

Collaborative Puzzles for the Study of the Periodic Table of Elements in a Virtual World

A. Troetsth, C. Garita, and J. Molina

Abstract—Collaborative games are being increasingly used in educational platforms in order to promote specific learning skills among students through specific ludic experiences. Virtual worlds can also contribute to offer students a unique environment exploring knowledge domains while interacting with other students. This paper describes an innovative virtual world application that incorporates collaborative puzzles in order to support learning concepts related to the periodic table of elements in the context of a middle school study program. The paper provides a description of the virtual world and its games, the general system architecture, the main graphical user interfaces and validation results.

Index Terms—collaborative games, periodic table of elements, virtual worlds.

I. INTRODUCCIÓN

LAS tecnologías de uso educativo, sean o no orientadas a la enseñanza presencial, están causando un impacto en la sociedad actual y proporcionando beneficios cada vez más notorios en los usuarios. Utilizarlas como apoyo en el proceso de enseñanza es una manera de ofrecer mayor variedad de recursos para el aprendizaje de los estudiantes y brindar a los docentes nuevos medios para enriquecer la educación que se ofrece en el aula de clases.

En los últimos años, se ha despertado el interés por el diseño de herramientas educativas que potencien el desarrollo y competencias de los estudiantes, pero que a su vez permitan el surgimiento de otras experiencias y dinámicas de trabajo [1]. Esto ha llevado al desarrollo de una gran variedad de aplicaciones educativas con miras a aprovechar la colaboración como técnica para motivar el aprendizaje en los estudiantes, de manera que participen, compartan y aprendan. A través de esto se logra fortalecer los conceptos adquiridos en el aula de clases y fomentar el trabajo colaborativo.

Los juegos que, en general mejoran los reflejos, la psicomotricidad, la iniciativa y autonomía de los jugadores, también pueden utilizarse en el ámbito educativo con una funcionalidad didáctica para contribuir al logro de determinados objetivos educativos[2].

Los participantes de un juego compiten y/o colaboran para lograr objetivos comunes, comparten habilidades y conocimientos mientras trabajan en conjunto. En este contexto, este trabajo propone el uso de juegos colaborativos basados en rompecabezas en un ambiente de mundo virtual. Las razones que motivan a elegir rompecabezas es la popularidad que tienen, además de propiciar el desarrollo de capacidades de concentración, observación, relación, habilidad motora y sentido de logro por parte de los jugadores.

A. Definición del problema

En el sistema educativo costarricense, el estudio de la química se imparte en décimo y undécimo año de educación media diversificada. El rango de edad de los estudiantes es de 13 a 17 años [3].

De acuerdo con la investigación de [4], los estudiantes de secundaria en Costa Rica no sienten motivación por el estudio de las ciencias en general. Además, es comprensible considerar que el nivel de conocimiento de los temas vinculados con esta asignatura sean escasos, debido fundamentalmente a que la matrícula en los niveles donde se imparte (con respecto de los índices del resto de la secundaria) es menor y la deserción es mayor. Aunado a esto, la prueba de bachillerato en el área de ciencias es de carácter electivo, no todos los estudiantes del país eligen química, siendo la de más bajo porcentaje de elección de entre tres ofertadas: biología, física y química; lo que podría ser un indicador de gran aversión por dicha asignatura. Para el año 2007, sólo un 10,2% (unos 3309) matricularon la prueba de química. Es por los motivos anteriormente expuestos, que existe una necesidad permanente de generar esfuerzos para mejorar la enseñanza de la química en el país [5].

El uso de herramientas computacionales puede ayudar a proporcionar los recursos necesarios para lograr la motivación requerida y mejorar los índices educativos de los estudiantes. Para ello se requiere de aplicaciones que incorporen aspectos motivadores y que fomenten la adquisición o mejoramiento de habilidades cognitivas. Tal es el caso de los juegos de rompecabezas, que según [6] proporcionan estimulación mental y son utilizados por padres y profesores para que los niños consoliden sus conocimientos o hacer el proceso de aprendizaje más divertido.

El usar mundos virtuales en combinación con juegos basados en rompecabezas, puede proporcionar una experiencia única para los estudiantes, porque permitirían la incorporación de actividades orientadas a fomentar el aprendizaje y la colaboración de una forma amena y divertida. Por ser

Manuscrito recibido el 1 de Julio de 2014. Versión actualizada el 18 de Octubre de 2014. Recomendado para publicación por miembros evaluadores del Programa Técnico del CONCAPAN 2014.

A. Troetsth, Universidad de Panamá; e-mail arelisyohana@gmail.com.

C. Garita, Maestría en computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica; e-mail cesar@itcr.ac.cr.

J. Molina; e-mail jorgeantonio.molinapoveda@gmail.com.

ambientes virtuales proveen cierta libertad a los individuos, al permitirles elegir cómo, cuándo, cuánto y con quién aprender.

A partir de este contexto, surge la siguiente interrogante: ¿Cómo apoyar y promover el trabajo en equipo para el desarrollo de actividades colaborativas, utilizando juegos basados en rompecabezas e integrados en un mundo virtual, como medio de aprendizaje y reforzamiento de conocimientos en el área de química?

Se consideró el uso de mundos virtuales por su popularidad y por permitir incorporar juegos, además de fomentar acciones grupales y colaborativas entre los participantes.

Este trabajo es el resultado de una tesis de Ciencias de la Computación del Instituto Tecnológico de Costa Rica[7].

Este artículo se estructura de la siguiente forma. La sección 2 explica algunos aspectos de juegos colaborativos y mundos virtuales, describe además trabajos relacionados y su aplicación en distintos entornos. La sección 3 proporciona una descripción del mundo virtual, elementos que lo componen y una explicación de los juegos diseñados. La sección 4 aborda el desarrollo de la herramienta y muestra detalles de la misma. En la sección 5 describe la interfaz gráfica de usuario. La sección 6 describe las pruebas realizadas. Finalmente la sección 7 explica los aspectos concluyentes del trabajo y aborda posibles extensiones futuras.

II. TRABAJO RELACIONADO

En un juego colaborativo todos los participantes trabajan juntos como un equipo compartiendo los ingresos y pérdidas, si el equipo gana o pierde todos ganan o pierden. Un equipo es una organización en el que el tipo de información que cada persona tiene puede diferir, pero los intereses y creencias son las mismas [8]. El reto de los jugadores de un juego colaborativo es trabajar juntos para maximizar la utilidad del equipo.

Un mundo virtual es un entorno simulado por una o por una red de computadoras, está compuesto por entidades, algunas de las cuales actúan bajo el control directo de las personas, de tal manera que dichas personas participan en el mundo virtual y lo habitan a través de un personaje virtual, es compartido y multiusuario. Además, un mundo virtual es persistente en cuanto que continúa su existencia aún cuando no haya personas participando o interactuando en él.

Según [9], los mundos virtuales:

- Pueden ser espacios de aprendizaje muy efectivo porque el ambiente es generalizado y no contextual.
- Permiten crear modelos de enseñanza donde el estudiante aprende haciendo.
- Las simulaciones y juegos integrados en los mundos virtuales requieren la participación activa y el compromiso de los estudiantes.
- Permiten a los aprendices comunicarse y colaborar en la misma situación o problema.

El concepto de rompecabezas para la enseñanza en el aula de clases es una técnica de aprendizaje cooperativo inventada en 1971 por el profesor Elliot Aronson. Los estudiantes de un

salón se dividen en grupos de 5 a 6 miembros asignándoles un tema o problema en común. Cada grupo tiene un líder y a cada miembro se le asigna con un subtema. Se busca que cada miembro aporte una parte importante de la solución, y que sirva además como medio de socialización entre los estudiantes; los que mediante discusión deben construir activamente su conocimiento[10]. Es una técnica no colaborativa; aunque los estudiantes trabajan juntos y son responsables de aprender mientras ayudan a sus compañeros a aprender, su premio (calificación) no es el mismo en este caso, ya que este depende de su desempeño en una prueba individual realizada posteriormente.

Augusto Estrada y Yuen Law[11], desarrollaron un software educativo basado en un juego de rompecabezas colaborativo de tiempo de real sobre una red inalámbrica de PDAs (Personal Digital Asistants), para aprender sobre las partes de una planta y sus interrelaciones.

En el contexto de mundos virtuales relacionado con educación en el aula, Eduardo Molina y Erika Quintero [12], desarrollaron un Mundo virtual interactivo con actividades de articulación de fonemas y sinfonos para niños con dislalia funcional, la cual es una alteración del habla. El sistema fue implementado a través de una red de computadoras empleando tecnología web y protocolos de Internet. Las actividades fueron basadas en ejercicios de articulación y están diseñadas para contar con la supervisión de un terapeuta o adulto responsable.

El profesor Jean-Claude Bradley implementó en Second Life un ambiente que cuenta con actividades en las que los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos para la resolución de problemas químicos. A uno o más estudiantes puede presentárseles dentro del ambiente un determinado problema, este o estos deben aplicar su conocimiento seleccionando la respuesta que consideren correcta, aquel que logre obtenerla es premiado con puntaje [13], esto hace que el ambiente y las actividades estén en sí diseñadas para fomentar la competencia entre los estudiantes. Este entorno ha sido aplicado a la educación universitaria.

Existen otros sitios en línea que ofrecen información, juegos y ejercicios enfocados al estudio de la tabla periódica de elementos, pero no cuentan con las características propias de mundos virtuales y se enfocan únicamente en brindar información a manera de índice, algunos de estos sitios son Lennetch[14] y WebElements Ltd, UK.[15].

Este artículo presenta una herramienta que une elementos didácticos con elementos lúdicos, además de integrarlos en un mundo virtual y combinarlos en una modalidad colaborativa.

III. DESCRIPCIÓN GENERAL

El propósito de la aplicación desarrollada es proporcionar a los profesores y estudiantes de una herramienta de trabajo colaborativo, que sirva como apoyo para el reforzamiento de determinados contenidos curriculares relacionados con la tabla periódica de los elementos y facilite la asimilación de contenidos.

Para el diseño del mundo virtual, se tomaron en cuenta los

siguientes elementos principales:

- Avatar: es la caracterización de cada usuario que juega en la aplicación. En este caso el personaje a utilizado está representado por una niña o un niño.
- Ambiente: es el lugar donde cada avatar realiza las actividades. El ambiente se modeló como un mundo ficticio que contiene cuatro áreas para que los usuarios compartan y se diviertan.
- Actividades: Estas corresponden a juegos que se pueden realizar dentro del mundo.
- Sistemas de incentivos: basado en una colección personal de elementos; por cada juego que el usuario complete se le entrega como premio un elemento para su colección.
- Contenido temático: corresponde a temas propuestos en las unidades didácticas del programa de educación media para el curso de química educativa del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica [3].

La metodología de referencia principal utilizada en el diseño de los juegos de rompecabezas es la descrita en [16].

A. Metáfora del Mundo Virtual

El mundo que describimos es el de un pueblo ficticio llamado MundoQuím, este pueblo está habitado por científicos obsesionados con la tabla periódica de los elementos. Estos científicos han ideado usar rompecabezas para ayudar a otros a aprender sobre la tabla periódica: sus características, historia, propiedades de los elementos, etc. Este pueblo tiene cuatro lugares principales:

El área principal, es el lugar que permite acceder al resto de las partes del pueblo.

El laboratorio periódico, donde se encuentra el Dr. H₂O, quien conoce muchos datos generales sobre la tabla periódica y le encanta poner a prueba a los visitantes.

El laboratorio atómico, aquí vive un científico que se pasa experimentando con átomos y moléculas, es el Dr. Hans Neutrino, este científico sabe mucho sobre los átomos de los elementos de la tabla periódica.

El laboratorio de oligoelementos, en este vive una científica al que le encanta buscar elementos que proporcionan beneficios al cuerpo (oligoelementos), es la Dr. Fluora Curie.

En este contexto, los estudiantes ingresan al mundo virtual, visitan las áreas antes descritas y se unen a un grupo con otros usuarios para armar los rompecabezas. Al realizar el registro en la aplicación, el estudiante elige un avatar que lo representa, este avatar está representado por la imagen de un niño o una niña.

B. Los Juegos

Se han definido tres juegos dentro del mundo virtual, cada uno corresponde a un laboratorio químico (área del Mundo Virtual). A continuación se indica la descripción básica de cada juego.

1. Puzzle-Match

Este juego es sobre generalidades de los elementos químicos (Laboratorio Periódico). Existe un tablero formado por cuatro piezas de distintas categorías (símbolo, familia, descubridor y nombre) que equivalen a información de un

elemento en particular. A cada usuario se le asignan tres piezas de una categoría determinada (de las mencionadas anteriormente). Cada jugador sólo tendrá una pieza correcta que deberá colocar en el tablero, para saber qué pieza es la correcta tendrá que trabajar colaborativamente con sus compañeros y analizar qué combinación de piezas corresponde al elemento que va en el tablero. Existe una única combinación posible para la solución.

2. Puzzle-Sort

Este juego trata sobre ordenamiento de elementos basados en valores de algunas de sus propiedades químicas (Laboratorio Atómico). Existe un tablero formado por cuatro secciones dispuestas en forma horizontal. A cada jugador se le asigna una pieza con información sobre un elemento: símbolo, número atómico y masa atómica; la idea del ejercicio es establecer un orden para las piezas usando el valor de una de las propiedades mencionadas (o aquellas que se deriven de estas) utilizando un criterio de ordenamiento. Para esto los estudiantes deben conocer cómo derivar a partir de la información que contiene cada pieza, el valor de esa propiedad y luego establecer el orden de todas las piezas basado en ese valor. Existen varias relaciones entre propiedades que deben cumplirse, por ejemplo: 1) El número de electrones (en un átomo balanceado) es el mismo que el número de protones. 2) El número atómico es sólo otra forma de conocer a la cantidad de protones que tiene el núcleo de un átomo.

3. Puzzle-Pair

Este juego trata sobre pareo de oligoelementos y componentes del cuerpo humano o funciones que estos elementos (tienen) en el cuerpo (Laboratorio de Oligoelementos). Se dará un tablero formado por 4 piezas de forma horizontal y 2 piezas en forma vertical, a cada jugador se le asignan dos piezas con información, una con el nombre del elemento y la otra con una parte del cuerpo o función que el elemento realiza en el cuerpo humano; la idea del ejercicio es colaborar entre los jugadores para agrupar y establecer la relación entre el elemento y su función en el cuerpo.

IV. ARQUITECTURA DE LA APLICACION

La arquitectura de la aplicación está basada en el modelo cliente-servidor. La aplicación se ejecuta a través de un navegador web, y se encarga de mantener actualizadas las acciones de todos los usuarios del mundo virtual.

Sus principales elementos son:

Servidor: Encargado de manejar el estado del mundo virtual y coordinar la interacción de los usuarios en los ambientes y juegos. Está formado por dos componentes principales: el de procesamiento y el de comunicación. El primero es el encargado de analizar y procesar las peticiones de los clientes. El segundo, el de comunicación, se encarga de la gestión de conexión de clientes, decodificación, codificación y envío de mensajes. Está codificado en Lenguaje Java utilizando el framework Apache MINA (Multipurpose Infrastructure for Networks Applications) Para la comunicación entre el Servidor y el Cliente se diseñó un protocolo para manejar funcionalidades a través de cabeceras

de datos.

Cliente: La programación del cliente se desarrolló con Adobe Flash CS4 y el lenguaje ActionScript. La implementación del módulo cliente está diseñada para que se ejecute en un navegador web a través del plugin flash player.

El Cliente está formado por tres componentes principalmente:

- *Componente interfaz*, encargado de cargar y descargar contenido gráfico que se muestra al usuario, además de manejar los eventos generados por interacción del usuario.
- *Componente de procesamiento*, realiza el procesamiento de información y gestión de acciones de los usuarios. Procesa los mensajes que recibe del componente de interfaz, además de los mensajes recibidos del componente de comunicación
- *Componente de comunicación*, a cargo de establecer y gestionar la conexión con el servidor, además de manejar el buffer de lectura/escritura (decodificar mensajes recibidos o codificar los que deben notificarse al servidor: mover avatar, cambiar avatar de sala, etc.).

V. PRESENTACIÓN DEL MUNDO VIRTUAL

El mundo virtual está compuesto de cuatro ambientes o salas, la primera sala es la principal y es la que da acceso a las otras tres salas, llamadas laboratorios, las cuales contienen los juegos de rompecabezas colaborativos. Estas cuatro salas son el espacio compartido en donde pueden existir o habitar los usuarios, a través del personaje que lo representa en el mundo y por un tiempo indefinido.

Dentro del mundo virtual los usuarios pueden realizar dos tipos de actividades:

Actividades individuales: que consisten en revisar información relacionada con conceptos de la tabla periódica de los elementos.

Actividades colaborativas: corresponden a los tres juegos que se existen en el mundo virtual (Puzzle-Match, Puzzle-Pair, Puzzle-Sort). A continuación se describe el mundo virtual.

Para tener acceso al mundo virtual se debe realizar previamente un registro (una sola vez), que consiste en ingresar un seudónimo, contraseña, nombre, apellido y seleccionar el personaje que lo representará en el mundo virtual. Una vez completado el registro se debe iniciar sesión proporcionando el nombre de usuario y la contraseña utilizadas en el proceso de registro, la Fig. 1 muestra la pantalla de la sala principal, la cual sirve como punto de acceso al resto del mundo virtual, al resto de ambientes se les ha denominado Laboratorios Atómico, Periódico y Oligo. La Fig. 2 muestra el aspecto de los tres ambientes mencionados.

El Laboratorio Periódico alberga el juego PuzzleMatch (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); el Laboratorio atómico contiene el juego PuzzleSort (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el juego PuzzlePair se encuentra en el Laboratorio Oligo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Para que la solución propuesta sea evaluada, todos los jugadores deben estar de acuerdo con la respuesta. Para esto se

implementó un esquema sencillo de votación, mediante el cual el usuario elige si está o no de acuerdo con la respuesta.

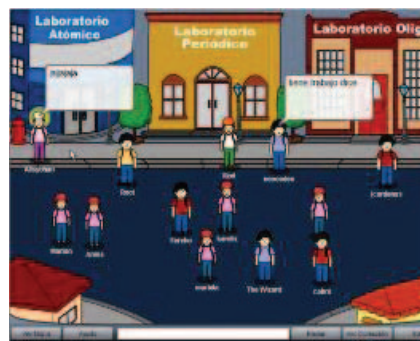


Fig. 1. Pantalla de la Sala Principal de MundoQuim.



Fig. 2. Laboratorios de MundoQuim.



Fig. 3. Juego PuzzleMatch.

En caso de que algún usuario no esté de acuerdo la votación se cancela. Si la solución es correcta se añade un elemento a sus colecciones.

Si no lo es, el sistema muestra distintos tipos de información dependiendo de la cantidad de intentos efectuados: la primera vez simplemente indica que la solución no es correcta, la segunda donde puede estar el error, la tercera muestra la respuesta correcta como una forma de retroalimentar a los participantes y finaliza el juego.

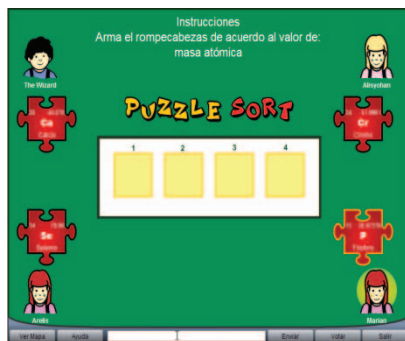


Fig. 4. Juego PuzzleSort

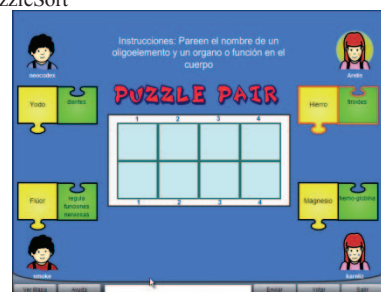


Fig. 5. Juego PuzzlePair.

Como se mencionó, cada usuario tiene una colección personal, en donde se guardan las piezas de elementos que se le entregan como premio al resolver un juego satisfactoriamente. En la colección se puede ver información general de los elementos que se han ganado, como se muestra en la Fig. 6.

VI. VALIDACIÓN Y PRUEBAS

La evaluación se realizó desde el punto de vista cualitativo, bajo la hipótesis de si el mundo virtual cuenta con contenido educativo pertinente para la enseñanza de conceptos de la tabla periódica de elementos.

El procedimiento utilizado para llevar a cabo las pruebas, consiste en realizar una explicación del funcionamiento del mundo virtual al docente y a los estudiantes que participarían en la sesión con el fin de dar a conocer las características de la herramienta, la lógica y el funcionamiento de los juegos, haciendo énfasis en la colaboración para resolverlos.

Para el caso del docente se le mostró el contenido educativo abordado y el esquema de diseño que se utilizó en los juegos, luego de realizar las sesiones se conduciría una pequeña entrevista para evaluar su opinión sobre la herramienta.

Para el caso de los estudiantes se hará énfasis en mostrar cómo desenvolverse dentro del mundo (registro, inicio de sesión, desplazamiento entre salas, envío de mensajes) y dentro de los juegos (movimiento de piezas, votación) así como en los lugares para obtenerse la información necesaria para resolver los juegos.

Se realizaron dos sesiones: la primera con un grupo de cuatro alumnos voluntarios del curso de química de décimo año del colegio, compuesto por tres mujeres y un varón, todos entre 16 y 17 años. La segunda, con un grupo de 9 estudiantes (divididos en 2 grupos: uno de 4 personas y otro de 5), con

edades comprendidas entre 15 y 17 años.

En la primera sesión mostraron mucha facilidad en resolver el juego Puzzle-Sort, no así el juego Puzzle-Match del que tuvieron más fallos que aciertos (causado principalmente por la clasificación de los elementos y el descubridor). El juego Puzzle-Pair resultó ser el más complicado al punto de llevarlos a consultar el texto del curso e incluso solicitar ayuda a la profesora.

En la segunda sesión el primer grupo tuvo cierta dificultad de comunicarse las cuales fueron solventadas a través del chat de la herramienta.



Fig. 6. Colección de elementos.

Las dificultades se dieron en encontrar las piezas de clasificación y descubridor del elemento. El segundo grupo, casi no tuvo dificultades en resolver el juego, también utilizaron mucho el mecanismo de chat para interactuar entre sí, lo que motivaba la discusión e intercambio de opiniones invitando o sugiriendo a sus compañeros el colocar determinadas piezas en los lugares correspondientes.

En términos generales se observó conductas que los estudiantes reflejaron interés por el uso de la herramienta y por colaborar con sus compañeros, además tuvieron una participación activa en las decisiones durante el juego y sentido de compromiso por resolver el problema planteado.

Para el caso de las docentes, se les realizó una entrevista con el fin de evaluar su opinión sobre la herramienta y su aplicabilidad en el curso.

En general la opinión de las docentes sobre la utilización de la herramienta como complemento del material impartido en el aula de clases fue favorable, destacaron la forma en que este instrumento podría ayudar a los estudiantes a asimilar los contenidos. También mencionaron la posibilidad de extenderla para abordar otros temas u otras materias como biología, ciencias sociales o matemáticas.

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se ha presentado el diseño de mundo virtual con juegos basados en rompecabezas como una herramienta colaborativa para el estudio de la tabla periódica de los elementos. Este ofrece a los usuarios una forma de aprender mientras se juega y se trabaja en equipo.

Para su diseño, se tomaron en cuenta un avatar como

caracterización de cada usuario, ambientes donde se realizan las actividades, una serie de actividades o juegos para realizar (PuzzleMatch, PuzzlePair, PuzzleSort); un sistema que se utiliza para almacenar premios. Además se tomó en cuenta el contenido temático, en concordancia con el programa de educación media del MEP de Costa Rica.

Se logró diseñar una herramienta novedosa porque presenta elementos didácticos con elementos lúdicos, además de integrarlos en un mundo virtual y combinarlos en una modalidad colaborativa, lo que fomenta valores como el trabajo en equipo, tolerancia y respeto por las opiniones de los demás.

La metodología de diseño y desarrollo de los juegos contempla los aspectos necesarios para promover la colaboración y el trabajo en equipo de una forma efectiva porque se promueve la asignación de roles, la interdependencia entre los participantes y la negociación por medio de un mecanismo de comunicación textual y un esquema de votación simple.

A partir de las pruebas cualitativa del mundo virtual, se logró determinar que es una herramienta de utilidad para los docentes y estudiantes, porque utiliza contenidos educativos que forman parte del plan de estudios, además que permite enriquecer las actividades educativas con una estrategia de aprendizaje que propone el logro de objetivos en común y el repaso de conceptos.

El diseño del mundo virtual está pensado para ser extensible, hay varios aspectos en los que esa extensibilidad podría implementarse en un futuro:

Mayor participación del docente en la gestión de los contenidos, es decir que el docente pueda seleccionar los contenidos que se utilizan en los juegos, así como configurar la cantidad de usuarios que participan en cada sesión de juego. Actualmente los contenidos utilizados son generados aleatoriamente por lo que un mayor control por parte del docente podría ser deseable.

Desarrollar nuevos esquemas de juego (o extender los existentes), por ejemplo incorporar otras temáticas para estudio de la química; por ejemplo: balanceo de reacciones, nomenclatura de compuestos, etc.

Utilizar los esquemas de diseño de juegos propuestos para implementarlos en otras materias, por ejemplo en el aprendizaje de idiomas, biología, matemáticas, geografía,

entre otras.

REFERENCIAS

- [1] Cabrera Murcia, E. P. (2004). "Aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL): su estado actual". *Revista Iberoamericana de Educación* ISSN: 1681-5653, 2004.
- [2] Marqués, P. (2009, Marzo 30) *Los Videojuegos*. [En línea]. Disponible: <http://www.pangea.org/peremarques/videojue.htm>
- [3] *Química Educación Diversificada, Programa de la Química de Costa Rica*. Departamento de Educación Académica. Ministerio de Educación Pública de Costa Rica.
- [4] Soto Vargas, C. (2009, Junio 20). *Diagnóstico de las ciencias exactas en Costa Rica Física-Química-Matemática. Estrategia Siglo XXI*. [En línea] Disponible: <http://www.nacion.com/plan/exactas.pdf>
- [5] Sandoval, M.; Syedd, R.; Madrigal, A.; Pereira, R.; Calderón, B. (2009, Sept. 1). *El proyecto química general I en ciclo diversificado, logros alcanzados y retos por superar en la enseñanza de la Química de Costa Rica, tras cinco años de evaluación*. [En línea]. Disponible http://hosting.udlap.mx/sitios/unionlat.extension/pdf/2008/manuel_sand_oval_2.pdf
- [6] White, B. (2008, Nov. 5). *Are Jigsaw Puzzles Educational?* [En línea]. Disponible: <http://searchwarp.com>
- [7] Troetst & Molina (2010). "Juegos de rompecabezas colaborativos orientados al estudio de la tabla periódica de los elementos en un mundo virtual. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Junio, 2010.
- [8] Zagal, J. P., Rick, J. y His, I. "Collaborative games: Lessons learned from board games". *SIMULATION & GAMING*, Vol. 37 No. 1, March 2006, pp. 24-40
- [9] Klug, S. y Rile, L. (2009, Julio 29). *Teaching in Virtual Worlds: Opportunities and Challenges*. [En línea]. Disponible: <http://proceedings.informingscience.org/InSITE2008/IISITv5p127-135Kluge459.pdf>
- [10] Jigsaw. (2009, Agosto 13). Página web de Jigsaw Classroom. [En línea] <http://www.jigsaw.org>
- [11] Estrada, A., & Law, Y. "Software Colaborativo en Tiempo Real para Aprendizaje sobre las Partes de una Planta y sus Interrelaciones usando Tecnología de Redes Inalámbricas". Tesis de Maestría Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Noviembre, 2006
- [12] Molina, E & Quintero, E. "Mundo virtual interactivo con actividades de articulación de fonemas y sinfonos para niños con dislalia funcional". Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Abril, 2009
- [13] Bradley, J.C. (2009, Agosto 30). *Chemistry Activities in Second Life*. [En línea]. Disponible: <http://slusage.com/chemistry.asp>
- [14] Lenntech. (2009, Abril 29). *Tabla Periódica: clasificación periódica de los elementos químicos*. [En línea]. Disponible: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-periodica.htm>
- [15] WebElements Ltd, UK. (2009, Marzo 20). *WebElements: the periodic table*. [En línea]. Disponible: <http://www.webelements.com/>
- [16] Zurita, G. & Nussbaum, M. "A conceptual framework based on Activity Theory for mobile CSCL". *British Journal of Educational Technology*. VOL 38 No 2, 2007, pp. 211-235