor bien conocido por las instancias distribuidas de la aplicación.

VI.2. Elementos de diseño

Los elementos principales que componen el diseño son: la representación abstracta del problema del mundo real, la interacción entre el usuario y la aplicación, la interacción entre usuarios, y la interacción entre aplicaciones. Estos elementos en conjunto, proveen de la infraestructura necesaria para construir aplicaciones colaborativas con la posibilidad de desarrollar prototipos en poco tiempo.

VI.2.1. La representación abstracta del mundo real

Este elemento es el que define el comportamiento de la aplicación. Está compuesto por elementos que definen claramente las reglas para modelar el problema. Para ello, se emplean mecanismos que le dan una estructura definida tanto a la información que es compartida entre los objetos del modelo MVC, así como a los eventos que son intercambiados entre las aplicaciones distribuidas.

Creamos una capa intermedia de abstracción de los datos para codificar y decodificar la información. Esta capa permite insertar una estructura estricta a los datos que son manipulados internamente por el objeto Modelo, de la misma manera que un formulario estructurado crea una asociación a los datos que no necesariamente están relacionados

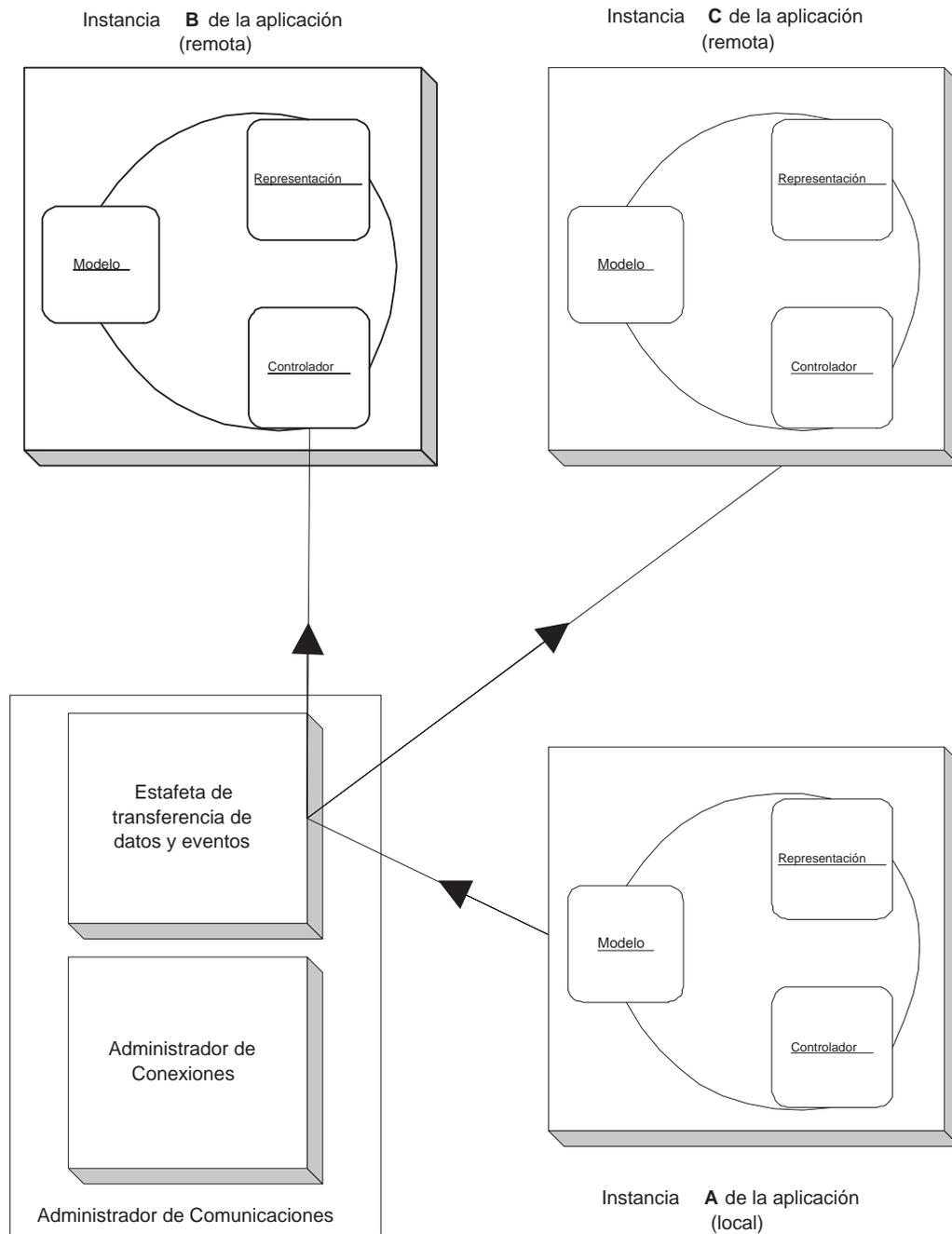


Figura 31: Envío de mensajes y eventos entre las instancias distribuidas de una aplicación colaborativa. Las flechas indican el flujo de los mensajes. En este caso, la aplicación A genera el mensaje, el cual es enviado a las instancias remotas B y C a través del objeto estafeta de transferencia de eventos y datos, quien es parte del administrador de comunicaciones.

entre sí. Esta capa se sitúa entre los métodos de manipulación de datos del objeto Modelo y los métodos de comunicación, hacia los objetos Controlador y Vista (ver figura 32).

Una de las ventajas de emplear esta capa, radica en la posibilidad de que aplicaciones no idénticas que estén interactuando, manejen internamente distintas representaciones de la estructura de los datos compartidos, que van a ser interpretados por los objetos modelo de cada aplicación. Un escenario de uso de este esquema, ocurre cuando se tienen instancias de la misma aplicación interactuando entre sí y compartiendo el mismo modelo de estructura de datos. Se cuenta además, con una tercera aplicación que cumple con una meta distinta a las otras dos, pero que requiere de la misma información que ellas están generando.

Tomemos por ejemplo un sistema de aprendizaje en donde se tengan usuarios interactuando con un programa educativo y en donde además, existe un sistema evaluador del aprendizaje, monitoreado por el tutor. Queda claro que la estructura de los datos que manipula internamente el sistema evaluador puede ser distinta que la de las aplicaciones educativas, aún y cuando la información que compartan sea la misma. Para lograr este esquema de compartición de la información, ésta es organizada mediante una estructura compartida por todas las aplicaciones, pero que es interpretada de manera distinta dentro de ellas.

VI.2.2. La interacción entre el usuario y la aplicación

Se buscó que la interacción del usuario con la aplicación sea lo más rica posible y a la vez que facilite la interacción con otros usuarios aún y cuando las interfases sean distintas, e incluso si los dispositivos de entrada y salida son distintos. Esto se logra incorporando uno o más modelos de estructura de datos en el objeto representación, así como interpretes y manejadores de datos. Una vez más, la solución fue incluirlos en

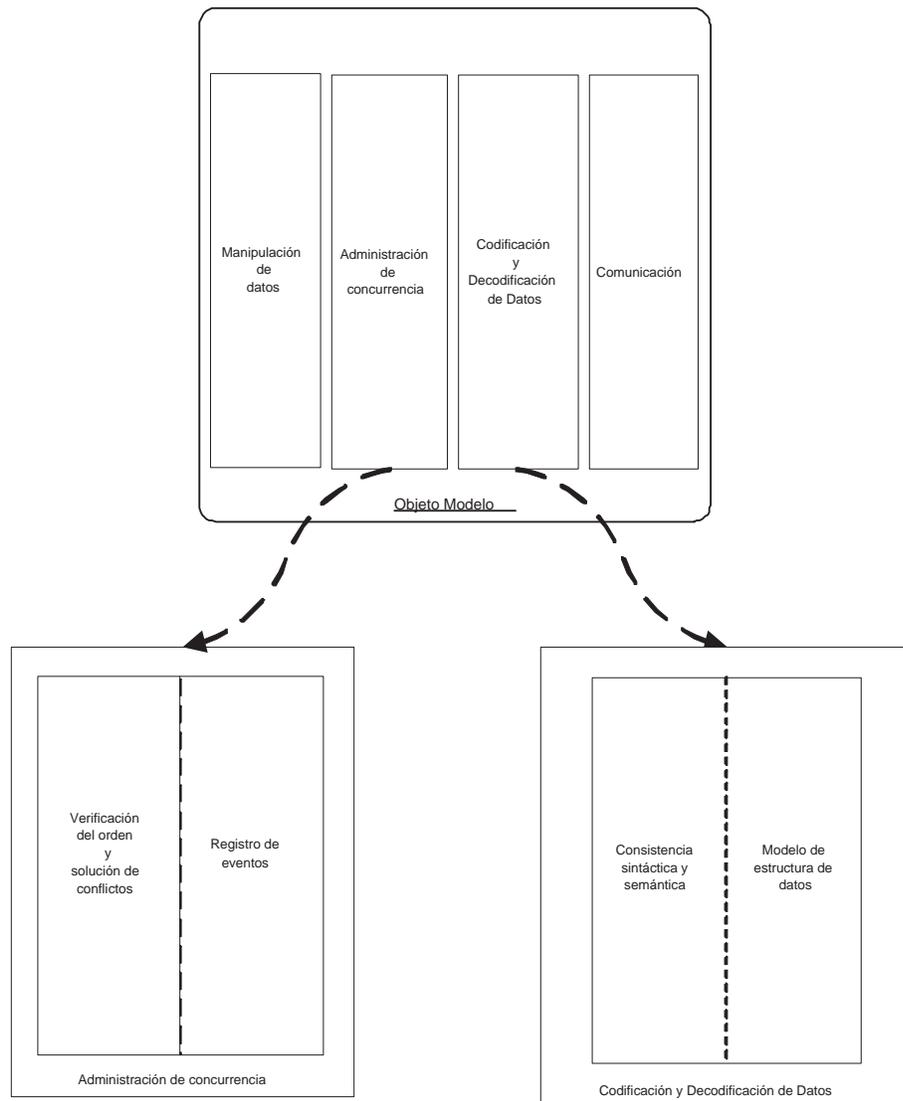


Figura 32: Detalle del objeto Modelo modificado.

una capa que reside entre los métodos de captura de eventos y los objetos que conforman la interfaz.

Supongamos otro escenario de uso, en el que existe una aplicación colaborativa que es un tutor guiado por una persona experta, mientras que existen otros dos estudiantes, uno de ellos tiene una aplicación gráfica de consola, mientras que el otro tiene una versión modificada de la aplicación, que le permite escuchar las acciones de los otros usuarios en lugar de interpretarlas de la interfaz gráfica. Aunque resulta obvio que la información que comparten las aplicaciones es la misma, la estructura de los datos y sus interpretos son diferentes. Para el primer usuario la información seguirá el flujo normal de la aplicación internamente, mientras que para el segundo, los datos deben ser reestructurados de acuerdo al modelo de estructura de datos que requiere su aplicación. Estos serán tomados por el intérprete, quien a su vez, los entrega a la interfaz de lectura de texto lo cual permite que este usuario tenga una representación auditiva del resultado de la acción de los otros usuarios, en lugar de contar con la representación visual.

VI.2.3. La interacción entre usuarios y entre las aplicaciones

Los elementos fundamentales que se consideraron son: el inicio de la interacción, el manejo de sesión del usuario, la comunicación entre los participantes, la sincronización de datos entre las aplicaciones, el manejo de la concurrencia del envío de mensajes, el control de piso y la conciencia de la colaboración.

El inicio de la interacción. La interacción entre usuarios se inicia a través de un elemento externo representado por un servicio de mensajería instantánea, que es utilizado por un cliente modificado e incrustado en un ambiente de trabajo distribuido. La manera como se acopla ese elemento externo a la arquitectura propuesta en este trabajo, es a través del envío del mensaje de inicio de interacción hacia las aplicaciones distribuidas para que establezcan la sesión de usuario local, además de la sesión

colaborativa.

El manejo de la sesión. Se administra en dos niveles: al nivel de la instancia de la aplicación y al nivel de la colaboración entre aplicaciones. El primer nivel se desarrolla cuando el usuario inicializa la aplicación distribuida, estableciendo una sesión en la aplicación la cual mantiene el estado del usuario como activo dentro de ella. El segundo nivel establece una sesión a través de otro elemento externo denominado el *manejador de conexiones* (ver Greenberg y Roseman (1996); Lauwers *et al.* (1990); Patterson *et al.* (1990)), mediante el envío de la presencia del usuario en el recurso, el cual está representado por la instancia de la aplicación distribuida. Todos los usuarios que se registran en una sesión colaborativa comparten el mismo recurso y por ende, la misma sesión.

La comunicación entre participantes. Nuevamente, el servicio de mensajería entra en acción, pero esta vez el cliente está incrustado en la aplicación y la comunicación se realiza entre el cliente y el servidor de mensajería, sin pasar necesariamente por los objetos de la triada MVC. En este caso, la comunicación se limita al envío de mensajes entre los usuarios. Se está contemplando incluir a este elemento dentro del contexto del paradigma MVC, para que los mensajes sean analizados por el objeto Modelo de ambas aplicaciones antes de ser presentadas al usuario, esto con el propósito de realizar un análisis semántico de los mensajes.

La sincronización de datos entre aplicaciones. Aquí se establecen los mecanismos necesarios para el envío de mensajes entre las aplicaciones, ya sea de manera sincrónica o asincrónica. Este comportamiento es administrado por el objeto Modelo y se apoya en el objeto de Estafeta de envío de datos y eventos. El primer objeto establece la temporalidad de la interacción, mediante el manejo de los estados internos de la aplicación, mientras que el segundo objeto, se encarga del envío del mensaje, ya sea de manera inmediata (caso sincrónico), o bien los almacena para ser enviados cuando

existan las sesiones remotas correspondientes (caso asincrónico).

El manejo de la concurrencia en el envío de mensajes. La constante interacción entre las aplicaciones distribuidas en un contexto compartido de datos y mensajes, requiere que se establezcan mecanismos mediante los cuales se asegure conservar la integridad de la información en todas las aplicaciones distribuidas. Se optó por no centralizar el control de la concurrencia y delegar esa responsabilidad al objeto Modelo de cada aplicación mediante la incorporación de un Administrador de concurrencias (figura 32). El modelo incluye mecanismos de análisis semántico (Dourish, 1996) para cada tipo de aplicación, como el mecanismo para identificar soluciones para conflictos de arriba no ordenado de eventos y datos. Se planteó que cada mensaje enviado conteniendo eventos o datos, esté etiquetado con el tiempo de envío, un valor de prioridad y una identificación del cliente. De tal manera que pudieran emplearse algoritmos de orden parcial (Ellis y Gibbs, 1989; Lamport, 1978) para la solución de conflictos de arribos no ordenados de mensajes.

El control de piso. En la arquitectura, se delegó la responsabilidad del control de piso al objeto Modelo de las aplicaciones distribuidas, ya que se plantea que se puede utilizar cualquier tipo de control de piso dependiendo del tipo de aplicación de que se trate. Sin embargo, se contempla que el manejo de concurrencias en la administración del control de piso se administre mediante los mecanismos de concurrencias de envíos de mensajes mencionado anteriormente.

La conciencia de colaboración. Este elemento es manejado mediante dos instancias distintas. La primera de ellas corresponde al ambiente de trabajo colaborativo que contiene a las aplicaciones distribuidas, el cual es responsable de presentar a los usuarios susceptibles a iniciar una interacción. La segunda instancia corresponde al objeto Modelo, el cual establece las reglas mediante las cuales la conciencia de colaboración se da en las aplicaciones.

VI.3. Soporte tecnológico

Para realizar la implementación, se consideró una combinación de elementos tecnológicos que brindaran la flexibilidad necesaria para adecuarlas a las necesidades de este trabajo y que además, cuentan con un grado de madurez confiable. A continuación se presentan las tecnologías mediante las cuales se desarrolló cada elemento de la arquitectura.

VI.3.1. Las capas de abstracción de datos para la triada MVC

Las capas de abstracción fueron concebidas para proveer de una estructura a los datos y a los eventos compartidos entre los objetos de la triada MVC, ya sea de una manera local o remota, empleando para ello el lenguaje XML. La figura principal mediante la cual se creamos la estructura está representada por el Documento de Definición de Tipos (Document Type Definition o DTD). Este elemento asigna una estructura rígida a un documento XML mediante la especificación de las categorías de los miembros del documento, de los tipos de datos y de sus características (Consortium, 1998). Este DTD, es utilizado por objetos analizadores de XML, los cuales realizan una verificación estricta de que la estructura del documento cumpla fielmente con las reglas ahí definidas. En caso contrario, el documento es rechazado y se dispara un mensaje de error. Este mecanismo de verificación de la integridad de la estructura es independiente del medio mediante el cual se accede a la cadena XML, éste medio puede ser un archivo en el disco duro, un objeto en memoria o un flujo de datos proveniente de un canal de comunicación. Por ello, es posible analizar la información que se genera internamente en la aplicación así como la que proviene de las aplicaciones remotas.

Cada documento XML puede contener la relación del DTD que define su estructura, que es enviada al analizador, para que éste pueda interpretar el documento acorde a

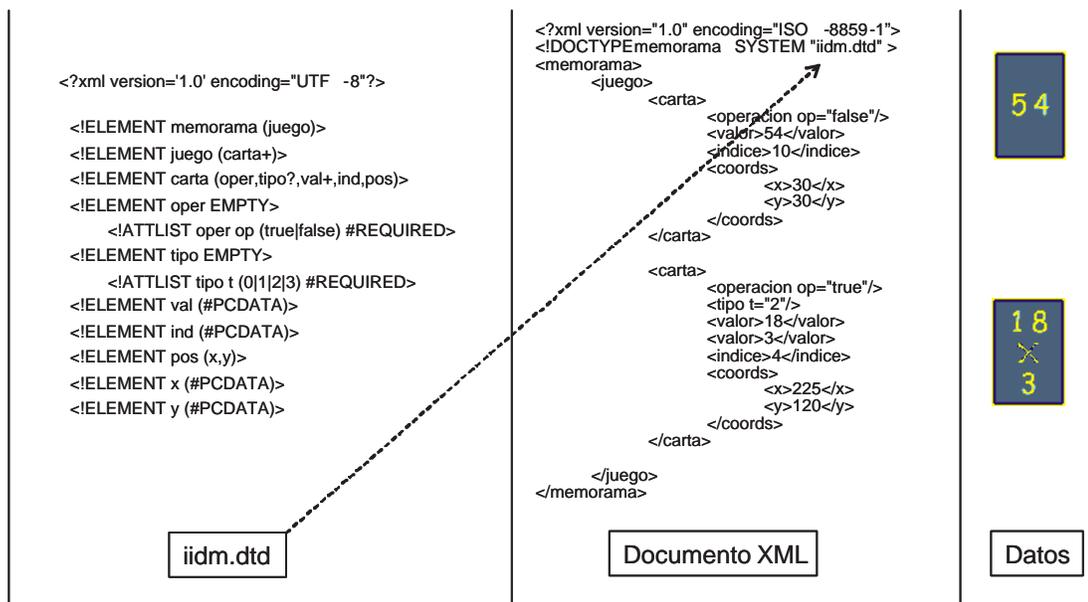


Figura 33: Relación entre los datos en XML, el archivo que le da estructura semántica a los datos (DTD) y el resultado de su interpretación tal y como los presenta la aplicación.

esta definición. La relación entre el DTD, el documento XML y sus datos se ilustra en la figura 33. Con esto, se crea un DTD para cada capa de abstracción de datos, de acuerdo a la estructura asociada a los datos que fueron manipulados a través de ellas. De esta manera es factible enviar la misma información a aplicaciones en donde el objeto Vista es distinto al de la aplicación de origen (recordemos el caso de la aplicación con una presentación auditiva), asegurando que la información es válida al ser analizada contra el DTD, y por lo tanto puede ser incorporada con confianza dentro de la información interna de la aplicación.

VI.3.2. El objeto Estafeta de envío de datos y eventos

La arquitectura requiere que esté objeto cuente con características particulares como son: la capacidad de “multiplexar” eventos a todas las instancias remotas, la capacidad

de enviar la información de manera sincrónica y asincrónica y la capacidad de encapsular la estructura de la información que describe al evento dentro de la estructura del mensaje de comunicación. La solución que encontramos para implementar este objeto, fue la del empleo del servidor de mensajería instantánea y cuartos de discusión Jabber. Este software de código abierto emplea una arquitectura cliente-servidor para el envío de mensajería en dos modalidades: mediante una comunicación uno a uno (mensajes instantáneos), o bien de muchos a muchos a través de cuartos de plática públicos o privados. Una de las características más importantes de este servicio radica en que toda la comunicación entre el servidor y sus clientes se realiza a través de cadenas XML, empleando un protocolo claramente definido mediante sus DTD. Además, cuenta con un API maduro y en varios lenguajes de programación, por lo que es sencillo el desarrollo de clientes del servicio de mensajería en una amplia gama de plataformas.

En este trabajo, se empleó el servicio de mensajería en dos sentidos. El primero de ellos es el sentido tradicional de un sistema de este tipo para la comunicación entre individuos. El segundo, se centra en el intercambio de mensajes entre aplicaciones, en los cuales se encapsula información de las aplicaciones e información de control de la interacción. De esta manera, se delegó la responsabilidad del envío de eventos y datos a este servicio de mensajería mediante el desarrollo de clientes incrustados dentro de cada instancia de las aplicaciones distribuidas.

VI.3.3. El objeto Administrador de conexiones

Debido a que los usuarios pueden desear trabajar con más de una sesión colaborativa a la vez, establecimos una estrategia que permite mantener un esquema multi-sesión sin perder la filosofía de contar con un esquema semi-centralizado. Es evidente que el administrador de conexiones debe tener conciencia de la existencia de las sesiones individuales y de grupo, ya que en este actor recae la responsabilidad de que cada mensaje

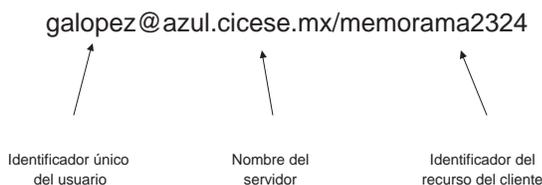


Figura 34: Estructura del Identificador Único del Usuario de Jabber.

enviado por cualquier instancia de la aplicación distribuida llegue sin confusiones al resto de las instancias que se encuentran en la misma sesión de trabajo.

Se implementó este objeto aprovechando otra característica de servidor Jabber, que es la posibilidad de tener múltiples sesiones abiertas empleando la misma cuenta de usuario. Esto se logra mediante la manipulación del Identificador Único del Usuario (JID por sus siglas en inglés), que está compuesto por la clave de acceso, el nombre del servidor y un identificador del recurso al cual está asociada la conexión (Miller *et al.*, 2002) tal y como se muestra en la figura 34. El recurso puede asociarse a un cliente o bien a un cuarto de pláticas. En la práctica, en cada conexión que se establece con el servidor, se hace que el JID varíe en la parte correspondiente al recurso creando con esto una ruta bien definida para la entrega de mensajes. De esta manera, cuando se envía un mensaje al usuario se anexa a su JID el recurso de la sesión cliente para que el mensaje sea entregado exclusivamente por esa conexión. Cuando se inicia una sesión de trabajo colaborativo, se crea una conexión cliente, asociada a un JID con un recurso que identifica esa sesión de grupo. Todos los usuarios que se registren para esta sesión de grupo comparten el identificador de recurso único para esta sesión, la cual a su vez, está asociada a una conexión bien conocida hacia el servidor y hacia los respectivos clientes incrustados en las instancias de la aplicación distribuida. De esta manera se mantiene la sesión de grupo, ya que los mensajes le serán enviados exclusivamente a los miembros asociados al identificador de recurso compartido.

VI.4. Desarrollo de prototipos

Debido a que el objetivo del trabajo es el desarrollo de un ambiente de aprendizaje colaborativo para el fomento del pensamiento matemático a través de diversiones matemáticas, el prototipo que se desarrolló tiene características orientadas en este sentido, usando la arquitectura del Ambiente de Aprendizaje que se explicó anteriormente.

VI.4.1. El Memorama Aritmético colaborativo

Este es un IIDM escrito en Java, y que fue creado para proveer un juego colaborativo enfocado al ejercitamiento de la aritmética simple. El juego se desarrolla de la siguiente manera: el usuario que tiene el turno selecciona un par de cartas del conjunto que se encuentra distribuido en el tablero y que tiene una cara oculta. Esta cara contiene una de las cuatro operaciones aritméticas, o bien algún valor numérico correspondiendo a un resultado. Así, el usuario debe seleccionar un par de cartas buscando que correspondan a la operación y a su resultado. Si acierta en la correspondencia de las cartas, éstas son retiradas del tablero y se anota un punto a su favor en el marcador. Si no acierta, las cartas son volteadas nuevamente y se cede el turno a otro jugador. Durante la ejecución del juego, los usuarios observan sincrónicamente las acciones que realiza el usuario que tiene el turno para jugar y solamente éste puede interactuar con las cartas. Por lo tanto, el usuario que no tiene el turno activo, observa la ejecución del juego hasta que el control del mismo le es cedido mediante el manejo de piso. Durante la ejecución del juego, los usuarios pueden interactuar entre ellos a través de un chat que esta inmerso en la interfaz del juego el cual está disponible en todo momento.

Parte de la información que es intercambiada entre las instancias distribuidas de la aplicación se presentan en la figura 33, en donde los eventos correspondientes a la selección de las cartas se codifican en una cadena XML que se distribuye a las instancias

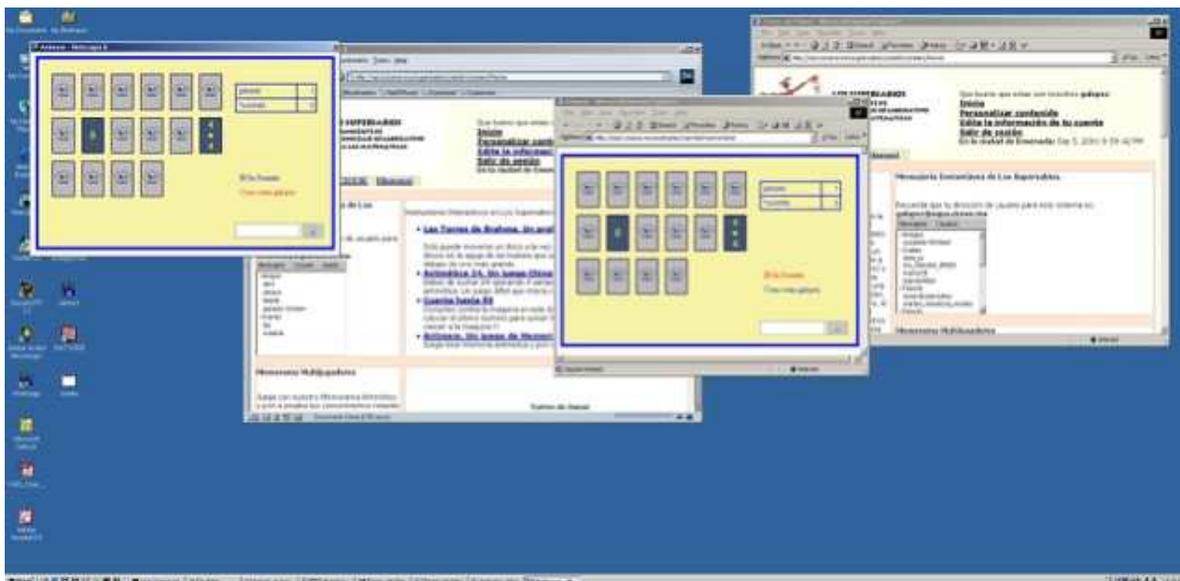


Figura 35: El memorama aritmético colaborativo en ejecución.

como un evento de la interfaz, siendo enviado directamente al objeto Controlador de cada una de ellas. El objeto Controlador de cada instancia analiza el mensaje y notifica al objeto Modelo de mismo. Este, recibe la información y modifica su estado para luego notificar al objeto Vista del cambio y que éste actualice la interfaz. En este prototipo, por simplicidad, se implementó un esquema de control de concurrencia por bloqueo no optimista Greenberg y Marwood (1994). En la figura 35, se presenta el memorama aritmético colaborativo con dos usuarios en una sesión de juego.

Para este juego empleamos el modelo pedagógico de tarjetas relacionadas (flash-cards), en el cual existe una relación unívoca entre un cuestionamiento (la operación aritmética) y su respuesta (Holmes-Smith (1999)). Al ser este un juego clasificado como epistémico (Sherry y Trigg, 1996), ayuda a crear estructuras mentales del conocimiento (formas epistémicas) que fomentan la reflexión, el pensamiento analítico y el aprendizaje inquisitivo, sin olvidar que el usuario ejercita sus habilidades individuales relacionadas con la aritmética.

El modelo MVC establece un esquema sencillo y flexible para el diseño de aplicaciones colaborativas orientadas a objetos, estableciendo claramente las responsabilidades de los tres objetos del modelo. Nuestra propuesta aprovecha esta flexibilidad para extender el modelo mediante la introducción del objeto Estafeta de transferencia de datos y eventos, incorporando de esta manera, un elemento que habilita la interacción entre triadas MVC distribuidas. Este elemento adicional, media las interacciones entre aplicaciones creando una capa de software que oculta la complejidad de los mecanismos de envío y recepción de mensajes del resto de las funciones dentro de cada aplicación. De esta manera, si se cumplen las condiciones de diseño de implementar el modelo MVC en una aplicación legada monousuario, es factible incorporar esta propuesta para adoptar un esquema colaborativo realizando modificaciones menores. Sin embargo, es necesario que se cuenten con las librerías necesarias para implementar el analizador de XML en el lenguaje en que esté escrita la aplicación y de preferencia que existan librerías del API de Jabber para implementar el cliente. Sin embargo, aún y cuando no se cuente con librerías para Jabber, su implementación no es muy compleja pues solamente se requiere establecer una conexión de tipo socket bajo el protocolo TCP/IP hacia el servidor, y codificar un analizador del protocolo de Jabber necesario para el envío y recepción de los mensajes aprovechando que el protocolo tiene una estructura sencilla y está muy bien documentado.

Esta propuesta provee un marco que permite construir aplicaciones colaborativas basadas en el modelo MVC extendido. La introducción del objeto Estafeta de transferencia de datos y eventos soportado por un servicio centralizado de mensajería, flexibiliza la construcción de aplicaciones colaborativas al delimitar con precisión las responsabilidades de los diferentes objetos que componen el sistema así como el mecanismo de interacción entre las instancias distribuidas de la aplicación. Permite también la interacción entre aplicaciones distintas pero que comparten la misma información. Esto se

logra mediante la codificación de la información del estado de la aplicación en forma de cadenas XML cuya estructura está bien definida a través de los documentos de definición de tipos (DTD). La estructuración de los datos y eventos, aunada a la capa de software para el análisis semántico y sintáctico de los mensajes, permite la interacción entre aplicaciones distintas pero que comparten la misma información. En particular, el uso del servidor de mensajería instantánea y cuartos de plática Jabber, solucionó varios de los requerimientos de la arquitectura al proveer tanto los mecanismos de envío múltiple de mensajes sincrónicos y asincrónicos, como la estrategia para el enrutamiento adecuado de los mensajes mediante la manipulación de la identificación del recurso dentro del identificador único del usuario. Esta característica permitió la creación de múltiples conexiones cliente dentro de cada aplicación distribuida, las cuales son independientes una de otra y comparten la misma clave de usuario, para que finalmente éstas sean utilizadas para comunicar a los usuarios y a las aplicaciones.

Se considera que esta propuesta arquitectónica puede ser de interés para aquellos interesados en el desarrollo simplificado de aplicaciones colaborativas, al delegar la complejidad del intercambio de información entre aplicaciones distribuidas a un sistema centralizado y especializado en el envío de mensajes; garantizando la integridad de la información aprovechando el esquema de encapsulación de los datos y eventos en cadenas estructuradas en XML. En la actualidad, se está trabajando en el diseño y codificación de un marco de clases para el lenguaje de programación Java mediante la cual se construyan aplicaciones colaborativas basadas en la propuesta arquitectónica. En particular, la orientación de este marco de clases es para la creación de juegos matemáticos del tipo de los IIDM, aunque los componentes dedicados a la interacción entre las aplicaciones distribuidas pueden ser útiles para cualquier aplicación escrita en dicho lenguaje. La necesidad de contar con este marco de clases surgió a partir de la experiencia obtenida con un grupo de estudiantes del curso de tecnologías de Internet

ofrecido en el departamento de Ciencias de la Computación en CICESE el en año 2002. Con la ayuda de este grupo, se crearon varios proyectos de curso para el desarrollo de juegos colaborativos empleando nuestra propuesta. Lamentablemente en esa ocasión, no se logró terminar el desarrollo de los juegos debido, precisamente, a la falta de librerías de clase que ayudaran a estudiantes noveles a implementar todas las funcionalidades requeridas en este tipo de software, especialmente aquellas funciones referidas al envío y recepción de mensajes y a los mecanismos de inicio de sesión.

Capítulo VII

Evaluación y resultados

Como se ha explicado anteriormente, en este trabajo se busca fomentar el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes a través del uso del AIIDM. Para obtener evidencia sobre este efecto, se diseñaron instrumentos de captura de información a manera de cuestionarios y entrevistas. Estos instrumentos permitieron obtener información para evaluar, de manera cualitativa y cuantitativa, diferentes aspectos relacionados con la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas en general, así como las impresiones sobre algunos aspectos relacionados con las particularidades del uso de *Los Supersabios* y los IIDM para el aprendizaje de las matemáticas.

Por otra parte, con el propósito de contar con una medición del sentir del alumno con respecto a las matemáticas y al uso del AIIDM, se decidió obtener una medición de la actitud. Se consideró que este parámetro era importante debido a que, de acuerdo con Krech et al. en Young (1966) , “la actitud puede definirse como un sistema durable de valuaciones positivas o negativas de sentimientos emocionales y de tendencias de acción favorables o adversas, respecto a un objeto social”. Por ello, la medición de la actitud con respecto a las matemáticas y a la adopción del enfoque de trabajo a través de los IIDM, proporcionó información relacionada al sentimiento del alumno con una orientación, positiva o negativa, sobre los puntos de estudio ya mencionados. De esta manera, si esta propuesta era efectiva a los ojos del alumno, se esperaba obtener valores tales que indicaran una actitud positiva. A continuación, se presenta a detalle la metodología seguida, cómo se desarrolló la evaluación y los resultados obtenidos.

VII.1. Metodología

Para evaluar el efecto del AIIDM en la actitud hacia las matemáticas, se realizaron evaluaciones con tres grupos de estudiantes de bachillerato, asistiendo a cursos basados en tópicos matemáticos y con un enfoque motivacional hacia el aprendizaje de las matemáticas. El primer curso se realizó en el verano del 2001, como parte del “Primer Taller de Ciencias para Jóvenes” (<http://www.cicese.mx/tallerjovenes/>), que se llevó a cabo en la ciudad de Ensenada, B.C. Un total de 30 estudiantes (los cuales conforman el Grupo A), asistieron a un curso de cuatro horas en grupos de siete a ocho individuos a la vez. En agosto del 2001, un grupo de 6 estudiantes, ganadores de un concurso de ciencias para bachillerato (denominado como Grupo B), participaron en un curso similar de cuatro horas de duración. Por otra parte, en el verano del 2002, 11 estudiantes participantes del “Segundo Taller de Ciencias para Jóvenes” (conocido a partir de ahora como Grupo C), asistieron a un curso más largo dividido en sesiones diarias de dos horas por cuatro días consecutivos.

Los cursos se llevaron a cabo en laboratorios equipados con computadoras y conexión a Internet. Cada estudiante inició su sesión en el sitio WEB del curso, mientras el profesor llevaba a cabo la presentación, empleando un proyector conectado a una computadora para presentar el contenido en una pared del laboratorio. En el sitio web, los estudiantes interactuaban libremente con el material didáctico, programas de computadoras, hojas de cálculo, animaciones, y herramientas de interacción. En ciertos momentos, se les pedía a los estudiantes que ingresaran al AIIDM para que crearan su espacio de trabajo. Una característica importante de estos cursos, radica en que, no obstante que los tópicos cubiertos en los cursos eran conocidos por los estudiantes en sus fundamentos matemáticos básicos, durante el curso trabajaron con construcciones matemáticas no triviales para resolver los cuestionamientos y situaciones que se

Tabla I: Cuestionario aplicado a los grupos A, B y C.

- Q1 Las matemáticas se utilizan mucho en la vida diaria.
- Q2 ¿Crees que las matemáticas son fáciles de aprender?
- Q3 ¿Se puede aprender matemáticas de una forma divertida?
- Q4 ¿Te gusta utilizar juegos de computadora?
- Q5 ¿Conoces programas de computadora que te ayuden a aprender matemáticas?
- Q6 ¿Has utilizado estos programas?
- Q7 ¿Utilizas juegos que te permitan competir a través de Internet?
- Q8 ¿El ambiente de Los Supersabios te pareció sencillo de usar?
- Q9 ¿Tuviste algún problema al utilizar el sitio?
- Q10 ¿El uso de Los Supersabios te motivó a aprender matemáticas?
- Q11 ¿El uso de Los Supersabios te ayudó a aprender matemáticas?
- Q12 ¿Consideras divertidos los juegos y actividades de Los Supersabios?
- Q13 ¿Los juegos y actividades de Los Supersabios son fáciles de usar?
- Q14 ¿Jugarías de nuevo el Memorama aritmético?

les iban presentando. Durante los cursos, cada alumno podía consultar libremente el material didáctico en su computadora. No se impusieron restricciones relacionadas con las rutas y tiempos de exploración del material didáctico, ni sobre el uso del mensajero instantáneo para la comunicación entre los asistentes al curso. Por el contrario, se fomentó su empleo cuando ellos lo desearan.

Al término de la última sesión, los estudiantes contestaron un cuestionario. Debido a que el tipo de información que se buscó fue la percepción del estudiante hacia los aspectos mencionados anteriormente, se tuvo que lidiar con cierto grado de incertidumbre a la hora de asignar una codificación basada en valores absolutos a las respuestas. Por ello, de acuerdo a las recomendaciones de Padua *et al.* (1979) y de Pardinás (1978), se optó por emplear una medida basada en una escala ordinal de 5 opciones: completamente en desacuerdo, en desacuerdo, regular (neutral), de acuerdo y completamente de acuerdo (ver tabla I), en donde a cada una se le asignó un valor numérico del 1 al 5 respectivamente. El cuestionario se conformó de 14 preguntas cerradas, es decir preguntas en donde se le presentan al entrevistado la totalidad de posibles respuestas, las cuales

estuvieron agrupadas en paquetes de preguntas de acuerdo al tipo de información que se quería obtener. Las preguntas del cuestionario se agruparon en 5 secciones:

1. El sentir del estudiante hacia las matemáticas. Preguntas 1 a 3.
2. Experiencia previa del estudiante con software educativo y videojuegos. Preguntas 4 a 7.
3. La percepción de la complejidad de uso del Ambiente de Aprendizaje. Preguntas 8 y 9.
4. La percepción del efecto del Ambiente de Aprendizaje en la motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas. Preguntas 10 a 12.
5. La opinión del estudiante con respecto a los juegos matemáticos disponibles en el Ambiente de Aprendizaje. Preguntas 13 y 14.

Los resultados porcentuales de las preguntas se muestran en la tabla II. Con el propósito de esclarecer si existía una tendencia de la población a mostrar una marcada asimetría en su distribución, se aplicó a los datos la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS), descrita por Siegel (1979). Esta prueba es comunmente utilizada para reconocer si la población tiende a seleccionar valores específicos dentro de las opciones de la pregunta, o bien los valores de las muestras están distribuidos de manera homogénea a largo de los valores posibles. La hipótesis nula H_0 , indica que no existe diferencia entre el número de elecciones para cada opción y que las diferencias en los valores son variaciones casuales de una muestra aleatoria de una población rectangular, cumpliéndose que $f_1=f_2=\dots=f_n$, en donde los f_n son los valores de las muestras. La prueba se aplicó a cada pregunta de la encuesta de los grupos A, B y C con un nivel de significancia de $p = 0.01$. Los valores calculados se presentan en la tabla III.

Tabla II: Resultados porcentuales del cuestionario aplicado a los grupos A, B y C.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	
	--- Sección 1 ---			----- Sección 2 -----				Sección 3		--- Sección 4 ---			Sección 5		
Opciones															
Completamente en desacuerdo	0.0	6.7	3.3	0.0	30.0	40.0	33.3	0.0	23.3	3.3	0.0	0.0	0.0	6.7	
En desacuerdo	6.7	13.3	10.0	16.7	16.7	26.7	40.0	6.7	33.3	3.3	10.0	0.0	6.7	3.3	Grupo A
Neutral	6.7	43.3	13.3	3.3	16.7	10.0	3.3	30.0	20.0	23.3	20.0	10.0	16.7	6.7	N = 30
De acuerdo	23.3	20.0	36.7	20.0	20.0	6.7	6.7	20.0	20.0	40.0	43.3	33.3	33.3	16.7	
Completamente de acuerdo	33.3	16.7	36.7	60.0	16.7	16.7	16.7	43.3	3.3	30.0	26.7	56.7	43.3	66.7	
Completamente en desacuerdo	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	33.3	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
En desacuerdo	0.0	16.7	0.0	0.0	50.0	16.7	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Grupo B
Neutral	0.0	16.7	16.7	16.7	16.7	50.0	0.0	16.7	50.0	0.0	16.7	0.0	16.7	0.0	N = 6
De acuerdo	33.3	16.7	16.7	33.3	16.7	0.0	33.3	16.7	16.7	50.0	33.3	16.7	16.7	0.0	
Completamente de acuerdo	66.7	50.0	66.7	50.0	0.0	0.0	16.7	66.7	16.7	50.0	50.0	83.3	66.7	100.0	
Completamente en desacuerdo	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	27.3	36.4	0.0	54.5	0.0	9.1	0.0	9.1	9.1	
En desacuerdo	0.0	0.0	0.0	9.1	27.3	45.5	27.3	0.0	36.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Grupo C
Neutral	9.1	9.1	0.0	9.1	36.4	0.0	36.4	9.1	9.1	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	N = 11
De acuerdo	36.4	63.6	54.5	18.2	9.1	9.1	0.0	27.3	0.0	45.5	63.6	45.5	36.4	45.5	
Completamente de acuerdo	54.5	27.3	45.5	63.6	9.1	18.2	0.0	63.6	0.0	54.5	27.3	54.5	45.5	45.5	

Tabla III: Resultados de la prueba KS, con un nivel de significancia de $p = 0.01$.

Pregunta	Grupo	D	H0	N	P
1	A	0.5667	rechazada	30	0.01
	B	0.6000	aceptada	6	
	C	0.8000	rechazada	11	0.01
2	A	0.8276	rechazada	29	0.01
	B	0.6333	rechazada	6	0.01
	C	0.8966	rechazada	11	0.01
3	A	0.6333	rechazada	30	0.01
	B	0.6333	rechazada	6	0.01
	C	0.8333	rechazada	11	0.01
4	A	0.6000	rechazada	30	0.01
	B	0.5000	aceptada	6	
	C	0.7667	rechazada	11	0.01
5	A	0.8333	rechazada	30	0.01
	B	1.0000	rechazada	6	0.01
	C	0.9667	rechazada	11	0.01
6	A	0.8333	rechazada	30	0.01
	B	1.0000	rechazada	6	0.01
	C	0.9333	rechazada	11	0.01
7	A	0.8333	rechazada	30	0.01
	B	0.8333	rechazada	6	0.01
	C	1.0000	rechazada	11	0.01
8	A	0.6000	rechazada	30	0.01
	B	0.6333	rechazada	6	0.01
	C	0.7667	rechazada	11	0.01
9	A	0.9667	rechazada	30	0.01
	B	0.8333	rechazada	6	0.01
	C	1.0000	rechazada	11	0.01
10	A	0.7000	rechazada	30	0.01
	B	0.6000	aceptada	6	
	C	0.8000	rechazada	11	0.01
11	A	0.7333	rechazada	30	0.01
	B	0.5000	accepted	6	
	C	0.9000	rechazada	11	0.01
12	A	0.5000	rechazada	30	0.01
	B	0.6333	rechazada	6	0.01
	C	0.8000	rechazada	11	0.01
13	A	0.5667	rechazada	30	0.01
	B	0.6333	rechazada	6	0.01
	C	0.8333	rechazada	11	0.01
14	A	0.6276	rechazada	29	0.01
	B	0.8000	rechazada	6	0.01
	C	0.8276	rechazada	11	0.01

En la primavera del 2002, se impartió una plática de matemáticas, a los alumnos del CBTIS 41 localizado en la ciudad de Ensenada, y se aplicó un cuestionario de 4 preguntas a este grupo de 77 estudiantes (Grupo D, tabla IV) para medir su actitud hacia las matemáticas. Las tres primeras preguntas están orientadas a capturar información acerca de su sentir con respecto a las matemáticas, mientras que la cuarta pregunta se empleó para conocer cuál carrera profesional pensaban elegir saliendo del bachillerato; esta pregunta se incluyó con la intención de conocer la distribución de elección de carreras que tienen una carga fuerte de educación matemática contra las que no lo tienen.

Para complementar las observaciones, se realizaron entrevistas a cinco individuos del grupo C mismas que fueron video-grabadas, al igual que las sesiones de los cursos de los grupos B y C.

VII.2. Resultados

Los resultados de la evaluación se presentan a continuación y están divididos en las siguientes secciones: el sentir del estudiante hacia las matemáticas, la experiencia previa del estudiante con software educativo y videojuegos, la usabilidad básica del Ambiente de Aprendizaje, el efecto del uso del Ambiente de Aprendizaje en la motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas, el sentir del estudiante hacia el uso del AIIDM, y la medición de la actitud.

VII.2.1. El sentir del estudiante hacia las matemáticas

En conformidad con los resultados del elemento Q1 del cuestionario (*Las matemáticas se utilizan mucho en la vida diaria*, tabla I), se encontró que existe una noción general acerca de lo útil que son las matemáticas en la vida diaria, indicado por el valor

Tabla IV: Cuestionario y resultados porcentuales aplicados al grupo D (N=77). La columna de opciones contienen las cinco posibles respuestas para cada una de las tres preguntas (Q1cb, Q2cb y Q3cb), y son completamente en desacuerdo, en desacuerdo, neutral, de acuerdo y completamente de acuerdo, cuyo valor va de 1 a 5 respectivamente. Los resultados de la cuarta pregunta (Q4cb), fueron obtenidos después de agrupar las respuestas de los estudiantes en dos clases: aquellas carreras que planean estudiar y que tienen o no un fuerte componente matemático.

- Qcb1 ¿Consideras importante aprender matemáticas?
 Qcb2 ¿Te es difícil aprender matemáticas?
 Qcb3 ¿Te gustan las matemáticas?
 Qcb4 ¿Qué carrera vas a estudiar en la universidad?

Opciones	Qcb1 %	Qcb2 %	Qcb3 %	
Completamente en desacuerdo	1.3	22.1	9.1	
En desacuerdo	0.0	16.9	14.3	
Neutral	5.2	41.6	27.3	Grupo D
De acuerdo	14.3	5.2	10.4	N = 77
Completamente de acuerdo	79.2	14.3	39.0	

Qcb4	%
Carreras con un fuerte componente matemático	56.3
Carreras sin un fuerte componente matemático	43.7

promedio de 92.5% de respuestas en las opciones positivas. Sin embargo, los valores de la prueba KS para el grupo B (que se muestran en la tabla III), indican que no puede rechazarse la hipótesis nula con $p = 0.01$, como ocurre con el resto de los grupos evaluados. Esto indica que los estudiantes de este grupo B, no muestran una tendencia a seleccionar una respuesta específica, es decir, que no existe una tendencia general a pensar en lo útil de las matemáticas en la vida diaria. Este fue un comportamiento inesperado para este grupo ya que estaba conformado por los ganadores de un concurso nacional de innovación tecnológica. Para esclarecer este comportamiento, se elevó el valor del nivel de significancia a $p = 0.05$, observando que esta vez la hipótesis nula si puede ser rechazada, por lo que los resultados de esta pregunta para el grupo B deben ser interpretados con cautela.

Las respuestas del cuestionario aplicado al Grupo D, se presentan en la tabla IV en las columnas Q1cb a Q4cb. Se observa que la mayoría de los estudiantes considera importante aprender matemáticas (pregunta Q1cb, tabla IV). Más del 80% de las respuestas de la pregunta Q2cb muestran un grado de confianza relativamente alto acerca de su capacidad para aprender matemáticas. Con respecto a la pregunta Q3cb, se encontró que solo el 20% tiene una actitud positiva hacia las matemáticas, con el 27% de las respuestas en la opción neutral y que una porción importante (49.4%) de los estudiantes de este grupo no les agradan.

La apreciación acerca de la dificultad de aprender matemáticas (pregunta Q2, *¿Crees que las matemáticas son fáciles de aprender?*), muestra una distribución amplia entre los estudiantes. Por ejemplo, las respuestas del Grupo A, muestran una distribución homogénea con el 43% de las respuestas en la opción neutral. En los otros dos grupos, más del 60% de las respuestas se encuentran dentro del área afirmativa definidas por las opciones 4 y 5. Se observa un comportamiento similar cuando se le preguntó a los estudiantes si pensaban que las matemáticas pueden aprenderse de una manera

entretenida.

Los resultados obtenidos enfatizan un aspecto importante de la educación matemática en nuestras escuelas. Los resultados de evaluaciones internacionales, como la de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (2001, 2000) en la que se midió la habilidad de los estudiantes de varios países para aplicar el conocimiento matemático, muestran que el valor en la escala de aptitud para las matemáticas de los estudiantes mexicanos (387 puntos) está ubicada muy por debajo del promedio internacional de los países miembros de la OCDE de 500 puntos. Los resultados de el presente estudio al igual que en el estudio de la OCDE, muestran que los estudiantes están conscientes de la importancia de aprender matemáticas y su injerencia en las actividades de la vida diaria. Sin embargo, un número considerable de ellos (23.4%, que equivale a 18 estudiantes) expresaron sentimientos negativos hacia las matemáticas, incluso aún y cuando habían expresado su confianza en sus habilidades para aprenderla. Este comportamiento se asemeja a los ya observados por Suraweera (2002) en estudiantes de primer año de Ciencias Computacionales. Incluso los valores porcentuales coinciden con los reportados en el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas, (TIMMS (1999), *Trends in International Mathematics and Science Study*). En el referido estudio, el valor promedio internacional de estudiantes que expresan su incapacidad para ejecutar operaciones matemáticas es del 15%, comparado con el 14.3% que se encontró en el presente estudio para el grupo D. El valor promedio internacional para estudiantes con la mayor autoestima sobre sus aptitudes matemáticas es del 18%, mientras que en el presente estudio es del 22%. La importancia del aspecto motivacional en el aprendizaje de las matemáticas es enfatizada por los resultados del estudio TIMMS, en el cual los estudiantes que tienen una actitud positiva hacia las matemáticas tienden a tener un mejor rendimiento. De acuerdo con Henderson y Landesman (1992), las variables motivacionales contribuyen significativamente a la predicción del éxito en el aprendizaje de

conceptos y aplicaciones de las matemáticas.

Otra característica interesante de este grupo D, está relacionada con la distribución de la intención de estudiar una carrera en específico (pregunta Q4cb en la tabla IV). Las respuestas se clasificaron en dos grupos, el primero correspondiente a carreras con un número considerable de elementos curriculares que tienen que ver con matemáticas (e.g. ingenierías, economía, física, etc.), y el otro grupo son aquellas carreras que no los tienen. Se encontró que la distribución de las respuestas fue balanceada, con un 56.3 % en el primer grupo y un 43.7% en el segundo.

VII.2.2. Experiencia previa del estudiante con software educativo y videojuegos

Los resultados de la pregunta Q4 (*¿Te gusta utilizar juegos de computadora?*), de la tabla II para los grupos A y C, muestran la preferencia de los estudiantes a jugar juegos de computadora, tal y como lo indican el 80% de las respuestas. De la tabla III, se puede observar que para el Grupo B en la pregunta Q4, no se puede rechazar la hipótesis nula de la prueba KS, lo que indica que en este grupo no existe una tendencia definitiva a jugar juegos de computadora. Resulta interesante que este grupo se mostró muy entusiasta cuando se les presentaron los juegos matemáticos de los IIDM, especialmente cuando emplearon el juego multiusuarios. El motivo de esta falta de correlación entre sus preferencias y su comportamiento, puede estar asociada al contexto en que se desarrolló el curso, en el cual los estudiantes estaban inmersos actividades propias del curso y el uso de los juegos era parte de estas actividades, por lo que tenían que emplearlos para poder continuar. De esta manera, los estudiantes estaban empleando un tipo de software (videojuegos) que al parecer, no están habituados a emplear comúnmente.

Con respecto a la pregunta Q5 (*¿Conoces programas de computadora que te ayuden a aprender matemáticas?*), para el Grupo A solo el 53% de los estudiantes conocen

programas de computadora para el aprendizaje de las matemáticas. Mientras que el Grupo B presenta un valor de 33%, y para el Grupo C de 54%. Por otra parte, es importante hacer notar el comportamiento que siguen las respuestas a la pregunta Q6 (*¿Has utilizado estos programas?*) para los tres grupos, ya que se encuentra que menos del 50% de los estudiantes utilizan este tipo de software.

A partir de los resultados de la pregunta Q7 (*¿Utilizas juegos que te permitan competir a través de Internet?*), se observa que los estudiantes que juegan videojuegos prefieren los juegos de un solo jugador ya que solamente el 21.7% de los estudiantes juegan videojuegos a través de Internet. Con el propósito de explorar un poco más los hábitos de los alumnos con la computadora, se preguntó fuera del contexto del cuestionario a algunos de los estudiantes acerca de sus hábitos de trabajo en Internet, respondiendo que no tienen muchas oportunidades para utilizar Internet debido a la falta de computadoras en sus casas, mientras que el acceso a este equipo en sus escuelas es limitado. En consecuencia, estas limitaciones parecen explicar el comportamiento de las respuestas a esta pregunta.

VII.2.3. La percepción de la complejidad de uso del Ambiente de Aprendizaje

Las repuestas a la pregunta Q8 (*¿El ambiente de Los Supersabios te pareció sencillo de usar?*), muestran que la percepción de la mayoría de los estudiantes es que el sistema es fácil de utilizar, al presentarse el 60% de las respuestas en el área positiva de la pregunta. Al ser el Ambiente de Aprendizaje un sistema basado en el WEB, se tiene la ventaja de que la interfaz hacia el usuario está conformada por texto, gráficos, hipervínculos y elementos de formas electrónicas con las cuales ya está familiarizado el usuario regular de Internet. Esta familiaridad con los elementos del sistema puede ser

la razón por la cual se le considera fácil de usar. En todos los casos la plática introductoria sobre el uso del sistema fue breve, de aproximadamente 10 minutos, después de los cuales los estudiantes dominaron los diferentes mecanismos de manipulación de la interfaz, el uso del mensajero electrónico y las aplicaciones incrustadas en los IIDM.

Por otra parte, al observar el comportamiento de las respuestas de la pregunta Q9 (*¿Tuviste algún problema al utilizar el sitio?*), se evidenció una relación directa entre el rendimiento y disponibilidad del equipo de cómputo empleado y las respuestas obtenidas. La arquitectura del Ambiente de Aprendizaje ha mostrado una buena estabilidad desde que está en funcionamiento, en el verano del 2001, con un número relativamente pequeño de visitantes externos mensualmente; además ha mostrado la capacidad de soportar la interacción simultánea de los estudiantes durante los talleres, escalando adecuadamente la asignación de recursos para mantener una buena experiencia de uso en cuanto a la velocidad de respuesta de las interfaces y la ausencia de caídas del sistema. No obstante, las respuestas a la pregunta sobre los problemas que tuvo el estudiante con el sistema varían de manera importante. Un 23 % del Grupo A y un 33 % del Grupo B tuvieron experiencias negativas con el uso del sistema, mientras que en el Grupo C no se encuentran este tipo de respuestas. La razón por la cual se presentaron las respuestas negativas en los grupos A y B, fue debido a que hubo una serie de fallas en la infraestructura de la sala de cómputo que se utilizó. Cuando se llevó a cabo el curso para el Grupo A, ocurrieron dos fallas de la energía eléctrica por dos horas en dos de las sesiones, mientras que durante el taller que se impartió para el Grupo B, se tuvieron fallas en los equipos de cómputo ya que se bloqueaban los equipos continuamente. Para el taller en el que participó el Grupo C, se empleó una sala distinta que contaba con equipo de cómputo en mejores condiciones y esta vez, las respuestas de los estudiantes fueron completamente positivas.

VII.2.4. El Ambiente de Aprendizaje y la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas

La motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas a través de los IIDM es muy relevante en este trabajo, y en este sentido los resultados son muy alentadores, debido a que más del 70% de las respuestas de la pregunta Q10 (*¿El uso de Los Supersabios te motivó a aprender matemáticas?*) fueron positivas, y solo el 30% fueron negativas o neutrales. Las respuestas a la pregunta Q11 (*¿El uso de Los Supersabios te ayudó a aprender matemáticas?*), muestran que los estudiantes sienten que aprendieron matemáticas mientras utilizaron el Ambiente de Aprendizaje. A este respecto, se observa que la mayoría de las respuestas se encuentran en la parte baja de la región positiva, por lo que este comportamiento al parecer indica que los estudiantes sí consideran que hubo aprendizaje, pero sin que se tenga una identificación plena de lo aprendido. Sin embargo, esta aseveración no parece ser válida para todos los grupos, debido a que los valores de la prueba KS del grupo B la hipótesis nula no puede ser rechazada, indicando que los estudiantes de este grupo no seleccionaron opciones específicas para las preguntas Q10 y Q11. Sin embargo, de acuerdo a las observaciones realizadas en clase, este grupo fue uno de los más entusiastas en cuanto al uso del sistema, la orientación recreativa del material, el mensajero instantáneo y el juego multiusuarios. En el aspecto de la experiencia que tuvieron los estudiantes con el uso del Ambiente de Aprendizaje, parece ser que todos los participantes la disfrutaron, tal y como lo muestran las respuestas a la pregunta Q12 (*¿Consideras divertivos los juegos y actividades de Los Supersabios?*), ya que todas se encuentran en la región positiva.

VII.2.5. El sentir del estudiante hacia el uso del AIIDM

En general, los estudiantes expresaron sentimientos positivos con respecto al uso de los juegos y actividades contenidas en el Ambiente de Aprendizaje, con más del 70 % de las respuestas situadas en la región positiva de la pregunta Q13 (*¿Los juegos y actividades de Los Supersabios son fáciles de usar?*). Un comportamiento similar se observa en las respuestas de la pregunta Q14 (*¿Jugarías de nuevo el Memorama aritmético?*), en donde las respuestas que caen dentro del área positiva varían del 83 % al 100 %. Este comportamiento concuerda con las observaciones realizadas durante los cursos, en donde el juego multiusuarios funcionó como un catalizador para la participación del estudiante en las actividades del aula.

Con respecto a el retorno de los estudiantes a emplear el sistema después de terminar los talleres, se encontró que poco más de un cuarto de los asistentes regresó posteriormente a emplearlo. Sin embargo y debido a que no se encontraba entre una de las actividades de este trabajo de tesis al seguimiento puntual de toda la interacción de los estudiantes con el ambiente de aprendizaje, no se cuenta con información detallada sobre las acciones realizadas durante la sesión del usuario. En particular, se cuenta con la información de la última vez que se abrió una sesión en el ambiente de aprendizaje a partir del año 2002 al año 2005. Cabe mencionar, que los talleres para jóvenes en los cuales se realizó la evaluación de esta propuesta se han impartido de sin interrupciones en cada año, desde el verano del 2001 hasta el verano del 2005. Después de analizar esta información, se encontró que 8 de los 11 estudiantes que asistieron al taller de jóvenes en el 2002 ingresaron posteriormente y por su cuenta, al ambiente de aprendizaje. De ellos, 5 lo hicieron entre los siguientes 3 meses posteriores al taller, mientras que los restantes 2 lo hicieron en el 2003 y el 2004. Por otro lado, considerando que son 84 estudiantes que han asistido a los talleres de jóvenes desde el 2002 al 2004, excluyendo al 2001 del cual no se tiene información de uso en el sistema, al analizar los registros de

su última sesión, se observa que un 26.2% de ellos (correspondiendo a 22 estudiantes), regresó a utilizar el sistema después de haber concluido el taller.

VII.2.6. Medición de la actitud

A partir de las dos experiencias con los grupos A y B, se decidió que para el grupo C, se contara con una herramienta de evaluación adicional conocida como escala Likert, la cual sería usada específicamente para determinar la actitud del individuo hacia el tema en cuestión. Esta escala se basa en una serie de aserciones con una orientación positiva o negativa con respecto al tema. Cada elemento de la escala tiene un número de opciones que varía de acuerdo al objetivo de la investigación y el criterio del investigador, variando entre 4, 5 y 7 opciones. Estas opciones van desde “completamente de acuerdo” hasta el “completamente en desacuerdo”, con la posibilidad de incluir la opción “neutral” para expresar indecisión.

Después de realizar el procedimiento de construcción de la escala Likert descrito por Pardinas (1978) y Padua *et al.* (1979) y que se detalla en el apéndice C, se obtuvieron 11 aserciones positivas y negativas a las cuales se le asociaron 4 opciones: completamente de acuerdo, de acuerdo, en desacuerdo y completamente en desacuerdo. Se omitió la opción “neutral” para forzar que las respuestas se ubicaran en el “área positiva” o el “área negativa” de la aserción. Se asignaron a las opciones un valor ordinal del 1 al 4 si la orientación de la aserción era positiva, y del 4 al 1 si la orientación era negativa. Esta inversión de los valores en las aserciones negativas se realizó para mantener la misma relación entre los valores de ámbos tipos de aserciones. Los resultados se presentan en la tabla V.

Esta herramienta de evaluación de la actitud se considera una prueba de sumas, debido a que la suma de los valores de las respuestas de un individuo denotan una actitud positiva o negativa de acuerdo a los valores ordinales asociados a cada opción.

Tabla V: Aserciones de la escala Likert y el valor de la moda de sus respuestas para el grupo C. Cada pregunta tiene cuatro opciones variando desde completamente en desacuerdo, en desacuerdo, de acuerdo y completamente en desacuerdo. Cada opción tiene un valor de 1 a 4 para las actitudes positivas y de 4 a 1 para las negativas.

Dimensión de la actitud hacia las matemáticas	Moda
Entiendo como se relacionan entre sí los conceptos matemáticos que he aprendido en la escuela.	3
No sé en que se utilizan las matemáticas en la vida diaria.	3
Evito cualquier actividad que tenga que ver con matemáticas.	4
No sé para que sirvan las matemáticas.	4
Dimensión de la actitud al uso del Ambiente de Aprendizaje y los IIDM	Moda
Los juegos y actividades recreativas que utilicé no tienen relación con las matemáticas que se utilizan en la vida diaria.	4
Los juegos y actividades recreativas que utilicé tienen relación con las matemáticas que aprendo en la escuela.	3
Entiendo como relacionar las matemáticas de los juegos y actividades recreativas con las matemáticas que aprendo en la escuela.	4
Si puedo resolver problemas recreativos entonces puedo resolver problemas que me plantean en la escuela.	4
Prefiero el material didáctico que tengo en la escuela a utilizar programas de computadora como Los Supersabios.	4
Los juegos y actividades recreativas que utilicé no tienen relación con las matemáticas que aprendo en la escuela.	4

Es decir, existe un umbral del valor de la suma de las respuestas que denota si un individuo está en el área positiva o negativa de la actitud, y a través de los valores totales o promedio de las respuestas del individuo, es posible ubicarlo en términos relativos a los valores máximos, mínimos y promedio. Por ello, cuando se desea caracterizar el comportamiento de un grupo, los resultados se analizan a través del uso de la moda o la mediana.

En el presente estudio, se analizaron dos dimensiones con la escala Likert: la actitud hacia las matemáticas y la actitud hacia el uso del Ambiente de Aprendizaje y los IIDM. Debido a la baja dispersión de las respuestas, se optó por emplear la moda ya que fue este indicador el que mejor describió el comportamiento de la población en cada una de las respuestas. En este caso, la escala Likert fue contestada por los estudiantes al finalizar la sesión del taller.

Como puede verse en la tabla V, los resultados obtenidos a partir de la escala Likert fueron similares a los obtenidos con el cuestionario. Con respecto a la primer dimensión evaluada (el sentir del estudiante hacia las matemáticas), los resultados individuales indican una actitud positiva hacia el aprendizaje de las matemáticas; la misma actitud se observa a nivel grupal como lo indica el valor de la moda de las asepciones de esta dimensión. De acuerdo a los valores individuales y modales de las asepciones de la dimensión 2 (la actitud hacia el uso del Ambiente de Aprendizaje y los IIDM), los estudiantes muestran una actitud positiva hacia el valor de emplear el Ambiente de Aprendizaje y su contenido para el aprendizaje de las matemáticas.

VII.3. Discusiones de los resultados

De acuerdo con los resultados presentados en la sección anterior, se observa que los estudiantes mostraron un gran interés por el Ambiente de Aprendizaje, los juegos

matemáticos y la herramienta de interacción. Los estudiantes manifestaron tener una apreciación positiva relacionada con los IIDM y su enfoque recreativo, por presentar una perspectiva distinta a la que observan en su escuela para el aprendizaje de las matemáticas. Para ilustrar esto, se muestran a continuación extractos de los comentarios expresados en el cuestionario en la sección de preguntas no estructuradas:

- "... el curso tuvo un enfoque divertido para entender diferentes problemas y teoremas, además nos mostró una manera distinta de ver a las matemáticas".
- "La manera de enseñar matemáticas fue mejor que la que emplean para enseñarnos (matemáticas) en la escuela".
- "Interactuamos de una manera divertida. El material y los instructores me parecieron perfectos. Nos mostraron que las matemáticas es más que contar números, además de que lo hicieron de una manera entretenida".

De las entrevistas realizadas a cinco estudiantes del Grupo C, se desprenden algunas consideraciones interesantes. Entre ellas, está la apreciación de cuatro de los estudiantes de que existe una relación entre los conceptos matemáticos vistos durante el curso y las matemáticas que aprenden en la escuela. Además, dos de ellos expresaron la percepción de que el elemento más importante en esta relación, fue la orientación a la solución de problemas, tal vez no de manera directa, pero si como una metodología o estrategia para resolver problemas matemáticos.

Por otra parte, estos estudiantes consideraron que el material presentado en el curso estaba a un nivel de complejidad más alto que el del material que estudian en el aula de clases. Esto fue de alguna manera sorprendente, ya que el contenido matemático del material del curso no eran conceptos nuevos a los que comunmente se aprenden en el bachillerato e incluso en la secundaria. Los tópicos matemáticos cubiertos fueron, conjuntos de números, notación científica, exponenciación, series aritméticas y geométricas,

entre otros. Durante el curso, las habilidades matemáticas de los estudiantes fueron empleadas para resolver problemas recreativos presentados de una manera distinta a la que usualmente se emplea en la escuela. Al parecer, la orientación algorítmica de la enseñanza de las matemáticas que se imparte comunmente en los salones de clase, representa un obstáculo para la aplicación de las habilidades matemáticas básicas para plantear la solución a un problema dado. También opinaron que, por lo general, en la escuela se presentan conceptos nuevos a partir de la definición formal y no a partir de ejemplos situados en un contexto real. Esto difiere de lo propuesto por Skemp (1993) y el estándar de la NCTM (2002), en donde se propone que para que a partir del planteamiento del problema se generen los mapas mentales para abstraer el concepto matemático.

Los resultados de la evaluación, con respecto a lo que se refiere al sentir del estudiante hacia las matemáticas, parecen indicar que la problemática relacionada con el aprendizaje de las matemáticas no necesariamente se encuentra en una apreciación negativa de su utilidad en la vida diaria, sino en la manera de cómo se enseñan en la escuela. Esto está de acuerdo con lo expuesto por Gómez Chacón (2000), que afirma que parte del problema consiste en la necesidad de crear una mayor confianza en el alumno acerca de su capacidad de plantear soluciones a problemas con fundamentos matemáticos, con lo cual es posible que se disminuya el porcentaje de alumnos a los que no les gustan las matemáticas. De acuerdo con lo expresado por Szendrei (1996), desafortunadamente en un curso de matemáticas orientado hacia el aprendizaje algorítmico los estudiantes deben aprender el procedimiento para solucionar problemas triviales, para posteriormente analizar y elaborar un plan para resolver problemas más complejos, empleando para ello conocimiento matemático aislado como bloques de construcción. Este procedimiento hace que sea más difícil el uso del conocimiento por parte del estudiante.

El uso de la computadora para la enseñanza de las matemáticas, incorpora un elemento adicional para el desarrollo de modelos pedagógicos innovadores. Sin embargo, es

necesario desarrollar en el estudiante habilidades básicas en el uso de la computadora, y en particular el uso de sistemas distribuidos como en el caso de los juegos multiusuarios a través de Internet. En este sentido, las aplicaciones distribuidas con fines de interacción social, son un medio muy atractivo para desarrollar ciertas habilidades en los estudiantes, especialmente los videojuegos que se juegan en línea. Pero para ello, los estudiantes deben tener acceso a este tipo de software en su casa o en la escuela, lo cual, al parecer, no está ocurriendo de acuerdo al comportamiento de los resultados de la sección 2; de no hacerlo se están desperdiciando oportunidades para que el estudiante se familiarice con software que le permita interactuar con otros en un esquema colaborativo, el cual es un elemento recomendado por la NCTM (2002) y que se encuentra referenciado en el programa de la SEP para la secundaria.

Los resultados de la sección 3, en donde se obtiene información sobre la percepción del alumno con respecto a la complejidad de uso del sistema, muestran la importancia de cuidar los aspectos técnicos de la infraestructura de cómputo para que la experiencia de los estudiantes con el software educativo sea positiva. Como Sherry y Trigg (1996) lo mencionan, las fallas en la tecnología de soporte al aprendizaje (hardware, software y telecomunicaciones) son la causa de un sentimiento de frustración en los estudiantes, que por lo general conlleva al abandono del uso de la tecnología, sin importar el valor del modelo pedagógico seleccionado.

La auto-evaluación que hace el estudiante con respecto a su aprendizaje, es un elemento importante dentro de los modelos pedagógicos que actualmente están en boga. De esta manera, el estudiante se hace conciente de sus logros y limitaciones, lo que ayuda a la generación de un pensamiento reflexivo el cual es un elemento deseable para el aprendizaje. En cuanto a la motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas, cuyos resultados se presentaron en la sección 4, indican que al menos en los grupos A y C la mayoría de los estudiantes tienen la noción de haber aprendido matemáticas

después de utilizar el Ambiente de Aprendizaje y los IIDM, así como una motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas. Este pequeño ejercicio de auto-evaluación resultó muy interesante, ya que no obstante de que la mayoría de las respuestas de los grupos evaluados caen dentro de la región positiva, se muestra evidencia de que un porcentaje de alumnos (30%) no percibe algún beneficio después de haber utilizado el sistema, lo cual sitúa a un sector del estudiantado que requeriría de un seguimiento especial por parte del instructor para aprovechar plenamente el AIIDM. No obstante, la tendencia positiva del efecto del uso del AIIDM para el aprendizaje de las matemáticas coincide con lo encontrado por Avalos (1998), en donde demuestra el valor del empleo de las matemáticas recreativas dentro de un contexto pedagógico innovador para el aprendizaje de los alumnos, a la vez que funcionan como un elemento de motivación.

El caso especial del Grupo B marca también una pauta sobre los posibles límites de la propuesta de este estudio. Por el hecho de que este grupo era conformado por estudiantes capacitados en diferentes áreas tecnológicas, su educación y su perspectiva con respecto a las matemáticas se espera que fuera distinta a la del estudiante promedio, lo cual, de acuerdo a los resultados obtenidos, parece ser de esta manera. Al no haber una tendencia de la población hacia la elección de alguna opción en particular, los individuos de ésta se comportan como una población con distribución cuadrada, es decir, todas las muestras se consideran aleatorias. Una interpretación a este comportamiento es la independencia en la manera de pensar de los estudiantes con mayor madurez en su capacidad de desarrollar pensamiento crítico. Al no observarse que manifestaran un beneficio o perjuicio con respecto al uso del Ambiente de Aprendizaje y los IIDM, es posible interpretar este comportamiento como que esta propuesta tiene un efecto mínimo para este tipo de grupos, pues se trató de individuos que no requerían una mayor motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas. No obstante, este aspecto requiere de una evaluación más detallada y que no forma parte de los objetivos de este

trabajo de tesis.

De acuerdo con los resultados de la sección 5, en donde se evaluó el sentir del estudiante hacia el uso del enfoque recreativo en el software educativo, tanto el Ambiente de Aprendizaje como el uso de juegos multiusuarios resultan muy atractivos para el estudiante. Durante la evaluación, se observó que cuando se introdujo a los estudiantes en el uso del cliente de mensajería instantánea, hubo una respuesta general para su uso inmediato. Durante el curso, no se restringió el uso del mensajero, sino por el contrario se motivó su empleo. Se observó que algunos estudiantes trabajan mientras mantienen discusiones con otros compañeros, pero sin perder la atención a la actividad que en esos momentos se estaba desarrollando en el curso. Una posible interpretación a estas observaciones es que los estudiantes que seguían este comportamiento, comparten la atención entre dos tipos de actividades: la actividad académica y la actividad social. Por ejemplo, en medio de un ejercicio con el problema de las Torres de Hanoi, un estudiante interactuaba continuamente con el IIDM que simula el problema y con el mensajero instantáneo, enviando y recibiendo mensajes con un compañero localizado en un lugar distinto del laboratorio. No obstante este continuo cambio entre actividades, este estudiante terminó satisfactoriamente el ejercicio. A su vez, se observó que el uso del mensajero instantáneo integrado al AIIDM, fue introducido muy sutilmente en el proceso de aprendizaje. Esto posiblemente se debió a que las actividades del curso no estaban centradas en su uso. Pareciera que un Ambiente de Aprendizaje con estas características, auxilia al establecimiento de comunidades de aprendizaje, debido a que aun y cuando su uso es como un espacio de trabajo, el AIIDM apoya las interacciones sociales que contribuyen a la formación de situaciones de aprendizaje relajadas y amigables.

Un elemento importante a resaltar, es la facilidad de la introducción de los usuarios al uso del Ambiente de Aprendizaje después de recibir las instrucciones básicas de uso

del AIIDM, ellos trabajaron en él y dominaron todas sus funciones en un corto periodo de tiempo. Los estudiantes emplearon IIDM que provenían de archivos fuente en muy variados formatos: páginas HTML, archivos XML y RSS transformados dinámicamente en HTML y aplicaciones WEB. Tomando en consideración que el acceso al material fue hecho a través de su espacio de trabajo, ninguno de ellos notó el origen distinto de los IIDM al momento de la presentación en su pantalla ni durante la búsqueda y agregación de los IIDM a través del catálogo. Los sistemas basados en WEB como *Los Supersabios*, tienen la ventaja de que la mayoría de los estudiantes que se encuentran familiarizados en el uso de Internet cuentan ya con las habilidades para utilizarlo. La arquitectura en la cual está apoyado el sistema, ha demostrado ser estable, sin embargo las características de las estaciones de trabajo de los estudiantes es un factor de riesgo para su uso y aprovechamiento.

Otro elemento relevante, fue el hecho de que los estudiantes pudieron adaptar su espacio de trabajo conforme a su manera de trabajar. Fue común observar que sus espacios de trabajo mantenían acomodos distintos de los elementos de portal dentro de la página hogar; algunos maximizaban el portlet para que ocupara la totalidad de la pantalla y aprovechar mejor el despliegue mientras que otros utilizaron acomodos en una, dos y tres columnas, sin embargo en ningún caso los estudiantes modificaron el esquema de colores que se presenta por defecto al momento de crear su cuenta e ingresar por primera vez al sistema.

Capítulo VIII

Conclusiones

El uso de los Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas (IIDM) tiene el potencial de ser atractivo para fomentar el aprendizaje de las matemáticas. La naturaleza de sus elementos son tales, que pueden ser empleados para capturar la atención de los usuarios y así fomentar el aprendizaje de las matemáticas, los cuales están representados en su modelo conceptual. En el modelo, las matemáticas recreativas entran como un elemento interesante para el desarrollo de actividades relacionadas con las matemáticas empleando un enfoque lúdico. Además se encuentra la interacción con software diseñado especialmente para auxiliar en la generación de conocimiento matemático. También se contempla el uso de elementos de la telemática que permite la interacción entre usuarios distribuidos, así como el contexto de trabajo recreativo orientado a la solución de problemas y modelos de aprendizaje cognitivos que se presentan en distintas maneras de aprender matemáticas.

Otra característica interesante de los IIDM, radica en su diseño basado en componentes, el cual hace posible que el modelo sea suficientemente flexible como para ir incorporando nuevas funcionalidades y pueda ser modificado conforme se vayan adoptando variantes a la estructura original, o cuando se vayan ampliando o renovando los requerimientos de uso. Esta versatilidad que permite la incorporación de nuevos elementos, fue particularmente evidente cuando se requirió agregar los metadatos basados en los estándares para objetos de aprendizaje del IEEE; así, solamente hubo que agregar al modelo un nuevo módulo que fuera capaz de proporcionar el soporte para estos estándares, y con ello el IIDM se vio enriquecido sin que se tuvieran que hacer mayores

modificaciones al resto de los elementos, tal y como se explica en el capítulo 2.

El AIIDM es un espacio de trabajo, integrado y colaborativo, planeado y diseñado para sustentar al IIDM y para aumentar su funcionalidad. Su modelo arquitectónico ha sido diseñado para extender el concepto de contenedor de los IIDM, y situarlo en un esquema en donde se convierte en un verdadero espacio de trabajo personalizable, mediante el cual los usuarios pueden interactuar con los IIDM y entre sí. A través de los diferentes servicios del sistema, los IIDM son enriquecidos con características provistas por la infraestructura del AIIDM. Tal es el caso de los IIDM multiusuarios, los cuales emplean varios servicios del Ambiente de Aprendizaje para iniciar la interacción entre usuarios, así como para el intercambio de datos y eventos entre las instancias distribuidas del software. Como ya se especificó anteriormente, el IIDM colaborativo y el sistema de mensajería instantánea funcionó como un catalizador para la interacción entre estudiantes, lo cual coincide con lo expresado por Sherry (2000), quien dice que la interacción entre los miembros de una comunidad de aprendizaje juega un rol importante en la adquisición de conocimiento, así como en el nivel social y emocional para promover la coherencia de grupo.

Cuando el AIIDM es usado en un escenario educativo, bajo la supervisión de un tutor, su diseño provee características que son útiles para todos los participantes. Para los estudiantes, el Ambiente de Aprendizaje brinda una experiencia de aprendizaje atractiva a través de un espacio de trabajo familiar y fácil de utilizar, lo cual, de acuerdo con Stefanov *et al.* (1998), es un factor importante para la adopción de este tipo de tecnología educativa. Por esto, el uso del paradigma del portal de Internet resultó ser una buena estrategia, en el sentido de que rindió frutos en diferentes aspectos del trabajo. Uno de ellos fue la facilidad de incorporación de contenidos en diversos formatos dentro del Ambiente de Aprendizaje. De esta manera, los estudiantes pudieron personalizar su espacio de trabajo empleando siempre un formato de presentación uniforme, logrando

con ello que enfocaran su atención en el contenido y no en el diseño gráfico. Para el tutor, el AIIDM proporciona una serie de mecanismos con los cuales puede publicar y administrar el contenido educativo. Para los desarrolladores de los objetos de aprendizaje, el sistema ofrece valiosos servicios que les permiten interactuar con el repositorio, intercambiar información sobre la sesión de usuario, y acceder automáticamente a los servicios de interacción.

De la evaluación del AIIDM, resalta el hecho de que aunque la mayoría de los estudiantes encuestados expresó que consideran importante aprender matemáticas y que éstas son útiles en la vida diaria, una porción significativa de ellos (que equivale al 23.4%), expresaron una actitud negativa hacia su aprendizaje. Este subconjunto de estudiantes justifica el desarrollo de trabajos como el presente. Por ello resulta alentadora la evidencia que obtuvimos sobre la actitud, en general positiva de los estudiantes hacia el uso del AIIDM, y sobre la percepción positiva de una motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas a partir de su uso. Por otra parte, resulta claro que es necesario acercar más a los estudiantes al uso de software educativo monousuario o multiusuarios con el propósito de generalizar su uso.

A partir de los resultados de la evaluación, el Ambiente de Aprendizaje en conjunto con los IIDM cumplen con el propósito de fomentar el aprendizaje de esta disciplina entre los estudiantes que lo emplearon. Esto quizá fue posible debido a que la experiencia de los estudiantes con el AIIDM fue rica, pues se integraron tres distintas estrategias de uso de la computadora en la educación: como un medio de transmisión del contenido, como un medio de comunicación entre los usuarios del mismo, y como material didáctico interactivo. Esta integración va más allá de la simple ocurrencia en paralelo de éstas en un sistema de software, debido a que se crearon relaciones de operación entre el Ambiente de Aprendizaje, las herramientas de interacción y los IIDM, logrando con ello eliminar en cierta medida el distanciamiento que habitualmente se presenta entre

el contenido, su contenedor y los servicios telemáticos de soporte.

En resumen, el AIIDM es una propuesta que integra en un solo concepto a elementos tecnológicos y de la educación asistida por computadora para motivar a los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas. El conjunto de resultados cuantitativos y cualitativos muestran evidencias de que el Ambiente de Aprendizaje y los IIDM cumplen cabalmente con las metas planteadas como propuesta para el fomento del aprendizaje de las matemáticas, motivando al estudiante mediante un enfoque pedagógico novedoso, soportado por un espacio de trabajo atractivo y que fomenta la interacción entre los alumnos para la generación de una comunidad de aprendizaje.

Capítulo IX

Trabajo a futuro

Se identificaron algunas líneas de investigación que es conveniente desarrollar para explorar todo el potencial educativo del AIIDM. Entre éstas se encuentra la evaluación del efecto del uso del AIIDM en el rendimiento del alumno en matemáticas, ya que hasta el presente se ha evaluado exclusivamente el efecto motivacional. Otra línea de investigación, corresponde al soporte del AIIDM para el profesor en sus diferentes roles, es decir, el profesor como autor para lo cual se elaboró ya un sistema de edición de IIDM y sus metadatos, pero que requiere de ser validado. Otro rol identificado del profesor, es el de administrador del material didáctico, para lo cual es necesario diseñar e implementar mecanismos de administración de los IIDM para la planeación y ejecución de un curso basado en su uso. El último rol identificado es el del profesor como tutor, en donde es necesario crear modelos de implantación del uso del AIIDM en el aula de clases. Por último, otra línea de investigación corresponde al desarrollo de los IIDM con dos vertientes, una de ellas en relación a la interoperabilidad con otros ambientes de aprendizaje, mediante el desarrollo de mecanismos de recuperación basados en estándares internacionales. La otra vertiente corresponde a la creación de la plataforma de desarrollo de IIDM multiusuarios, mediante la creación de bibliotecas de clases “frameworks” que faciliten a los desarrolladores su codificación.

Referencias

- (ADL), A. D. L. 2004. "Sharable content object reference model (scorm) 2004 overview". <http://www.adlnet.org/scorm/history/2004/index.cfm>, accedido en enero 2004.
- Alur, D., J. Crupi, y D. Malks 2003. "Core j2ee patterns. best practices and design strategies". Sun Microsystems Press, segunda edición. 650 pp.
- Avalos, T. C. 1998. "Educación matemática". Reporte técnico , Universidad Pedagógica Nacional, México. 20 pp.
- Averbach, B. y O. Chein 2000. "Problem solving through recreational mathematics". Dover Publications, Inc., Myneola, NY, USA. 480 pp.
- Bachelard, G. 1938. "La formación del espíritu científico. contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo". Siglo Veintiuno, Buenos Aires, Argentina, 21 edición. 302 pp.
- Begole, J., M. Rosson B., y C. Shaffer A. 1999. "Flexible collaboration transparency: Supporting worker independence in replicated application-sharing systems". *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 6(2):95-132 p.
- Berlanga, R., C. Boash, y J. Rivaud 1999. "Las matemáticas, perejil de todas las salsas". Fondo de Cultura Económica, México. 118 pp.
- Berners-Lee, T., R. Fielding, y L. Masinter 1998. "Request for comments 2396. uniform resource identifiers (uri): Generic syntax". <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2396.html>, accedido en septiembre 2003.
- Bourbeck, S. 1992. "Applications programming in smalltalk-80: How to use model-view-controller (mvc)". <http://st-www.cs.uiuc.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html>, accedido en enero 2002.

- Brandt, D. S. 1997. "Constructivism: Teaching for understanding of the internet". *Communications of the ACM*, 40(10):112-117 p.
- Braun, E. 1999. "Caos, fractales y cosas raras". Fondo de Cultura Económica, México. 154 pp.
- Cantoral, R., R. Farfán, F. Cordero, J. Alanís, R. Rodríguez, y A. Garza 2000. "Desarrollo del pensamiento matemático". Editorial Trillas, México. 225 pp.
- Chacón, I. G. 2000. "Matemática emocional". Narcea S.A., Madrid, España. 220 pp.
- CIMT 1999. "Games in the classroom". <http://www.ex.ac.uk/education/cimt/games/gameclas.htm>, accedido en febrero 2000.
- Consortium, W. W. W. 1998. "Extensible markup language (xml)". <http://www.w3.org/XML/>, accedido en febrero 2002.
- Corporation, M. 2002. "Microsoft netmeeting". <http://www.microsoft.com/windows/netmeeting/>, accedido en mayo 2002.
- Crook, C. 1994. "Computers and the collaborative experience of learning". Routhledge, London ; New York. 261 pp.
- Dai, J., M. Wu, T. Wu, y J. Cohen 2002. "Promoting peer-to-peer discourse for collaborative mathematics in canadian grade 7 classrooms". En: "Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2002", Denver, Colorado, USA. AACE. 325-326 p.
- DCMI 2003. "Dublin core metadata element set, version 1.1: Reference description". <http://dublincore.org/documents/2003/02/04/dces/>, accedido en septiembre 2003.
- de Montes, L. S. y C. Gonzales 2000. "Been there, done that; reaching teachers through distance education". *Journal of Technology and Teacher Education*, 8(4):411-434 p.
- del Valle, S. 17 mayo 2004. "Muestra caída educación básica". Periódico Reforma, México. En Prensa.

- Dewey, J. 1927. “Cómo pensamos. nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y el proceso educativo.”. Paidós, Barcelona, España. 249 pp.
- Dodge, B. y T. Maarch 2001. “The webquest project”. <http://edweb.sdsu.edu/webquest/webquest.html>, accedido en marzo 2001.
- Dourish, P. 1996. “Consistency guarantees: exploiting application semantics for consistency management in a collaboration toolkit”. En: “Proceedings of the ACM 1996 conference on Computer supported cooperative work”. ACM Press. 268–277 p.
- Duchastel, P. 1996. “Advanced educational technology: Research issues and future potential”. Springer Verlag, Grenoble, France, capítulo Learning Interfaces, 220 pp.
- Duval, E., E. Forte, K. Cardinaels, B. Verhoeven, R. Van Durm, K. Hendrikx, M. W. Forte, N. Ebel, M. Macowicz, K. Warkentyne, y F. Haenni 2001. “The ariadne knowledge pool system”. *Communications of the ACM*, 44(5):72–78 p.
- Ellis, C. A. y S. J. Gibbs 1989. “Concurrency control in groupware systems”. En: “Proceedings of the 1989 ACM SIGMOD international conference on Management of data”. ACM Press. 399–407 p.
- for International Student Assessment, P. 2003. “Learning for tomorrow’s world. first results from pisa 2003”. Reporte técnico , Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, Paris, Francia. 471 pp.
- Fragoso, C. P. 2002. “La docencia en línea. manual para la conducción de cursos en línea.”. <http://www.ens.uabc.mx/enlinea/index.htm>, accedido en junio 2002.
- Gama, E., R. Helm, R. Johnson, y J. Vlissides 1994. “Design patterns: Elements of reusable object-oriented software”. Addison Wesley, Reading, Mass, USA. 395 pp.
- Gardner, M. 1961. “Entertaining mathematical puzzles”. Dover Publications, Inc., New York, USA. 112 pp.
- Gorritz, C. M. y C. Medina 2000. “Engaging girls with computers through software games”. *Communications of the ACM*, 43(1):42-50 p.

- Greenberg, S. 1990. "Sharing views and interactions with single-user applications". En: "Proceedings of the conference on Office information systems". ACM Press. 227–237 p.
- Greenberg, S. y D. Marwood 1994. "Real time groupware as a distributed system: concurrency control and its effect on the interface". En: "Proceedings of the conference on Computer supported cooperative work". ACM Press. 207–217 p.
- Greenberg, S. y M. Roseman 1996. "Trends in cscw". John Wiley and Sons Ltd, capítulo Groupware Toolkits for Synchronous Work, 148 pp.
- Gros, B. 2002. "Knowledge construction and technology". *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 11(4):323-343 p.
- Gros, B., J. Aguayos, J. Almazan, L. Bernat, M. Camas, F. Campos, J. Cardenas, y X. Vilella 1998. "Jugando con videojuegos: Educación y entretenimiento". Desclée de Brouwer, Bilbao, España. 130 pp.
- Harger, R. O. 1996. "Teaching in a computer classroom with a hyperlinked interactive book". *IEEE Transactions on Education*, 39(3):327–335 p.
- Henderson, R. y E. Landesman 1992. "Mathematics and middle school students of mexican descent: The effects of thematically integrated instruction". Reporte técnico , National Center for Research on Cultural Diversity and Second Language Learning, University of California, Santa Cruz, CA, USA. 15 pp.
- Heuvelen, A. V. 2001. "The workplace, student minds, and physics learning systems". *Am. J. Phys.*, 69(11):1139-1146 p.
- Holmes-Smith, D. M. 1999. "The ecology of education: Creating the natural environment for inductive learning". En: "WEBNET Proceedings of 1999", Norfolk, VA. AACE. 1704–1704 p.
- Jacobson, I., G. Booch, y J. Rumbaugh 1998. "The unified software development process". Addison-Wesley, Reading, Mass., USA. 463 pp.

- Jonanssen, D. H. y C. S. Carr 2000. "Computers as cognitive tools, volume two: No more walls". Lawrence Erlbaum Associates, Inc., capítulo Mindtools: Affording multiple knowledge representations for learnings, 165-196 p.
- Kasner, E. y J. Newman 1940. "Mathematics and the imagination". Simon and Schuster, NY, USA. 357 pp.
- Kenneth, R. 1996. "International handbook of mathematics education. part 1". Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, capítulo Calculators in the Mathematics Curriculum: The Scope of Personal Computational Technology, 435-468 p.
- Klawe, M. y E. Phillips 1999. "A classroom study: Electronic games engage children as researchers". En: "Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning 95 (CSCL)", Bloomington, Indiana.
- Kretch, D. y R. Cruschfield 1948. "Theory and problems of social psychology". McGraw Hill, NY, USA. 639 pp.
- la Peña, J. D. 1999. "Álgebra en todas partes". Fondo de Cultura Económica, México. 195 pp.
- Lamport, L. 1978. "Time, clocks, and the ordering of events in a distributed system". Communications of the ACM, 21(7):558-565 p.
- Lauwers, J. C., T. A. Joseph, K. A. Lantz, y A. L. Romanow 1990. "Replicated architectures for shared window systems: a critique". En: "Proceedings of the conference on Office information systems". ACM Press. 249-260 p.
- López, G., G. López, y J. Ibarra 2001. "Ambiente de aprendizaje basado en instructores interactivos de diversiones matemáticas". En: Ana M. Breda, Antonio I. Bajuelos, D. C., (ed.). "Proceedings of the International Conference on New Technologies in Science Education (1)", Julio 4-6, Aveiro, Porgugal. 313-325 p.
- López-Morteo, G., G. L. Mariscal, y L. V. Corral 2000. "Educación abierta y a distancia.

- experiencias y perspectivas”. Universidad Autónoma de Baja California, capítulo Una concepción lúdica del software educativo para las matemáticas, 127–140 p.
- LTSC 2000. “Ieee p1484.12 learning object metadata working group. draft standard for learning object metadata”. Reporte técnico , IEEE Learning Technology Standards Committee, USA. 44 pp.
- LTSC 2001. “Ieee p1484.12 learning object metadata working group. draft standard for learning object metadata”. Reporte técnico , IEEE Learning Technology Standards Committee, USA. 44 pp.
- Marzano, R. J., D. Pickering, y J. McTighe 1993. “Assessing student outcomes: Performance assessment using the dimensions of learning mod”. Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, VA, USA. 138 pp.
- Mataix, M. 1986. “Historia de matemáticos y algunos problemas”. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, España. 196 pp.
- Michalski, R. 1993. “Readings in knowledge acquisition and learning. automating the construction and improvement of expert systems”. Morgan Kauffmann Publishers Inc., San Mateo, CA, USA, capítulo Toward an Unified Learning Theory: Multistrategy Task-adaptive Learning, 906 pp.
- Miller, J., P. Saint-Andre, y J. S. Foundation 2002. “Xmpp instant messaging”. <http://www.jabber.org/ietf/draft-miller-xmpp-im-00.html>, accedido en agosto 2002.
- NCTM 2002. “Principles and standards for school mathematics”. National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA, USA. 392 pp.
- Núñez, M. C. 1999. “Apoyos conceptuales y metodológicos para el diseño de cursos orientados al aprendizaje autogestivo. notas del curso”. Cuadernos CECAD. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 33 pp.

- OCDE 2000. "Aptitudes básicas para el mundo del mañana. otros resultados del proyecto pisa 2000". Reporte técnico , Instituto de estadística de la UNESCO, Paris, Francia. 26 pp.
- OCDE 2001. "El estudio pisa de la ocde proporciona datos internacionalmente comparables en cuanto al desempeño estudiantil". Reporte técnico , Instituto de estadística de la UNESCO, Paris, Francia. 4 pp.
- Padua, J., I. Ahman, H. Apezechea, y C. Borsotti 1979. "Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales". Fondo de Cultura Económica, México. 360 pp.
- Panqueva, A. G. 1998. "Educación para el siglo xxi apoyada en ambientes interactivos, ludicos, creativos y colaborativos". Revista Informática Educativa, 11(2):169-192 p.
- Panqueva, A. G. 2000. "Ludomática: ambientes educativos lúdicos, creativos, colaborativos e interactivos, para niños en condición de riesgo". En: "Actas V Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, RIBIE 2000", December 4-6, Viña del Mar, Chile.
- Papert, S. 1996. "The connected family. bridging the digital generation gap". Logstreet Press, Athens, GA, USA. 224 pp.
- Papert, S. 2000. "Does easy do it? children, games. and learning". <http://www.papert.org/articles/Doeseasydoit.html>, accedido en julio 2002.
- Pardinas, F. 1978. "Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales. introducción elemental". Siglo Veintiuno Editores, México, vigesimosexta edición edición. 242 pp.
- Patterson, J. F., R. D. Hill, S. L. Rohall, y S. W. Meeks 1990. "Rendezvous: an architecture for synchronous multi-user applications". En: "Proceedings of the conference on Computer-supported cooperative work". ACM Press. 317-328 p.
- Piaget, J. 1950. "The psychology of intelligence". Routledge and Paul, K., London, UK. 224 pp.

- Polya, G. 1973. "How to solve it. a new aspect of mathematical method". Princenton University Press, Princenton, New Jersey, USA, second edición. 253 pp.
- Pöyry, P., K. Peltó-Aho, y J. Puustjärvi 2002. "The role of metadata in the cuber system". En: "SAICSIT '02: Proceedings of the 2002 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on Enablement through technology", Republic of South Africa. South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists. 172–178 p.
- Quinn, C.Ñ. 1997. "Engaging learning". <http://it.coe.uga.edu/itforum/paper18/paper18.html>, accedido en diciembre 2003.
- Ralph, D, H., B. Tom, R. Steven L., P. John F., y W. Wayne 1994. "The rendezvous architecture and language for constructing multiuser applications". ACM Transactions on computer-Human Interaction, 1(2):81-125 p.
- Rosas, R., M. Nussbaum, P. Cumsille, V. Marianov, M. Correa, P. Flores, V. Grau, F. Lagos, X. Lopez, V. Lopez, P. Rodriguez, y M. Salinas 2003. "Beyond nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students". Computers and Education, 40(1):71-94 p.
- Sánchez, J. S. 1998. "Experimentación en compañía: El aprendizaje colaborativo en ludomática. documento de divulgación 04-98". Reporte técnico , Universidad de los Andes. Laboratorio de I+D sobre Informática en Educación, Santa Fé de Bogotá, Colombia. 7 pp.
- Sandoval-Soriano, V. 2005. "Desarrollo de un editor gráfico para objetos de aprendizaje". Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California. 97 pp.
- Schoenfeld, A. 1999. "Looking toward the 21 st century: Challenges of educational theory and practice". Educational Resercher, 28(7):4–14 p.

- Selltiz, C., L. Wrightsman, S. Cook, G. Balch, R. Hofstetter, y L. Bickman 1980. "Métodos de investigación en las relaciones sociales". Rialp, Madrid, España, 9a revisada y aumentada edición. 826 pp.
- SEP 1995. "Plan y programas de estudio de educación básica". Secretaría de Educación Pública, México.
- Sherry, L. 2000. "The nature and purpose of online discourse: A brief synthesis of current research as related to the web project". *International Journal of Educational Telecommunications*, 6(1):19-51 p.
- Sherry, L. y M. Trigg 1996. "Epistemic forms and epistemic games". *Educational Technology*, 36(3):38-44 p.
- Siegel, S. 1979. "Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta". Ed. Trillas, México. 346 pp.
- Singmaster, D. 1992. "The unreasonable utility of recreational mathematics". <http://anduin.eldar.org/problemi/singmast/ecmutil.html>, accedido en agosto 2003.
- Skemp, R. 1993. "Psicología del aprendizaje de las matemáticas". Morata, Madrid, España. 331 pp.
- Spooncer, F. 1992. "Behavioural studies for marketing and business". Stanley Thornes Ltd., Leckhampton, UK. 256 pp.
- Steen, L. A., (ed.) 1999. "La enseñanza agradable de las matemáticas". Limusa, México D.F., México. 241 pp.
- Stefanov, K., D. Dicheva, R. Nikolov, y I. Djakova 1998. "User interfaces for a virtual learning environment: Two study cases". *Education and Information Technologies*, 3:307-319 p.
- Suraweera, F. 2002. "Enhancing the quality of learning and understanding of first-year mathematics for computer science related majors". *SIGCSE Bull.*, 34(4):117-120 p.

- Szendrei, J. 1996. "International handbook of mathematics education. part 1". Kluwer Academic Publishers, capítulo Concrete materials in the classroom, 411-434 p.
- TIMMS 1999. "Third international mathematics and science study 1999 video study technical report, volume 1: Mathematics". Reporte técnico , National Center for Education Statistics, Washington, DC, USA. 522 pp.
- Vizcarra, L. 2000. "Sistema de instructores interactivos de diversiones matematicas (siidm) enfocado a la educacion de las matematicas a nivel secundaria". Tesis de Maestría, Centro de Investigacion Cientifica y de Educacion Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California. 135 pp.
- Vygotsky, L. S. 1978. "Mind in society: The development of higher psychological processes.". Cambridge: Harvard University Press, Cambridge, Mass., USA. 159 pp.
- Wiley, D. A. 2000. "The instructional use of learning objects". Libro electrónico, 270 pp.
- Wishart, J. 2000. "Student's and teacher's perceptions of motivation and learning through the use in schools of multimedia encyclopaedias on cd-rom". Jorunal of Educational Multimedia and Hypermedia, 4(9):331-349 p.
- Young, P. 1966. "Scientific social surveys and research". Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA. 576 pp.

Apéndice A

El registro de portlets

El registro de portlets se realiza a través de un archivo en XML. En este caso, el elemento *registry* necesita ser el elemento raíz de cualquier fragmento del registro. La definición del DTD del registro del portlet se presenta en la figura 36.

A.1. El registro de portlets

El sistema de registro de Jetspeed, puede contener 7 diferentes tipos de elementos que son usados para el manejo de los portlets. Estos tipos son:

1. Portlets (elemento *portlet-entry*). Contiene las referencias de los portlets que van a estar disponibles para cargar en las páginas del sistema.
2. Controles (elemento *portlet-control-entry*). Los controles son las clases encargadas de decorar a los portlets en una página y de proveer los mecanismos para tener acceso a las acciones definidas para el portlet, como la personalización.
3. Controladores (elemento *portlet-controller-entry*). Son las clases encargadas de la presentación de los portlets en la página del usuario (columnas, renglones, etc.).
4. Caretas (elemento *skin-entry*). Define a los esquemas de colores disponibles para los usuarios.
5. Tipos de medios (elemento *media-type-entry*). Define a los diferentes tipos de formatos de presentación de los contenidos dependiendo de su formato original, por ejemplo, los tipos html, jsp, rss, etc.
6. Clientes (elemento *client-entry*). Define a las características que se van a instanciar dependiendo del tipo de agente del usuario (Mozilla, Internet Explorer, etc.)

7. Seguridad (elemento *security-entry*). Define los atributos para el control del acceso asociado a los elementos de la página y a las acciones del portal.

A.2. El portlet

Es el componente principal del registro y está representado por el elemento *portlet-entry*. Describe un objeto de tipo portlet que puede ser cargado dentro de una de las páginas del portal. Existen tres tipos de registros de portlets, definidos por el atributo *type* del elemento tal y como se presenta a continuación:

abstract Estos portlets no pueden ser empleados directamente en una página de portlets, por lo que solo provee de una plantilla de configuración para crear una entrada de tipo *ref*. El elemento *classname* es requerido en este tipo de registro.

instance Estos son los portlets definidos por omisión y describen los elementos de Java que cumplen con el API de los Portlets. Estos pueden ser insertados en las páginas de portal. El elemento *classname* es requerido en este tipo de registro.

ref Estos registros son los que se encuentran de manera más frecuente. Definen portlets que hacen referencia a otro portlet existente en el registro, además de sobrescribir o complementar con parámetros adicionales la definición previa del portlet. El atributo *parent* es requerido para este tipo de portlet, y debe de referenciar a otro portlet de tipo *abstract* o *instance*, pero no a otro del mismo tipo.

Los registros de portlets contienen además del atributo *type*, atributos y elementos estándares que pueden ser utilizados en otras entradas del registro y que son presentadas a continuación.

- Atributo *hidden*. Este atributo es empleado para determinar la visibilidad de un portlet en el catálogo de portlets.
- Elemento meta-info. Este elemento se emplea para describir propiedades relacionadas con el registro del portlet. Puede contener a su vez tres elementos que son *title*, *description* e *image*.

- Elemento security-ref. Este elemento es utilizado para describir los derechos de acceso al registro del portlet o al del parámetro.

A.3. El registro de portlets de Los Supersabios

Para ejemplificar la manera de emplear el archivo de registro de portlets a partir de las especificaciones del DTD, se presenta aquí el registro completo de IIDM de Los Supersabios.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<registry>
<portlet-entry name="RSS_POPUP" hidden="false" type="abstract" application="false">
<classname>org.apache.jetspeed.portal.portlets.NewRSSPortlet</classname>
<parameter name="stylesheet" value="/WEB-INF/xsl/rss.xsl" hidden="false">
<security role="admin"/>
</parameter>
<parameter name="stylesheet.text/html"
value="/WEB-INF/xsl/rss_popup.xsl" hidden="false">
<security role="admin"/>
</parameter>
<parameter
name="stylesheet.text/vnd.wap.wml"
value="/WEB-INF/xsl/rss-wml.xsl" hidden="false">
<security role="admin"/>
</parameter>
<parameter name="itemdisplayed" value="15" hidden="false">
<meta-info>
<title>Number of items</title>
<description>This parameter controls how many items may be shown in this portlet.
If the information channel has more items,
only the first will be displayed. </description>
</meta-info>
</parameter>
<parameter name="openinpopup" value="false" type="boolean" hidden="false">
<meta-info><title>Open links in Popup window</title>
<description>Links will be opened in a new browser window.</description>
</meta-info>
</parameter>
<parameter name="showdescription" value="true" type="boolean" hidden="false">
<meta-info>
<title>Show item description ?</title>
<description>This parameter specify whether the item descriptions and
icons should be displayed in this portlet, or only the headlines. </description>
</meta-info>
```

```

</parameter>
<parameter name="showtitle" value="true" type="boolean" hidden="false">
<meta-info>
<title>Show title description ?</title>
<description>This parameter specify whether the title description
and icon should be displayed in this portlet, or only the title. </description>
</meta-info>
</parameter>
<parameter name="showtextinput" value="true" type="boolean" hidden="false">
<meta-info>
<title>Show Text Input?</title>
<description>This parameter specify whether the text input will be displayed.
Text Input is an optional element in the RSS feed. </description>
</meta-info></parameter>
<media-type ref="html"/>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="GrupoMatematicasCC" hidden="true" type="ref"
parent="WebPagePortlet" application="false">
<meta-info>
<title>Grupo de Matemáticas Computacionales</title>
<description>Ciencias de la Computacion CICESE</description>
</meta-info>
<url>http://azul.cicese.mx/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Matematicas_Computacionales" hidden="true" t
ype="ref" parent="RSS" application="false">
<meta-info>
<title>Grupo de Matemáticas Computacionales. Sumario</title>
</meta-info>
<url>http://localhost:8080/supersabios/rss/matematicas.rdf</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Instructores_Interactivos"
hidden="false" type="ref" parent="RSS_POPUP" application="false">
<meta-info>
<title>Lista de IIDM disponibles</title>
<description>Estos son algunos de los IIDM con los que puedes
interactuar en este lugar.</description>
</meta-info>
<url>http://localhost:8080/supersabios/rss/iidm.rdf</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Publicaciones del Proyecto" hidden="true"
type="ref" parent="RSS" application="false">
<meta-info>
<title>Articulos, Publicaciones y Noticias del proyecto de investigacion</title>
</meta-info>
<url>http://localhost:8080/supersabios/rss/publicaciones.rdf</url>
</portlet-entry><portlet-entry name="IIDMH0Y" hidden="false"
type="ref" parent="HTML" application="false">

```

```

<meta-info>
<title>Los IIDM del mes (applet)</title>
<description>Conoce y diviértete con los nuevos IIDM de este mes.</description>
</meta-info>
<url>http://fibonacci.cicese.mx/contenido/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Acerca de" hidden="true"
type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>Acerca de Los Supersabios</title>
</meta-info>
<url>http://localhost:8080/supersabios/contenido/acercade/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="MensajeríaApplet" hidden="false" type="instance"
application="false">
<meta-info>
<title>Comunicate con tus amigos</title>
<description>Mensajería Instantánea y CHAT.</description>
</meta-info>
<classname>mx.cicese.ccmat.supersabios.MensajeríaApplet</classname>
<parameter
name="jarurl"
value="http://azul.cicese.mx:8080/supersabios/contenido/mensajero/mss.jar" hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Fibonacci, la Disco y el acomodo de
ladrillos en una pared" hidden="false" type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>Fibonacci, la Disco y ladrillos</title>
<description>Descubre la relación entre la serie de Fibonacci y
el acomodo de cuerpos geométricos.</description>
</meta-info>
<url>http://azul.cicese.mx/taller/fibydisco/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Aritmetica24Jorge"
hidden="false" type="ref" parent="WebPagePortlet" application="false">
<meta-info>
<title>IIDM. Aritmetica 24. Un juego chino.</title>
<description>En este Instructor debes de sumar 24 operando 4 cartas. </description>
</meta-info>
<parameter name="dont_remove_applet" value="yes" hidden="false"/>
<parameter name="dont_remove_object" value="yes" hidden="false"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/aritmetica24/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Descripcion del proyecto"
hidden="true" type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>Descripción general del proyecto</title>

```

```

<description>Sistema colaborativo para la adquisición
de conocimiento matemático</description>
</meta-info>
<url>http://localhost:8080/supersabios/contenido/jornada/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="CEAD2000. Marco Teorico" hidden="true"
type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>Una concepción lúdica del software educativo para las matemáticas</title>
<description>Presentado durante el Primer Congreso Regional de
Educacion a Distancia y Abierta</description>
</meta-info>
<url>http://localhost:8080/supersabios/contenido/cead2000/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Hello" hidden="true" type="instance" application="false">
<meta-info>
<title>Un portlet que no hace nada</title>
<description>Pero es una prueba</description>
</meta-info>
<classname>mx.cicese.ccmat.supersabios.Hello</classname>
<media-type ref="html"/>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="HelloWorldPortlet" hidden="true"
type="instance" application="false">
<meta-info>
<title>Hola Portlet</title>
<description>Prueba 2</description>
</meta-info>
<classname>mx.cicese.ccmat.supersabios.HelloWorldPortlet</classname>
<media-type ref="html"/>
</portlet-entry><portlet-entry name="Cociente dorado"
hidden="false" type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>El Cociente Dorado</title>
<description>El Cociente Dorado: su origen y algunos
datos interesantes sobre él.</description>
</meta-info>
<url>http://azul.cicese.mx:8080/supersabios/contenido/dorado/cociente.html</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Taller2001" hidden="false" type="ref"
parent="RSS_POPUP" application="false">
<meta-info>
<title>Taller de ciencia para jóvenes en el CICESE y la UNAM</title>
<description>Visita nuestro taller para los jóvenes de bachillerato.</description>
</meta-info><url>http://azul.cicese.mx:8080/supersabios/rss/taller2001.rdf</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="ArtimemUniusuario" hidden="false" type="ref"
parent="WebPagePortlet" application="false">

```

```

<meta-info>
<title>Memorama Aritmético (un solo jugador)</title>
<description>Juega contra la computadora. Tu eliges el nivel
del complejidad y las operaciones que deseas ejercitar</description>
</meta-info>
<parameter name="dont_remove_applet" value="yes" hidden="false"/>
<parameter name="dont_remove_object" value="yes" hidden="false"/>
<parameter name="dont_remove_noscript" value="yes" hidden="false"/>
<parameter name="dont_remove_script" value="yes" hidden="false"/>
<url>http://azul.cicese.mx/~eibarra/Memorama/Aritmem.html</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="MemoramaColaborativo" hidden="false"
type="instance" application="false">
<meta-info>
<title>Memorama Aritmetico Colaborativo (multijugador)</title>
<description>Necesitas práctica con la aritmetica y no quieres
hacer las 10 planas que te dejaron de tarea?. Entonces te va a
gustar este memorama ya que puedes practicar jugando contra la
computadora o contra otro usuario de Los Supersabios.</description>
</meta-info>
<classname>mx.cicese.ccmat.supersabios.MemoramaColaborativo</classname>
<media-type ref="html"/>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Descripcion_Supersabios" hidden="true"
type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>Bienvenido a Los Supersabios</title>
<description>Breve presentación del sistema</description>
</meta-info>
<url>http://localhost:8080/supersabios/contenido/info/entrada.html</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Titulacion de Jorge y Brenda" hidden="true"
type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>Titulación de Maestria de Jorge Ibarra</title>
<description>Jorge Ibarra y su compañera Brenda Flores Ríos
obtuvieron su grado de Maestro en Ciencias de la computación</description>
</meta-info>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/noticias/titulaciones/jorgeybrenda/</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="Taller2002" hidden="false"
type="ref" parent="HTML" application="false">
<meta-info>
<title>Taller de Ciencia Para Jovenes 2002</title>
<description>Actividades para el viernes 12 de julio del 2002</description>
</meta-info>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/taller2002/actividades/index.html</url>
</portlet-entry>

```

```

<portlet-entry name="COMEMADRESXML" hidden="false"
type="ref" parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>Los Comemadres del Doctor Moreau</title>
<description>Ilustra el crecimiento de poblaciones a partir de
reglas simples y condiciones iniciales bien conocidas. A través de una
hoja de cálculo se provee de un espacio para la experimentación.
Se ejemplifica la búsqueda de la solución mediante un análisis
simple de la recursión.</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html"
value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl" hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/comemadres/comemadres.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="HANOI" hidden="false" type="ref" parent="XSL"
application="false">
<meta-info>
<title>Las Torres de Brahma</title>
<description>Ilustra un problema con números grandes a través de
la cantidad de movimientos a realizar para el desplazamiento de los aros
entre las torres.
También se analiza el concepto de recurrencia y se muestra
una manera de representarla.</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl"
hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/hanoi/hanoi.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="VALLESIMIOS" hidden="false"
type="ref" parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>El Valle de los Simios</title>
<description>Mediante una historia sobre simios, se establece un
problema sencillo de combinatoria para descifrar el lenguaje de
Lula, una simio muy inteligente. S
e hace una introducción al álgebra</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl"
hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/valledelossimios/valledelossimios.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="SUPERBOLAS" hidden="false"
type="ref" parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>Superbolas Saltarinas</title>

```

```

<description>Se presenta una aplicación de las matemáticas a un problema
simple de física. Se habla de series no convergentes
y de números grandes.</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl"
hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/superbolas/superbolas.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="DEDOSYCOLORES" hidden="false"
type="ref" parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>Dedos y Colores de Cromo</title>
<description>Un problema político, en donde la combinatoria
juega un papel importante en una historia de un mundo lejano.</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl"
hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/dedosycolores/dedosycolores.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="CORREROBOT" hidden="false"
type="ref" parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>Corre, robot, corre</title>
<description>No siempre debemos a apresurarnos a dar una respuesta a una
pregunta que en apariencia parece simple. A veces, el rigor matemático
del álgebra nos ayuda a establecer la respuesta correcta </description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl" hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/correrobot/correrobot.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="FIESTANUMEROS" hidden="false" type="ref" parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>La Fiesta de los Números</title>
<description>En esta divertida historia en donde los números se
meten en aprietos al organizar una fiesta, nos encontramos con una
pregunta inocente pero difícil de contestar:
¿Hasta donde sabemos contar? </description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl"
hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/fiestanumeros/fiestanumeros.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="AZULEJOS" hidden="false" type="ref" parent="XSL"
application="false">

```

```

<meta-info>
<title>Azulejos misteriosos en Murray Hill</title>
<description>En este instructor, se trabaja con rectángulos de
diferentes medidas para formar azulejos con ciertas características
especiales, buscando encontrar el acomodo de rectángulos que
presenten el menor valor del área promedio.</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl" hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/azulejos/azulejos.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="CHABELO" hidden="false" type="ref" parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>El Gran Juego de la CATAFIXIA</title>
<description>A través del conocido juego televisivo de la
Catafixia, se introduce a conceptos elementales de la probabilidad y
como ésta puede tener injerencia en algunas decisiones
de la vida cotidiana.</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html" value="/WEB-INF/xsl/xiidm.xsl" hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>http://azul.cicese.mx/supersabios/contenido/xiidm/chabelo/chabelo.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="IIDMXML" hidden="false" type="ref"
parent="XSL" application="false">
<meta-info>
<title>Autosimilitud en la serie de Fibonacci</title>
<description>Descubre la propiedad de autosimilitud de la
serie de Fibonacci y su relación con el Cociente Dorado.</description>
</meta-info>
<parameter name="stylesheet.text/html"
value="/WEB-INF/xsl/iidm.xsl" hidden="false"/>
<media-type ref="html"/>
<url>/WEB-INF/xml/iidm.xml</url>
</portlet-entry>
<portlet-entry name="blogger" hidden="false"
type="ref" parent="WebPagePortlet" application="false">
<meta-info>
<title>Bitacoras personales (WEBLOG)</title>
<description>Comparte momentos especiales con los miembros
de la comunidad de usuarios de Los Supersabios, mediante
el ingreso de breves bitacoras personales en un espacio
compartido. Expresate y convive con tu comunidad.</description>
</meta-info>
<url>http://azul.cicese.mx/blog</url>
</portlet-entry>
</registry>

```

```

;!ELEMENT portlet-entry (
security?,
security-ref?,
meta-info?,
classname?,
parameter*,
media-type*,
url?,
category* )¿
;!ATTLIST portlet-entry
name ID #REQUIRED
hidden ( true — false ) "false"
type ( abstract — instance — ref ) "instance"
application ( true — false ) "false"
parent IDREF #IMPLIED ¿
;!ELEMENT parameter ( security?, security-ref?, meta-info? )¿
;!ATTLIST parameter
name CDATA #REQUIRED
value CDATA #REQUIRED
type (int — boolean — string — list — style ) "string"
cachedOnName ( true — false ) "false"
cachedOnValue ( true — false ) "false" ¿
;!ELEMENT classname CDATA¿
;!ELEMENT meta-info ( title?, description?, image? ) ¿
;!ELEMENT title CDATA¿
;!ELEMENT description CDATA¿
;!ELEMENT image CDATA¿
;!ELEMENT media-type EMPTY¿
;!ATTLIST media-type ref IDREF #REQUIRED ¿
;!ELEMENT url CDATA¿
;!ATTLIST url cachedOnUrl ( true — false ) "false" ¿
;!ELEMENT category CDATA¿
;!ATTLIST category group CDATA #IMPLIED ¿

```

Figura 36: DTD del registro de portlets.

Apéndice B

DTD para los IIDM con estructura interna

```

<!-- *****
# Author: Gabriel Alejandro Lopez Morteo
# Version: 0.1
# Organization: CICESE # Date: 15 de octubre del 2001 -->
<!-- *****
ELEMENT: IIDM
COMMENT: Instructor Interactivo de Diversiones Matemáticas:
Historias, Acertijos, Actividades, Efemérides
***** -->
<!ELEMENT iidm
(titulo,subtitulo*,categoria*,palabra_cve*,conc_mat_pri+,
conc_mat_sec*,autor*,texto,applet*,url_rel*,solucion*) >
<!ATTLIST iidm >
<!-- *****
ELEMENT: URL_REL
COMMENT: Alguna liga relacionada con el tema principal o secundario del iidm
***** -->
<!ELEMENT url_rel EMPTY >
<!ATTLIST url_rel url CDATA
#REQUIRED descripcion CDATA
#REQUIRED >
<!-- *****
ELEMENT: applet
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT applet (parameter* ) >
<!ATTLIST applet codebase CDATA
#IMPLIED source CDATA
#REQUIRED width CDATA
#REQUIRED height CDATA
#REQUIRED >
<!-- *****
ELEMENT: parameter
COMMENT:
***** -->

```

```

<!ELEMENT parameter EMPTY >
<!ATTLIST parameter name CDATA
#REQUIRED value CDATA
#REQUIRED >
<!-- *****
ELEMENT: autor
COMMENT: Relaci&quot;n de autor(es): autores de la diversi&quot;n
matem&quot;tica, autores del texto, autores de im&quot;genes y autores de applets
***** -->
<!ELEMENT autor ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST autor >
<!-- *****
ELEMENT: solucion
COMMENT: Soluci&quot;n al problema matem&quot;tico primario y o secundario
***** -->
<!ELEMENT solucion (parrafo+ |imagen* | applet*)+ >
<!ATTLIST solucion >
<!-- *****
ELEMENT: imagen
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT imagen (url,descripcion) >
<!ATTLIST imagen >
<!-- *****
ELEMENT: url
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT url (#PCDATA) >
<!ATTLIST url >
<!-- *****
ELEMENT: descripcion
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT descripcion (#PCDATA) >
<!ATTLIST descripcion >
<!-- *****
ELEMENT: parrafo
COMMENT: Acepta la definici&quot;n del tipo de formato para el texto
***** -->
<!ELEMENT parrafo (#PCDATA | lista)*>
<!ATTLIST parrafo formato
(normal | negritas | cursivas | reducido| grande | listanumerada | lista) 'normal' >
<!-- *****
ELEMENT: lista
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT lista (item+) >
<!ATTLIST lista formato (listanumerada | lista) 'lista'>

```

```

<!-- *****
ELEMENT: item COMMENT: Elemento de una lista
***** -->
<!ELEMENT item (#PCDATA) >
<!ATTLIST item >
<!-- *****
ELEMENT: conc_mat_sec
COMMENT: Concepto Matem&quot;tico Secundario
***** -->
<!ELEMENT conc_mat_sec ( #PCDATA ) >
<!ATTLIST conc_mat_sec >
<!-- *****
ELEMENT: conc_mat_pri COMMENT: Concepto Matem&quot;tico Principal
***** -->
<!ELEMENT conc_mat_pri (#PCDATA) ><!ATTLIST conc_mat_pri >
<!-- *****
ELEMENT: palabra_cve
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT palabra_cve (#PCDATA) >
<!ATTLIST palabra_cve >
<!-- *****
ELEMENT: categoria
COMMENT: Categori&quot;a: historia, acertijo, actividad, efem&quot;rides, problema
***** -->
<!ELEMENT categoria (#PCDATA) >
<!ATTLIST categoria >
<!-- *****
ELEMENT: texto
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT texto (parr&#o+ | imagen* | applet* | lista*)+ >
<!ATTLIST texto >
<!-- *****
ELEMENT: subtitulo
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT subtitulo (#PCDATA) >
<!ATTLIST subtitulo >
<!-- *****
ELEMENT: titulo
COMMENT:
***** -->
<!ELEMENT titulo (#PCDATA) >
<!ATTLIST titulo >

```

Apéndice C

Construcción de la escala Likert

Esta escala se emplea para medir la actitud de los sujetos de estudio hacia un objeto o situación. Para definir la actitud, se presentan un par de definiciones que se conderan representativas:

Una organización durable de procesos motivacionales, emocionales, perceptuales y cognitivos con respecto a algún aspecto del mundo del individuo. (Kretch y Cruschfield, 1948)

Grupos relativamente durables de sentimientos, creencias y tendencias del comportamiento dirigidas particularmente hacia personas, ideas, objetos o grupos. (Spooner, 1992)

La actitud puede definirse como un sistema durable de valuaciones positivas o negativas de sentimientos emocionales y de tendencias de acción favorables o adversas, respecto a un objeto social. (Young, 1966)

A partir de las definiciones, se evidencia la importancia de medir la actitud en nuestro trabajo, debido a que la medición de la actitud hacia las matemáticas y hacia el uso de los IIDM provee de información que da indicios sobre la postura del estudiante hacia estos tópicos. Por ello, y de acuerdo con los objetivos de este trabajo, la evaluación de la actitud puede proporcionar indicios sobre la posibilidad de que el alumno presente un rechazo hacia las matemáticas y los IIDM, y con ello, evite su uso.

C.1. Principales características de la escala Likert

A la escala Likert se le considera un instrumento basado en una escala aditiva que corresponde a un nivel de medición ordinal. Cada elemento a medir emplea respuestas

en términos de grados de acuerdo o desacuerdo que el individuo tenga con la asección que se le presenta.

Esta escala se considera que está centrada en el individuo, ya que las respuestas reflejan su opinión sobre su propia ubicación en la escala con respecto a un objeto o situación. Debido a esto, esta escala es una buena herramienta para obtener información de las diferencias individuales entre individuos, su ubicación con respecto al grupo, y para caracterizar grupos de individuos.

Otra característica de esta escala, corresponde al uso de jueces para discriminar los elementos que formarán la versión final. Estos jueces deben de pertenecer al mismo tipo de grupo que la población objetivo.

Los elementos, son seleccionados de acuerdo a su capacidad discriminatoria, es decir, se seleccionan los elementos que más aportan al resultado final. Siendo este resultado, la suma algebraica de las respuestas de los individuos a los elementos que conforman la escala. De esta manera, el resultado final de un individuo se interpreta como su posición en una escala de actitudes que expresa un continuo con respecto al objeto de estudio.

La versión final de la escala, contará con una distribución equitativa de elementos con una orientación positiva y negativa, mismas que deben ser presentadas al individuo, en un orden aleatorio.

C.2. Metodología para la construcción de la escala Likert

La elaboración de la escala Likert, de acuerdo con Padua *et al.* (1979) y Selltiz *et al.* (1980), requiere de:

1. La construcción de los elementos de la escala (asecciones).
2. Aplicar estos elementos a un conjunto de jueces con características similares al mismo grupo objetivo.

3. Asignación de puntajes a los elementos dependiendo de su orientación, positiva o negativa.
4. Asignación de puntajes totales a los individuos de estudio de acuerdo al tipo de respuesta.
5. Analizar los elementos.
6. Construcción de la escala final.

A continuación se presentará con más detalle cada uno de estos puntos.

C.2.1. La construcción de los elementos de la escala

En primer lugar, deben de considerarse un número grande de elementos, con respecto al total de elementos que se esperan tener en la escala final. Esto es necesario porque en el proceso de construcción, se van a eliminar aquellos elementos que menos aporten a la discriminar las actitudes del individuo. También, se recomienda considerar los siguientes criterios:

- Evitar los elementos que apuntan al pasado en lugar del presente.
- Evitar los elementos que dan demasiada información sobre hechos, o aquellos que pueden ser interpretados como tales.
- Evitar los elementos ambíguos.
- Evitar los elementos irrelevantes con respecto a la actitud que quiere medirse.
- Los elementos de la escala deben formularse según expresen actitudes o juicios favorables o desfavorables con respecto a la actitud. No se trata de elegir elementos que expresen distintos puntos en el continuo.
- Evitar los elementos con los cuales todos o prácticamente nadie concuerda.
- Los elementos deben ser formulados en un lenguaje simple, claro y directo.

- No exceder, salvo casos excepcionales, un máximo de 20 palabras al formular el elemento.
- Un elemento debe contener solamente una frase lógica.
- Omitir elementos que contengan palabras tales como “todos”, “siempre”, “nadie”, etc..
- De ser posible, los elementos deben ser formulados con frases simples y no compuestas.
- Usar palabras que el entrevistado comprenda bien.
- Evitar las negaciones, especialmente las dobles negaciones.
- Combinar los elementos positivos y negativos en una proporción aproximada al 50 % - 50 %.

Debido a que se trata de una escala, cada uno de los elementos debe contener un conjunto de categorías para que el individuo seleccione una de ellas conforme a su grado de acuerdo o desacuerdo con la sentencia del elemento. La cantidad de categorías varía entre 3, 4, 5, 6 o 7 alternativas, dependiendo del objetivo de la investigación. Así, una graduación típica de 5 categorías está compuesta por la siguiente lista: completamente de acuerdo, de acuerdo, neutral, en desacuerdo y completamente en desacuerdo.

C.2.2. Aplicar estos elementos a un conjunto de jueces con características similares al mismo grupo objetivo.

El propósito de emplear a los jueces radica en la ventaja que representa contar con un grupo piloto con el cual poder seleccionar los elementos que mejor discriminan las actitudes de los individuos. Los jueces deben ser seleccionados aleatoriamente

Un método útil para eliminar elementos dudosos, consiste en que cada uno de los jueces conteste la escala asumiendo una actitud positiva y posteriormente vuelvan a contestar el cuestionario asumiendo una actitud negativa. Si la respuesta de ambos casos

se ubica en la misma categoría, entonces ese elemento puede ser eliminado. Aunque este método solamente se recomienda para una eliminación preliminar de los elementos de la escala.

Ya una vez definidos los elementos preliminares, se aplica la escala a los jueces para que éstos expresen libremente su opinión.

C.2.3. Asignación de puntajes a los elementos dependiendo de su orientación, positiva o negativa.

Este punto es importante ya que a partir de este paso, se define la escala que se va a asignar a cada elemento. Por ello, cada uno de ellos se califica según se considere positivo o negativo, y se asigna una codificación numérica a cada una de las categorías, siempre recordando de mantener el aspecto aditivo de la escala y que los valores solamente indican posiciones de rango. De esta manera, a un elemento positivo con 5 categorías que varían desde, completamente de acuerdo a completamente en desacuerdo, se les puede asignar los valores 5,4,3,2,1 ó 4,3,2,1,0 por poner un ejemplo. Ahora, para mantener la relación proporcional entre las respuestas positivas y negativas, en el segundo caso la escala de valores debe invertirse, quedando en nuestro ejemplo como 1,2,3,4,5 ó 0,1,2,3,4.

C.2.4. Asignación de puntajes totales a los individuos de estudio de acuerdo al tipo de respuesta.

Este paso consiste en el cálculo de puntajes totales para cada individuo, mediante la simple suma algebraica de sus respuestas. Resulta claro que el valor máximo de puntaje que puede obtener un individuo es igual al valor máximo asignado en las categorías multiplicado por el número total de elementos. Entonces, el valor mínimo corresponde al valor más bajo asignado a las categorías multiplicado por el total de los elementos. De esta manera, pueden establecerse valores promedio que pueden ser de interés para el estudio.

C.2.5. Analizar los elementos

Ya que se cuenta con el puntaje total de todos los jueces, estos resultados se ordenan de forma descendente. De esta lista, se van a trabajar exclusivamente con los cuartiles primero y cuarto, eliminando los cuartiles centrales. De esta manera, se genera un grupo alto y un grupo bajo con respecto a la variable y a los puntajes totales.

El siguiente paso es seleccionar a los elementos que discriminen mejor, para ello se pueden aplicar cualquiera de tres técnicas: la del cálculo del poder discriminatorio de cada elemento (prueba t-student), la de correlación y la prueba de mediana.

En este estudio se empleó el coeficiente de correlación como técnica de discriminación, a través de la técnica de Rango de Spearman descrita en Siegel (1979). Básicamente, esta prueba permite encontrar que variables influyen más en el resultado final, y lo que se busca son las variables que presentan un valor del coeficiente de correlación más alto.

C.2.6. Construcción de la escala final

Una vez que se cuenta ya con los elementos seleccionados a partir de los pasos anteriores, ya es posible aplicar la escala a individuos de la población objetivo. Para valorar a cada individuo, puede utilizarse el valor total de la suma algebraica de sus respuestas y compararlas contra el valor promedio de las sumas de todos los individuos, o bien, también se puede comparar el promedio individual y el promedio general. Ahora, si lo que se desea es valorar al grupo objetivo en su totalidad, se puede emplear la moda o la mediana como medida del comportamiento de toda la muestra.