



EVIN: Plataforma educativa online de estimulación visual con recomendaciones al profesor

Trabajo Fin de Máster

*Máster en Inteligencia Artificial Avanzada:
Fundamentos, Métodos y Aplicaciones*

*Programa oficial de posgrado en
Inteligencia Artificial y Sistemas Informáticos*

Autor:

D^a Yolanda Matas Martín

Directores:

Dr. Félix Hernández del Olmo

Dra. Elena Gaudioso Vázquez

Septiembre 2015

Departamento de Inteligencia Artificial
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España

Resumen

La visión es una tarea que los humanos debemos aprender. En la mayoría de los casos este aprendizaje se realiza de manera natural e inconsciente, pero un número significativo de niños necesitan ayuda, por lo que deben ser estimulados de forma guiada por profesionales especialistas para poder aprender a ver.

Para ayudar en esta tarea, en este TFM se ha desarrollado EVIN (Estimulación Visual en INternet). Esta plataforma educativa online de estimulación visual permite poner en contacto al profesional especialista, a los padres y al niño de una forma eficiente tanto en recursos técnicos, ya que sólo necesitan tener un ordenador conectado a internet con un navegador, como en recursos humanos, ya que un solo especialista puede dar servicio a varios niños incluso en la distancia.

Esta eficiencia tiene su contrapartida en la sobrecarga del especialista, lo cual requiere de un sistema que haga llevadero este exceso de trabajo y que permita en último término que el trabajo del especialista resulte grato, beneficiando de este modo tanto al profesional como al alumno. Este sistema se ha planteado en este TFM como un sistema recomendador de ayuda al profesional especialista.

Palabras clave

Estimulación visual, Plataformas de Educación virtual, Sistemas recomendadores, Sistemas de educación con soporte al profesor

EVIN: An online platform for visual stimulation with recommendations to the specialist

Abstract

Vision is one of the key ways that human beings gather information from and interact with the surrounding environment. Visual development is a continuum in which visual skills are constructed through experience and practice. A significant number of children with low, and others with normal vision may experience perceptive difficulties for a variety of reasons. To a degree, vision is a function that can be learned and its quality can be improved with training.

A new web platform, EVIN (Visual Stimulation on the Internet), has now been developed as a contribution to the field. The primary objective of the EVIN Project is to develop a web platform that exploits the potential of ICTs (Information and Communication Technologies), the experience acquired by low vision professionals and new advances in the field. In the EVIN system trainees may improve their visual skills by playing games. The system requires the participation of educators and other professionals to guide students in their learning process. EVIN allows the communication between teachers, specialists and parents with only a computer and an Internet access. This way, the same specialist may provide distance support and guidance to several children.

The application also features mechanisms for monitoring students' individual and overall performance in these exercises. With all this information specialists may feel overwhelmed. To help them in their tasks, in this thesis, a recommender for EVIN has been also defined and designed.

List of keywords

Visual Stimulation, On-line Educational Platforms, Recommenders Systems, Educational Systems with support to the teacher

Índice:

1.	Introducción	5
1.1.	Estimulación visual. Conceptos básicos	6
1.2.	Las Nuevas Tecnologías como herramienta de apoyo a la estimulación visual	7
1.3.	Estimulación visual a distancia. Identificación de tareas y dificultades	8
1.4.	Objetivos	13
1.5.	Estructura de la memoria	14
2.	Estado del Arte	17
2.1.	Sistemas para el entrenamiento visual	17
2.2.	Sistemas educacionales con soporte al profesor	20
2.3.	Sistemas recomendadores	25
2.4.	Conclusiones	26
3.	Descripción del sistema EVIN	29
3.1.	Arquitectura del sistema	30
3.2.	Descripción de los juegos	34
3.2.1.	Características comunes	34
3.2.2.	Características individuales	35
3.3.	Casos de uso	39
3.4.	Aportaciones de EVIN al proceso de estimulación visual a distancia	41
3.4.1.	Adaptación a dispositivos y accesibilidad de contenido	41
3.4.2.	Internacionalización	41
3.4.3.	Aspectos de seguridad	42
3.4.4.	Evaluación por grupos de alumnos	43
3.5.	Conclusiones	44
4.	Evaluación del Sistema EVIN	46
4.1.	Procedimiento	46
4.2.	Resultados	47
4.2.1.	Opinión general sobre la plataforma	47
4.2.2.	Opinión general sobre los juegos	50
4.2.3.	Propuestas de otras actividades diferentes a las incluidas en la aplicación	53
4.2.4.	Propuestas de recomendaciones útiles que podría generar la aplicación	54

4.3.	Conclusiones	54
5.	Sistema Recomendador	56
5.1.	Metodología de desarrollo	57
5.1.1.	Definición de la arquitectura global del sistema	59
5.1.2.	Estructura del sistema adaptativo	60
5.1.3.	Opciones de diseño para el sistema recomendador	61
5.1.3.1.	Estructura del sistema	61
5.1.3.2.	Selección del tipo de recomendador	62
5.1.3.3.	Adquisición, modelado y representación del conocimiento ..	63
5.1.4.	Selección del ciclo de vida y división del trabajo en fases	63
5.2.	Diseño del sistema recomendador	65
5.2.1.	Opciones de diseño para el sistema recomendador	66
5.2.1.1.	Estructura del sistema	66
5.2.1.2.	Selección del tipo de recomendador	67
5.2.1.3.	Adquisición, modelado y representación del conocimiento ..	67
5.2.2.	Especificación del sistema	68
5.2.2.1.	Elicitación del conocimiento	68
5.2.2.2.	Definición de la tarea de recomendación	69
5.2.2.3.	Validación	73
5.3.	Factores difíciles de controlar en la tarea de recomendación	73
5.4.	Conclusiones	75
6.	Conclusiones y trabajos futuros	77
6.1.	Principales contribuciones	79
6.2.	Trabajos futuros	81
7.	Bibliografía	85
8.	Anexos:	
	I. Manual de EVIN	96
	II. Guía didáctica de EVIN	130
	III. Procedimiento de inclusión de nuevos juegos en EVIN	145
	IV. Cuestionario de evaluación del sistema EVIN	151
	V. Resultados cuantitativos de la evaluación de EVIN	155
	VI. Sistema recomendador. Elicitación de conocimiento	163
	VII. Sistema recomendador. Base de conocimiento	174

1. Introducción

La *visión* es uno de los principales medios de que dispone el ser humano para obtener información del entorno que le rodea e interrelacionarse con él. Aproximadamente el 40% de las entradas sensoriales son visuales y casi la mitad de nuestra corteza cerebral está dedicada al procesamiento de la información visual, lo que es un claro indicativo de la importancia de la visión para el ser humano [del Abril et al., 2001].

El principio enunciado por Natalie Barraga en 1980: “*Cuanto más se mira, más eficacia visual se logra*” junto con el libro publicado por la autora ese mismo año [Barraga & Morris, 1980] sientan las bases de la *estimulación visual*. El objetivo principal de la estimulación visual es optimizar el uso de la visión mediante entrenamiento y favorecer el *aprendizaje visual* o *desarrollo perceptivo visual*.

El profesional que elabora un programa de estimulación visual puede realizar la intervención de forma directa con su alumno o puede delegar en terceras personas, por lo general profesores y/o familiares del alumno. Mientras que en el caso de los familiares siempre habrá que explicarles la forma de actuar, en el caso de los profesores esto dependerá de su grado de experiencia. En cualquier caso, la persona que ha elaborado dicho programa es el responsable de monitorizar la evolución del alumno y necesitará el contacto directo con éste en algún punto de la misma.

A lo largo de este capítulo se describirán los conceptos básicos relacionados con el proceso de estimulación visual. Así mismo, se revisarán los beneficios que hasta ahora han aportado las nuevas tecnologías a este campo. A continuación, se introducirán los requisitos que debería cumplir un sistema para la estimulación visual a través de Internet, así como algunas de las dificultades que esto supondría. Finalmente, se expondrán los objetivos de este trabajo y se explicará la estructura del resto de la memoria.

1.1 Estimulación visual. Conceptos básicos

La *percepción visual*, de acuerdo con la definición de Barraga [Barraga & Morris, 1980], es:

“La capacidad para interpretar lo que se ve, es decir, comprender e interpretar con sentido toda la información que se recibe por el sentido visual.”

El *desarrollo perceptivo visual* es un proceso de *aprendizaje* que comienza incluso antes de nacer y durante el cual las capacidades perceptivo visuales se adquieren a través de la *experiencia* y la *práctica* [Ferrell, 2010].

En general, el aprendizaje visual se realiza de forma *espontánea*. Sin embargo, existe un número significativo de niños que no lo harán de forma automática, por ello se les debe estimular visualmente mediante un programa sistemático encaminado a desarrollar sus funciones visuales. Si esto no se hace así, estas personas funcionarán visualmente por debajo del nivel que podrían alcanzar [Barraga & Morris, 1980].

La visión es, por tanto, una *función aprendida*, y su *calidad puede mejorarse con entrenamiento*, especialmente si éste se produce durante el periodo de tiempo más sensible [Barraga & Morris, 1980]. En este sentido, los primeros siete años de vida constituyen un período muy sensible en el desarrollo de la visión, ya que el cerebro muestra una notable plasticidad. No obstante, las habilidades visuales pueden adquirirse también fuera de esta etapa como demostró Mamer [Mamer, 1999].

La evidencia de que incrementando experiencias visuales se incrementa el crecimiento neuronal en el cortex visual [Shonkoff & Phillips, 2000], sugiere firmemente que el mejor camino a seguir es proporcionar oportunidades para el desarrollo visual cuando sea posible, facilitando experiencias que requieran gradualmente comportamientos visuales más complejos [Ferrell, 2010].

La *estimulación/entrenamiento visual* tiene como objetivo principal la *optimización del uso de la visión*. Este entrenamiento o *instrucción en eficiencia visual* (proceso de utilizar la visión eficazmente [D'Andrea & Farrenkopf, 2000]) puede tener un profundo impacto en el funcionamiento global de los estudiantes con discapacidad visual, así como en su calidad de vida, tanto en el entorno escolar como en casa, en el lugar de trabajo...[Erin & Topor, 2010].

La *intervención* mediante la estimulación/entrenamiento visual debe realizarse si, tras una *valoración*, el alumno no alcanza el desarrollo visual adecuado a su edad y nivel cognitivo. Un *programa de estimulación visual* sistematiza la actuación a realizar para el desarrollo de la habilidad visual correspondiente al presentar un buen número de actividades y materiales. No obstante, esta intervención no será realmente eficiente si estas habilidades no se aplican en el entorno natural, si no se generaliza su uso a todas las actividades de la persona [Santos et al., 2013].

1.2 Las Nuevas Tecnologías como herramienta de apoyo a la estimulación visual

Diversos trabajos han demostrado la eficacia del uso de las computadoras como medio para realizar entrenamientos visuales, producto de los cuales surgen los primeros *juegos de ordenador* para este propósito [Hammarlund, 1994; Jaritz et al., 1994].

Las Tecnologías de la Información y Comunicación, TIC, se han incorporado plenamente en el ámbito educativo ya que, entre otras cosas, permiten un alto grado de individualización y posibilitan el acceso a los recursos educativos en cualquier instante y desde cualquier lugar. Sin embargo, y como veremos en el siguiente capítulo de la memoria, los avances en el área de las TIC no se reflejan en las herramientas software existentes en el campo de la estimulación visual.

Por todo ello, resulta de gran utilidad una plataforma web para posibilitar mediante juegos la estimulación del desarrollo perceptivo visual, así como el seguimiento individual y global de todos los alumnos que se entrenen con dichos juegos.

Así surge el proyecto EVIN¹ (acrónimo de Estimulación Visual en INternet), una plataforma online cuya finalidad principal es posibilitar mediante juegos la estimulación del desarrollo perceptivo visual, añadiendo el seguimiento individual y global de todos los alumnos que se entrenen con dichos juegos.

EVIN no sólo supone un gran avance con respecto a las herramientas existentes hasta la fecha para estimulación visual, sino que además añade un soporte a los profesionales encargados de guiar a los alumnos durante su proceso de estimulación.

1.3 Estimulación visual a distancia. Identificación de tareas y dificultades

A continuación mencionaremos las principales tareas que se realizan cuando se comienza con un proceso de estimulación visual y las dificultades que se pueden identificar a la hora de diseñar una plataforma que da soporte al especialista en la realización de estas tareas:

- *Valoración previa:* para poder realizar una planificación adecuada del programa de actuación para un determinado usuario es recomendable la realización de varios períodos de observación y evaluación antes de empezar la enseñanza, y una parte significativa de la misma se realiza de manera informal, por lo que es muy difícil proceder sin el contacto directo con el

¹ <http://siea.ia.uned.es/>

alumno. Es, por tanto, necesario contemplar una primera etapa de interacción con la plataforma guiada completamente por el profesor.

- *Análisis de datos médicos:* durante esta valoración es conveniente tener el máximo de datos médicos que aporten información relevante sobre las características de la deficiencia visual, el diagnóstico, sus repercusiones funcionales y el pronóstico en la evolución de la patología. La mayoría de los alumnos con baja visión presentan otras deficiencias, lo que repercute en sus capacidades, en la forma de acceso a la información, en la comunicación con el alumno. Toda esta información es confidencial. La información médica debe ser reservada y cumplir con el secreto médico. Se debe tener en cuenta los aspectos legales de los documentos, en especial que esta información tiene el máximo nivel de protección de datos. En una plataforma que permita dar una respuesta adaptada a cada usuario, la recogida de datos es fundamental. En este caso, sin embargo, la recogida debe ser cuidadosamente planeada y en muchos casos los datos a considerar van a estar restringidos debido a la normativa legal vigente.
- *Análisis de información personal del alumno:* la información médica no es suficiente para una correcta valoración. Cada niño con deficiencia visual presenta unas características individuales únicas, las destrezas y habilidades visuales estarán influenciadas por numerosos factores tanto referidos al órgano de la visión como a la persona en su conjunto y todo ello se conjugará con el ambiente, la experiencia y el aprendizaje acumulado, por lo que es conveniente también tener acceso a información en este sentido.
- *Intervención:* los programas de estimulación visual “*se deben intentar aplicar durante el periodo sensitivo de desarrollo visual, cuando esto sea posible, pero se puede y se debe intervenir en cualquier otro momento evolutivo*” [Santos et al., 2013; p.148], por lo que la variabilidad de los alumnos puede ser muy elevada.
- *Instruir al alumno en la tarea seleccionada:* otra cuestión fundamental es conseguir transmitir la información de forma que el alumno entienda la tarea que tiene que realizar. Esto no resulta sencillo, en muchas ocasiones, en

alumnos de corta edad o con deficiencias cognitivas o de comunicación, que son una parte significativa de los usuarios habituales de estos programas.

- *Ajuste de las características de los ejercicios:* durante el proceso de intervención se debe ir realizando un continuo ajuste de los parámetros de los diferentes ejercicios, dependiendo del perfil de cada alumno y de las respuestas obtenidas, esto tiene que ser un proceso muy dinámico. Es el maestro el que conociendo las necesidades y posibilidades de sus alumnos debe adecuar y acomodar las actividades y los parámetros a las características individuales y a la evolución del proceso.
- *Evaluación y seguimiento del alumno:* durante la estimulación visual la interacción del alumno con el programa, la respuesta que queda reflejada en el ordenador, representa solo una pequeña parte de la información que el profesor puede extraer de cómo realiza la tarea. La observación durante la realización de la misma es fundamental. El maestro debe estar atento a si el alumno está prestando la suficiente atención, al movimiento ocular, a si realiza también movimientos de cabeza, a la posición de la cabeza, a la forma en la que realiza los barridos, si realiza recorridos ordenados, etc. Si el profesor utiliza una plataforma de estimulación visual, sería muy conveniente poder recibir ayuda de la misma para configurar los ejercicios o para introducir cuantos datos necesite para seguir la evolución de cada alumno en particular.

La figura 1.1 muestra un esquema con las tareas anteriores agrupadas en procesos. Tras una etapa inicial de valoración, se realiza la intervención con el alumno y, finalmente, se evalúan los resultados obtenidos. La línea de retorno a la fase inicial de valoración se debe a que los datos médicos son susceptibles de variación en cualquier instante de tiempo, pudiendo ser necesarias valoraciones adicionales.

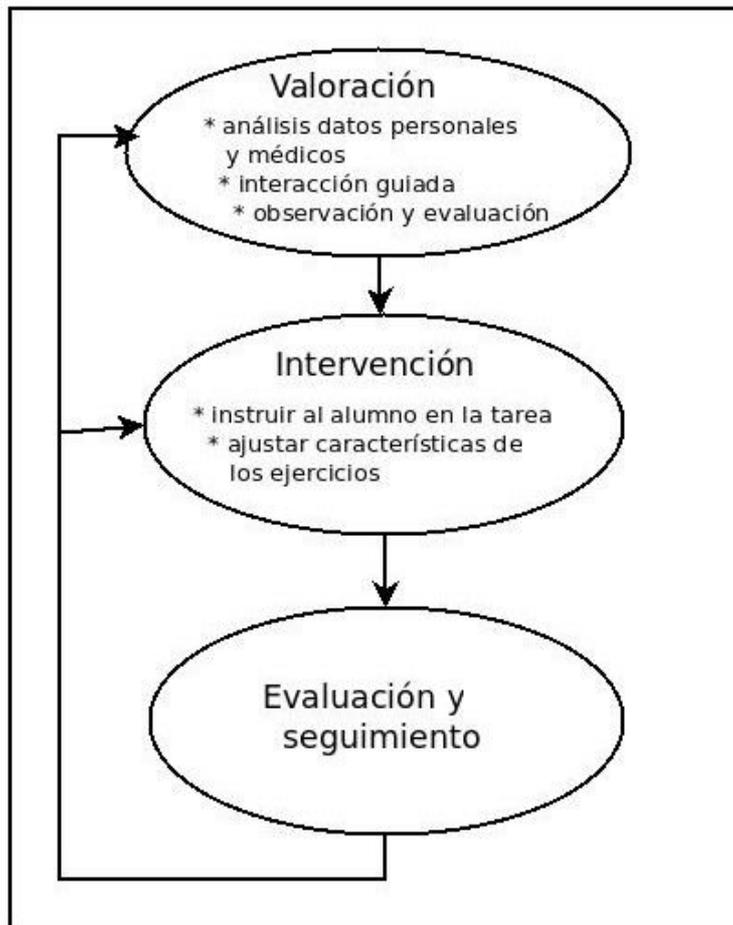


Figura 1.1: Esquema general de los procesos y tareas implicados en la estimulación visual.

Para conseguir los objetivos marcados es fundamental tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *Empatía con el alumno:* es muy importante que el rehabilitador empatice con el alumno. Esta es una parte esencial en cualquier proceso de enseñanza/aprendizaje, pero mucho más cuando se trabaja con este tipo de población. La primera parte de la intervención debe estar dirigida a “ganarse al alumno para la intervención”. La motivación es una parte esencial en este proceso. El papel de la plataforma en este sentido es también muy relevante, ya que puede proporcionar un punto de motivación, al presentar ejercicios atractivos.

- *Comunicación con el alumno:* el maestro debe aprender a entender los mensajes que manda el alumno. Hay que ser capaz de reconocer lo que se entiende como respuesta significativa, que puede ser muy diferente según las características de los alumnos. Bebés, niños en la fase de inicio de la comunicación, niños con grandes retrasos madurativos, niños con diversidad funcional cognitiva, etc. Este tipo de respuesta puede ser muy sutil y es muy difícil captarla a distancia a través del uso de una plataforma de estimulación visual.
- *Selección del proceso de enseñanza/aprendizaje:* también es muy importante el tipo de proceso de enseñanza/aprendizaje que se utiliza, que debe variar según el alumno. En algunos casos será conveniente utilizar un *aprendizaje por descubrimiento* [Bruner, 1966] en el que se deja al alumno que vaya buscando por sí mismo la forma de finalizar con éxito. En este caso no tiene mayores dificultades para realizarse a distancia. Pero en otras ocasiones el maestro debe ir guiando el proceso proporcionando las ayudas necesarias para ir completando la tarea. El maestro, según va viendo que el alumno va adquiriendo los conocimientos o habilidades necesarios, retira paulatinamente las ayudas hasta que el alumno sea capaz de realizarla de forma totalmente autónoma. Si no se consiguen avances, tiene que replantearse la estrategia y utilizar otros procedimientos para intentar conseguir el éxito, o plantearse si se trata de un objetivo que no se encuentra en estos momentos al alcance del alumno, y es necesario reducir el nivel de dificultad de la misma o cambiar totalmente de tarea.

En la próxima sección describimos y concretamos los objetivos que nos han permitido y nos están permitiendo avanzar en estas tareas y superar parte de estas dificultades.

1.4 Objetivos

La plataforma web EVIN nace como una experiencia para demostrar que, a pesar de las tareas y dificultades expuestas en la sección anterior, se puede construir una herramienta para **facilitar a distancia (i) la realización de entrenamientos visuales y (ii) la evaluación y seguimiento de los alumnos**. Pero, además, pretende **(iii) orientar y aconsejar a los profesionales** en la tarea de seleccionar los ejercicios más adecuados para cada alumno de acuerdo a sus necesidades específicas y a su evolución durante el proceso de entrenamiento visual.

Para conseguir estos tres objetivos fundamentales, a continuación concretamos las tareas a realizar para alcanzarlos:

- Construcción de una metodología para conseguir la inserción de una forma sencilla de nuevos juegos que permitan una evaluación integrada y con soporte al profesor. Ayuda a resolver las tareas de la sección 1.3: *Valoración previa, Intervención, Instruir al alumno en la tarea seleccionada, Evaluación y seguimiento del alumno*.
- Construcción de la plataforma EVIN que implementa dicha metodología. Así, se implementan las muy concretas tareas (sección 1.3): *Análisis de datos médicos, Análisis de información personal del alumno*, permite al profesor el *Ajuste de las características de los ejercicios*.
- Elaboración de una metodología que permite desarrollar, de forma sistemática, un sistema recomendador que indica qué configuraciones de un juego son las más apropiadas en cada caso. Ayuda a resolver las tareas de la sección 1.3: *Instruir al alumno en la tarea seleccionada, Evaluación y seguimiento del alumno, ayuda al profesor con el Ajuste de las características de los ejercicios*. Además, ayuda al profesor en las dificultades mencionadas en la sección 1.3: *Empatía con el alumno, Comunicación con el alumno, Selección del proceso de enseñanza/aprendizaje*.

Para conseguirlo, debemos tratar de:

- Facilitar la transición desde los aspectos más básicos hasta los más complejos durante el desarrollo del sistema.
- Aplicar, dentro de lo posible, los principios de reusabilidad y facilidad de mantenimiento.
- Diseñar el núcleo de un recomendador que sea genérico a todos los juegos y que permita adaptarse a las diferentes características de los mismos. Utilizar dicho núcleo para especificar el conocimiento necesario para recomendar configuraciones en el juego Percepción espacial.
- Identificar aquellos factores implicados en la tarea de recomendación que son difíciles de controlar.
- Analizar los problemas planteados e identificar las próximas fases para desarrollar un recomendador aplicable a todos los juegos de la plataforma.

En la sección siguiente describimos en detalle la estructura de la presente memoria, la cual explica y detalla las tareas mencionadas en esta sección.

1.5 Estructura de la memoria

En el capítulo 2 se realiza un recorrido por aquellos tipos de sistemas que tienen relación con el dominio de los sistemas recomendadores que ayudan al profesor durante la realización de entrenamientos visuales con sus alumnos. Estos sistemas se pueden agrupar en tres clases: sistemas para el entrenamiento visual (sección 2.1), sistemas educativos con soporte al profesor (sección 2.2) y sistemas recomendadores (sección 2.3). El objetivo del capítulo es enmarcar el presente Trabajo en el actual estado del arte de las áreas implicadas.

En el capítulo 3 se describe la plataforma web EVIN. La arquitectura de EVIN, su estructura y funcionalidad principal se detallan en la sección 3.1. En la sección 3.2 se comentan tanto las características comunes como individuales de los cinco juegos que contiene actualmente la plataforma. La sección 3.3 ilustra mediante

casos de uso algunas posibles aplicaciones de este software. A continuación, en la sección 3.4, se explican las mejoras recientes desarrolladas en la plataforma (accesibilidad, internacionalización, aspectos de seguridad y nuevos criterios para la evaluación por grupos de alumnos) y sus aportaciones al proceso de estimulación a distancia.

La evaluación de EVIN se describe en el capítulo 4. En la sección 4.1 se detallan tanto el procedimiento seguido, como los objetivos de la evaluación. Posteriormente, en la sección 4.2 se analizan los resultados obtenidos, los cuales abarcan desde la opinión general sobre la plataforma y los juegos que contiene, hasta un conjunto de propuestas de los usuarios sobre qué ejercicios de entrenamiento, adicionales a los ya existentes, sería más adecuado incluir en EVIN y qué tipo de recomendaciones les gustaría recibir por parte del sistema.

En el capítulo 5 se detalla el proceso de diseño de un sistema recomendador en el dominio de la estimulación visual mediante juegos. En la sección 5.1 se hace un breve recorrido por las metodologías de desarrollo existentes en el área de los sistemas adaptativos en educación y, a continuación, se describe la metodología desarrollada específicamente para el recomendador cuyo diseño se va a abordar en la sección 5.2. En esta sección se explica la arquitectura y estructura del sistema; el tipo de recomendador elegido; así como los procesos de adquisición, modelado, representación del conocimiento y validación. Por último, en la sección 5.3 se enumeran todos aquellos factores, identificados durante la fase de diseño, que son muy difíciles de controlar y que influyen en los resultados del alumno durante sus entrenamientos.

Cada uno de los tres capítulos anteriores se cierra con una sección que contiene tanto las conclusiones del capítulo correspondiente como un conjunto de reflexiones cuyo objetivo es poder enlazar mejor el contenido de los diferentes capítulos.

Finalmente, en el capítulo 6 se realiza un resumen de este trabajo con las conclusiones finales, las principales aportaciones del mismo al campo de la

estimulación visual (sección 6.1) y algunos de los trabajos futuros más importantes que quedan por realizar (sección 6.2). En esta sección también se relacionan las próximas fases de desarrollo del sistema descrito en el capítulo 5.

2. Estado del arte

El dominio en el que se ha desarrollado este Trabajo de Fin de Máster involucra numerosas áreas, incluyendo entrenamiento visual (especialmente aquél indicado para personas con una discapacidad visual), sistemas educativos en los que el estudiante necesita ser apoyado por un profesor (o, como es el caso del presente trabajo, por otros profesionales o familiares) y sistemas recomendadores.

2.1 Sistemas para el entrenamiento visual

A mediados de los noventa se llevaron a cabo diversos estudios para tratar la efectividad de los ordenadores como medio para el entrenamiento visual. Como resultado, fueron surgiendo los primeros sistemas basados en juegos: Lilli & Gogo [Jaritz et al., 1994] y un conjunto de juegos desarrollados en el centro de Recursos Tomtebodas de Suecia: como por ejemplo, *The truck*, *Worm max*, *Look Here*, etc. [Hammarlund, 1994]. Estos programas cubren con pocos ejercicios algunas funciones visuales básicas (atención, fijación, seguimientos, recorridos y exploraciones, etc.). No obstante, en la mayoría de los casos, no permiten ajustar las características de los estímulos (tamaño, color, contraste, etc.) ni atender a las necesidades de todos los tipos de alumnos con discapacidad visual, ya que estos varían significativamente, dependiendo de los diferentes grados de visión residual de estas personas.

En el cambio de siglo se desarrollaron dos aplicaciones interesantes: EVO² (entrenamiento visual por ordenador) y SENSwitcher [SEN Switcher, 2015]. El programa EVO [Rodríguez et al., 2001; Rodríguez et al., 2003] es el resultado de una investigación financiada por la ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles). Hasta el momento, EVO es el programa más completo diseñado en nuestro país para la estimulación visual; contiene 24 ejercicios que cubren una gran variedad de tareas visuales, permitiendo la variación de las configuraciones de los estímulos para adaptarse a las diferentes características de los estudiantes: edad,

²[http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/comun/Programa%20Estimulacion%20Visual%20\(EVO\).zip](http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/comun/Programa%20Estimulacion%20Visual%20(EVO).zip)

tipo de discapacidad visual, habilidad cognitiva, etc. También es el primer programa en proporcionar comentarios acerca del grado de éxito o fracaso de los usuarios al realizar una determinada tarea. Sin embargo, esta realimentación, no está disponible en tiempo real y sólo se almacena de manera local en el ordenador donde se esté trabajando.

En el ámbito internacional tampoco hay excesivos avances. SENSwitcher es una herramienta para la estimulación visual que puede descargarse o conectarse en red, a diferencia de la mayoría de aplicaciones que se distribuyen a través de CD-ROM. Contiene un gran número de ejercicios en los que el niño realiza el seguimiento de los estímulos, obtiene respuestas de causa y efecto, observa diferentes formas, etc. SENSwitcher no se ha diseñado específicamente para niños con discapacidad visual, pero puede utilizarse para trabajar los niveles más básicos con niños con discapacidad visual sin otras deficiencias o con niños con múltiples discapacidades además de la visual. Sin embargo, una de las principales características de SENSwitcher es que el niño no interacciona con el sistema sino que se basa en animaciones y estímulos que se le presentan en pantalla. Por tanto, no se guarda un registro de las actividades del niño que permita construir una realimentación de su rendimiento o mejora en sus capacidades.

Volviendo a nuestro país, un poco más adelante se desarrolló la aplicación EFIVIS [Saz et al., 2006] que contiene 15 actividades y 4 juegos, abarcando un gran número de tareas visuales. Es muy flexible, permitiendo una amplia variación de los parámetros estimulares para adaptarse a las características individuales de cada alumno. Este programa no ofrece ninguna información sobre los resultados obtenidos por el alumno tras la realización de un determinado ejercicio, ni tampoco se adapta a todas las edades de los alumnos, ya que está pensado específicamente para niños de 0 a 6 años. Por otra parte muchas tareas se repiten en secuencia, con lo que el alumno puede aprender cuál es la solución a un ejercicio sin más que memorizar dicha secuencia tras su repetido entrenamiento con el mismo.

En la actualidad, a través de Internet también se puede acceder a un buen número de ejercicios para Estimulación Visual realizados con distintos tipos de herramientas de autor, variando desde las más básicas como Microsoft® PowerPoint³, hasta entornos más sofisticados como Jclíc⁴ que, desarrollado sobre la plataforma Java⁵, permite la creación, realización y evaluación de actividades educativas multimedia. Ejemplos de ejercicios creados con PowerPoint se pueden ver en el blog 9letras⁶ y también en el sitio web de WhiteBoard Room⁷. Por otro lado, existe abundante material realizado con Jclíc, un ejemplo muy completo es el conjunto de 275 actividades orientadas a la estimulación visual, diseñadas pensando en alumnos con algún tipo de discapacidad visual⁸.

La ventaja de este tipo de herramientas es que los profesionales pueden crear sus propios materiales sin necesidad de poseer un gran conocimiento técnico. Sin embargo, los productos resultantes tienen también limitaciones, sobre todo en lo que respecta a la funcionalidad proporcionada. Por ejemplo, los recursos señalados en el párrafo anterior no proporcionan soporte para la evaluación de los alumnos y no son adecuados para todos los grados de discapacidad visual, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo resto visual. Otro problema es que los diferentes grupos de actividades se presentan siempre en la misma secuencia, no pudiendo los profesionales escoger aquellas que les parezcan más adecuadas para cada situación. Incluso en el caso del grupo de 275 ejercicios, en el que es posible desplazarse por la secuencia hacia adelante o hacia atrás, resulta muy engorroso localizar una actividad en particular.

Una vez analizadas estas aplicaciones y otros recursos similares, hemos encontrado varias limitaciones considerables. Entre ellas, la más notable es la parcial o total ausencia de mecanismos de realimentación que faciliten la evaluación

³ <https://products.office.com/en-us/powerpoint>

⁴ <http://clíc.xtec.cat/es/jclíc/>

⁵ <https://www.java.com/es/>

⁶ <http://9letras.wordpress.com/2011/11/21/discriminacion-visual-nueva-pagina-en-9letras/>

⁷ <http://www.whiteboardroom.org.uk/LearningSystem/PortalHome/preDefault.asp?Resource=AEE03C0E-AE07-497D-9FA7-989D8654B96F&ResourceID=7041>

⁸ http://clíc.xtec.cat/db/act_es.jsp?id=3454

y monitorización de los estudiantes y/o la falta de adaptabilidad a los diferentes tipos y grados de discapacidad visual.

Tras el análisis anterior, podría decirse que no todos los avances observados en el área de las TIC se están viendo reflejados en el área de la estimulación visual. A pesar de que existen investigaciones recientes sobre la aplicación de las nuevas tecnologías para el tratamiento de áreas específicas como, por ejemplo, la plataforma de juego para el tratamiento de ambliopía descrito en [To et al., 2011] o el trabajo detallado en [Poggel et al., 2010] para mejorar el tamaño del campo visual, así como el rendimiento visual subjetivo, no disponemos de ningún estudio reciente acerca del uso de las TIC para estimular el desarrollo perceptivo visual.

2.2 Sistemas educacionales con soporte al profesor

Hoy en día ya son populares los sistemas de educación basados en web. Desde los primeros sistemas tutoriales inteligentes [Wenger, 1987] y sistemas hipermedia [Brusilovsky, 1996], han ido surgiendo plataformas para el aprendizaje más completas y adaptativas al estudiante.

Una línea que está tomando fuerza en el área de enseñanza a niños más pequeños o con algún tipo de discapacidad es aquella basada en los sistemas basados en juegos. Actualmente existen numerosos sistemas de educación basados en juegos, que con mayor o menor éxito, involucran al estudiante en la realización de una determinada tarea o en el proceso de aprendizaje de un determinado concepto [Peirce et al., 2008]. En función de la tecnología utilizada, estos sistemas abarcan desde sencillos juegos para ordenador distribuidos en CD-ROM, hasta otros más complejos como, por ejemplo, juegos educativos basados en web colaborativos y adaptativos [Giraldo, 2007]. En este mismo trabajo se relacionan las diferentes tendencias en este campo, así como las tecnologías implicadas en cada una de ellas.

Con el auge de los sistemas educativos basados en Internet, donde la heterogeneidad de usuarios y de información disponible hace más difícil un uso eficiente del sitio web [Gaudioso 2002], surgen nuevos requisitos de accesibilidad derivados de diversos factores (los dispositivos de acceso, el entorno, las características personales...), ampliándose así la noción específica de discapacidad por aquella más genérica de diversidad funcional [Fernández-Manjón et al.,2009]. Son numerosos los investigadores que trabajan en esta área y que tratan de adaptar estos sistemas para que las personas con necesidades especiales puedan acceder a ellos sin problemas. Para este propósito, se utilizan diversas técnicas de adaptación y/o modelado basado en estándares [Boticario & Santos, 2007; Santos et al., 2007; Fernández-Manjón et al.,2009].

Es distinto el caso de los sistemas que están especialmente dedicados a ayudar a superar algún tipo de discapacidad. Es el caso de los sistemas de entrenamiento visual descritos en el apartado anterior o el sistema AdaptADHD descrito en [Gómez & Carro, 2014] (un sistema para el entrenamiento y evaluación de niños y adolescentes con hiperactividad y déficit de atención) o APADYT descrito en [Rubio et al., 2014] (una Aplicación Psicopedagógica para Apoyo en Diagnóstico y Tratamiento). En estos casos, el objetivo del sistema no es que los alumnos adquieran un determinado conocimiento sino que realicen ejercicios que les permitan adquirir o entrenar ciertas competencias como, por ejemplo, atención visual [Eye can Learn, 2015]⁹, concentración o control de los impulsos [Gómez & Carro, 2014] o proporcionar actividades de aprendizaje a alumnos con necesidades especiales [Rubio et al., 2014]. En este tipo de sistemas, se da la circunstancia de que el estudiante debe estar acompañado o debe ser ayudado por un profesor, un profesional especialista o sus propios padres. Idealmente, el software debe implicar a estas figuras y conseguir que de alguna forma interaccionen con el sistema para mejorar la respuesta que se le da al estudiante.

⁹ En este caso, son un conjunto de ejercicios sin soporte al educador

La necesidad de implicar y ayudar a la figura del profesional especialista en la interacción que hace el usuario con el software SEN (del inglés Special Educational Needs), ya se vió en sistemas implementados en este área con anterioridad y que fueron precursores del sistema EVIN y del sistema AdaptADHD (los sistemas EVO [Rodríguez et al., 2001; Rodríguez et al., 2003] y Captain [Gómez & Carro, 2014]). Durante el trabajo con el alumno, el especialista debe *encargarse* de:

- Seleccionar el tipo de actividad que más se adecúe al usuario con el que está trabajando en ese momento.
- Configurar cualquier parámetro utilizado en la aplicación: nivel de dificultad por ejemplo.
- El especialista debe tomar notas de la actividad del usuario y hacer sus propios informes y gráficos de evolución.
- Así mismo, debe guardar un registro de actividad por cada usuario que utilice, a modo de historial.
- Al ser aplicaciones bastante antiguas que se han utilizado en un pequeño círculo de usuarios, la interfaz suele estar bastante desactualizada y por lo general, no está adaptada a los nuevos dispositivos disponibles.

En el caso de AdaptADHD [Gómez & Carro, 2014] y APADYT [Rubio et al., 2014], ya se han incluido estas funcionalidades, pero en el campo de la estimulación visual, no existe un software que permita, de manera integrada, proporcionar ejercicios de estimulación visual en el que se realiza, además, tareas de monitorización y soporte a los especialistas/padres.

Normalmente, las tareas de soporte a padres y profesionales especialistas se limitan a la presentación de ciertos informes de actividad. No obstante, debe ser especialista el que decida en cada momento el nivel de dificultad o los parámetros particulares de cada ejercicio a presentar. Para profesionales noveles esto puede ser un problema, ya que se enfrentan a un software nuevo y pueden no contar con la suficiente experiencia para adecuar el uso de la herramienta a las circunstancias particulares de cada alumno.

El objetivo de este trabajo es proporcionar un sistema que permita realizar tareas de estimulación visual mediante juegos a través de Internet. El sistema realizará la evaluación de los avances y podrá recomendar a padres y a educadores no expertos la mejor configuración para cada alumno teniendo en cuenta sus características individuales.

El soporte a profesores ha sido un tema en el que no se ha hecho demasiado hincapié en el área de los sistemas adaptativos en educación. Por lo general, los sistemas adaptativos en educación guardan un *modelo del estudiante* [Self, 1995; Brusilovsky, 1994; 1996] que utilizan para guiarle por sus procesos de aprendizaje [Boticario & Gaudioso, 2003], tal y como ya se hacía en los primitivos Sistemas Tutoriales Inteligentes (STIs). En el esquema general de un sistema adaptativo en educación (ver figura 2.1), se almacenan las características del estudiante (perfiles, preferencias, nivel de conocimiento, etc.) en el modelo del estudiante. En el *modelo pedagógico*, se guardan las preferencias pedagógicas (criterios pedagógicos de cómo y cuándo actuar). El *sistema experto*, es el encargado de resolver los problemas del dominio que se le presentan al propio estudiante (por ejemplo, un problema de fracciones en un sistema de enseñanza de matemáticas) [Boticario & Gaudioso, 2003].

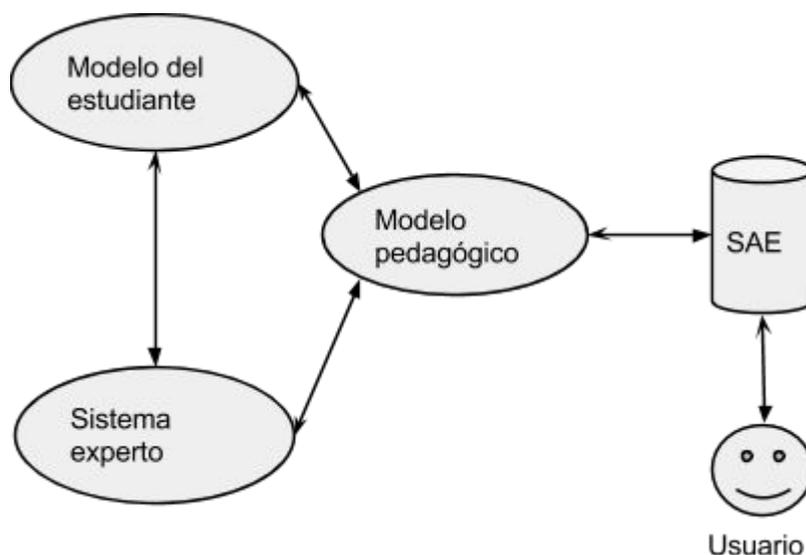


Figura 2.1: Esquema general de un sistema adaptativo en educación (SAE).

El esquema general mostrado en la figura 2.1 es el que utilizan por lo general los sistemas adaptativos en educación que buscan que el estudiante interactúe solo con el sistema. En el caso de que sea un profesor el que guíe el proceso de enseñanza en el que se utiliza un sistema adaptativo de educación, puede usar un software que analice la propia interacción del estudiante, pudiendo proporcionar información valiosa que pueda utilizar el profesor para mejorar los contenidos o apoyar al estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje [Gašević et al., 2015].

En el caso de aulas con menos estudiantes (en el que las técnicas de análisis de datos pueden no ser del todo efectivas), o en niveles de enseñanza más tempranos (infantil, primaria o secundaria), el apoyo al profesor se basa en la muestra de informes de rendimiento, ejercicios bien resueltos, material estudiado, etc... recayendo en el propio profesor toda la tarea de análisis, y actuación.

Para permitir que el profesor pudiera actuar en el propio sistema, surgió una línea interesante en el que el modelo de estudiante se muestra al usuario (los llamados modelos del estudiante abiertos del inglés *Open Learning Models*) [Bull et al., 2012], que permiten por un lado, que el estudiante pueda ver su propio progreso y por otro, facilita el análisis al profesor. Otros sistemas, tratan de involucrar al propio profesor en las acciones que el sistema pueda recomendar a un estudiante en particular. Por ejemplo, en [Gaudio et al., 2009], se describe un sistema tutorial para la enseñanza de la física en secundaria, que permite al profesor modificar los propios modelos de estudiante así como analizar grupos de estudiantes y pedirle al recomendador del sistema que les sugiera ciertos materiales adicionales. En [Bull et al., 2012], el objetivo es similar, buscando ayudar al profesor en la formación de grupos de aprendizaje en clase.

Ésta es un área especialmente interesante en el campo de los sistemas de aprendizaje o entrenamiento para personas con necesidades especiales (SENEs), ya que el profesional especialista es esencial y en la mayoría de los casos, no es posible una interacción en solitario por parte del usuario con el sistema. Es por tanto importante, considerar, no sólo unos informes de actividad sino ciertas

recomendaciones que permitan al profesional hacer un uso más eficiente y adecuado del sistema para cada usuario con el que trabaja.

En los SENEs, a diferencia de los sistemas adaptativos en educación al uso, en muchas ocasiones no es recomendable adaptar el propio juego o el ejercicio, ya que está especialmente dirigido a un objetivo concreto que no debe ser adaptado. La ayuda estará dirigida al profesional especialista o profesor. Este sistema de ayuda se ajusta más a la ayuda que proporcionan los sistemas recomendadores que revisaremos en la siguiente sección.

2.3 Sistemas recomendadores

El uso de los sistemas recomendadores está ampliamente extendido hoy en día, y ya son conocidas sus aplicaciones en comercio electrónico [Schafer et al., 1999; Linden et al., 2003] o en navegación web [Armstrong et al., 1995; Pazzani et al., 1996]. No es el objetivo de esta sección, ni de este trabajo, hacer un recorrido por todas las aplicaciones y técnicas actuales (tales como filtrado colaborativo [Goldberg et al., 1992], aprendizaje automático [Webb et al., 2001], reglas [Castillo et al., 1998], etc...). Un repaso de las técnicas y algoritmos básicos más utilizados en sistemas recomendadores, así como las tendencias actuales en el campo y otros aspectos relacionados tales como evaluación, seguridad, generación de explicaciones, etc..., pueden encontrarse en [Jannach et al., 2010].

Como hemos comentado al final de la sección anterior, el objetivo en los sistemas SENEs es el de recomendar acciones o configuraciones válidas para un determinado alumno sin modificar la propia interacción con el sistema.

En esta ocasión, es útil considerar la distinción entre la doble función que desempeña un recomendador: la tarea de filtro y la de guía [Hernández-del-Olmo et al., 2009]. El filtro en un sistema recomendador es el encargado de extraer aquellos ítems, juegos, materiales, etc. que son potencialmente útiles a un determinado usuario. Por otra parte, la función del guía es la de saber recomendar esos ítems, en

el momento adecuado. Una recomendación puede dejar de ser adecuada si se recomienda en un momento en el que no es oportuna en absoluto [Hernández-del-Olmo et al., 2005].

En el área de los sistemas SENEs, no está extendido el uso de recomendadores puesto que se delega esta función en el propio profesional especialista o profesor. El sistema AdaptADHD [Gómez & Carro, 2014], sí proporciona recomendaciones. En el sistema está implementada cierta terapia dada por un psicólogo especialista. El usuario puede realizar la interacción con el sistema de manera autónoma utilizando dicha terapia, o puede dejar que el sistema le recomiende otros grados de dificultad de acuerdo a los ejercicios que él puede realizar sin errores. En este caso particular, el sistema recomendador se basa exclusivamente en el sistema filtro puesto que una vez que el usuario decide seguir la terapia recomendada, ya se recomienda siempre las acciones que el filtro determina.

En el área de estimulación visual, especialmente si está dirigido a niños, es altamente improbable que este tipo de interacción pueda llevarse a cabo. En este caso, siempre debería haber un profesional especialista/padre/profesor que ayude al niño en su interacción con el sistema. En este caso, debe dejarse que sea esta persona la que determine el mejor ejercicio a realizar y es ahí donde el recomendador sí puede aconsejar la mejor configuración posible, pero dejando que sea finalmente el profesional el que decida si se usa o no. Por tanto, en este caso, el subsistema filtro se guiará por unas reglas más o menos fijas (siguiendo la secuencia habitual del desarrollo visual) y será el subsistema guía el que se adapte a cada profesional y alumno.

2.4 Conclusiones

En el área de estimulación visual no se han desarrollado aplicaciones que puedan ser fácilmente utilizadas y accedidas por los usuarios a través de Internet. Las aplicaciones actuales, además, no proporcionan soporte al profesional especialista y sólo les proporcionan unos informes individualizados que el profesional debe

gestionar de manera manual. Esta manera de trabajar dificulta la tarea del especialista y la extracción de conclusiones acerca de cuál es la mejor manera de trabajar para adaptarse a las características individuales de cada alumno.

Como contribución para resolver los problemas identificados en el área de estimulación visual, se inició el desarrollo de la plataforma en Internet EVIN (<http://siea.ia.uned.es/>). Las principales características de EVIN son: permite realizar ejercicios de estimulación visual a través de Internet sin necesidad de instalar software adicional y desde múltiples dispositivos; permite realizar evaluaciones globales del rendimiento de los usuarios; permite recoger datos estadísticos de sus interacciones.

Además, este tipo de sistemas deben adoptar soluciones ya implementadas en el área de sistemas adaptativos de educación, pero adaptándolas a las propias características de los sistemas dirigidos a personas con necesidades especiales. Este es el caso de los sistemas AdaptADHD [Gómez & Carro, 2014] y APADYT [Rubio et al., 2014].

En el caso del sistema EVIN (y en general de los sistemas de estimulación visual), se ha diseñado la recomendación en base a un filtro que contiene las reglas que rigen una estimulación al uso para cada nivel de desarrollo visual. Para ello, se ha seguido una etapa de elicitación de conocimiento con un experto en el área. Posteriormente, será el subsistema guía el que decida qué recomendaciones son más adecuadas y cuándo presentarlas. De esta manera se le proporciona una estimulación adecuada al niño y una ayuda individualizada al profesional especialista.

El sistema EVIN con recomendaciones al profesor, se beneficia, por una parte, del potencial de Internet y de las técnicas de adaptación utilizadas por los sistemas recomendadores mientras que, por la otra, aprovecha las tecnologías propias de los sistemas educativos basados en juegos y de los sistemas educativos adaptativos, en particular, de los sistemas de entrenamiento para personas con necesidades

especiales (SENEs) con soporte al profesor. No obstante, el proceso de recomendación en EVIN es ligeramente diferente al de los SENEs comentados en este capítulo, ya que las recomendaciones deben hacerse paso a paso en cada una de las etapas del proceso de estimulación visual. La figura 2.2 ilustra todas estas tecnologías y las relaciones entre ellas.

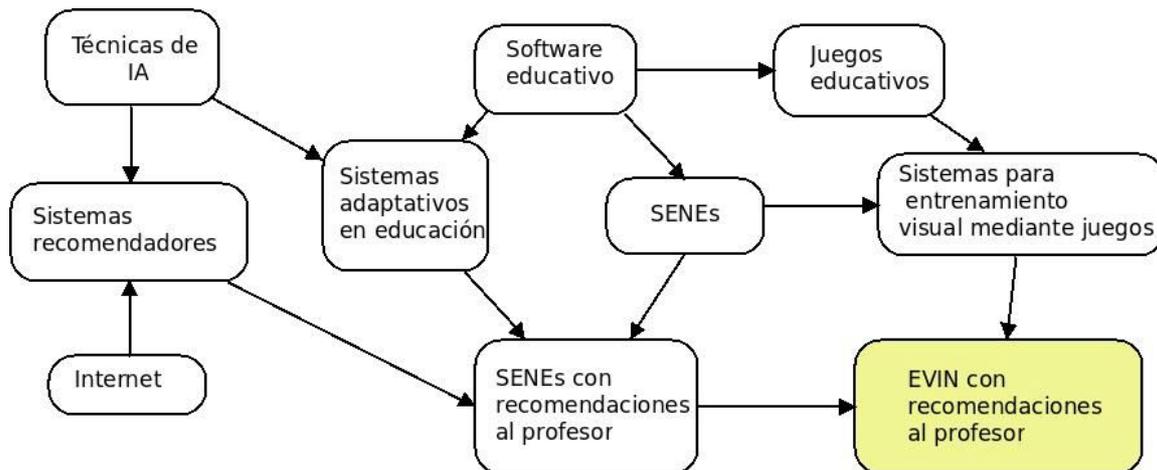


Figura 2.2: Tecnologías implicadas en el sistema EVIN con recomendaciones al profesor.

3. Descripción del sistema EVIN

Uno de los tres principales objetivos (ver sección 1.4) del proyecto EVIN es el desarrollo de un *sistema interactivo de enseñanza-aprendizaje* que aproveche el potencial de las TIC junto con la experiencia acumulada por los profesionales de la baja visión en el área de la estimulación visual, así como los avances surgidos en este campo con objeto de estimular el desarrollo perceptivo visual en aquellas personas que presentan dificultades para la recepción y/o procesamiento de los estímulos visuales de su entorno. Esta estimulación se realiza en la plataforma web EVIN mediante *juegos* que ejercitan al usuario en diferentes tareas visuales.

La mayoría de herramientas software para realizar entrenamientos visuales, encontradas hasta la fecha, ofrecen muy pocos mecanismos que permitan la *evaluación y seguimiento* de los alumnos entrenados con ellas. Puesto que la evaluación es algo inherente a todo proceso de enseñanza-aprendizaje, se ha considerado otro de los principales objetivos de este TFM (ver sección 1.4) y de EVIN. De hecho, el soporte para la *evaluación* junto con la recogida de datos de forma centralizada son las principales características diferenciadoras de EVIN frente al resto de sistemas de este tipo existentes hasta el momento.

La arquitectura de esta plataforma web se describe en la sección 3.1. En la sección 3.2 se comentan brevemente los juegos que contiene actualmente la misma. La sección 3.3 ilustra mediante casos de uso algunas posibles aplicaciones de este software. A continuación, se comentan las mejoras recientes desarrolladas en la plataforma y las aportaciones de EVIN al proceso de estimulación a distancia. Finalmente, en el apartado de conclusiones, se refleja la trayectoria del sistema y sus limitaciones, identificando la necesidad de una herramienta que apoye las tareas del profesional encargado de realizar la estimulación visual.

3.1 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema EVIN puede verse en la figura 3.1.

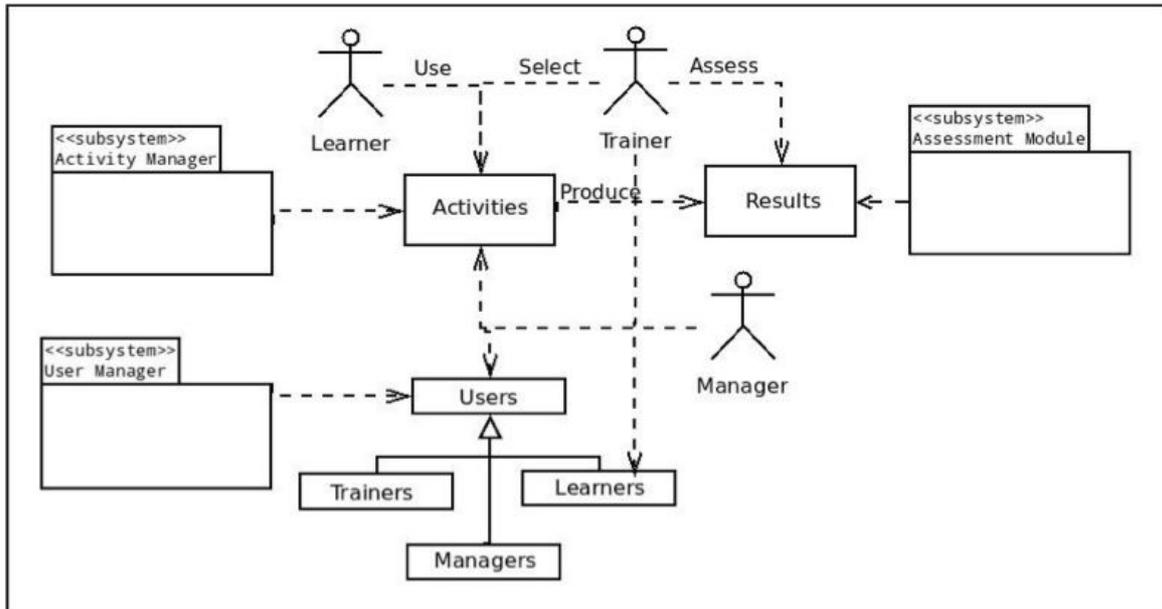


Figura 3.1: Arquitectura del sistema EVIN.

A continuación, se describen los diferentes componentes de este sistema:

- *Usuarios.* Se distinguen tres tipos de usuarios. Los *Alumnos* son aquellas personas que utilizan los juegos proporcionados por esta aplicación con la finalidad de realizar un entrenamiento/estimulación visual. Los *Profesores* son los usuarios que guían al alumno en su proceso de aprendizaje (profesores, educadores, padres...). Por último, los *Administradores* son todos aquellos que se encargan de mantener actualizados los datos almacenados en el sistema.
- *Subsistema administrador de juegos/actividades.* Esta parte de la aplicación permite la consulta/actualización de todos los juegos existentes en la base de datos, así como el uso de los mismos. Cada tipo de usuario tiene acceso a diferente funcionalidad. Los *Alumnos* se entrenan con las actividades disponibles. Los *Profesores* consultan la información de los juegos y

seleccionan, configuran y prueban los mismos para que los alumnos se entrenen teniendo en cuenta sus características individuales. Por último, los *Administradores* gestionan la información relacionada con los juegos de la aplicación (altas, bajas, consultas y modificaciones).

- *Subsistema de evaluación.* Cuando un juego finaliza, se envían a este módulo el número de aciertos y fallos producidos durante el transcurso del mismo, así como su duración. Este subsistema es el responsable de la visualización, procesamiento, gestión y almacenamiento de la información recibida. Los *Profesores* pueden consultar los resultados obtenidos por un alumno o por un grupo de ellos en las distintas configuraciones de un determinado juego. Para la evaluación de un grupo de alumnos existen diferentes criterios de selección (todos, por edad, por fecha en que realizaron las sesiones de entrenamiento...). La evaluación por grupos o global también aporta información sobre la eficacia de un juego (cuánto se utiliza, qué configuraciones son las más utilizadas...).

Algunos ejemplos que ilustran la evaluación de alumnos en EVIN se recogen en las figuras 3.2. a 3.4.



Figura 3.2. *Resultados en tiempo real.* La imagen de la derecha muestra los resultados obtenidos en una instancia del juego Puzzle (izquierda), indicando tanto la información sobre aciertos y fallos como el tiempo empleado en la realización de la tarea.

Alumno: javier

Juego: Exploraciones

Configuración:

- Tipo de recorrido: horizontal
- Tipo de forma: colores

Sesiones						
Núm.	Fecha	Número de estimulos	Aciertos	Fallos	Intentos	Tiempo empleado
1	15-06-2012	24	35	2	35	4 min. 47 seg.
2	20-06-2012	24	32	1	33	5 min. 03 seg.
3	20-06-2012	4	6	0	6	34 seg.
4	20-06-2012	24	42	9	71	7 min. 50 seg.
5	18-04-2012	24	67	73	140	9 min. 26 seg.
6	16-01-2012	24	17	16	33	8 min. 36 seg.

Medios de los resultados					
Total sesiones	Media de Acertidos	Media de Fallos	Media de Intentos	Tiempo medio empleado	% medio de Acertidos
6	36.0	16.8	52.8	6 min. 03 seg.	76.00%

Figura 3.3. *Evaluación individual.* En el perfil del alumno (arriba izquierda) se incluye una lista de los juegos utilizados por el mismo. Siguiendo el enlace de cualquiera de estos juegos, se muestran todas las configuraciones con las que se han realizado entrenamientos (derecha). Consultando cualquiera de ellas, se despliega una ventana (abajo izquierda) con los resultados de todas las sesiones de entrenamiento realizadas en la configuración escogida y con los valores medios de los mismos.

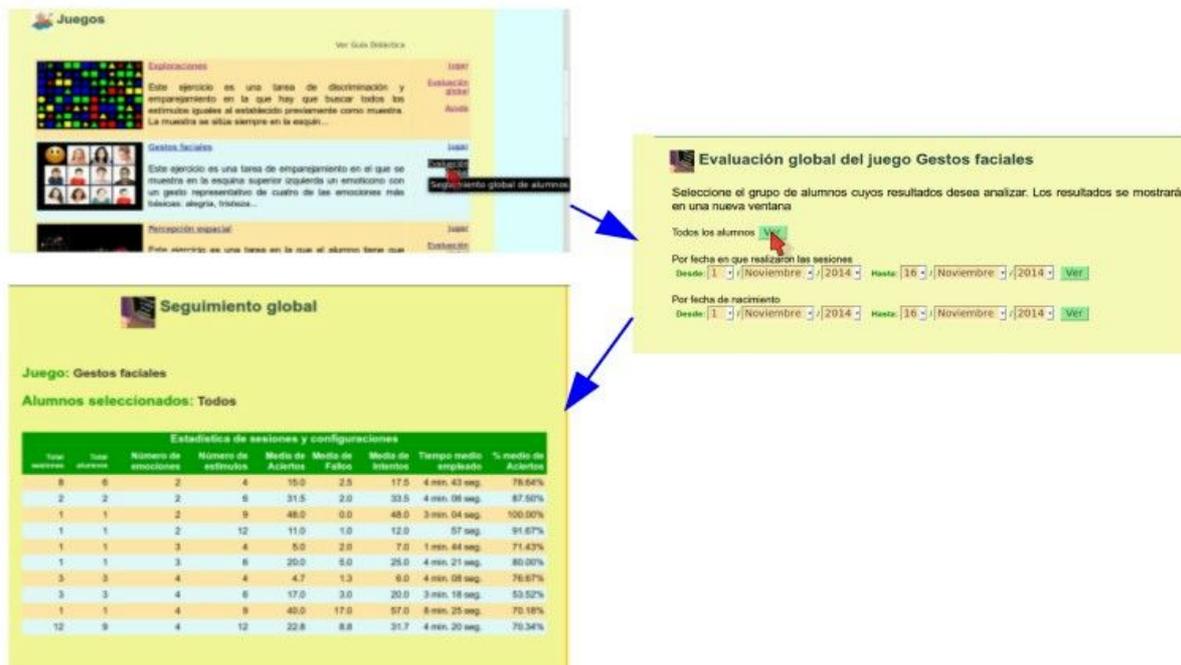


Figura 3.4. *Evaluación global*. Desde cada juego de la lista de juegos (arriba izquierda) se accede al formulario para seleccionar un conjunto de alumnos (derecha). Una vez enviado el formulario, se muestra una ventana con información sobre el número de sesiones y de alumnos que han utilizado cada una de las configuraciones del juego escogido, así como los valores medios de los resultados obtenidos en cada una de ellas.

- *Subsistema administrador de usuarios*. Los *Administradores* son los principales responsables de gestionar la información de todos los usuarios existentes en la base de datos. Por otra parte, los *Profesores* disponen de las operaciones usuales para gestionar su cuenta y para manejar la información relacionada con sus alumnos (altas, edición y consulta) y, además, tienen la opción de darles de baja sin borrarlos de la base de datos. Por último, existe la posibilidad de que varias personas (padres, otros profesores...) trabajen con un mismo alumno.
- *Comunicación*. Los juegos que actualmente contiene la plataforma han sido codificados en JavaScript¹⁰ mientras que el resto de la aplicación se ha desarrollado sobre el entorno Ruby on Rails¹¹. Tanto el subsistema de actividades como el de evaluación se comunican con los juegos del sistema utilizando una API (Application Programming Interface) creada especialmente

¹⁰ <http://www.w3schools.com/js/>

¹¹ <http://rubyonrails.org/>

para este propósito (ver Anexo III). Esta característica facilita el *mantenimiento e incorporación* de nuevos juegos, así como el *reuso* de los mismos.

3.2 Descripción de los juegos

3.2.1 Características comunes.

EVIN dispone de una lista de juegos desde la que se puede acceder a una descripción detallada de cada uno de ellos, a la ayuda, a la evaluación global de alumnos y, por supuesto, al formulario para configurar las distintas opciones del juego seleccionado para realizar entrenamientos.

Tanto la lista de juegos como las opciones de configuración de cada juego se generan de forma dinámica a partir de la información existente en la base de datos. De esta forma, la inclusión de nuevos juegos es más sencilla e independiente del lenguaje en el que estén escritos, ya que solo requiere introducir la información sobre el nuevo elemento a través de la interfaz del lado administrador y de la incorporación del nuevo software en los directorios apropiados (ver Anexo III).

Todos los juegos ofrecen la posibilidad de activar/desactivar tanto los refuerzos sonoros como los visuales, dotándolos así de mayor flexibilidad. Esta característica puede ser útil, por ejemplo, para evitar la distracción del alumno.

Así mismo, existe un menú desplegable, dentro de cada juego, que contiene opciones útiles (salir del juego, ayuda, cambiar a una nueva pantalla...) a las que también se puede acceder mediante el teclado. Su alto grado de transparencia permite seguir visualizando la pantalla del juego mientras está desplegado como puede verse en la figura 3.5. Este menú facilita el uso de los juegos en dispositivos táctiles y, al mismo tiempo, evita la presencia permanente de elementos en la pantalla, ajenos al propio juego, que puedan interferir en la realización del mismo.

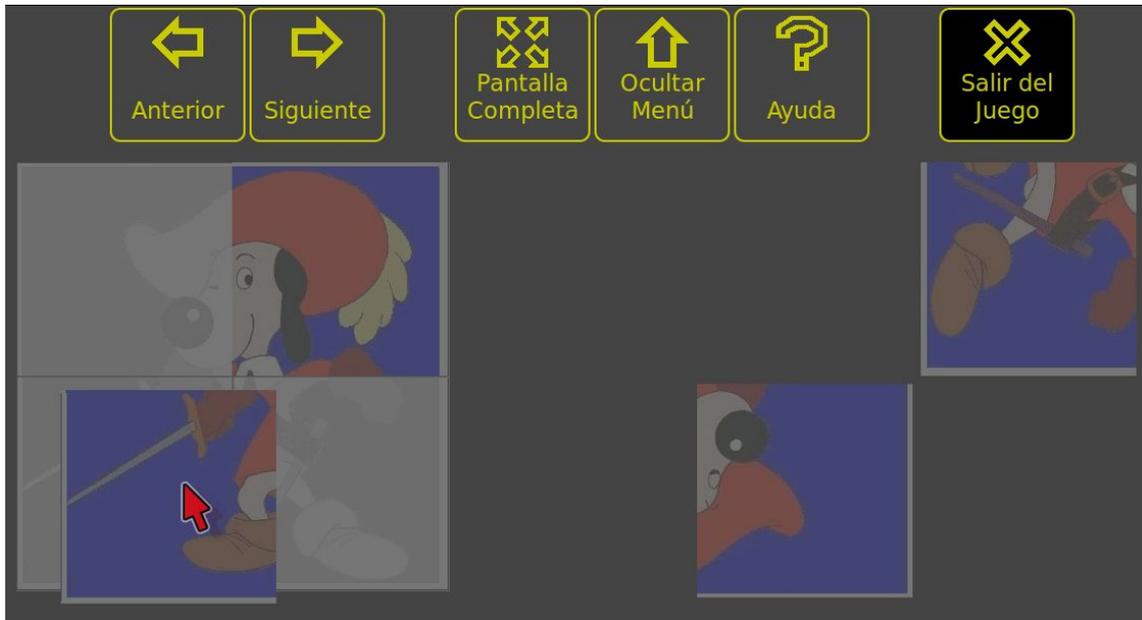


Figura 3.5: Menú desplegable de los juegos.

Cabe destacar, además, que la distribución de los elementos que aparecen en la pantalla en los diferentes juegos es aleatoria, evitando así que los alumnos puedan aprender a hacer los ejercicios de memoria.

3.2.2 Características individuales.

Actualmente, la plataforma incluye cinco juegos: *Exploraciones*, *Gestos faciales*, *Percepción espacial*, *Puzzle* y *Rasgos críticos*.

El ejercicio *Exploraciones* es una tarea de discriminación y emparejamiento en la que hay que buscar todos los estímulos iguales al establecido previamente como muestra y con el que se entrenan funciones visuales básicas (fijación, recorridos/barridos visuales, discriminación,...). En este juego existen 105 configuraciones posibles, pudiendo variar el número y tipo de estímulos, así como el tipo de recorrido (orden en que el alumno debe emparejar las piezas). En la figura 3.6 se muestran algunas de estas configuraciones.

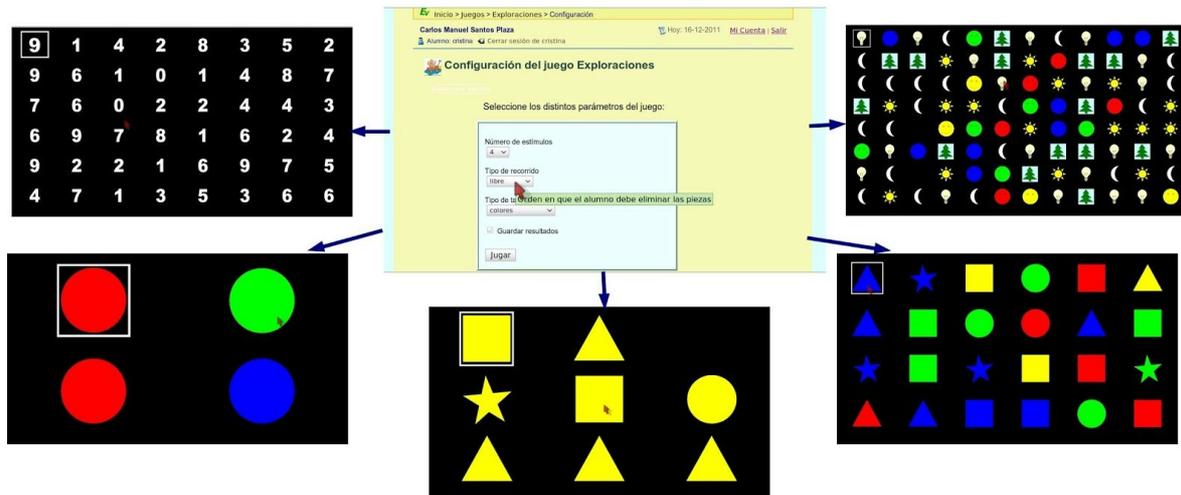


Figura 3.6: Cinco configuraciones distintas del juego *Exploraciones*.

La actividad denominada *Gestos faciales* es una tarea de emparejamiento en la que se muestra, en la esquina superior izquierda, un emoticono con un gesto representativo de una de las cuatro emociones más básicas: alegría, tristeza, ira/enfado y sorpresa. El juego consiste en seleccionar todas las fotografías en las que la persona muestre el mismo gesto que el emoticono, desapareciendo la imagen si es la correcta. Esta actividad ejercita las siguientes tareas visuales: atención visual; fijación; recorridos/barridos visuales; reconocimiento, discriminación y emparejamiento de gestos faciales.

El nivel de dificultad de este ejercicio está determinado por el número de estímulos (4, 6, 9 ó 12) y de emociones que se usarán (2, 3 ó 4). Además, el sonido asociado a una emoción puede escucharse pinchando con el ratón sobre el emoticono correspondiente. La figura 3.7 muestra algunas configuraciones de este juego.

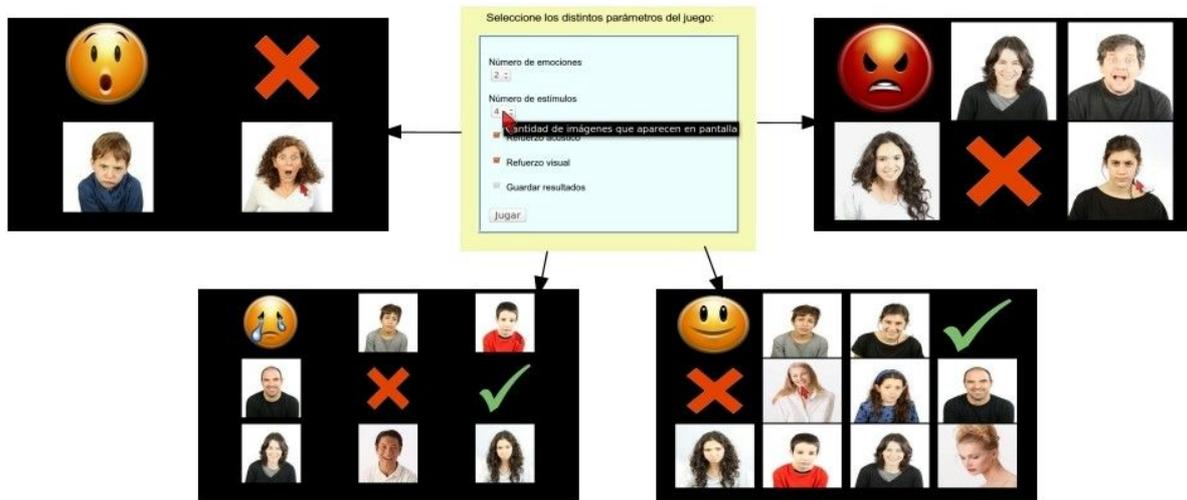


Figura 3.7: Cuatro configuraciones diferentes del juego *Gestos Faciales*.

En el juego *Percepción espacial*, el alumno debe colocar un conjunto de dibujos o figuras (2, 3 ó 4) en tres dimensiones en el mismo lugar y posición en la que se encuentran en una composición construida sobre un tablero con cuadrículas en perspectiva. El tablero con la composición de muestra se sitúa en la esquina superior izquierda en un tamaño reducido, pero se puede ver en pantalla completa cuantas veces sean precisas, mientras que la mayor parte de la pantalla la ocupa el tablero de trabajo como puede apreciarse en la figura 3.8. Las figuras del juego pueden rotarse en ocho posiciones diferentes y se hacen más pequeñas según se sitúan más lejos.

Esta actividad ejercita las siguientes tareas visuales: atención visual, reconocimiento, discriminación, memoria visual, constancia de la forma, perspectiva y relaciones espaciales. Este juego puede ser utilizado mediante ratón, teclado o una combinación de ambos.

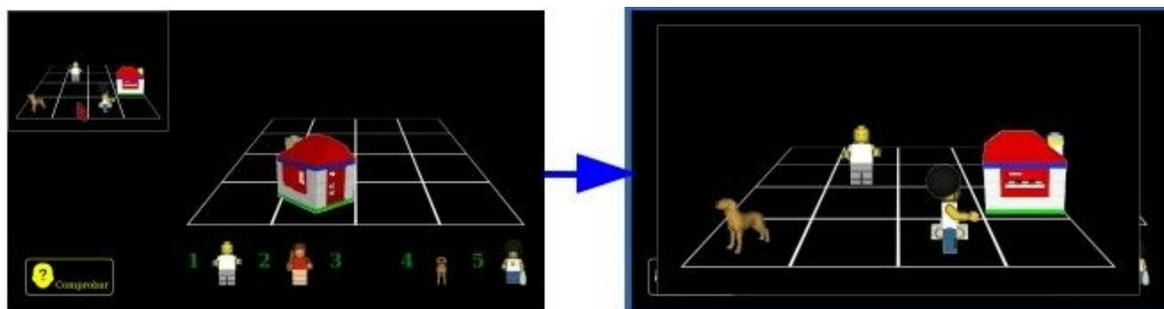


Figura 3.8: Ejemplo de modelo ampliado (derecha) correspondiente a una pantalla del juego *Percepción Espacial* (izquierda).

Los Puzzles ejercitan funciones visuales más elaboradas, en las que intervienen principalmente componentes cognitivos: percepción espacial, relación parte/todo, memoria visual, etc... Los puzzles de la plataforma pueden ser 2x2, 3x3 ó 4x4, disponiendo además de la opción de rotar o no las piezas y de mostrar o no una plantilla que sirva de guía durante la realización del ejercicio. Esto da lugar a 12 configuraciones distintas, en la figura 3.9 se muestran tres de ellas junto con dos de los refuerzos visuales de este juego.

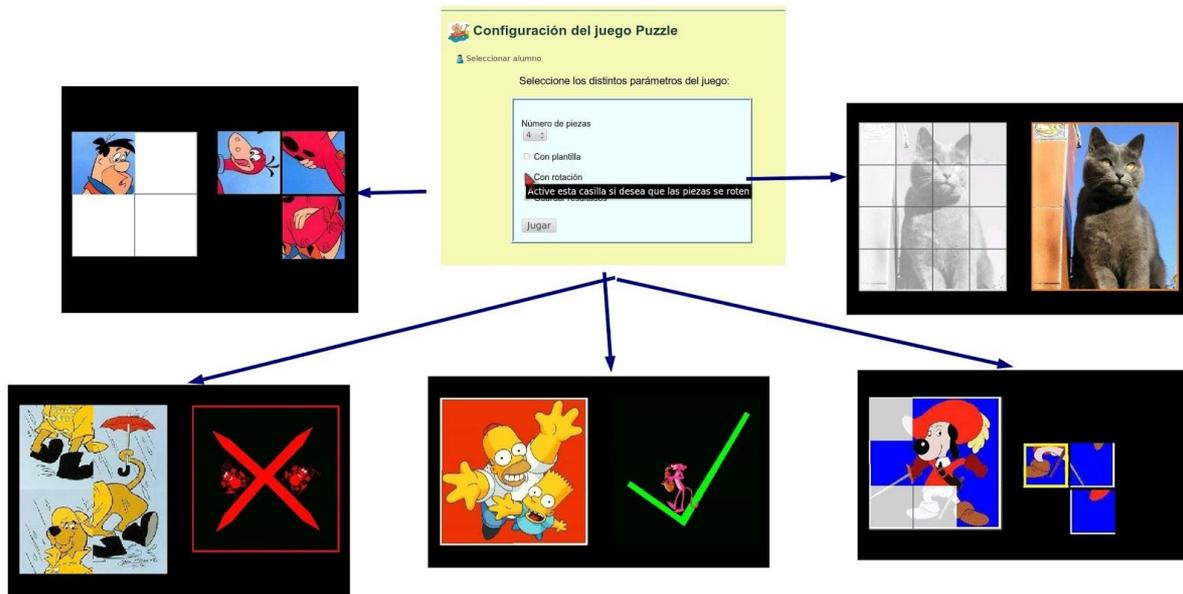


Figura 3.9: Cinco pantallas distintas del juego *Puzzle*.

Por último, el juego Rasgos críticos es una tarea de emparejamiento en el que se muestra en la esquina superior izquierda un conjunto de trazos que corresponden a rasgos críticos extraídos de una imagen. El juego consiste en seleccionar la imagen correcta entre el conjunto de imágenes que aparecen en la pantalla. Los trazos pueden estar situados en la misma posición que en la imagen o se puede seleccionar que estén invertidos o rotados en simetría, para hacer más difícil el ejercicio. Además, se puede seleccionar el número de estímulos (4, 6, 9 ó 12) y la cantidad de líneas o rasgos que se mostrarán.

Esta actividad ejercita las siguientes tareas visuales: atención visual; fijación; recorridos/barridos visuales; cierre visual; reconocimiento, discriminación y emparejamiento de rasgos críticos.

Para la extracción de los rasgos críticos de cada imagen se ha utilizado una herramienta creada expresamente para este propósito, lo que facilita la incorporación de nuevas imágenes al juego. La figura 3.10 recoge diferentes conjuntos y posiciones de rasgos críticos asociados a una misma imagen.

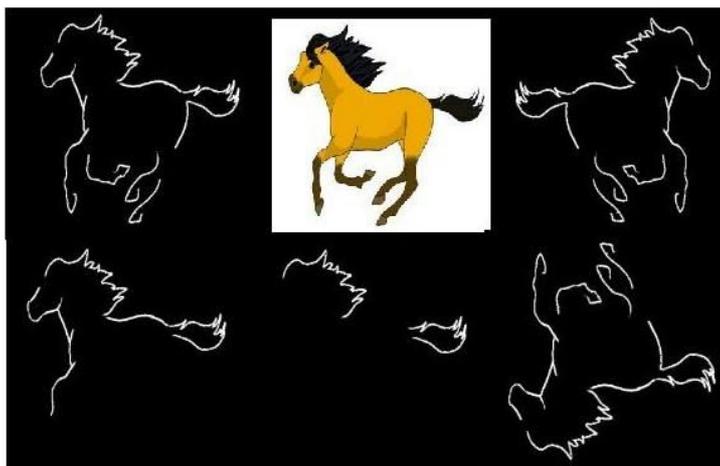


Figura 3.10: Diferentes conjuntos y posiciones de rasgos críticos correspondientes a la imagen de un caballo.

3.3 Casos de uso

EVIN ha sido diseñado como una herramienta para entrenar en el desarrollo de habilidades visuales, presentando un buen número de actividades y materiales, por lo que puede ser utilizada con alumnos con un amplio rango de variación en cuanto a edades, patologías, funciones visuales... Actualmente se encuentran registrados casi 600 profesores, técnicos o familiares, que pueden trabajar con los alumnos que lo precisen de forma coordinada.

Los siguientes casos de uso han sido aportados por el profesional experto que ha colaborado en este trabajo (ver anexo VI), e ilustran algunas de las posibles aplicaciones de la plataforma:

- Caso 1: Juan tiene 4 años. Presenta glaucoma congénito (agudeza visual: OD (ojo derecho) 0,05; OI (ojo izquierdo) percibe luz). Se realiza valoración funcional de la visión detectando dificultades para localizar estímulos al no

realizar exploraciones ordenadas. El profesor especialista decide utilizar el juego Exploraciones de EVIN para trabajar esta tarea visual, con la colaboración de la profesora de aula y de los padres. El especialista programa la intervención, que revisa semanalmente, tras consultar los resultados. Después de 2 meses Juan realiza eficientemente recorridos ordenados tanto en el plano horizontal como en el vertical.

- Caso 2: Julián tiene 7 años. Era un niño con desarrollo normal hasta que a los 5 años padece una meningoencefalitis. En los primeros seis meses, después de sufrir el daño cerebral, no se observa respuesta visual, hasta que los padres descubren que les sigue y localiza algunos objetos con la vista, aunque no puede identificarlos. Se realiza una valoración de la visión, en la que se comprueba que detecta los objetos en movimiento pero no los estáticos; no identifica visualmente casi ningún objeto; discrimina y empareja colores, pero no los identifica. Se diagnostica deficiencia visual cerebral o CVI (del inglés Cerebral Visual Impairment). El técnico de rehabilitación planifica el programa de intervención, incluyendo EVIN para trabajar la atención visual, las exploraciones ordenadas, la identificación del color, de figuras básicas... Al año se comprueba que Julián es capaz de discriminar e identificar objetos familiares, el color rojo y el amarillo; las figuras básicas...
- Caso 3: Miguel Ángel tiene 6 años. Presenta distrofia de conos (agudeza visual: OD 0,07; OI 0,05). Se realiza una revisión de su funcionalidad visual, encontrándose dificultades de percepción espacial (no realiza puzzles de 4 piezas y no discrimina diferencias en la posición espacial de figuras). Se decide trabajar este área, incluyendo los juegos Puzzle y Percepción Espacial de EVIN. A los 6 meses, Miguel Ángel realiza puzzles de hasta 9 piezas e identifica mejor la posición de objetos en el espacio.

3.4 Aportaciones de EVIN al proceso de estimulación visual a distancia

En el capítulo 1 se han identificado algunas de las tareas necesarias en un proceso de estimulación visual a distancia. Al margen de ofrecer recursos/juegos en línea para realizar entrenamientos visuales, las aportaciones de EVIN a este campo han sido fundamentalmente proveer mecanismos para la recogida y análisis estadístico de los datos clínicos y de interacción de los alumnos registrados, facilitando así su evaluación y seguimiento no solo de forma individual, sino también por grupos.

En EVIN se continúa trabajando para cubrir el mayor número de tareas posible relacionadas con la estimulación visual a distancia. En los siguientes apartados se describen algunas de las recientes mejoras realizadas en este sentido.

3.4.1 Adaptación a dispositivos y accesibilidad de contenido.

Para permitir el uso accesible a EVIN desde cualquier dispositivo se ha realizado un diseño *responsive* (esto es, que se adapta a cada dispositivo). Esto permite acceder indistintamente a la plataforma desde móviles, tablets, ordenadores de sobremesa, etc.

Por otra parte, también se han realizado los cambios necesarios para ajustarse a las pautas de accesibilidad de contenido web elaboradas por el World Wide Web Consortium (W3C¹²), que están reguladas por la Web Accessibility Initiative (WAI¹³). En la propia plataforma pueden verse con más detalle todas las acciones realizadas para este propósito.

3.4.2 Internacionalización.

Con el objetivo de facilitar la difusión de la plataforma, se ha comenzado el proceso de internacionalización de la misma, habiendo realizado hasta el momento las

¹² <http://www.w3.org/>

¹³ <http://www.w3.org/WAI/>

siguientes tareas:

- Integrar en el entorno de la plataforma (Ruby on Rails) el soporte que se precisa para la internacionalización de la misma, realizando para ello las instalaciones, configuraciones e inclusión de código apropiados.
- Desarrollar el software necesario para la internacionalización de:
 - notificaciones del sistema,
 - tratamiento de errores en formularios,
 - mensajes de error de la aplicación,
 - información local (p.ej.: formatos de fecha y hora),
 - contenido dinámico.

A continuación, utilizando el soporte creado se ha traducido al inglés el contenido de toda la plataforma. Esto incluye, además del texto visible al usuario, los valores de las propiedades de etiquetas HTML¹⁴ relacionadas con la descripción de imágenes y de la estructura y contenido de las tablas, las cuales son utilizadas por los lectores de pantalla. Así mismo, se han traducido los ficheros de ayuda de los juegos, el manual de usuario y la guía didáctica.

Finalmente, cabe señalar que también se han internacionalizado aquellas imágenes con texto y aquellas dependientes del idioma, como por ejemplo la imagen de la sección de preguntas más frecuentes que contiene interrogaciones. En la figura 3.11 puede verse una de las páginas de la aplicación traducida al inglés.

3.4.3 Aspectos de seguridad.

La plataforma web EVIN se ha desarrollado utilizando el entorno Ruby on Rails (versión 1.2.3). El servidor del sistema es Mongrel¹⁵ (versión 1.1.5) y la base de datos es PostgreSQL¹⁶ (versión 8.4.13). Aunque la combinación de estos

¹⁴ <http://www.w3.org/html/>

¹⁵ <https://rubygems.org/gems/mongrel>

¹⁶ <http://www.postgresql.org.es/>

componentes se presenta en principio como un buen esquema de seguridad, se han tomado medidas adicionales para preservar la confidencialidad de la información almacenada en la base de datos de EVIN. Estas medidas han sido las siguientes:

- Prevenir la introducción de metacaracteres a través de formularios o del texto mostrado en las vistas para evitar posibles consultas maliciosas a la base de datos, así como la ejecución de scripts no deseados.
- Disminución del riesgo de uso de una sesión por un usuario que no es su propietario, pero que accede a ella porque ha robado los datos necesarios. Aunque el entorno provee mecanismos generando un id de sesión largo de forma aleatoria, también se ha limitado el tiempo de validez de una sesión.
- Evitar que la contraseña encriptada de los usuarios pueda ser establecida desde ningún formulario.
- Garantizar la seguridad en las peticiones GET¹⁷: un filtro verifica que las actualizaciones de datos solo se puedan realizar mediante el método POST.
- Protección en las consultas de datos basadas en el id de los usuarios pasado como parámetro en las peticiones de una página. Se ha incluido el código necesario para comprobar que el usuario de la sesión actual tiene permiso de acceso a esos datos.

Debido a las leyes de protección de datos y a que los alumnos registrados en EVIN son en general menores de edad, la única información personal almacenada sobre ellos es su mes y año de nacimiento. De esta forma, los datos clínicos almacenados en el sistema se pueden considerar anónimos.

3.4.4 Evaluación por grupos de alumnos.

Como puede apreciarse en la figura 3.4 (sección 3.1), cada juego de la plataforma dispone de distintos criterios de búsqueda para seleccionar grupos de alumnos con objeto de poder analizar los resultados promedio obtenidos en cada una de las configuraciones de ese juego.

¹⁷ <http://www.w3.org/2001/tag/doc/whenToUseGet.html>

En un principio, los únicos criterios de selección de alumnos eran por edad y por fecha en que estos realizaron las sesiones de trabajo. Recientemente, se han añadido tres criterios más de búsqueda: por patología, por agudeza visual y por campo visual. Esto facilita la valoración de la eficacia de cada configuración del juego ante las diversas características de un alumno. La página desde la que se pueden seleccionar los grupos de alumnos puede verse en la figura 3.11.

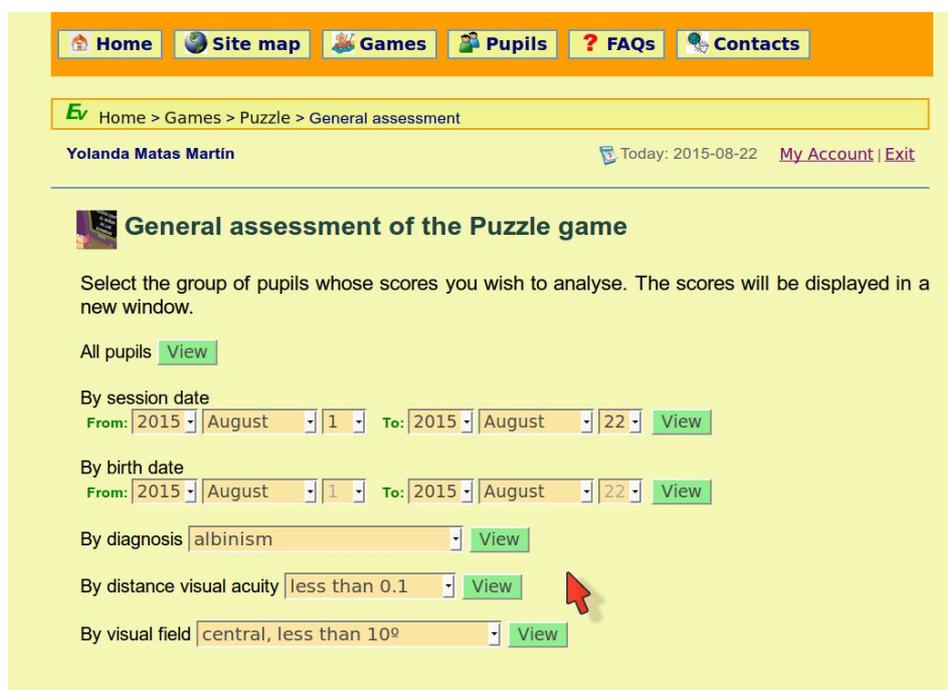


Figura 3.11: Página para evaluar grupos de alumnos en EVIN (traducida al inglés).

3.5 Conclusiones

La plataforma web EVIN está dirigida fundamentalmente a niños de educación infantil y primaria cuyo aprendizaje es, en principio, guiado y cuyo objetivo es mejorar su eficacia visual realizando entrenamientos mediante juegos. En sus inicios, la aplicación sólo contaba con dos juegos (Exploraciones y Puzzle) y el único mecanismo de evaluación era poder ver los resultados obtenidos por los alumnos en tiempo real, ya que no se recogía ningún dato de interacción, ni tampoco personal.

En este capítulo se ha presentado la plataforma actual donde el número de usuarios ha aumentado hasta alrededor de 800 entre alumnos y profesores. En la primera fase de crecimiento, los esfuerzos se han centrado en aumentar el número de ejercicios/juegos disponibles y en proveer de los mecanismos necesarios para poder evaluar y realizar un seguimiento de los alumnos registrados en EVIN.

Recientemente, también se han añadido otras características deseables en cualquier sistema educativo web: accesibilidad de dispositivos y de contenido, aspectos de seguridad e internacionalización.

En la figura 1.1 del capítulo 1 se recogen los procesos y tareas básicos necesarios para poder realizar la estimulación visual a distancia. Aunque la plataforma aquí presentada ha ido evolucionando hasta cubrir la mayoría de estas tareas, no dispone en la actualidad de ningún mecanismo que le permita adaptarse a las características individuales de los usuarios.

En cuanto a los mecanismos de evaluación proporcionados, es importante tener en cuenta el concepto de ruta de aprendizaje. Una ruta de aprendizaje es el camino particular tomado por un estudiante entre un conjunto de actividades de aprendizaje, el cual le permite construir el conocimiento de forma progresiva [Oneto et al., 2009]. En EVIN las rutas de aprendizaje, dentro de cada tarea o ejercicio, están constituidas por el conjunto de sesiones de entrenamiento realizadas en orden cronológico. Estas sesiones podrían corresponder a diferentes configuraciones del juego. Sin embargo, la plataforma no muestra directamente estos caminos o rutas, siendo el profesional el encargado de seguir su rastro a partir de los datos sobre los entrenamientos realizados en cada una de dichas configuraciones por separado. Esta tarea no es sencilla de realizar de forma manual, con lo que se dificulta aún más la tarea de decidir qué configuración es más adecuada para un alumno en un instante de tiempo determinado. Por esta razón, el desarrollo de un sistema recomendador que ayude al profesional en su toma de decisiones es aún más importante. El diseño de este sistema se abordará en el capítulo 5.

4. Evaluación del sistema EVIN

Para evaluar el sistema EVIN se solicitó la colaboración de varios profesionales con amplia experiencia en la atención educativa a alumnos con baja visión. En las siguientes secciones mostramos el procedimiento de evaluación llevado a cabo y los resultados obtenidos, así como las conclusiones finales.

4.1 Procedimiento

Durante la selección de los profesionales que fueran a participar en la evaluación, se procuró que participaran personas representativas de los diferentes perfiles profesionales que trabajan en el área de intervención de la estimulación visual de alumnos con baja visión.

Con este fin se confeccionó un formulario para evaluar tanto los cinco juegos que contiene la plataforma de pruebas como la utilidad de la misma. Las preguntas de las que constaba eran tanto de respuesta de elección múltiple como de respuesta abierta y estaban divididas en tres secciones: valoración general, valoración individual de los juegos y conclusiones y aportaciones finales. Todas las secciones tenían un apartado para que los expertos pudieran hacer las observaciones que estimasen oportunas. Todas las preguntas se recogen en el Anexo IV.

Los objetivos concretos de evaluación de las preguntas de elección múltiple de cada una de las secciones del formulario eran los siguientes:

- *Valoración general:* averiguar el grado de utilidad, de adecuación y de facilidad de uso de la plataforma.
- *Valoración individual de los juegos:* obtener una aproximación del grado de utilidad, de facilidad de uso y de adecuación de las opciones de configuración de cada uno de los juegos de EVIN.
- *Conclusiones y aportaciones finales:* valorar el grado de utilidad de los mecanismos de evaluación de la plataforma y de la posibilidad de recibir

recomendaciones por parte del sistema para configurar los juegos.

Por otra parte, el objetivo de las preguntas de respuesta abierta era obtener información adicional sobre los siguientes aspectos: dificultades en el uso de diferentes dispositivos de acceso y navegadores; problemas encontrados al utilizar los juegos; aportaciones para la mejora de los juegos existentes e inclusión de otros nuevos y, por último, qué tipo de recomendaciones desearían recibir los profesionales por parte del sistema. Estas preguntas estaban dentro de la última sección del formulario *Conclusiones y aportaciones finales*.

Se enviaron los formularios a 12 profesionales con los que se había hablado previamente y habían aceptado colaborar. Finalmente, se recibieron 9 formularios. Por tanto, participaron en la evaluación 4 maestros, 3 psicólogos, 1 instructora tiflotecnológica y 1 técnico de rehabilitación.

4.2 Resultados

El análisis de los resultados procedentes de las respuestas de elección múltiple se ha llevado a cabo con la ayuda del programa estadístico IBM SPSS¹⁸. Las tablas con los datos obtenidos pueden consultarse en el Anexo V.

En los siguientes apartados se comentan los resultados generales, tanto cuantitativos como cualitativos, obtenidos tras el proceso de evaluación.

4.2.1 Opinión general sobre la plataforma.

Los profesionales que han participado en la evaluación han considerado muy útil (55,6%) o útil (44,6%) una plataforma para trabajar la Estimulación Visual en Internet, estimando que EVIN es muy adecuada (22,2%) o adecuada para este fin

¹⁸ <http://www-01.ibm.com/software/es/analytics/spss/>

(77,8%).

Consideras que EVIN es una plataforma adecuada para trabajar la Estimulación Visual en Internet:					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuada	2	22,2	22,2	22,2
	Adecuada	7	77,8	77,8	100,0
	No es adecuada	0	0	0	100,0
	No lo sé	0	0	0	100,0
	Total	9	100,0	100,0	100,0

Todos consideran que es una herramienta útil y dinámica y que el manejo de la plataforma es sencillo e intuitivo, aunque la mayoría indica que podría mejorarse (66,7 %). Entre los aspectos positivos han destacado:

- La posibilidad de registrar a los alumnos.
- El registro de los resultados obtenidos por los alumnos durante la ejecución de los diferentes juegos.
- La conveniencia de las descripciones que se dan de cada juego, al incluir no sólo en qué consiste el juego, sino las tareas visuales que se están trabajando con él.
- Su acceso a través de internet, ya que no siempre estos programas están al alcance de todos los padres y profesionales.
- La incorporación de estímulos motivacionales visuales siempre, aparte de los acústicos, cuando la tarea se ejecuta correctamente.
- La inclusión en los resultados, no solo del número de aciertos y errores, sino del tiempo que se ha empleado porque éste es un indicador importante para evaluar el grado de dificultad que le ha supuesto al alumno ejecutar la tarea.

La figura 4.1 muestra los gráficos relativos a la utilidad, adecuación y facilidad de uso de la plataforma.

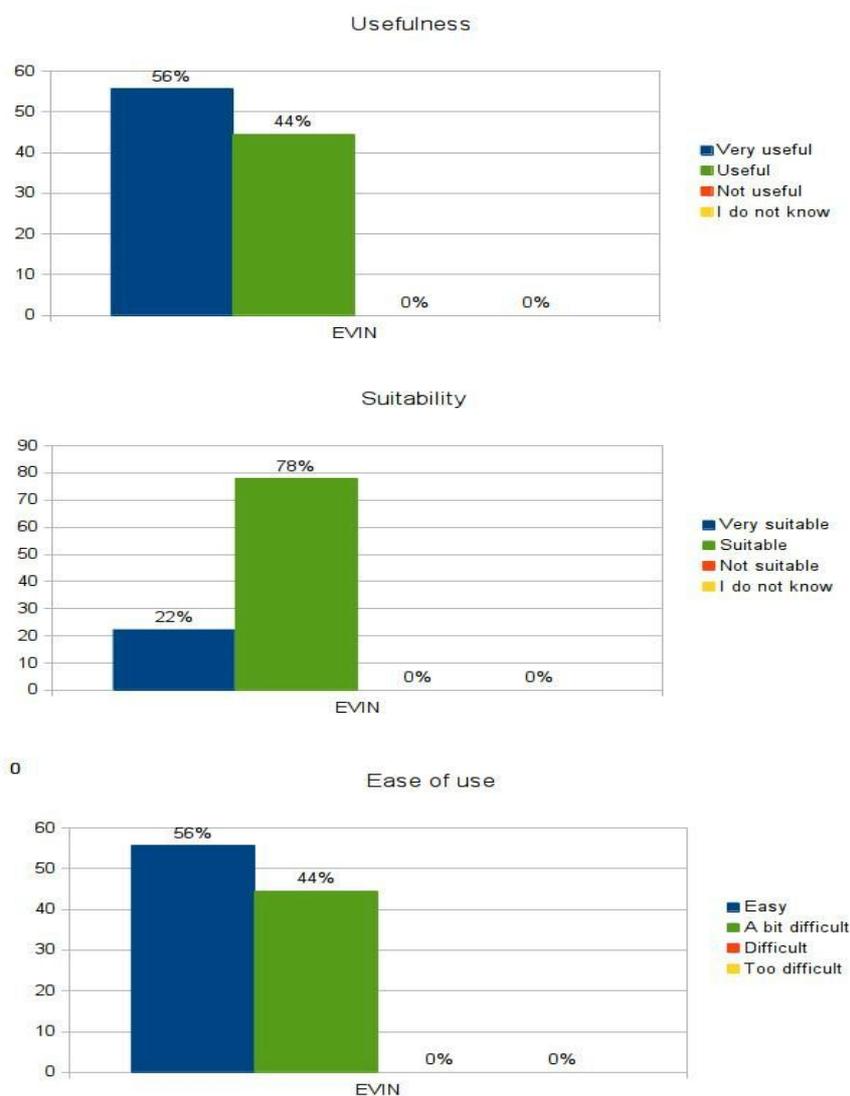


Figura 4.1: Utilidad, adecuación y facilidad de uso de la plataforma EVIN.

Entre los aspectos más importantes a mejorar y nuevas características que serían deseables, están los siguientes:

- Información gráfica sobre resultados con recomendaciones de trabajo. Por el momento, la información sobre resultados solo se presenta en forma tabular y no se ofrece ningún tipo de recomendación.
- Indicar la edad visual aproximada en la que se realizaría correctamente cada actividad. Al principio de la lista de juegos existe un enlace a una guía didáctica con este tipo de información. Sería necesario completarla y hacer

más visible y redundante el enlace a la misma.

- Necesidad de agilizar el paso entre juegos. Actualmente, cuando se solicita salir del juego, se muestran los resultados en tiempo real. A continuación, el usuario vuelve a la página con las opciones de configuración del juego que había estado utilizando. Esta página contiene enlaces para volver a la lista de todos los juegos. Una posible mejora sería hacer más visible este enlace, o incorporar en dicha página pequeños enlaces con las imágenes del resto de juegos para hacer más dinámico el paso entre los mismos.
- Apariencia más atractiva de la interfaz.

4.2.2 Opinión general sobre los juegos.

Los juegos han sido valorados positivamente. El funcionamiento de los juegos no ha resultado difícil de aprender. La mayoría de los profesionales consideran adecuados los juegos que tiene actualmente EVIN para la estimulación/entrenamiento visual (55,6%), un 22,2 % creen que son adecuados pero hubieran preferido antes algún otro, mientras que un 22,2% piensa que alguno es adecuado pero no son los más importantes.

Se ha resaltado la adecuación del fondo negro y el buen contraste figura/fondo, así como los diferentes tamaños de los estímulos.

En cuanto a su utilización en diferentes plataformas, las principales dificultades encontradas se refieren al difícil manejo de algunos juegos en los dispositivos táctiles. El proceso de adaptación a dichos dispositivos no está completamente conseguido. Los juegos con funciones más complejas, como Percepción Espacial y Puzzle, que requieren poder arrastrar y soltar piezas o capturar dos toques muy seguidos, no funcionan de forma totalmente correcta en Safari/iOS. Por otro lado, los juegos Exploraciones y Puzzle aún no están adaptados a los tamaños de pantalla de dispositivos táctiles y móviles.

Se han detectado algunos fallos de sonido en los navegadores Internet Explorer y

Safari. Se sigue trabajando activamente para intentar conseguir que el sonido funcione por igual en todos los navegadores aunque éste es un problema de difícil solución.

La evaluación de la plataforma ha permitido identificar un punto crítico: la ayuda de los juegos. La mayoría de usuarios ha encontrado dificultades en el uso de los juegos debido a que no han localizado la ayuda o no la han considerado útil. Una consecuencia importante es que casi ningún usuario ha conocido la existencia del menú de los juegos que da opción a diferentes funciones desde el interior de los mismos: mostrar la ayuda, cambiar a otra actividad dentro del mismo juego, salir... Solo un usuario, que lo vio por casualidad, lo encontró muy útil y recomendó su inclusión en el resto de juegos.

Aunque existe un fichero de ayuda por cada juego, ésta es solo textual. Como ha recomendado una de las personas que han evaluado la plataforma, resultaría de gran utilidad la inclusión de una ayuda visual (imágenes, animaciones...) y/o auditiva que facilite la comprensión del manejo de los juegos de una forma más eficiente que la actual. También se ha sugerido desdoblarse el contenido de la ayuda en un fichero general y en ficheros específicos para cada juego. Esta última cuestión se va a estudiar con más detalle.

También algún profesional ha sugerido incorporar una versión descargable de los juegos. Esta opción dificultaría la recogida de datos sobre los resultados obtenidos por los alumnos, ya que éstos solo quedarían registrados en el ordenador local del usuario. Por esta razón, no se contempla esta posibilidad por el momento.

Otras propuestas de mejora reseñadas por los usuarios son:

- Dar opciones para cambiar el color de fondo de los juegos.
- Posibilidad de que los usuarios incorporen sus propias imágenes a los juegos.
- Refuerzos más variados, con imágenes más cercanas a los niños.
- Añadir mensajes de texto en el refuerzo.

- Hacer más accesibles los juegos permitiendo su manejo mediante el teclado (el juego Percepción Espacial ya tiene implementada esta funcionalidad).
- Establecer grados de dificultad en las imágenes: fotografías, dibujos planos, siluetas.
- Trabajar más algunas de las imágenes y sonidos para que no ofrezcan posibilidad de duda o equívoco.

Los resultados individuales obtenidos para cada uno de los juegos, en lo que se refiere a su utilidad, facilidad de uso y adecuación de las configuraciones disponibles en cada uno de ellos, se recogen en las tablas del Anexo V y en los gráficos mostrados en la figura 4.2.

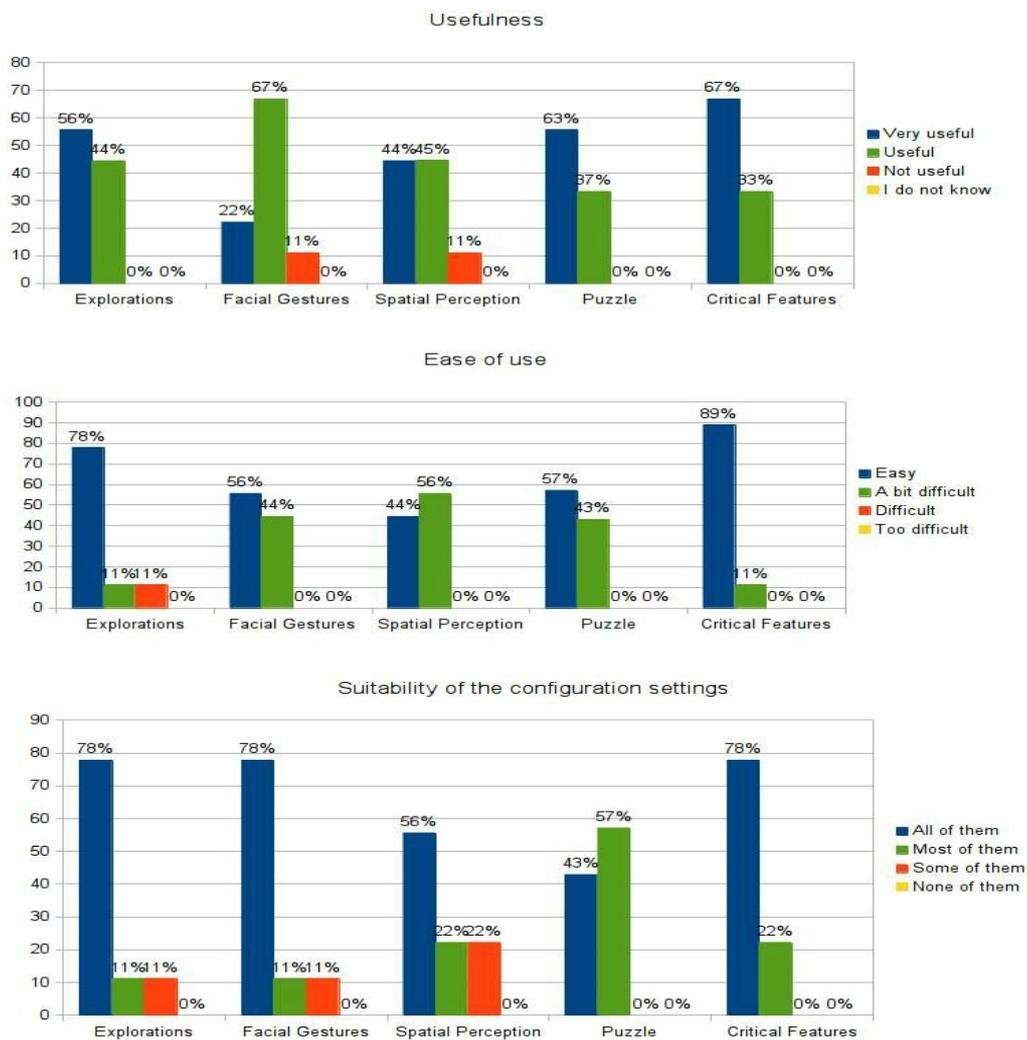


Figura 4.2: Utilidad, facilidad de uso y adecuación de las configuraciones disponibles en los cinco juegos de la plataforma EVIN.

4.2.3 Propuestas de otras actividades diferentes a las incluidas en la aplicación.

Uno de los objetivos principales de este proyecto es la ampliación del número de actividades/juegos existentes en la plataforma, con objeto de que abarquen una amplia variedad de tareas visuales. Con este propósito se pidió a los usuarios que han evaluado la aplicación que propongán aquellas actividades que sería más conveniente incluir. Sus respuestas están recogidas en la siguiente lista:

- Juegos donde la imagen se incorpore a un escenario.
- Seguimientos.
- Posiciones en el espacio con referencia a un objeto fijo.
- Coordinación visomotora (camino y laberintos).
- Simetrías.
- Semejanzas y diferencias.
- Relación parte/todo.
- Imágenes y escenas para ampliar la experiencia visual.
- Tareas sobre la percepción de la forma, el movimiento, figura y fondo, tamaño, organización, etc...
- Tareas con movimiento para localizar lo que se mueve, pudiendo variar la velocidad del mismo.
- Tareas de creación (componer a partir de unos rasgos o elementos)
- Tareas para ejercitar la memoria visual.
- Posibilidad de jugar entre dos personas.
- Localización de diferencias, de imágenes escondidas, ... ¿Símbolos?
- Conceptos espaciales básicos aplicados a imágenes.
- Trabajo con colores: identificación, comparación, emparejamiento, ...
- Superposición de siluetas.
- Unir piezas complementarias.

4.2.4 Propuestas de recomendaciones útiles que podría generar la aplicación.

Otro de los objetivos fundamentales de este proyecto (tercer objetivo, ver sección 1.4) es el desarrollo de un sistema recomendador que ofrezca consejos útiles para facilitar el trabajo de los profesionales de la baja visión.

Los profesionales encuestados consideran útil que, a partir de los datos que recoge EVIN, la plataforma les ayudara a detectar cuándo las respuestas de algún alumno no se corresponden con el perfil habitual de desarrollo/aprendizaje en un juego (44,4% muy útil, 55,6% útil). También consideran útil que, a partir de los datos que recoge EVIN, la plataforma les ayudara a encontrar alternativas para reconducir los juegos de forma más efectiva en determinados alumnos (44,4% muy útil, 55,6% útil).

Por otro lado, se ha preguntado a los usuarios qué tipo de recomendaciones o consejos creen que serían de más utilidad. Sus respuestas han sido las siguientes:

- Las áreas visuales en las que el alumno presenta mayor dificultad o un desarrollo más disarmónico y su evolución en ella.
- Los diferentes tipos de actividades, tanto de ordenador como vivenciales que se pueden hacer con él para mejorar su eficiencia visual, todo ello relacionado con la edad del alumno.
- Aporte de información sobre la percepción del color, la capacidad de memorizar una imagen, la captación/abstracción de rasgos críticos de la expresión de las emociones...
- Aplicación de los conceptos básicos espaciales, ya que los juegos de estimulación visual tienen evidente carga cognitiva.

4.3 Conclusiones

En general, la plataforma ha sido considerada muy útil, sencilla e intuitiva. Los aspectos más apreciados han sido la capacidad de registrar a los alumnos y los

resultados que éstos obtienen durante la realización de los diferentes ejercicios, también la inclusión de la variable tiempo en dichos resultados. Aunque la presentación tabular de estos datos se percibe como de gran utilidad, se aconseja que sea completada con información gráfica y alguna explicación o consejo que dé pautas a los profesionales sobre cómo actuar en función de la evolución los alumnos. Al margen de estas cuestiones, también es necesario mejorar algunos aspectos de la interfaz, entre ellos su apariencia y algunas características de usabilidad, como la ubicación, contenido (no solo texto) y tamaño de algunos enlaces.

Los juegos de la plataforma se han valorado positivamente. No obstante, se ha detectado que necesitarían, en mayor o menor grado, un cierto refinamiento en lo que se refiere a las imágenes y refuerzos y a su adaptación a dispositivos táctiles. Otro aspecto que convendría mejorar es la ayuda de los juegos, completando las explicaciones textuales con descripciones visuales y/o auditivas.

Se puede decir que la iniciativa de este proyecto puede aportar una herramienta de gran potencial en el ámbito de la estimulación visual. No obstante, la plataforma actual necesitaría, al margen de ciertas mejoras, su ampliación con más variedad de ejercicios para lograr sus objetivos.

La inclusión en EVIN de un sistema que ayude a los profesionales mediante recomendaciones en el momento de tomar las decisiones sobre qué ejercicios son más adecuados para un alumno concreto ha sido acogida como una idea muy útil e interesante.

La evaluación de EVIN ha resultado una experiencia enriquecedora que no solo ha permitido poner de manifiesto sus fortalezas y debilidades, sino que también ha aportado un gran número de útiles sugerencias para el desarrollo futuro de la aplicación.

5 Sistema recomendador

En capítulos anteriores se ha descrito la plataforma educativa online EVIN, un sistema que posibilita tanto la realización de entrenamientos visuales mediante juegos como la evaluación y el seguimiento de las personas que se entrenan con ella. Estas personas son, en general, alumnos de educación infantil y primaria y dichos entrenamientos son guiados por un profesional experto, profesores, padres, etc.

El objetivo final de este proyecto es convertir EVIN en un sistema educativo adaptativo. Para contribuir a la consecución de dicho objetivo, en este trabajo se ha realizado un análisis del problema y se han elaborado tanto una metodología de desarrollo como el diseño de un sistema recomendador que ayude a los profesionales a elegir qué configuración de un determinado juego es la más apropiada para un alumno en función de sus características individuales, de su evolución en entrenamientos anteriores y del conocimiento del dominio.

Cuando un alumno se entrena con un juego, normalmente realiza varias sesiones de trabajo en una o más configuraciones del mismo. Estas sesiones de trabajo, tomadas en orden cronológico, constituyen la ruta de aprendizaje o desarrollo visual del alumno en la tarea que se está ejercitando. En cada paso de este camino o ruta, el profesional especialista debe decidir cuál es la próxima configuración con la que el alumno se va a entrenar. Puesto que esta decisión está basada, principalmente, en los resultados obtenidos en cada uno de los pasos anteriores, no es posible recomendar una secuencia de entrenamiento completa. En su lugar, el sistema recomendará una configuración concreta en cada momento, siendo el profesor el que decida si sigue o no dicha recomendación.

En las dos siguientes secciones se describen la metodología de desarrollo y el diseño del sistema recomendador. Finalmente, en la última se analizan aquellos factores que influyen en el proceso de aprendizaje del alumno y que son difíciles de controlar.

5.1 Metodología de desarrollo

La evolución de los SAE desde los primeros STIs hasta la diversidad de sistemas existentes en la actualidad (multimedia educativo, entornos colaborativos a distancia, webs educativos, sistemas basados en juegos, cursos on-line, SENEs, etc.) es considerable en cuanto a paradigmas y objetivos de aprendizaje y medios tecnológicos. Esta evolución ha propiciado un aumento en la complejidad de las aplicaciones actuales y algunos cambios en los métodos de desarrollo. Surgen así nuevas disciplinas como la Ingeniería del Software Educativo (ISE) que aborda el estudio y definición de nuevas metodologías informáticas que favorezcan el diseño de un software educativo de calidad [Area & González, 2003].

Las metodologías de desarrollo para los SAE han evolucionado desde las primeras basadas en el paradigma de la programación procedural (utilizadas en los primeros STI), siguiendo por las que se basan en la programación orientada a objetos, hasta llegar a la gran variedad de metodologías actuales que han sido elaboradas específicamente para un tipo de SAE concreto. Algunos ejemplos son:

- Metodologías orientadas a objetos (usadas por ejemplo en aplicaciones multimedia): MOOM (Metodología Orientada a Objeto Multimedia) [Benigni, 2004], MethSysOL (Metodología para el desarrollo de sistemas basados en objetos de aprendizaje) [Hurtado, 2007]...
- Metodologías para el diseño de sistemas multiagente (SMA) [Cataldi et al., 2006]: GAIA [Wooldridge, 1999], agentUML [Odell et al., 2001], Cassiopeia [Collinot et al., 1996], agentes en Z [Luck et al., 1997]...
- Metodología para el desarrollo de Software Educativo Colaborativo Multimedia Adaptativo Lúdico e Interactivo (SECMALI) [Giraldo, 2007].
- Metodologías específicas para el desarrollo de SAE orientados a la formación en línea (e-learning): MISA (del francés Méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage) [Paquette, 2004], metodología de diseño de acciones formativas de Tknika [Orbegozo & Beroitz, 2007]...

Como puede observarse, existe una gran variedad de aproximaciones metodológicas, dependiendo del tipo del SAE que se desea desarrollar y de aquellos componentes de la arquitectura en los que se desea poner más énfasis.

La aplicación que se va a desarrollar es una plataforma educativa online para la estimulación visual con recomendaciones al profesor. Para que EVIN cumpla estos requisitos es preciso convertirla en un sistema adaptativo mediante la integración de un sistema recomendador que proporcione la funcionalidad deseada. Por otro lado, la estimulación visual es un campo complejo donde no se han encontrado precedentes de sistemas adaptativos de este tipo concreto.

Al margen de la complejidad del dominio y de lo novedoso del sistema que se quiere construir, se han identificado las siguientes dificultades de desarrollo: heterogeneidad de los juegos de entrenamiento (parámetros de configuración, niveles de dificultad, tareas visuales que ejercitan, edades más adecuadas a las que están dirigidos, etc.), con lo que: (a) las recomendaciones podrían ser bastante dependientes de cada juego; (b) heterogeneidad y pequeño número de la población a la que están dirigidos los juegos; (c) carencia de análisis estadísticos que permitan interpretar los resultados obtenidos por un alumno y (d) factores difíciles de controlar que pueden influir en los resultados del aprendizaje.

Las dificultades identificadas en los párrafos anteriores hacen aconsejable la elaboración de una metodología específica para la construcción e integración de un recomendador en EVIN. Las características del nuevo sistema hacen conveniente apoyarse en aspectos metodológicos básicos de disciplinas como la Ingeniería del Software [Pressman, 2002] y la Ingeniería del Conocimiento [Brachman & Levesque, 2004; Mira et al., 1995], así como en métodos y técnicas propios de los sistemas recomendadores [Jannach et al., 2010]. Debido a la novedad del producto, esta metodología se ha confeccionado de forma incremental. El objetivo de este trabajo es elaborar una primera versión de la misma, de modo que facilite el desarrollo y que permita lo siguiente (ver sección 1.4):

- abordar y simplificar la complejidad de la tarea de forma progresiva y sistemática,
- aplicar, dentro de lo posible, los principios de reusabilidad y facilidad de mantenimiento al sistema construido.

Esta metodología se ha elaborado a partir de las necesidades y dificultades encontradas a lo largo del presente trabajo junto con sus posibles soluciones. El objetivo ha sido no solo facilitar el desarrollo actual, sino el de todas las fases posteriores hasta cumplir los objetivos del proyecto. Así mismo, se ha diseñado con la intención de que pueda ser reutilizada en otros sistemas similares en el dominio de la estimulación visual.

En el apartado 5.1.1 se discute la arquitectura global del sistema adaptativo, mientras que en el 5.1.2 se plantea una posible estructura para el mismo. En el apartado 5.1.3 se comentan algunas de las opciones de diseño para el sistema recomendador y, por último, en el apartado 5.1.4 se señalan las diferentes fases de trabajo y el ciclo de vida seleccionado para las mismas.

5.1.1 Definición de la arquitectura global del sistema.

EVIN está implementado como una plataforma educativa basada en web con un servidor web¹⁹ y una base de datos²⁰ que permite almacenar y recuperar de forma eficiente la información sobre: (1) usuarios, (2) juegos/ejercicios de entrenamiento y (3) resultados que se obtienen en dichos entrenamientos.

Además, la estructura del sistema es modular, dentro de lo posible, para facilitar el reuso y el mantenimiento de sus componentes. En caso de que se quiera integrar un módulo de adaptación en una aplicación ya existente y esta última no tenga una estructura apropiada, o incluso no esté preparada como aplicación web, siempre se

¹⁹ Servidor web Mongrel, ver <http://mongrel2.org/>

²⁰ Base de datos PostgreSQL, ver <http://www.postgresql.org.es/>

pueden usar técnicas de reingeniería y de ingeniería web [Pressman, 2002] para tratar de solventar el problema.

5.1.2 Estructura del sistema adaptativo.

La estructura de un sistema adaptativo para estimulación visual, tal y como se ha planteado en este trabajo, no difiere mucho del esquema general de un sistema adaptativo en educación (SAE) (ver figura 2.1 del capítulo 2). No obstante, debemos particularizar la definición y contenido de cada uno de sus componentes al dominio que nos ocupa. Así tenemos (ver figura 5.1 que muestra el esquema general de este sistema):

- **Modelo del estudiante:** Contiene todos aquellos datos del perfil del alumno necesarios para poder realizar las recomendaciones apropiadas. Algunos de estos datos podrían estar ya almacenados en la base de datos, mientras que otros se averiguarán en tiempo de ejecución. Los resultados obtenidos por el alumno en entrenamientos anteriores también se guardan en este modelo.
- **Modelo pedagógico:** En el caso de los sistemas de aprendizaje guiado como EVIN, es el propio profesor el que determina cómo y cuándo actuar. Por tanto, este modelo no contiene criterios pedagógicos, sino más bien el conocimiento acerca de los juegos o actividades de entrenamiento visual alojados en el sistema. Por esta razón, sería más apropiado denominarlo modelo del dominio o modelo de los juegos.
- **Sistema experto:** Puesto que lo que se busca es un sistema que ayude al profesor con recomendaciones útiles, este sistema experto es el recomendador de la aplicación. Éste contiene el conocimiento operativo necesario para realizar las recomendaciones apropiadas, teniendo en cuenta la información contenida en el modelo del estudiante y en el de los juegos.

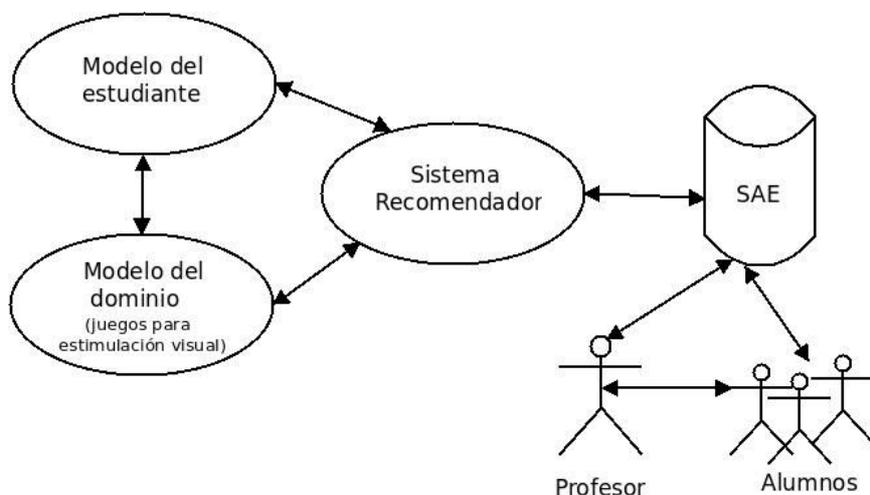


Figura 5.1: Sistema adaptativo en educación para estimulación visual con recomendaciones al profesor.

5.1.3 Opciones de diseño para el sistema recomendador.

En el diseño del sistema recomendador (SR) debemos decidir las siguientes cuestiones: (i) estructura del sistema, (ii) tipo de recomendador, (iii) técnicas utilizadas y (iv) aspectos relacionados con la adquisición, modelado y representación del conocimiento. Todas estas cuestiones se detallan, por orden, en los siguientes apartados.

5.1.3.1 Estructura del sistema.

Para definir la estructura del sistema es bastante conveniente utilizar el marco de trabajo propuesto en [Hernández-del-Olmo & Gaudioso, 2008]. Este marco es independiente de la técnica utilizada por el SR para alcanzar su objetivo. Además, es lo suficientemente genérico para permitir el desarrollo de cualquier tipo de SR y, al mismo tiempo, lo suficientemente específico como para ser útil durante todas las fases del ciclo de vida. Dentro de este marco, se distinguen dos componentes o subsistemas en todo SR:

- Filtro: Este componente selecciona aquellos objetos potencialmente útiles/interesantes, decidiendo qué ítems son candidatos a ser recomendados. Es no interactivo; el modelo de usuario puede ser adquirido antes de que el usuario interactúe con el SR.

- Guía: Este subsistema genera sugerencias para que sean aceptadas/seguidas por el usuario. Decide cuándo y cómo (contexto) se muestra cada recomendación. Es interactivo; el modelo de usuario se adquiere mientras éste interactúa con el SR.

La definición de la estructura del SR utilizando el modelo anterior consiste en asignar a cada parte del sistema el trabajo que va a realizar. En general, en el caso de recomendadores en sistemas de entrenamiento visual, el filtro va a contener un conjunto de reglas más o menos fijas, que le permitan decidir qué configuraciones de un juego son potencialmente útiles para un alumno dado. El guía, por su parte, decidirá cuándo y cómo mostrar esas configuraciones.

5.1.3.2 Selección del tipo de recomendador.

Entre los diferentes tipos de recomendadores: colaborativos [Goldberg et al., 1992], basados en contenido [Pazzani & Billsus, 2007], basados en conocimiento [Felfernig et al., 2006], aproximaciones híbridas [Balabanovic & Shoham, 1997], es aconsejable utilizar un SR basado en conocimiento para este dominio por las siguientes razones:

- complejidad del dominio,
- existen pocos datos de interacción debido a que se trata de una población poco numerosa y muy heterogénea,
- el problema del arranque en frío, cuando un alumno no se ha entrenado previamente, se hace más acuciante ya que no se pueden tomar como referencia los datos de otro alumno con la misma patología, puesto que dentro de una misma patología existen grandes diferencias dependiendo del grado de afectación, entre otros factores. Este problema se puede agravar, además, porque en algunos casos podría no disponerse de información adicional sobre el alumno debido a las leyes de protección de datos u otras cuestiones.

Existen dos tipos de recomendadores basados en conocimiento: basado en restricciones o reglas [Felfernig & Burke, 2008; Jannach et al., 2010] y basado en casos [Bridge et al., 2005; Burke, 1999]. Este último no es, en principio, el más apropiado por las mismas razones señaladas en los dos últimos puntos para el caso del arranque en frío.

5.1.3.3 Adquisición, modelado y representación del conocimiento.

La adquisición o elicitación del conocimiento del experto se puede hacer de diversas formas o mediante una combinación de ellas: con diálogos; de forma automática; consultando artículos, informes o libros específicos sobre el dominio [Mira et al., 1995]. La opción elegida depende de la disponibilidad de recursos.

Es conveniente disponer de un modelo que sea útil para organizar el conocimiento y que sirva de guía en el proceso de adquisición del conocimiento del experto [Mira et al., 1995]. En [Jannach et al., 2010] puede encontrarse un modelo útil para el caso de los recomendadores basados en restricciones. Aunque el dominio en el que se propone es el del comercio electrónico, es posible adaptarlo al de la estimulación visual sin más que cambiar el concepto de usuario por el de alumno y el de características del producto por características de las configuraciones de un juego. Si bien este modelo se centra en el subsistema filtro, siempre puede ser extendido o integrado en otro más general que permita modelar el subsistema guía.

El formalismo utilizado para representar el conocimiento depende del tipo de recomendador elegido y del conocimiento a modelar. En [Brachman & Levesque, 2004] se pueden consultar diferentes formalismos de representación del conocimiento.

5.1.4 Selección del ciclo de vida y división del trabajo en fases.

Puesto que el objetivo principal de este trabajo es el diseño del sistema recomendador, esta primera versión de la metodología se va a centrar únicamente en las etapas de diseño.

Como se ha comentado a lo largo de este trabajo, los juegos específicos para este dominio son bastante heterogéneos. Tanto es así que, durante el análisis previo del problema, se ha barajado la posibilidad de tener que desarrollar un recomendador específico para cada juego. Otro de los objetivos de este trabajo es intentar construir un recomendador lo más genérico posible que sea común a todos los juegos, tanto pensando en los existentes hasta el momento, como en cualquier otro que se pueda incluir en el futuro.

En un caso ideal, se trata de que el conocimiento operativo, independiente del juego utilizado, que asigna un conjunto de configuraciones a un determinado alumno se pueda separar del conocimiento específico sobre las características de cada juego.

Las fases de diseño para la construcción del SR serán las usuales que se utilizan para desarrollar un sistema experto [Mira et al., 1995]: (1) elicitación del conocimiento, (2) modelado y representación del conocimiento, que en el caso que nos ocupa, consistirá concretamente en definir la tarea de recomendación [Jannach et al., 2010] y, por último, (3) validar con el experto que las decisiones de diseño que se han tomado se ajustan al comportamiento que se espera del sistema.

Debido a la complejidad del dominio y a que no se ha encontrado precedente de un sistema similar en dicho dominio, existen muchos parámetros que no se pueden determinar a priori. Por la misma razón, es muy posible que vayan surgiendo dificultades no previstas a lo largo del proceso de desarrollo. Por todo ello, lo más adecuado es un ciclo de vida iterativo e incremental que permita trabajar de forma ágil rectificando aquellas decisiones erróneas lo más pronto posible [Pressman, 2002].

Al mismo tiempo, también hay que tener en cuenta que hay que separar el conocimiento general del dominio de aquel específico para cada juego. En la primera etapa de desarrollo conviene intentar extraer ese conocimiento genérico, pero al mismo tiempo intentar particularizarlo para cada juego concreto. De esta

forma, será más sencillo extraer las características comunes a todos los juegos. En etapas posteriores, la atención se centrará más en modelar el conocimiento de cada juego y, muy posiblemente, sea necesario regresar a la etapa anterior para hacer los ajustes que sean necesarios hasta conseguir este objetivo. La figura 5.2 refleja estas consideraciones.

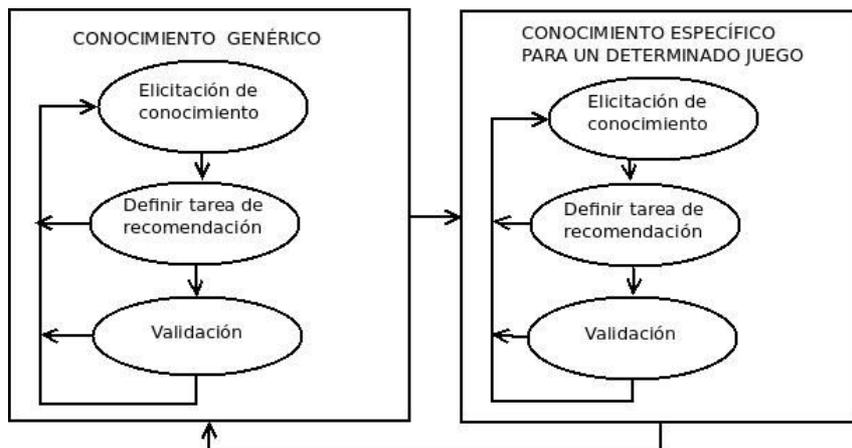


Figura 5.2: Etapas en el diseño de un sistema recomendador para realizar entrenamientos visuales.

5.2 Diseño del sistema recomendador.

En esta sección se va a proceder al diseño del sistema recomendador utilizando la metodología expuesta en la sección anterior.

En lo que se refiere a la arquitectura de EVIN, ésta sigue el modelo de una arquitectura cliente-servidor y su estructura es modular (figura 3.1). El nuevo sistema recomendador se puede integrar en ella como un módulo más. La figura 5.3 muestra esta nueva arquitectura.

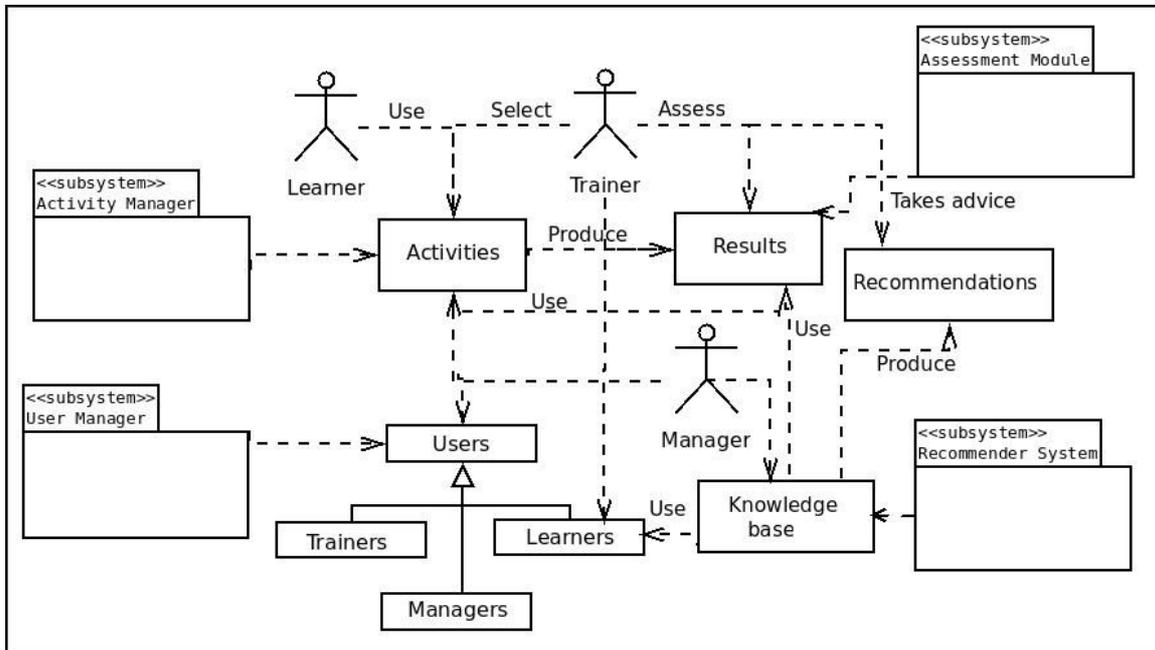


Figura 5.3: Nueva arquitectura de EVIN tras la integración del sistema recomendador.

El nuevo módulo del sistema recomendador gestiona la base de conocimiento que dará lugar a las recomendaciones cuyo objeto es ofrecer soporte al profesor. Esta base de conocimiento utiliza información sobre: los juegos, los alumnos y los resultados de los entrenamientos. El actor con el rol de Administrador puede realizar tareas de mantenimiento en la base de conocimiento.

En los siguientes apartados se especifican las opciones de diseño escogidas para el sistema recomendador de EVIN y se describe el trabajo llevado a cabo en cada una de las fases de diseño propuestas en la sección anterior.

5.2.1 Opciones de diseño para el sistema recomendador.

A continuación, se describe la estructura del SR, el tipo de recomendador elegido, así como el proceso de elicitación, modelado y representación del conocimiento.

5.2.1.1 Estructura del sistema.

De acuerdo a lo expuesto en la sección 5.1, se ha utilizado el marco de trabajo propuesto en [Hernández-del-Olmo & Gaudioso, 2008] que distingue dos

subsistemas en todo SR: el filtro y el guía. El trabajo de cada uno de estos componentes es el siguiente:

- Filtro: Selecciona todas aquellas configuraciones de un juego que se corresponden con el perfil del alumno, de acuerdo a un conjunto de reglas previamente establecidas.
- Guía: Decide cuándo y cómo mostrar las configuraciones seleccionadas por el filtro. Estas decisiones se toman de forma dinámica en tiempo de ejecución.

5.2.1.2 Selección del tipo de recomendador.

Según lo señalado en el apartado 5.1.3.2, se ha elegido un recomendador basado en conocimiento, en particular se trata de un sistema basado en restricciones o reglas.

5.2.1.3 Adquisición, modelado y representación del conocimiento.

La adquisición del conocimiento se ha realizado mediante diálogos con el experto. Para organizar el conocimiento adquirido y guiar el proceso de elicitación del mismo, se ha utilizado el modelo propuesto en [Jannach et al., 2010].

El modelo escogido, más centrado en el subsistema filtro, no ha necesitado ser extendido ya que este trabajo se ha enfocado hacia este componente. La razón de dar preferencia al filtro, en esta primera iteración del diseño, es que éste es el primero en actuar seleccionando las configuraciones que el guía decidirá cuándo y cómo presentar al usuario. La adaptación de este modelo al dominio de la estimulación visual mediante juegos se describe en el apartado 5.2.2.

La representación del conocimiento adquirido se ha realizado mediante un formalismo de lógica de primer orden. En concreto, se ha utilizado el lenguaje FOL (del inglés First-Order Logic) extendido con funciones y con el concepto de *individuos abstractos* (del inglés abstract individuals) [Brachman & Levesque, 2004] por su simplicidad y por ser adecuado para la especificación de reglas. En el Anexo

VII se explican brevemente la notación y extensiones del lenguaje utilizado. En [Brachman & Levesque, 2004] se pueden consultar con más detalle todos estos aspectos, así como algunos ejemplos de uso.

5.2.2 Especificación del sistema.

En los próximos apartados se describe el trabajo realizado durante las fases de elicitación del conocimiento, definición de la tarea de recomendación y validación con objeto de realizar la especificación del sistema recomendador.

5.2.2.1 Elicitación del conocimiento.

En la primera fase de elicitación del conocimiento del experto, se han realizado diversas entrevistas cuyas preguntas se han organizado en cinco secciones principales. Las cuatro primeras se corresponden con las divisiones en las que se estructura la base de conocimiento, las cuales se explican en el siguiente apartado. El último grupo de preguntas denominado *Otros factores* tiene como propósito identificar algunos de los factores que son complicados de controlar y que influyen en la tarea de recomendación.

El objetivo de las entrevistas ha sido extraer el conocimiento general del dominio, independiente de los juegos, separándolo de aquel específico de cada juego. En esta primera fase de diálogo, las preguntas sobre este conocimiento específico se han centrado en el juego *Percepción espacial*. Al tratarse de la primera iteración en el ciclo de desarrollo del SR, se ha escogido este juego porque cumple dos requisitos importantes:

- Es el menos complejo de todos los juegos con solo tres posibles configuraciones. La selección de los juegos, en orden creciente de complejidad para modelar el conocimiento, facilita el desarrollo al ir abordando las dificultades de forma progresiva.
- El único parámetro configurable es el número de estímulos que aparecen en pantalla. En general, éste es uno de los parámetros más importantes de

cualquier juego ya que repercute tanto en el nivel de dificultad, como en el tamaño de los estímulos.

Todas las preguntas están relacionadas en el Anexo VI junto con sus respuestas. Las preguntas están numeradas para facilitar el seguimiento y referencia a las mismas desde el documento que contiene la especificación del conocimiento (Anexo VII).

5.2.2.2 Definición de la tarea de recomendación.

Como ya se ha comentado a lo largo de este capítulo, el marco propuesto en [Jannach et al., 2010] para modelar una tarea de recomendación en sistemas basados en restricciones está específicamente dirigido al dominio del comercio electrónico. En consecuencia, tanto la definición de la tarea de recomendación, como la estructura de la base de conocimiento se han trasladado al dominio de la estimulación visual mediante juegos.

La definición de la tarea de recomendación para EVIN es la siguiente:

- Una tarea de recomendación consiste en identificar aquellas configuraciones de un juego concreto que mejor se ajusten a las necesidades de un alumno en base a su perfil.

Por otro lado, la base de conocimiento se estructura del siguiente modo:

- La base de conocimiento del recomendador incluye dos conjuntos de variables V : V_S y V_{CONF} , que describen el perfil del alumno y las características de las configuraciones de un juego. Por otra parte, tres conjuntos de restricciones C : C_R , C_F y C_{CONF} , definen qué configuración de un determinado juego debería recomendarse a un alumno teniendo en cuenta su perfil (estas restricciones se explicarán más adelante).

La recomendación resultante, RES, es consistente y es el resultado de resolver el problema de solución de restricciones: $V = V_S \cup V_{CONF}$, $D =$

dominios finitos de las variables en V , $C = C_R \cup C_F \cup C_{CONF} \cup REQ$ (requisitos del alumno).

A continuación, se describen cada uno de los elementos de la base de conocimiento cuyo contenido (ver Anexo VII) se ha determinado a través de las entrevistas realizadas al experto (ver Anexo VI).

Variables

- *Propiedades del alumno (V_S)*: Describen el perfil de cada alumno registrado en EVIN.
- *Propiedades del juego (V_{CONF})*: Describen cada una de las posibles configuraciones de cada juego incluido en el sistema. Una configuración es un conjunto de pares (parámetro, valor) relativos a un juego en particular. Por ejemplo, una posible configuración del juego Exploraciones sería: (número de estímulos = 4, tipo de recorrido = horizontal, tipo de tarea = colores).

Cada uno de los parámetros del juego son configurables por el usuario con objeto de poder adaptarlos a las necesidades de los diferentes alumnos. Algunos de estos parámetros se consideran relevantes para la resolución de la tarea, pues establecen diferentes grados de dificultad. Por ejemplo, la opción de poder desactivar los refuerzos visuales tiene por objeto evitar posibles distracciones del alumno, pero no añade dificultad significativa al ejercicio y no es, por tanto, un parámetro relevante.

Una *configuración relevante* está formada por un conjunto de instancias de los parámetros relevantes de un juego. Cuando se añade un juego al sistema, el experto en el dominio especifica qué parámetros se consideran relevantes y cuáles no, quedando esta información almacenada en la base de datos. Las configuraciones relevantes son las únicas que se van a considerar en la tarea de recomendación.

Restricciones.

Determinan qué configuraciones son las más apropiadas en cada caso concreto. Existen tres grupos de restricciones:

- *Restricciones de compatibilidad (C_R)*: Definen qué instanciaciones del perfil del alumno son válidas, especificando las incompatibilidades entre las diferentes variables de dicho perfil. Una restricción también se puede referir a una única variable, condicionando su inclusión o no en la tarea de recomendación en función de su valor.
- *Condiciones de filtro (C_F)*: Definen las relaciones entre el perfil del alumno y las características de una configuración.
- *Condiciones de la configuración (C_{CONF})*: Especifican las configuraciones relevantes que existen actualmente para un juego determinado.

Tras las entrevistas con el experto, se han hecho los resúmenes apropiados y se ha ido rellenando la estructura anterior con el conocimiento extraído en lenguaje natural. Al mismo tiempo se han ido especificando las reglas correspondientes en el lenguaje formal FOL extendido [Brachman & Levesque, 2004] (ver Anexo VII).

Por otro lado, la distribución del conocimiento elicitado sobre los componentes básicos de un SAE para estimulación visual (figura 5.1) queda como sigue:

El modelo del estudiante almacena la edad del alumno, la agudeza visual, el campo visual, la patología y los resultados obtenidos en entrenamientos anteriores. Además, este modelo tiene dos características clave que se determinan en tiempo de ejecución: el nivel de dificultad y el tamaño de estímulo más apropiados para el alumno, siendo estas variables independientes del juego que éste vaya a utilizar. El conjunto de variables del alumno (V_S) y las restricciones sobre estas variables (C_R) se alojan en este modelo.

El modelo del dominio contiene el conocimiento sobre la estructura de las configuraciones de los diferentes juegos, así como el conocimiento específico sobre el juego Percepción espacial. Lo más significativo de este modelo es que todas las configuraciones llevan asociado un número de orden que establece su nivel de dificultad. Este orden no es total ni absoluto, ya que puede haber más de una

configuración con el mismo nivel de dificultad y, además, está basado en el caso general del desarrollo visual normal de un niño. No obstante, sirve para el propósito de clasificar con bastante precisión las configuraciones de un juego por orden de dificultad. Este modelo contiene tanto las variables que describen las configuraciones (V_{CONF}), como las instancias de dichas configuraciones (C_{CONF}).

El filtro del sistema recomendador contiene el conocimiento operativo que relaciona los requisitos del alumno con las configuraciones disponibles. Si existe información sobre entrenamientos anteriores, ésta es prioritaria y se toma como referencia la última configuración utilizada por el alumno. En este caso, la recomendación está basada en los resultados promedio obtenidos en dicha configuración. En caso contrario, arranque en frío, la recomendación se basa en mapeos, en forma de hechos, entre los requisitos de tamaño de estímulo y nivel de dificultad del alumno con las posibles opciones de cada juego. Por tanto, en este componente residen las condiciones del filtro (C_F).

Las estrategias utilizadas durante el proceso de modelado han permitido representar el conocimiento general del dominio mediante reglas de decisión, mientras que el conocimiento operativo dependiente de las particularidades de cada juego se ha almacenado en forma de hechos. De esta forma, se han mantenido diferenciados ambos tipos de conocimiento y se ha favorecido el desarrollo de un único SR para todos los juegos, potenciando sus características de reuso y facilidad de mantenimiento.

La figura 5.4 incorpora los elementos de la base de conocimiento dentro de los componentes del SAE para estimulación visual mostrado en la figura 5.1. El Anexo VII contiene las especificaciones finales de la base de conocimiento.

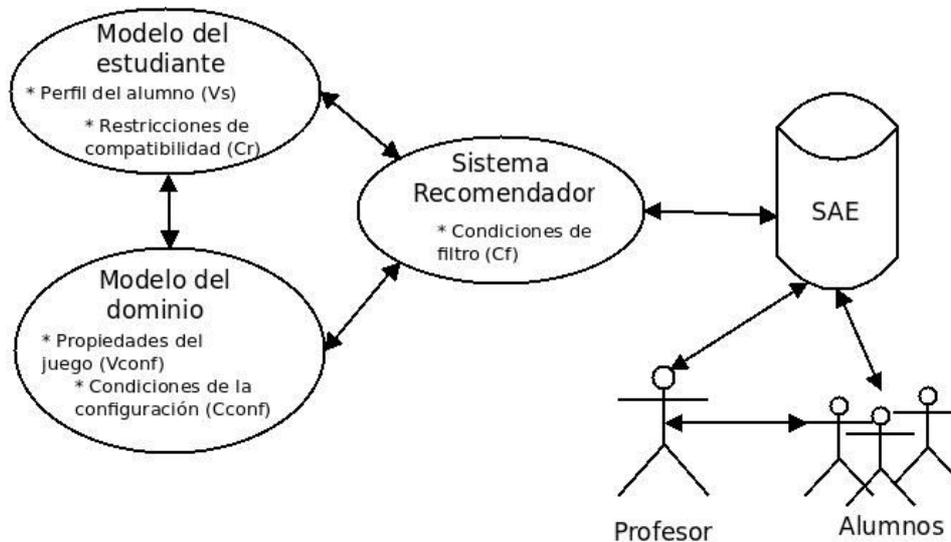


Figura 5.4 Distribución del conocimiento en los componentes de un SAE para estimulación visual.

5.2.2.3 Validación.

A medida que se ha ido rellenando la estructura de la base de conocimiento, se han ido presentando al experto los resultados, al tiempo que se le han ido explicando las consecuencias que pueden tener dichas especificaciones en el comportamiento del sistema. Este procedimiento ha servido para identificar tanto errores durante el modelado del conocimiento, como aquellos parámetros que son difíciles de determinar a priori al depender de factores complejos de controlar. Estos últimos se relacionan en la siguiente sección.

5.3 Factores difíciles de controlar en la tarea de recomendación

Durante el proceso de elicitación de conocimiento se han identificado parámetros cuyo valor es muy difícil determinar y ajustar a priori. Estos parámetros no se pueden establecer de forma estática, ya que dependen del contexto, siendo necesario establecerlos en tiempo de ejecución con la ayuda del profesor o profesional experto. Este problema se deriva de que existen diversos factores que son muy difíciles de controlar.

Estos factores pueden provocar alteraciones en lo que sería una evolución más o menos normal del alumno durante los entrenamientos. Si se desconocen las causas de estas alteraciones, es mucho más difícil saber cómo actuar o poder dar explicaciones al profesional. En concreto, se han identificado los siguientes problemas durante el diseño del sistema:

- Las características individuales de los alumnos del dominio de la estimulación visual presentan una gran variabilidad. La visión se compone de muchos factores, además de la agudeza y el campo visual es necesario tener en cuenta otras funciones visuales, algunas difícilmente mensurables (sensibilidad al contraste, visión de colores, adaptación ocular...). Por otra parte, el gran número de patologías que provocan alteraciones en el desarrollo de la visión, su diferente evolución y repercusión funcional dificultan establecer una línea de trabajo atendiendo a la etiología de la deficiencia visual. Además, hay que tener en cuenta que el uso efectivo de la visión depende de otros muchos factores: perceptivos, cognitivos, ambientales, etc.
- Durante el proceso de la estimulación visual existen otros factores que influyen en el desarrollo del mismo. La motivación del alumno, la atención que dedica a la tarea, los elementos perturbadores del ambiente, la empatía con el profesor, las ayudas que el profesor puede proporcionar al alumno..., pueden variar significativamente los resultados del entrenamiento visual.
- Una sesión de entrenamiento está formada por un conjunto de ejercicios (pantallas del juego) realizados en una misma configuración de un juego en instantes de tiempo consecutivos. Una sesión finaliza al salir del juego. La información almacenada durante una sesión de trabajo es el promedio de aciertos, fallos y tiempo empleado en cada uno de los ejercicios o pantallas. Esto se debe a que si se almacenasen los datos (aciertos, fallos, distribución particular de los elementos, número máximo posible de aciertos, etc.) de todas y cada una de las pantallas de cada sesión de trabajo, la cantidad de información a guardar en la base de datos podría llegar a ser intratable. Sin embargo, a través de los diálogos con el experto, se ha llegado a la

conclusión de que estos datos son muy importantes para determinar ciertos parámetros. En concreto, se han identificado los siguientes:

- Número mínimo de sesiones que un alumno tiene que realizar en una configuración dada para que se consideren significativos los resultados obtenidos.
- Número máximo de sesiones realizadas por un alumno en una misma configuración de un juego, a partir del cual se empieza a considerar que quizá el alumno no está preparado para superar la tarea.
- Tiempo mínimo empleado por un alumno durante una sesión de trabajo para poder considerar que los resultados del entrenamiento son significativos.
- Tiempo máximo empleado por un alumno en realizar una serie de tareas a partir del cual se considera que el alumno puede no estar preparado actualmente para el desempeño de la misma.

El recomendador que se ha diseñado en este trabajo sólo consta de la parte del filtro, el cual determina las recomendaciones potencialmente útiles siguiendo un patrón más o menos regular basado en el desarrollo visual normal de un niño. Sin embargo, al realizar una recomendación habría que considerar todos los factores identificados en el párrafo anterior y que dependen del contexto en el que se desarrollan los juegos. Es aquí donde el sistema guía debe actuar para decidir cómo y cuándo realizar las recomendaciones seleccionadas por el filtro.

5.4 Conclusiones

En este capítulo se ha abordado el problema de integrar un sistema recomendador en la plataforma EVIN (descrita en el capítulo 3). Tras el análisis del dominio de aplicación, la búsqueda de sistemas similares existentes hasta la fecha (tareas realizadas en los capítulos 1 y 2) y el repaso por las metodologías de desarrollo existentes para los SAE, se ha visto la necesidad de elaborar una metodología específica para crear este nuevo sistema. Para este propósito, se han seguido aspectos metodológicos básicos procedentes de la Ingeniería del Software y de la

Ingeniería del Conocimiento, al tiempo que se han tomado prestadas herramientas del campo de los sistemas recomendadores. El objetivo ha sido no solo marcar las pautas para la construcción del sistema, simplificando la tarea, sino obtener un producto de calidad, reutilizable y fácilmente mantenible.

Utilizando la metodología elaborada en este trabajo, se ha especificado una primera versión del sistema recomendador. Durante el proceso de modelado se ha mantenido separado el conocimiento general del dominio, especificado mediante reglas de decisión, de aquel conocimiento operativo que depende de las peculiaridades de cada juego. Este último se ha representado mediante hechos, facilitando el desarrollo, reuso y mantenimiento de un único recomendador para todos los juegos.

Durante el diseño del sistema recomendador se han identificado algunos factores, difíciles de controlar, que pueden provocar alteraciones en los progresos obtenidos por el alumno durante los entrenamientos. Estos factores se deben a la variabilidad de las características individuales de los alumnos, a las características del propio proceso de enseñanza-aprendizaje y a la intratabilidad de almacenar la información relativa a los entrenamientos de forma suficientemente pormenorizada. Todos estos factores forman parte del contexto del proceso de estimulación visual y deberán ser tenidos en cuenta por el sistema guía en futuros desarrollos.

6 Conclusiones y trabajos futuros

En el capítulo 1 de este trabajo, se han explicado los conceptos básicos relacionados con la estimulación visual y se han identificado las tareas y procesos necesarios para poder realizar el proceso de estimulación visual a distancia. Debido a que los avances en las TIC no se han visto reflejados en este campo, surge el proyecto EVIN cuyo objetivo es el desarrollo de una plataforma educativa online que permita realizar entrenamientos visuales mediante juegos y la evaluación y seguimiento de los alumnos registrados en el sistema. Puesto que este tipo de entrenamientos van dirigidos, en general, a niños de educación infantil y primaria, este aprendizaje debe hacerse de forma guiada por un especialista, profesor o familiar del alumno. Esta plataforma se ha descrito en el capítulo 3.

Aunque EVIN cubre una gran parte de las tareas implicadas en un proceso de estimulación visual a distancia, el profesor debía decidir por sí mismo cómo adaptar los entrenamientos a las características individuales de los alumnos. Esta labor es compleja, por lo que hay que ser experto en el dominio para poder abordarla adecuadamente. Sin embargo, ampliar el uso de EVIN a alumnos que están a distancia implica en la mayoría de las ocasiones que estén a su lado tutores (maestros o familiares), que no tienen este conocimiento que posee el experto. Esto repercute negativamente en el resultado final del proceso de la estimulación visual. Por tanto, ha sido necesario transformar EVIN en un sistema adaptativo que ayude a los tutores y a los expertos en su toma de decisiones mediante recomendaciones.

Durante la evaluación de EVIN, descrita en el capítulo 4, se ha hecho un sondeo entre los profesionales para saber cómo acogen la idea de integrar en EVIN un recomendador que les ayude en su trabajo, habiendo sido valorada esta idea muy positivamente. La evaluación completa de la plataforma se recoge en el mencionado capítulo y en los Anexos IV y V.

Para abordar el desarrollo e integración de un recomendador en EVIN, el primer paso ha sido hacer un repaso por aquellos sistemas relacionados: sistemas de

entrenamiento visual mediante juegos de ordenador, sistemas educativos con soporte al profesor y sistemas recomendadores. A lo largo de este estudio, que puede consultarse en el capítulo 2, se ha encontrado que los sistemas de aprendizaje o entrenamiento para personas con necesidades especiales (SENEs) y que ofrecen recomendaciones al profesional, son los más similares a un sistema de entrenamiento visual que recomiende al profesor las actividades más adecuadas para un alumno concreto. Dos ejemplos de este tipo de sistemas son AdaptADHD [Gómez & Carro, 2014] y APADYT [Rubio et al., 2014].

En el proceso de estimulación visual una secuencia de entrenamiento completa está formada por el conjunto de configuraciones con las que el alumno se ha entrenado en orden cronológico con objeto de ejercitar/aprender una determinada función visual. Esta secuencia, que constituye la ruta de aprendizaje [Oneto et al., 2009] de un alumno, no se puede diseñar a priori, pues cada elemento de dicha secuencia depende de los resultados obtenidos en entrenamientos anteriores, especialmente en el más reciente. Por todo ello, el recomendador de EVIN se ha diseñado en base a un filtro que determina todas las posibles configuraciones que son más adecuadas en cada paso de esta ruta, basándose en el perfil del alumno y siguiendo la secuencia habitual del desarrollo visual. Posteriormente, será el guía el que aborde la tarea de decidir qué configuración, de las ya seleccionadas por el filtro, es la más adecuada y cuándo mostrarla teniendo en cuenta factores que vienen determinados por el contexto de aprendizaje.

En el capítulo 5 se describe el diseño del sistema recomendador, así como de una metodología elaborada expresamente para este propósito. Durante el diseño se han identificado factores que son difíciles de controlar que dificultan el proceso de recomendación. Para superar estos problemas, será el guía, interactivamente con el profesor, el que obtenga la información necesaria para poder realizar una recomendación apropiada. En el siguiente apartado se detallan las principales contribuciones de este trabajo al campo de la estimulación visual. Por último, en el apartado 6.2 se comentan algunos trabajos futuros relacionados con este área.

6.1 Principales contribuciones

Las principales aportaciones de este Trabajo Fin de Máster al área de la Estimulación Visual son las siguientes:

- Implementación de la plataforma EVIN: A partir del trabajo iniciado en [Matas, 2007], se ha completado el diseño, implementación y validación de la plataforma EVIN.
- Diseño de un sistema recomendador que aconseja al profesional aquellas configuraciones de un juego que son más apropiadas para un alumno dependiendo de sus características individuales y siguiendo la secuencia habitual del desarrollo visual. Este tipo de sistema es novedoso en el campo de la estimulación visual y las ventajas que aporta son las siguientes:
 - Ayudar a los profesores, especialmente a los poco expertos o familiares del alumno, proporcionándoles orientaciones que les ayuden a realizar los entrenamientos visuales de una forma más eficiente.
 - Proporcionar ayuda al profesional experto que debe instruir tanto a los profesores menos experimentados como a los familiares del alumno, para que sepan qué configuraciones son más adecuadas para la persona con la que van a realizar los entrenamientos. Las orientaciones del sistema servirán de guía para la realización de la estimulación visual al seguir las indicaciones ajustadas al perfil del alumno, adaptándose al proceso siguiendo las reglas definidas por expertos en el dominio.
 - Contribuir a la realización del proceso de estimulación visual a distancia. Esto es especialmente importante cuando no hay ayuda cercana de un profesional que oriente a padres y profesores, debiendo éstos desplazarse o realizar las consultas oportunas por otros medios de comunicación (teléfono, correo electrónico...). En estos casos, las recomendaciones del sistema proporcionarán un sistema de ayuda eficiente.

- Separación del conocimiento operativo independiente del juego que se esté utilizando de aquel otro que no lo es. El conocimiento operativo contiene, entre otras, reglas del estilo: “si Juan tiene 10 años entonces se recomienda la configuración x”, “si Juan tiene 10 años, pero una agudeza visual por debajo de 0.1, entonces se le recomienda la configuración y”, “Si Juan tiene 10 años y un campo visual reducido, entonces la configuración más adecuada es z”, donde las incógnitas anteriores son totalmente dependientes de cada juego, ya que cada uno de ellos puede tener un tipo y un número diferente de parámetros de configuración y, por tanto, distinta cantidad de niveles de dificultad y de opciones para cambiar el tamaño de estímulo, siendo estas características determinantes para realizar una recomendación. Durante el modelado del conocimiento, se ha conseguido especificar el conocimiento operativo dependiente de los juegos mediante hechos, mientras que aquel que es independiente se ha representado mediante reglas de decisión, manteniendo separados ambos tipos de conocimiento. Esto va a permitir el diseño de un único recomendador para todos los juegos con lo que se aumenta la calidad, capacidad de reuso y facilidad de mantenimiento del sistema. En este Trabajo se han declarado todos los hechos referentes al juego Percepción espacial.
- Elaboración de una metodología específica para el diseño de sistemas adaptativos en el campo de la estimulación visual mediante juegos. Debido a lo innovador de este sistema se han solventado las necesidades y dificultades encontradas, propias del desarrollo de un sistema adaptativo en un dominio complejo, tomando prestadas técnicas, métodos y herramientas de otros dominios y siguiendo principios básicos de la Ingeniería del Software y de la Ingeniería del Conocimiento. Toda esta experiencia ha servido de base para la confección de una metodología de diseño de sistemas similares en el área de estimulación visual. Esta metodología puede ser reutilizada en el mismo dominio de aplicación, siendo el objetivo final abarcar todas las fases de desarrollo.
- Identificación de factores difíciles de controlar en el proceso de recomendación. Estos factores se han ido estableciendo a lo largo del diseño

del sistema recomendador. Debidos principalmente a la variabilidad de las características individuales de los alumnos, a las características del proceso de estimulación visual y a la falta de información lo suficientemente detallada sobre el contexto de desarrollo de los entrenamientos, estos factores son fundamentales a la hora de abordar el diseño del sistema guía que es quien va a decidir cómo y cuándo presentar las recomendaciones previamente filtradas. De este modo, ya se ha realizado parte de la tarea de análisis previa al desarrollo del guía.

- Mejoras adicionales en EVIN. Se han incorporado nuevas características que son deseables en cualquier plataforma web relacionadas con la accesibilidad de dispositivos y contenido, aspectos de seguridad e internacionalización. Al mismo tiempo, se han ampliado los criterios de selección de grupos de alumnos para su evaluación, permitiendo agruparlos por patología, agudeza visual y campo visual. Todas estas características aumentan la difusión del sistema y mejoran el proceso de la estimulación visual a distancia.

6.2 Trabajos futuros

Tanto el proyecto EVIN en general, como este trabajo en particular, abren nuevas vías para futuros trabajos en el campo de la estimulación visual.

Algunos de ellos se reseñan a continuación:

- *Reducción del nivel simbólico al nivel de implementación.* Tomando como referencia los tres niveles de descripción propuestos por Allen Newell (conocimiento, simbólico y de implementación) [Newell, 1981], en este trabajo se ha descrito el problema planteado tanto en el nivel de conocimiento, como en el nivel simbólico mediante el lenguaje FOL extendido [Brachman & Levesque, 2004]. Este último, se ha utilizado como nivel o paso intermedio [Mira et al., 1995] entre el lenguaje natural (propio del nivel de conocimiento) y un lenguaje de programación (propio del nivel de los símbolos). El resultado

final es la especificación de un sistema recomendador (filtro) que requiere ser codificado en un lenguaje de programación e integrado en EVIN hasta llegar al nivel físico del ordenador (nivel de implementación). Para este propósito, se va a utilizar el DSL (del inglés Domain-Specific Language) Ruby-Prolog²¹. Este lenguaje es conveniente porque, por un lado permite utilizar programación lógica basada en Prolog para la implementación de las reglas del recomendador y, por el otro, está escrito en el lenguaje de programación Ruby²² que es el que se está utilizando en el desarrollo de la plataforma EVIN, permitiendo de esta forma una fácil integración con el entorno ya construido.

- *Pruebas y especificación del conocimiento del resto de juegos.* Tras la implementación, seguirán las fases usuales de verificación, validación y pruebas. Al mismo tiempo, es necesario ir repitiendo todas las fases de desarrollo para ir añadiendo a la base de conocimiento las especificaciones necesarias sobre el resto de juegos del sistema. Es previsible que el esfuerzo necesario para añadir otros juegos al filtro va a ser mucho menor que el inicial.
- *Evaluación de resultados del filtro.* Una vez completado el paso anterior, es conveniente realizar una evaluación intermedia de resultados como paso previo al desarrollo del sistema guía. El objetivo es verificar que las recomendaciones ofrecidas por el filtro son realmente aquellas que se esperan tomando como referencia la secuencia habitual del desarrollo visual con objeto de asegurarse de que el guía va a recibir aquellas configuraciones de un juego potencialmente útiles acordes con el perfil del alumno.
- *Desarrollo del sistema guía.* Este componente va a decidir cuándo y cómo realizar las recomendaciones que el filtro ha considerado más útiles. Para

²¹ <https://github.com/preston/ruby-prolog>

²² <https://www.ruby-lang.org/es/>

ello, se deben tener en cuenta factores de contexto, algunos de los cuales se han establecido a lo largo de este trabajo. Esta es una labor compleja, debido a que estos factores son difíciles de controlar. Para paliar este problema, el guía debería tener al menos las siguientes características:

- *Interacción con el profesor.* Se trata de establecer un diálogo con el profesor que ayude al sistema a averiguar aquellos factores que pueden estar influyendo en los resultados obtenidos por el alumno con anterioridad (si recibió ayuda del profesor, si se detectó una falta de atención o cansancio por parte del alumno, si los ejercicios propuestos fueron especialmente difíciles o largos...) con objeto de que le ayuden a tomar sus decisiones. En estos casos (interfaces adaptativas), es bastante habitual el uso de técnicas de aprendizaje automático [Langley, 1999]. Sin embargo, estas técnicas necesitan una gran cantidad de ejemplos y, debido a que la población a la que va dirigida la estimulación visual no es muy numerosa, este requisito es muy difícil de cumplir. Además, estas técnicas tienen otros inconvenientes y no son las más apropiadas en la tarea de guiar al usuario [Hernández-del-Olmo et al., 2009]. Por tanto y según se indica en este trabajo, será necesario utilizar otras otras aproximaciones que permitan lograr el objetivo.
- *Generación de explicaciones.* A lo largo de todo el proceso de elicitación del conocimiento, las respuestas del experto en el dominio, cuando se le preguntaba sobre la conveniencia de una determinada configuración de un juego, eran del tipo “sí es adecuada, pero habría que explicarle al profesor...” o “sí, estaría bien, pero sería necesario que el profesor sepa el por qué”. Por esta razón y por la complejidad del dominio en sí, sería conveniente incluir un módulo de explicaciones en el recomendador del sistema. Entre los diversos objetivos de generar explicaciones [Tintarev, 2007; Tintarev & Masthoff, 2007] se encuentran: reducir el esfuerzo del usuario, mejorar su grado de satisfacción, justificación de petición de información al usuario, instruir

en el dominio... Las técnicas utilizadas para este propósito dependen del tipo de recomendador. Algunas de las técnicas utilizadas en recomendadores basados en restricciones pueden verse en [Friedrich, 2004; Junker, 2004].

- *Evaluación final.* Finalmente, será necesaria una evaluación global del sistema. Un aspecto crucial para esta evaluación es la elección de una métrica que agrupe la cuantificación del rendimiento de los dos subsistemas (filtro y guía) en un único valor. Para este propósito, se ha escogido la métrica de rendimiento P(S) descrita en [Hernández del Olmo & Gaudioso, 2008] que no solo cumple este requisito, sino que además aporta otras muchas ventajas respecto a las métricas tradicionales: independencia del tipo de sistema recomendador, independencia de la fuente de conocimiento usada para averiguar la utilidad de las recomendaciones, solo requiere conocimiento sobre la utilidad de las recomendaciones *seguidas* por el usuario y, además, no necesita ningún cálculo adicional de medias.
- *Mejoras en el núcleo de la plataforma EVIN.* Al margen de las posibles mejoras en EVIN descritas en el capítulo 4, durante las fases de análisis y diseño del sistema recomendador, se han identificado las siguientes necesidades:
 - *Rutas de aprendizaje.* Los resultados obtenidos por un alumno en las diferentes configuraciones de un juego, en orden cronológico, ayudan al profesional a ver la evolución del mismo durante los entrenamientos. Sin embargo, EVIN no provee ningún mecanismo para ver cada una de las etapas del proceso de estimulación agrupadas por fechas, debiendo el profesional recopilar esta información de forma manual, lo cual no es muy eficiente. Por esta razón, sería conveniente incluir algún mecanismo (histograma, informe...) que muestre el camino o ruta seguido por el alumno durante su proceso de aprendizaje.

- *Última configuración utilizada.* Cuando existen datos de entrenamiento de un alumno, el filtro diseñado en este Trabajo siempre toma como referencia la configuración usada más recientemente por el alumno. En EVIN, cuando se presenta al usuario el formulario para configurar los juegos con las diferentes opciones (listas de selección o casillas de verificación), siempre aparecen señalados los mismos valores por defecto. Si, en su lugar, los valores seleccionados correspondiesen a la última configuración utilizada por el alumno, se beneficiaría no solo el profesional, puesto que una misma configuración es muy probable que sea usada repetidas veces consecutivas, sino también el recomendador del sistema. Esto último es especialmente interesante, ya que si la configuración candidata a ser mostrada al usuario coincide con la del formulario, el recomendador (el guía) no tomaría ninguna acción, disminuyendo así el coste de intrusión [Hernández-del-Olmo et al., 2005].

Bibliografía

[Armstrong et al., 1995] Armstrong, R., Freitag, D., Joachims, T. & Mitchell, T. WebWatcher: A Learning Apprentice for the World Wide Web. In *AAAI spring symposium on information gathering* (pp. 6-12), 1995.

[Area & González, 2003] Area, M. & González, C.S. Líneas de investigación sobre tecnologías de la información y comunicación en educación. *XI Jornadas Universitarias de Tecnología Educativa Universidad de Valladolid*, septiembre 2003.

[Balabanovic & Shoham, 1997] Balabanovic, M. & Shoham Y. Fab: content-based, collaborative recommendation. *Communications of the ACM*, 40(3), 66-72, 1997.

[Barraga & Morris, 1980] Barraga, N., & Morris, J. *Source book on low vision*. Louisville, KY:American Printing House for the Blind. 1980.

[Benigni, 2004] Benigni, G. Una metodología orientada a objetos para la producción de software multimedia. *Revista Ciencias básicas y tecnología, Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 16. Nº 1: 26-32. (2004).*

[Boticario & Gaudioso, 2003] González Boticario, J. & Gaudioso E. *Sistemas Interactivos de Enseñanza/Aprendizaje*. Editorial: Sanz y Torres, 2003.

[Boticario & Santos, 2007] Boticario, J.G. & Santos O.C. An open IMS-based user modelling approach for developing adaptive learning management systems. *Journal of Interactive Media in Education, September 2007: JIME Special Issue: Adaptation and IMS Learning Design*.

[Brachman & Levesque, 2004] Brachman, R. & Levesque, H. *Knowledge Representation and Reasoning*. Morgan Kaufmann, 2004.

[Bridge et al., 2005] Bridge, D.; Göker, M. H.; McGinty, L.; & Smyth, B. Case-Based Recommender Systems. *Knowledge Engineering Review*, vol.20(3), 315-320, 2005.

[Bruner, 1966] Bruner, J. *Toward a Theory of Instruction*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 1966.

[Brusilovsky, 1994] Brusilovsky, P. The construction and application of student models in intelligent tutoring systems. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 32(1), 70-89, 1994.

[Brusilovsky, 1996] Brusilovsky, P. Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2-3), 87-129, 1996.

[Bull et al., 2012] Bull, S., Wasson, B., Johnson, M.D., Petters, D. & Hansen, C. Helping Teachers Effectively Support Group Learning. In J. Kim & R. Kumar (eds). *Proceedings of Workshop on Intelligent Support for Learning in Groups, ITS'12*. 2012.

[Burke, 1999] Burke, R. The Wasabi Personal Shopper: A Case-Based Recommender System. In *Proceedings of the 11th National Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence*, pages 844-849, AAAI, 1999.

[Castillo et al., 1998] Castillo, E., Gutiérrez, J.M., y Hadi, A.S. *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*, Ed. Academia Española de Ingeniería, 1998

[Cataldi et al., 2006] Cataldi, Z., Salgueiro, F. & Lage, F. J. Sistemas tutoriales multiagentes con modelado del estudiante y del autor. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. Núm. 20/ Enero 2006.

<http://www.uib.es/depart/gte/gte/edutec-e/revelec20/zulma20.htm>

[Collinot et al., 1996] Collinot, A., Drogoul, A. & Benhamou, P. Agent oriented design of soccer robot team. *ICMAS-96. Kyoto*. 41-47, 1996.

[D'Andrea & Farrenkopf, 2000] D'Andrea, F. M., &Farrenkopf, C. Introduction: Paths to literacy. In F. M. D'Andrea & C. Farrenkopf (Eds.), *Looking to learn: Promoting literacy for students with low vision*, pp. 1–9. New York: American Foundation for the Blind. 2000.

[del Abril et al., 2001] del Abril, A., Ambrosio, E., de Blas, M.R., Caminero, A.A., García, C., de Pablo, J.M., &Sandoval, E. *Fundamentos biológicos de la conducta* (2a edición) Vol. II. Madrid. Editorial Sanz y Torres. 2001.

[Erin & Topor, 2010] Erin, J.N., &Topor, I. Instruction in Visual Techniques for Students with Low Vision, Including Those with Multiple Disabilities. In A.L. Corn & J.N Erin (Eds.), *Foundations of Low Vision: Clinical and Functional Perspectives*, 2nd Edition, pp. 398-441. New York. AFB Press. 2010.

[Eye can Learn, 2015] Eye can Learn. At: <http://www.eyecanlearn.com>

[Felfernig & Burke, 2008] Felfernig, A. & Burke, R. Constraint-based recommender systems: technologies and research issues. *Proceedings of the 10th international conference on Electronic commerce (ICEC '08) (Innsbruck, Austria)*, ACM, 2008, pp. 1-10.

[Felfernig et al., 2006] Felfernig, A., Friedrich, G., Jannach, D. & Zanker, M. An Integrated Environment for the Development of Knowledge-based Recommender Applications, *International Journal of Electronic Commerce (IJEC)*, 11(2):11-34, 2006

[Fernández-Manjón et al.,2009] Fernández-Manjón, B., Sierra J.L., Martínez I. & Moreno, P. *Estandarización y diseño educativo*. Serie Informes 20. Instituto de Tecnologías Educativas. Ministerio de Educación, 2009.

[Ferrell, 2010] Ferrell, K.A. Visual Development in normal and low vision children. In *Foundations of Low Vision: Clinical and Functional Perspectives*, 2nd Edition, pp. 299-338. Corn, A.L. Y Erin, J.N. Editors. New York. AFB Press. 2010.

[Friedrich, 2004] G. Friedrich. Elimination of Spurious Explanations. In eds. G. Mueller & K. Lin, *16th European Conference on AI (ECAI 2004)*, pp. 813-817, Valencia, Spain, 2004.

[Gašević et al., 2015] Gašević, D., Dawson, S. & Siemens, G. Let's not forget: Learning analytics are about learning. *TechTrends 59 (1)*: 64–71, 2015.

[doi:10.1007/s11528-014-0822-x](https://doi.org/10.1007/s11528-014-0822-x). Available from:

http://www.sfu.ca/%7Edgasevic/papers_shared/techtrends2015.pdf

[Gaudioso 2002] Gaudioso, E. *Contribuciones al Modelado del Usuario en Entornos Adaptativos de Aprendizaje y Colaboración a través de Internet mediante técnicas de Aprendizaje Automático*. Tesis doctoral, UNED, 2002.

[Gaudioso et al., 2009] Gaudioso, E., Montero, M., Talavera, L. & Hernández-del-Olmo, F. Supporting teachers in collaborative student modeling: A framework and an implementation, *Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 2, Part 1*, March 2009, Pages 2260-2265.

[Giraldo, 2007] Giraldo, J.C. *Ampliación de la Metodología SEMLI para apoyar el desarrollo de productos JuEGAS (Juegos Educativos Gestionados con Agentes Software)*. Tesis de Maestría, Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniera de Sistemas y Computación. Cali, 15 de Febrero de 2007.

[Goldberg et al., 1992] Goldberg D., Nichols D., Oki B. M. & Terry D. Using collaborative filtering to weave an information Tapestry. *Communications of the ACM Vol. 35 No. 12*, 61-70, Dec 1992.

[Gómez & Carro, 2014] Gómez, L. & Carro M.R. Adaptive Training of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder through Multi-touch Surfaces. *IEEE 14th*

International Conference on Advanced Learning Technologies DOI 10.1109/ICALT.2014.164 561-563, 2014.

[Hammarlund, 1994] Hammarlund, J. *Computer play for visually impaired pre-school children: A report from experimental work at TRC*. Solna: Tomtebodas Resource Centre. 1994.

[Hernández-del-Olmo & Gaudioso, 2008] Hernández-del-Olmo, F. & Gaudioso, E. Evaluation of recommender systems: A new approach. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 790-804, 2008.

[Hernández-del-Olmo et al., 2005] Hernández-del-Olmo, F., Gaudioso, E. & Boticario, J.G. Evaluating the intrusion cost of recommending in recommender systems. In *User Modeling 2005*, 342-346.

[Hernández-del-Olmo et al., 2009] Hernández-del-Olmo, F., Gaudioso, E. & Martín, E.H. The task of guiding in adaptive recommender systems. *Expert Systems with Applications* 36 (2), 1972-1977, 2009.

[Hurtado, 2007] Hurtado, D. *Metodología para el desarrollo de sistemas basados en objetos de aprendizaje MethSysOL*. Tesis de Maestría Ingeniería de Sistemas y Computación. División de Ingenierías. Universidad del Norte. Barranquilla 2007.

[Jannach et al., 2010] Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A. & Friedrich, G. *Recommender systems: an introduction*. Cambridge University Press, 2010.

[Jaritz et al., 1994] Jaritz, G.; Hyvaerinen, L.; & Schaden, H. Lilly & Gogo. Multimodally Stimulating Materials. In A.C. Kooijman et al. (eds.) *Low Vision. Research and new developments in rehabilitation*, pp. 327-330. Amsterdam: IOS Press. 1994.

[Junker, 2004] Junker, U. QUICKXPLAIN: preferred explanations and relaxations for over-constrained problems. In *Proceedings of AAAI'2004*, San Jose, pp. 167-172, 2004.

[Langley, 1999] Langley, P. User modeling in adaptive interfaces. In: *Proceedings of the seventh international conference on User modeling*, Springer-Verlag, pp. 357-370, 1999.

[Linden et al., 2003] Linden, G., Smith B. & York, J. Amazon.com Recommendations: Item-to-Item Collaborative Filtering. *IEEE Internet Computing*, 07(1), 76-80. 2003

[Luck et al., 1997] Luck, M., Griffiths, N. & D'Inverno, M. From agent theory to agent construction: A case of study. *Intelligent Agents III. LNAI vol 1193*. Págs. 49-64. Springer, 1997.

[Mamer, 1999] Mamer, L. Visual development in students with visual and additional impairments. *Journal of Visual impairments & Blindness*, 93, 260-369. 1999.

[Matas, 2007] Matas, Y. Plataforma Web para la Estimulación Visual de personas con Baja Visión. *Proyecto fin de carrera. E.T.S.I. Informática, UNED*. 2007

[Mira et al., 1995] Mira, J., Delgado, A.E., Boticario, J.G. & Díez, F.J. *Aspectos básicos de la Inteligencia Artificial*. Sanz y Torres, 1995.

[Newell, 1981] Newell, A. The knowledge level, *AI Magazine*, 2 (Summer 1981), 1-20.

[Odell et al., 2001] Odell, M., Parunak, H. & Bauer, B. Representing agent interaction protocols in UML. *AOSE 2000: LNCS, vol.1957* Págs. 121-140. Springer, 2001.

[Oneto et al., 2009] Oneto L., Herder E., Abel F. & Smits D. Making today's Learning Management Systems adaptive In: *Learning in the Synergy of Multiple Disciplines, Proceedings of the EC-TEL 2009, Vol. 5794 Berlin/Heidelberg: Springer* (October 2009).

[Orbegozo & Beroitz, 2007] Orbegozo, A. & Beroitz, I. Integración de metodología y estándares para la creación de cursos eLearning. Manuel Benito, Jesús Romo, Javier Portillo (Eds.): *Post-Proceedings del IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, SPDECE 2007*, Bilbao, Spain, September 19-21, 2007.

[Paquette, 2004] Paquette, G. Educational modeling languages, from an instructional engineering perspective. In McGreal, R. (ed.), *Online education using learning objects* (pp 331–246). Londres: Routledge/Falmer, 2004.

[Pazzani & Billsus, 2007] Pazzani, M. J. & Billsus, D. Content-based Recommendation Systems. In *The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization* (Springer, LNCS #4321), February 1, 2007.

[Pazzani et al., 1996] Pazzani, M., Muramatsu, J. & Billsus, D. Syskill & webert: Identifying interesting web sites. In *Proceeding AAAI'96 Proceedings of the thirteenth national conference on Artificial intelligence - Vol. 1*, 54-61, 1996.

[Peirce et al., 2008] Peirce, N., Conlan, O., Wade, V. Adaptive Educational Games: Providing Non-invasive Personalised Learning Experiences. In *Proceedings of the Second IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent Toys Based Education, 2008* 28-35, 2008

[Poggel et al., 2010] Poggel, D.A., Mueller, I., Kasten, E., Bunzenthal, U., & Sabel, B.A. Subjective and objective outcome measures of computer-based vision restoration training. *NeuroRehabilitation*, 27(2), 173-87, 2010.

[Pressman, 2002] Pressman., R. S. *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid 2002.

[Rodríguez et al., 2001] Rodríguez, J., Vicente, M.J., Santos. C.M., & Lillo J. EVO: Computer-assisted visual training for people with visual impairment. *Revista Integración*, 36, 5-16, 2001.

[Rodríguez et al., 2003] Rodríguez, J., Vicente, M.J., Santos. C.M., & Lillo J. (2003). *Proyecto de investigación EVO : Entrenamiento Visual por Ordenador*. [Software]. Madrid. ONCE. Available from [http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/comun/Programa%20Estimulacion%20Visual%20\(EVO\).zip](http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/comun/Programa%20Estimulacion%20Visual%20(EVO).zip)

[Rubio et al., 2014] Rubio, G., Navarro, E. & Montero, F. APADYT: a multimedia application for SEN learners. *Multimedia Tools and applications*. Agosto 2014, *Volumne 71, Issue 3*, pp 1171-1802.

[Santos et al., 2013] Santos C.M., Rodríguez E., Monge, M.I., & Herrero, I. Ámbitos específicos de intervención en los alumnos con discapacidad visual. En C.M. Santos (Ed.), *La discapacidad visual. Implicaciones en el desarrollo. El reto de la inclusión educativa*, pp. 143-199. Madrid. Sanz y Torres, S.L. 2013.

[Santos et al., 2007] Santos, O.C.; Boticario, J.G.; del Campo, E. & Saneiro, M. IMS-LD as a workflow to provide personalized support for disabled students in Higher Education institutions. *User Modelling 2007: Supplementary Proceedings: Towards User Modelling and Adaptive Systems for All, UM' 2007 Supplementary Proceedings: Towards user modelling and adaptive systems for all, Corfu, Greece*, p.41-49 (2007).

[Saz et al., 2006] Saz, R., Capell, C. & Clavería, M. A. *EFIVIS. Actividades y juegos para la estimulación de la Eficiencia Visual y perceptiva*. Madrid: ONCE. 2006.

[Schafer et al., 1999] Schafer, J., Konstan, J. & Riedl, J. Recommender Systems in E-Commerce. In *EC '99: Proceedings of the 1st ACM conference on Electronic commerce*, 158-166.

[Self, 1995] Self, J. Formal approaches to student modelling. In McCalla, Greer, J., (eds), *Student Modelling: the key to individualized knowledge-based instruction*, pp. 295-352, 1995.

[SEN Switcher, 2015] SEN Switcher Accessible software for students with profound and multiple learning difficulties. At:

<http://www.northerngrid.org/content/senswitcher/index.htm>

[Shonkoff & Phillips, 2000] Shonkoff, J. B., & Phillips, D. A. (Eds.). *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development*. Washington, DC: National Academy Press. 2000.

[Tintarev, 2007] Tintarev, N. Explanations of recommendations. *Proceedings of the 2007 ACM conference on Recommender systems*, ACM, 2007, pp. 203-206.

[Tintarev & Masthoff, 2007] Tintarev, N. & Masthoff, J. Effective explanations of recommendations: user-centered design. *Proceedings of the 2007 ACM conference on Recommender systems*, ACM, 2007, pp.153-156.

[To et al., 2011] To, L., Thompson, B., Blum, J.R., Maehara, G., Hess, R.F., & Cooperstock, J.R. . A game platform for treatment of amblyopia. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 19(3), 280–9, 2011.

[Webb et al., 2001] Webb, G., Pazzani, M. J. & Billsus, D. *Machine learning for user modeling. User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 19-29, 2001.

[Wenger, 1987] Wenger, E. *Artificial Intelligence and tutoring systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos C.A. Morgan and Kaufman, 1987.

[Wooldridge, 1999] Wooldridge, M. Verifying that agents implement a communication language. *Proceedings 16th National Conference on AI (AAI 99)*. Págs.52-57, 1999.

ANEXO I: MANUAL DE EVIN

Esta es la versión íntegra del manual de usuario de EVIN que también puede descargarse en formato PDF desde la página de inicio de la plataforma (<http://siea.ia.uned.es/>).

1. Introducción.

1.1. La aplicación.

La plataforma web para la Estimulación Visual EVIN (acrónimo de Estimulación Visual en Internet), es un proyecto cuyo objetivo es proporcionar las siguientes funcionalidades:

- Poner a disposición de los usuarios un *conjunto de juegos* o ejercicios de entrenamiento, que permitan estimular el desarrollo perceptivo-visual en aquellas personas que presentan dificultades para la recepción y/o procesamiento de los estímulos visuales de su entorno.
- Los juegos proporcionados ejercitan tareas visuales diferentes y se pueden configurar mediante *parámetros*, los cuales permiten adaptar sus características estimulares (tamaños, complejidad, tiempo de presentación, número de estímulos...) a cada caso concreto.
- Cuando un alumno se entrena con un juego, se muestran los *resultados del ejercicio en tiempo real*. Los profesionales obtienen así una realimentación de los progresos logrados por el alumno en la realización de un determinado ejercicio.
- Posibilita la anotación de los resultados obtenidos en una base de datos, de forma que se facilite:
 - El *seguimiento individual* de un alumno, permitiendo ver los progresos del mismo con las distintas configuraciones de los diferentes juegos.
 - El *seguimiento global* de los alumnos, mediante información estadística que permita valorar la eficacia de un determinado juego en la superación de las dificultades perceptivas visuales de los alumnos

En el resto del manual, se explica el funcionamiento de la plataforma.

El símbolo  significa información importante.

El símbolo  significa advertencia.

1.2. Inicio rápido.

1.2.1. Entrar en la aplicación.

 La plataforma EVIN está disponible en la dirección <http://evint.org/>. Ha sido desarrollada y probada en los navegadores Internet Explorer, Firefox, Safari y Chrome.

La interfaz mostrada al pinchar en su dirección es la siguiente:



Como puede apreciarse en la imagen, existen seis secciones principales en el menú de navegación superior:

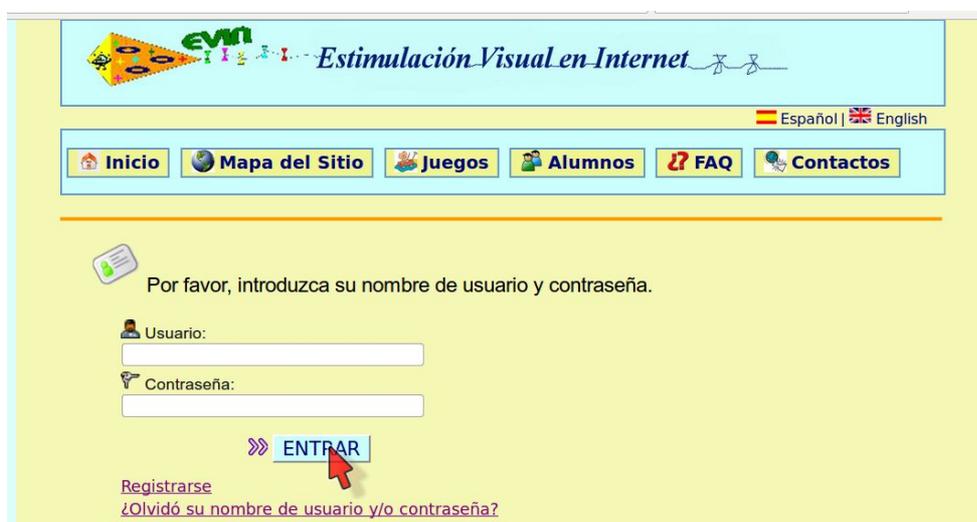
- *Inicio*: Describe brevemente el contenido y los objetivos del proyecto.
- *Mapa del Sitio*.
- *Juegos*: Permite utilizar los juegos del sitio y obtener una evaluación global de los resultados de los alumnos. Hace falta estar registrado para entrar en esta sección.
- *Alumnos*: Permite realizar un seguimiento de los alumnos que cada profesional tenga asignados. Así mismo, una persona puede trabajar con cualquier alumno no asignado, siempre que tenga el nombre de usuario de

dicho alumno. Este sería el caso, por ejemplo, de los padres del alumno o de otro profesional que no sea su profesor habitual. Hace falta estar registrado para entrar en esta sección.

- *FAQ*: Sección de preguntas más frecuentes. Intenta resolver las dudas más habituales de los usuarios en el manejo del programa.
- *Contactos*: Este es el lugar donde se puede realizar sugerencias, expresar opiniones y consultar dudas.

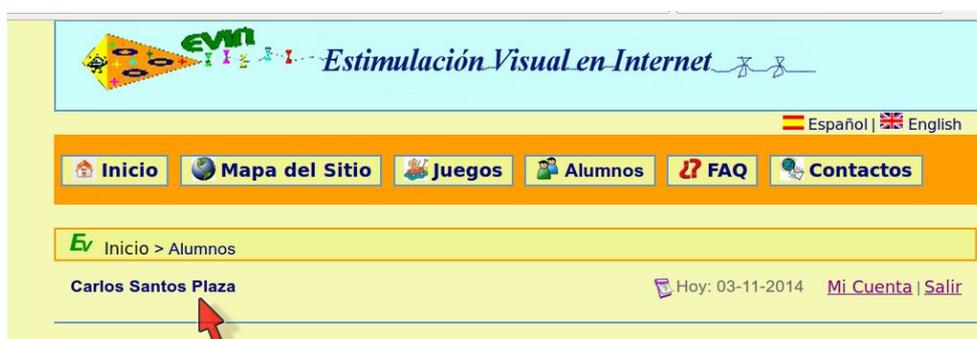
Por último, existe otra sección, al pie de la página, denominada *Accesibilidad*, que incluye las características de accesibilidad de la aplicación.

Cuando se pulsa sobre la sección *Juegos* o *Alumnos* aparece la siguiente ventana de registro:



The screenshot shows the login interface of the 'Estimulación Visual en Internet' website. At the top, there is a header with the logo and the text 'Estimulación Visual en Internet'. Below the header, there are navigation buttons for 'Inicio', 'Mapa del Sitio', 'Juegos', 'Alumnos', 'FAQ', and 'Contactos'. The main content area contains a login form with the text 'Por favor, introduzca su nombre de usuario y contraseña.' followed by two input fields: 'Usuario:' and 'Contraseña:'. Below the fields is a blue button labeled 'ENTRAR' with a red arrow pointing to it. There are also links for 'Registrarse' and '¿Olvidó su nombre de usuario y/o contraseña?'.

Tras introducir su nombre de usuario y contraseña y pulsar *ENTRAR*, se podrá ver en la parte superior de la página solicitada, la siguiente información:



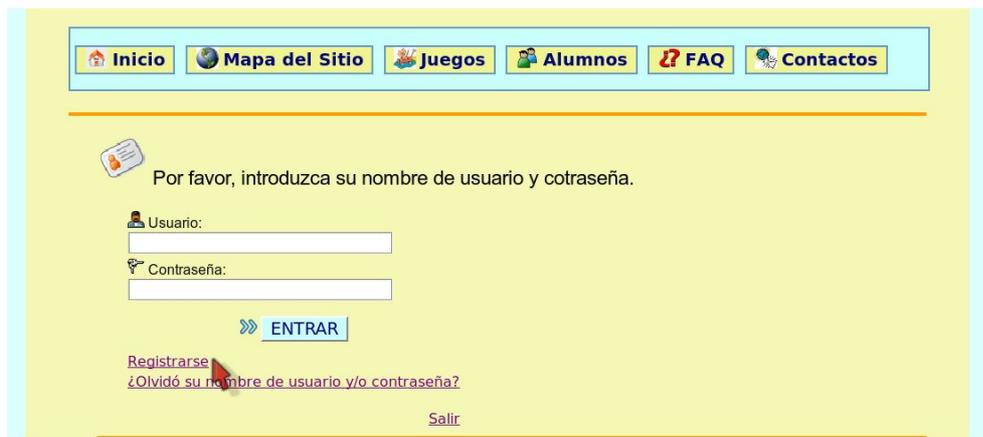
The screenshot shows the user profile area after login. The header is the same as in the previous screenshot. Below the navigation buttons, there is a breadcrumb trail 'Inicio > Alumnos'. The user's name 'Carlos Santos Plaza' is displayed, with a red arrow pointing to it. To the right, there is a clock icon and the text 'Hoy: 03-11-2014' followed by links for 'Mi Cuenta' and 'Salir'.

- Nombre y apellidos del usuario.

- Fecha actual.
- Enlace *Mi cuenta* para actualizar los datos personales
- Enlace *Salir* para finalizar la sesión actual.

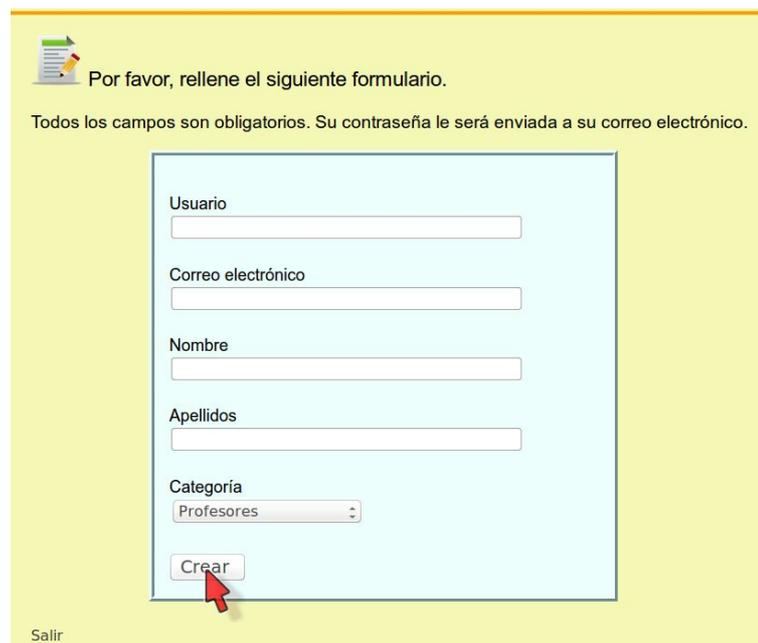
1.2.2. Registrarse.

Los usuarios nuevos pueden registrarse desde la ventana de entrada al sistema:



The screenshot shows a navigation bar with links: Inicio, Mapa del Sitio, Juegos, Alumnos, FAQ, and Contactos. Below the navigation bar, there is a login form with fields for 'Usuario:' and 'Contraseña:', and an 'ENTRAR' button. A red arrow points to the 'Registrarse' link, which is followed by the text '¿Olvidó su nombre de usuario y/o contraseña?'. A 'Salir' link is located at the bottom right of the page.

Tras pinchar el enlace *Registrarse* se podrá ver el siguiente formulario para introducir los datos personales:



The screenshot shows a registration form with the following fields: 'Usuario', 'Correo electrónico', 'Nombre', 'Apellidos', and 'Categoría' (a dropdown menu with 'Profesores' selected). There is a 'Crear' button at the bottom of the form, which is highlighted by a red arrow. A 'Salir' link is located at the bottom left of the page.

La contraseña será asignada de forma automática y enviada a su dirección de

correo electrónico.

El campo *Categoría* tiene tres posibles opciones:

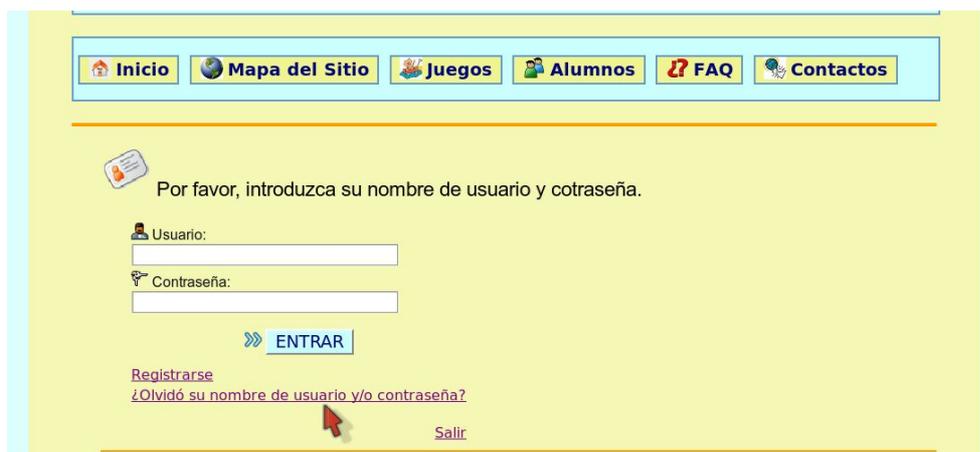
- *Profesores*: maestros, profesores...
- *Técnicos*: técnicos en rehabilitación, ópticos, psicólogos, pedagogos, psicopedagogos...
- *Familiares del alumno*: padres, hermanos....

Cuando rellene el formulario, pulse el botón *Crear*. Inmediatamente, recibirá un correo electrónico con sus datos de usuario y algunas indicaciones generales para el uso de la aplicación.

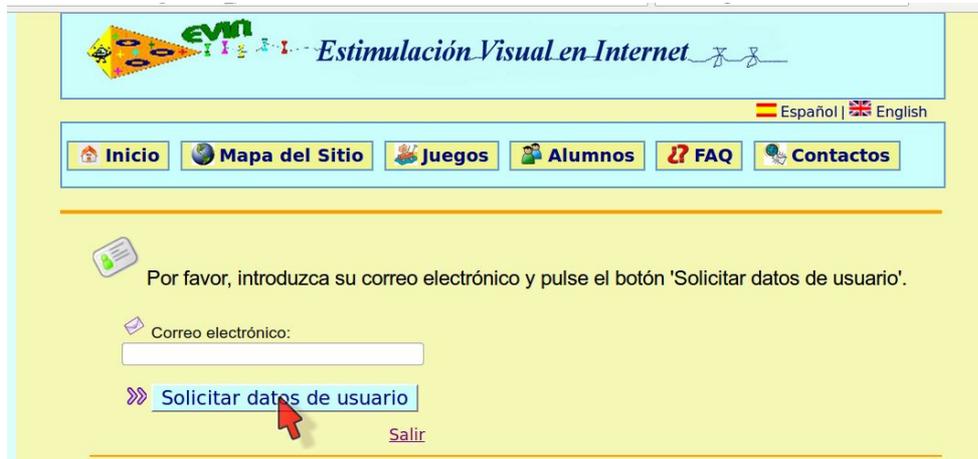
Una vez que esté registrado, podrá cambiar su contraseña o cualquier otro dato. Ver apartado *1.2.4 Modificar datos personales*.

1.2.3. Recuperar datos de usuario.

Si no recuerda su nombre de usuario y/o contraseña, podrá recuperar estos datos desde la ventana de registro:



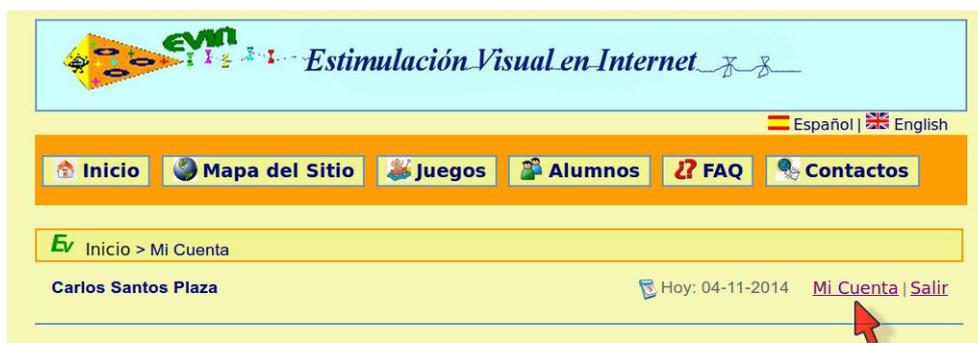
Tras pinchar el enlace *¿Olvidó su nombre de usuario y/o contraseña?* verá la siguiente pantalla:



Introduzca su correo electrónico (la misma dirección que proporcionó al registrarse) y pulse el botón *Solicitar datos de usuario*. Recibirá, de forma inmediata, un correo en el que se le indicará su nombre de usuario y su nueva contraseña.

1.2.4. Modificar datos personales.

Una vez iniciada su sesión podrá ver, en la esquina superior derecha de todas las páginas, un enlace con el texto *Mi cuenta*.



Pulsando este enlace accederá a un formulario con sus datos personales:

Mi Cuenta

Si lo desea, puede modificar los datos de su cuenta:

Nombre de usuario
carlos

Nueva contraseña

Repita la nueva contraseña

Correo electrónico
carlosantos@telefonica.net

Nombre
Carlos Manuel

Apellidos
Santos Plaza

Categoría
Técnicos

Modifique los datos que desee y pulse el botón *Guardar cambios*. Si la operación se ha realizado con éxito, verá un mensaje informativo en la parte superior de la página *Alumnos*.

EVI Estimulación Visual en Internet Español | English

[Inicio](#) [Mapa del Sitio](#) [Juegos](#) [Alumnos](#) [FAQ](#) [Contactos](#)

Inicio > Alumnos

Carlos Santos Plaza Hoy: 05-11-2014 [Mi Cuenta](#) | [Salir](#)

Alumnos

Los datos de su cuenta se han actualizado correctamente.

No tiene ningún alumno asignado.

i Por razones de seguridad, si modifica su dirección de correo electrónico le será asignada una nueva contraseña y enviada a su nueva dirección.

1.2.5. Salir de la sesión actual.

Para salir de la sesión actual pulse el enlace *Salir* situado en la parte superior, a la derecha de la fecha actual (ver la imagen mostrada más arriba).

1.2.6. Acceder a la lista de juegos. Contenido.

Una vez dentro de su sesión, pulse sobre el enlace *Juegos* del menú de navegación o sobre el que existe al pie de la página. A continuación, podrá ver la lista de juegos existentes:



The screenshot shows a web page with a yellow header. At the top left, it says 'Inicio > Juegos'. In the center, the user's name 'Carlos Manuel Santos Plaza' is displayed, along with the date 'Hoy: 15-12-2011' and links for 'Mi Cuenta' and 'Salir'. Below the header, there is a 'Juegos' section with a 'Seleccionar alumno' button and a 'Ver Guía Didáctica' link. Two game cards are visible: 'Exploraciones' and 'Puzzle'. Each card has a thumbnail image, a title, a description, and three links: 'Jugar', 'Evaluación global', and 'Ayuda'.

En cada juego de la lista existen los siguientes elementos, de izquierda a derecha:

- *Imagen del juego.* Es un enlace que permite acceder a la descripción detallada del mismo.
- *Nombre del juego.* Enlace textual con la misma funcionalidad que el anterior.
- *Descripción del juego.* Está situada debajo del nombre del juego.
- *Columna con tres enlaces.* De arriba a abajo son:
 - *Jugar:* Accede al formulario para configurar los parámetros del juego.
 - *Evaluación global:* Accede al formulario para seleccionar el conjunto de alumnos con el que se quiera valorar la eficacia del juego (a través de los resultados obtenidos por dichos alumnos).
 - *Ayuda:* Despliega una ventana con la ayuda del juego.

1.2.7. Acceder al listado de alumnos. Iniciar sesión con un alumno.

Una vez dentro de su sesión, pulse sobre el enlace *Alumnos* del menú de navegación o sobre el que existe al pie de la página. A continuación, podrá ver la siguiente pantalla:



Cada alumno de la lista tiene los siguientes enlaces, de izquierda a derecha:

- El *nombre de usuario* del alumno. Es un enlace que permite ver su información (datos clínicos, juegos con los que se ha entrenado...).
- *Jugar*. Accede a la lista de juegos.
- *Editar*. Permite actualizar la información del alumno.

Iniciar sesión con un alumno.

Iniciar sesión con un alumno tiene la finalidad de anotar, en la base de datos, los resultados obtenidos en los ejercicios con los que se entrene.

Hay varias formas de hacer esto:

- Pinchando sobre cualquiera de los enlaces asociados a cada alumno de la lista de la página *Alumnos*.
- Desde el enlace *Seleccionar alumno* situado en la parte superior de la página de configuración de cualquiera de los juegos. Este enlace accede a la página *Alumnos*.



- Desde la página *Juegos*, al pulsar el enlace *Jugar* de cualquier juego, se accede a una página con la lista de alumnos disponibles.



Al **i** final del listado de alumnos, el enlace *Jugar sin alumno* permite probar los juegos en modo demo.

Una vez seleccionado un alumno, su información de sesión podrá verse junto a los datos del profesor, como muestra la siguiente imagen:



La información mostrada es la siguiente:

- Un icono de usuario seguido del texto *Alumno*.

- Un enlace con el nombre de usuario del alumno. Este enlace permite ver los datos del alumno y los resultados obtenidos en juegos anteriores.
- Un icono de cierre seguido del texto *Cerrar sesión*. Tanto el icono como el texto son enlaces que permiten cerrar la sesión con el alumno actual. Estos enlaces conducen a la página con el listado de *Alumnos*.

2. Uso de los juegos.

2.1. Obtener información sobre cada juego.

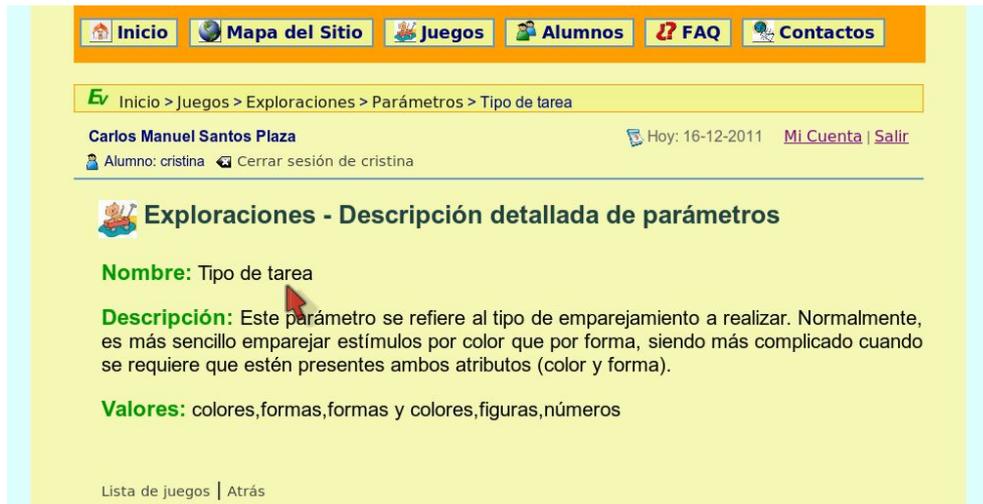
Dentro de la lista de juegos, al pulsar sobre la imagen de uno de ellos o sobre su nombre, se obtendrá una descripción detallada del mismo. Un ejemplo puede verse en la siguiente imagen:



La imagen muestra el puntero del ratón apuntando al enlace *Ver parámetros*. A través de dicho enlace, se accederá a la lista de parámetros con los que se configura el juego:

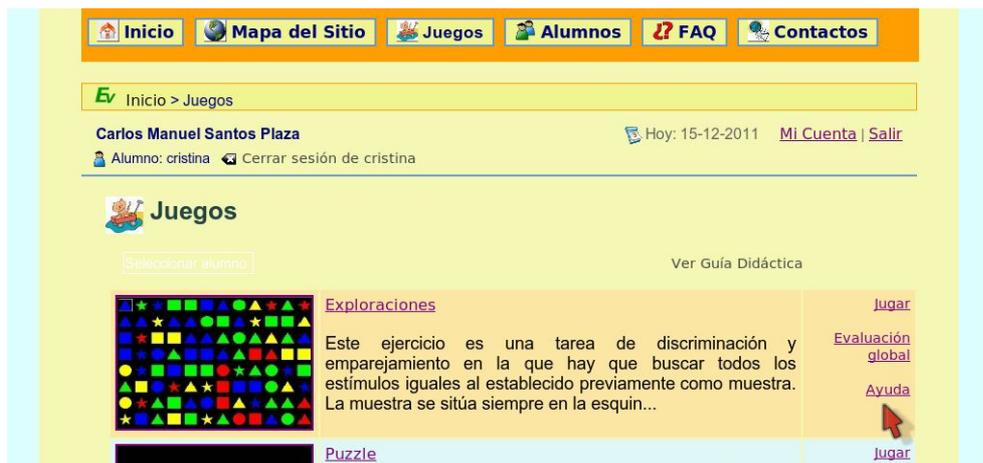


El nombre de cada parámetro de la lista es un enlace que lleva a una página con información más concreta sobre el mismo. Siguiendo el enlace al que apunta el puntero del ratón en la pantalla anterior, se podrá ver lo siguiente:

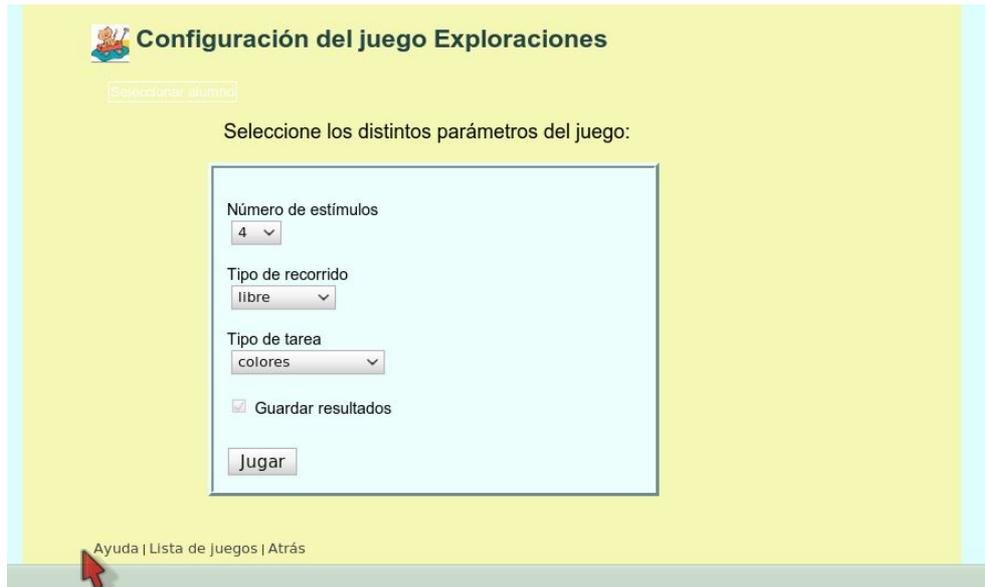


Además de lo anterior, también se puede obtener ayuda sobre cada juego de tres formas diferentes:

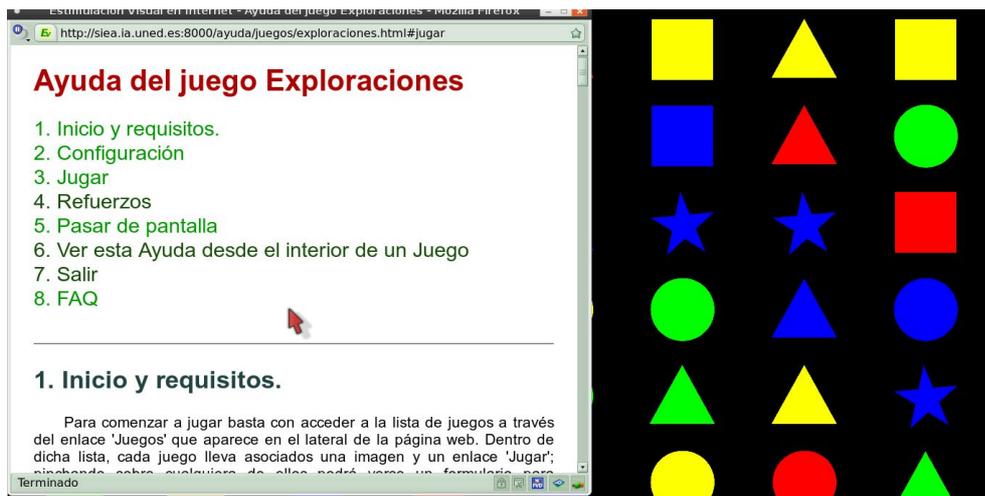
- Pinchando en el enlace *Ayuda* de la lista de juegos:



- Pinchando en el enlace *Ayuda* del formulario de configuración de cada juego



- Pulsando las teclas Ctrl + 'A' o a través del menú desplegable desde el interior de cualquiera de los juegos.



Por otra parte, en la guía didáctica disponible en la parte superior de la lista de juegos, se aporta información sobre los objetivos y sugerencias del procedimiento a seguir con cada juego.

2.2. Configurar un juego.

Para configurar los parámetros de un juego, primero hay que acceder al formulario que permite realizar esta tarea. Para ello, basta con pinchar sobre el enlace *Jugar* correspondiente al juego que se desee utilizar:



Si no hay ningún alumno con una sesión iniciada, se ofrecerá la posibilidad de seleccionar uno. Tras este paso, se visualizará el siguiente formulario:

Seleccione los distintos parámetros del juego:

Número de estímulos
4

Tipo de recorrido
libre

Tipo de tarea
colores

Refuerzo acústico

Refuerzo visual

Guardar resultados

Jugar

Los formularios de configuración constan de los siguientes elementos de arriba a

abajo:

- Un conjunto de listas de selección y/o casillas de verificación con los distintos valores de los parámetros. Al pasar por cada uno de estos elementos con el puntero del ratón, se despliega un mensaje con información útil sobre el parámetro correspondiente.
- Una casilla de verificación con el texto *Refuerzo acústico* para activar/desactivar el sonido del juego.
- Una casilla de verificación con el texto *Refuerzo visual* para activar/desactivar los refuerzos visuales.
- Una casilla de verificación, activada por defecto, que ofrece la posibilidad de guardar los resultados del juego en la base de datos.
- Un botón con el texto *Jugar*. Una vez que se han configurado todas las opciones anteriores, se pulsará este botón. En este momento, pueden ocurrir dos cosas:
 - Si hay algún alumno con una sesión iniciada, se abrirá la ventana del juego.
 - En caso contrario, se abrirá una pequeña ventana de advertencia con información sobre el número de demos disponibles. Cuando se juega en modo demo, no se anotan los resultados en la base de datos.

 Ejecutar un juego sin anotar los resultados en la base de datos puede ser útil, por ejemplo, cuando se quiere probar el funcionamiento del juego, con o sin alumno.

Es necesario tener JavaScript activado para poder jugar. Si la aplicación detecta que el usuario lo tiene desactivado, le informará de ello como se muestra a continuación:



i Se puede obtener información adicional del modo descrito en la sección anterior *2.1 Obtener información sobre cada juego* y en la sección *FAQ* de la aplicación.

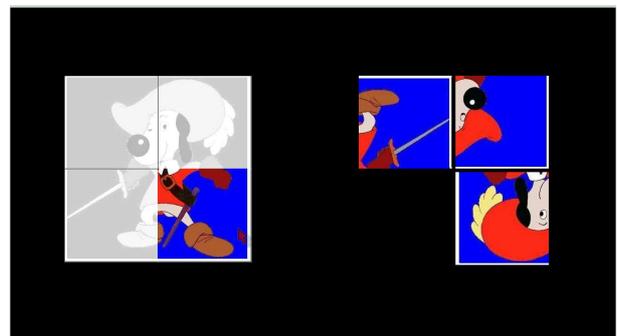
2.3. Dentro de un juego.

2.3.1. Tablero del juego.

Para visualizar correctamente el tablero del juego, es necesario que la ventana que lo contiene se abra en modo *pantalla completa*. En caso contrario, algunos elementos del mismo podrían no verse adecuadamente. Se recomienda consultar la sección *1. Inicio y requisitos* de la *Ayuda* de los juegos.

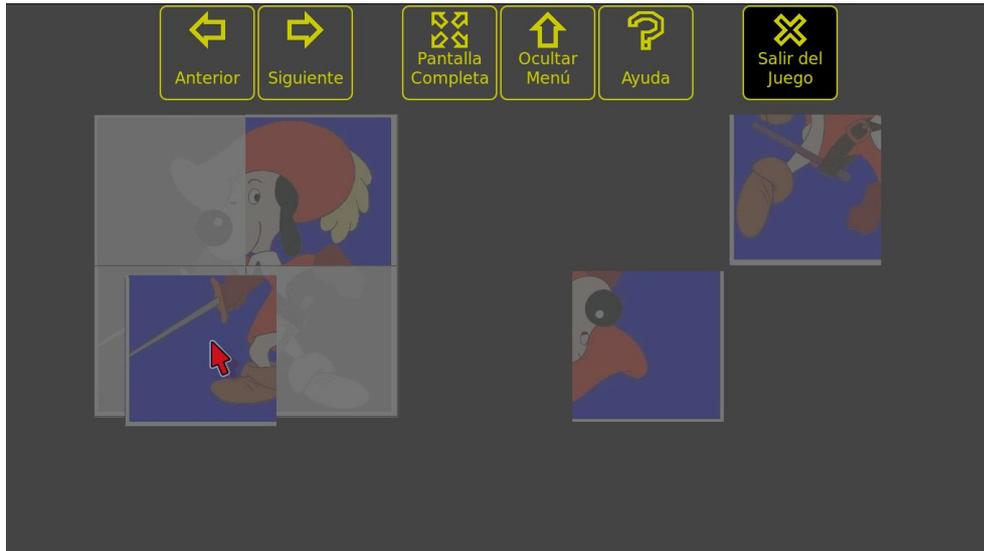
Algunos ejemplos de tableros de los juegos contenidos en la aplicación son:

9	1	4	2	8	3	5	2
9	6	1	0	1	4	8	7
7	6	0	2	2	4	4	3
6	9	7	8	1	6	2	4
9	2	2	1	6	9	7	5
4	7	1	3	5	3	6	6



2.3.2. Menú desplegable.

Desde el interior de cada juego se puede acceder a un menú desplegable. Su alto grado de transparencia permite seguir visualizando la pantalla del juego mientras está desplegado. Este menú, mostrado en la siguiente imagen, contiene las siguientes opciones:



- **Anterior/Siguiente:** Ver la descripción de esta función en el apartado 2.3.3 *Pasar de pantalla*
- **Pantalla completa:** Permite visualizar los juegos en modo de pantalla completa. Esta opción no está disponible en los navegadores que no disponen de esta funcionalidad.
- **Ocultar menú:** Hace desaparecer el menú desplegable.
- **Ayuda:** Muestra la ayuda del juego. Ver apartado 2.3.4. *Obtener ayuda.*
- **Salir del juego:** Ver las características de esta función en el apartado 2.3.6.

La siguiente tabla muestra las distintas formas de acceder a este menú.

Mostrar	Ocultar
Pulsando la tecla F10	Pulsando la tecla F10
Presionando la rueda central del ratón y moviéndola hacia atrás	Presionando la rueda central del ratón y moviéndola hacia delante
Pantalla táctil: Presionando ligeramente la pantalla y deslizándose en sentido vertical, desde arriba hacia abajo.	Pantalla táctil: Presionando ligeramente la pantalla y deslizándose en sentido vertical, desde abajo hacia arriba.
-----	Mediante la opción <i>Ocultar menú</i> del propio menú desplegable .

2.3.3. Pasar de pantalla.

Cuando se completa un juego, se visualiza una nueva pantalla de forma automática. Si, por cualquier razón, el profesor no considera conveniente la pantalla actual, es posible pasar de pantalla presionando las teclas Ctrl. + '→' (y Ctrl. + '←' en algunos juegos) o a través del menú desplegable. Para información más específica sobre cada juego consultar la Ayuda.

2.3.4. Obtener ayuda.

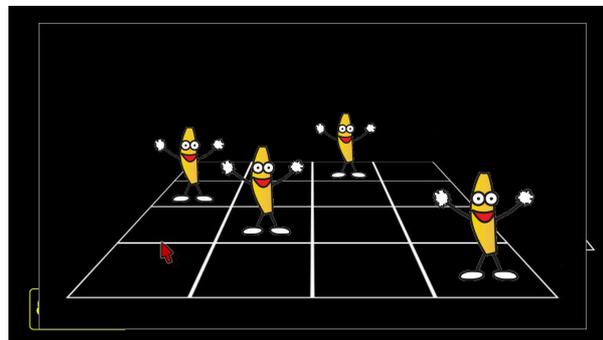
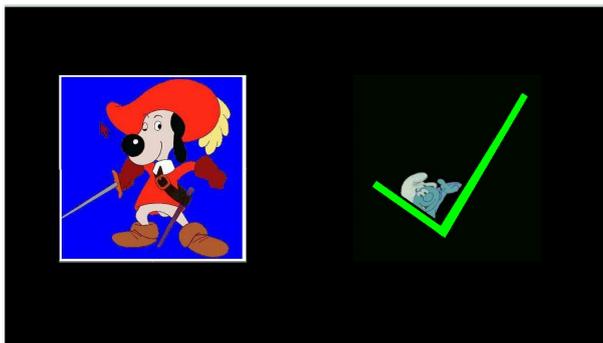
Pulsando las teclas Ctrl + 'A' o a través del menú desplegable se accede a una ventana con la ayuda del juego.

2.3.5. Refuerzos.

Al completar una pantalla aparece un refuerzo, positivo o negativo, dependiendo de los resultados y del propio juego.

Para información más específica sobre cada juego consultar la Ayuda.

En las imágenes siguientes podemos ver algunos ejemplos de refuerzos:



2.3.6. Salir del juego.

Presionando las teclas Ctrl + 'X' o a través del menú desplegable podemos salir del juego.



Para información más específica sobre cómo salir de los juegos en caso de que se produzcan errores, consultar la Ayuda.

2.4. Resultados en tiempo real.

Tras confirmar que se desea salir del juego, se mostrarán los resultados obtenidos. La información que se muestra es la siguiente:

A screenshot of a web application window titled "Estimulación Visual en Internet". The main content area has a yellow background and displays the following information:

Resultados del juego Puzzle

Los resultados del juego Puzzle se anotaron correctamente en la base de datos.

Número de aciertos: 2

Número de fallos: 0

Porcentaje de aciertos: 100.00%

Tiempo empleado: 23 seg.

Cerrar ventana

Como puede apreciarse en la imagen, se informa al usuario de si los resultados se anotaron en la base de datos, del número de aciertos y fallos, del porcentaje de

aciertos y de la duración del juego (tiempo empleado).

2.5. Evaluación global.

Dentro de la lista de juegos, pinchando sobre el enlace *Evaluación global* de uno de ellos se obtendrá una página para poder seleccionar el conjunto de alumnos cuyos resultados queremos evaluar.



Actualmente, se pueden seleccionar tres grupos de alumnos:

- Todos los alumnos.

- Por un intervalo de fechas en el cual realizaron las sesiones.
- Por fecha de nacimiento.

Una vez que se ha seleccionado un grupo de alumnos, hay que pulsar el botón *Ver* del formulario correspondiente. A continuación, se desplegará una nueva ventana con los resultados solicitados



Seguimiento global

Juego: Exploraciones

Alumnos seleccionados: Todos

Estadística de sesiones y configuraciones								
Total sesiones	Total alumnos	Tipo de recorrido	Tipo de tarea	Media de Aciertos	Media de Fallos	Media de Intentos	Tiempo medio empleado	% medio de Aciertos
2	2	horizontal	formas y colores	3.0	0.0	3.0	26 seg.	100.00%
4	3	libre	colores	4.2	1.5	5.8	36 seg.	80.91%
1	1	libre	formas y colores	13.0	5.0	18.0	2 min. 22 seg.	72.22%

De izquierda a derecha, la información que se muestra en la tabla de resultados es la siguiente, para cada configuración del juego con la que ha habido algún entrenamiento:

- Total de sesiones realizadas.
- Total de alumnos distintos que utilizaron esa configuración.
- Valores de los parámetros de configuración del juego.
- Número medio de aciertos.
- Número medio de fallos.
- Número medio de intentos (intentos = aciertos + fallos).
- Tiempo medio empleado en la ejecución de los juegos.
- Porcentaje medio de aciertos.

i Para analizar los resultados sólo se tienen en cuenta aquellos parámetros que son más relevantes a la hora de analizar el grado de resolución de la tarea visual que tienen asociada. Esta separación del conjunto de parámetros en relevantes y no

relevantes tiene por objeto facilitar la evaluación de los progresos obtenidos por los alumnos.

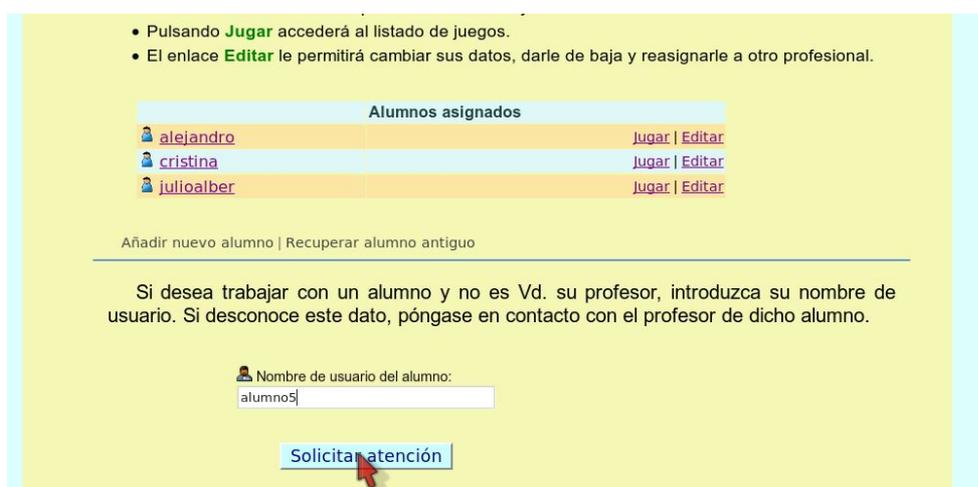
Cada posible configuración del juego establece diferentes niveles dentro del mismo. Para poder evaluar a un alumno en un determinado nivel es preciso que se hayan ejecutado un número razonable de sesiones en dicho nivel. Lógicamente, si el número de niveles es muy elevado se realizarán pocas sesiones en cada uno de los diferentes niveles del juego, por lo que será muy difícil seguir la evolución del alumno.

3. Gestión de alumnos.

3.1. Trabajar con alumnos no asignados.

Puede ocurrir que un alumno vaya a realizar los ejercicios de entrenamiento con dos o más personas (por ejemplo los padres o un profesor de apoyo). En este caso, por razones de coordinación, sólo estará asignado a uno de ellos. El resto de personas también podrán trabajar con este alumno, pero no podrán modificar sus datos personales, ni reasignarle a otro profesor.

La forma de trabajar con un alumno no asignado es muy sencilla; basta con conocer el nombre de usuario del mismo. En la parte inferior de la página principal de alumnos hay una opción para ello como muestra imagen siguiente:



• Pulsando **Jugar** accederá al listado de juegos.
• El enlace **Editar** le permitirá cambiar sus datos, darle de baja y reasignarle a otro profesional.

Alumnos asignados	
 alejandro	Jugar Editar
 cristina	Jugar Editar
 julioalber	Jugar Editar

Añadir nuevo alumno | Recuperar alumno antiguo

Si desea trabajar con un alumno y no es Vd. su profesor, introduzca su nombre de usuario. Si desconoce este dato, póngase en contacto con el profesor de dicho alumno.

 Nombre de usuario del alumno:

[Solicitar atención](#)

Tras introducir el dato solicitado en el formulario y pulsar en el botón *Solicitar atención*, aparecerá el alumno correspondiente en el listado de *alumnos no asignados*, que solo dispone del enlace Jugar.

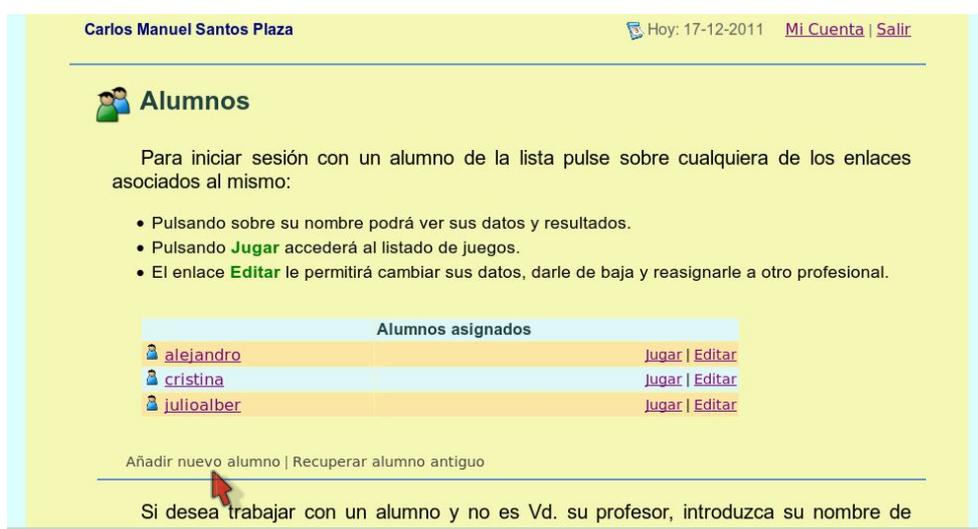


Como puede observarse, ahora hay también un listado de *alumnos no asignados* con el alumno solicitado.

Para iniciar una sesión con los alumnos incluidos dentro del listado de *alumnos no asignados*, se procederá de igual forma que en el caso general.

3.2. Añadir un alumno.

Para añadir un nuevo alumno, solo hay que pinchar en el enlace *Añadir nuevo alumno* que está al final de la lista de alumnos asignados.



Tras pulsar dicho enlace, se accede al formulario para dar de alta a un nuevo

alumno:

Carlos Manuel Santos Plaza Hoy: 17-12-2011 [Mi Cuenta](#) | [Salir](#)

Nuevo Alumno

Por favor, rellene los datos del alumno:

Nombre de usuario

Fecha de nacimiento:
Mes Año

Diagnóstico

Agudeza visual lejos

Campo visual

Observaciones

Tras rellenar el formulario apropiadamente, hay que pulsar el botón *Crear*. Si algún campo es incorrecto, se mostrará una caja en la parte superior de la pantalla informando de todos los campos erróneos y de las causas del error. A continuación, se puede ver un ejemplo de esto:

Carlos Manuel Santos Plaza Hoy: 17-12-2011 [Mi Cuenta](#) | [Salir](#)

Nuevo Alumno

Por favor, rellene los datos del alumno:

Algunos campos no se han rellenado correctamente. Por favor, siga las indicaciones.

Los campos erróneos son los siguientes:

- Usuario -> debe tener algún valor y comenzar con una letra. Sólo puede contener letras, números y/o los caracteres '-' y '_'. No puede contener espacios.

Nombre de usuario

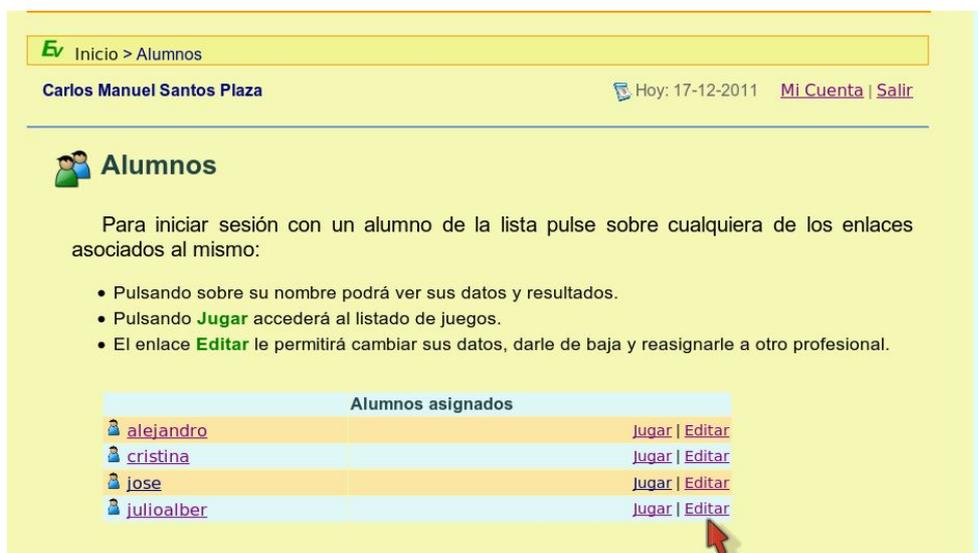
Fecha de nacimiento:
Mes Año

Tras corregir los campos erróneos y pulsar el botón *Crear*, el alumno será dado de alta y se regresará a la página principal de *Alumnos*, donde se podrá ver al nuevo alumno creado y un mensaje informativo de que todo el proceso se realizó correctamente.

El **i** nombre y apellidos de los alumnos no se almacenan en la base de datos. Se ha puesto especial cuidado en preservar la confidencialidad de todos los datos y su anonimato. Esto se debe a que la mayoría de los alumnos serán menores de edad y es preciso respetar las leyes de protección del menor existentes, tanto en España como en aquellos otros países donde esta aplicación pueda ser utilizada.

3.3. Modificar los datos de un alumno.

Para modificar los datos de un alumno solo hay que pinchar en el enlace *Editar* correspondiente al alumno de la lista cuyos datos se desean cambiar:



Ev Inicio > Alumnos

Carlos Manuel Santos Plaza Hoy: 17-12-2011 Mi Cuenta | Salir

Alumnos

Para iniciar sesión con un alumno de la lista pulse sobre cualquiera de los enlaces asociados al mismo:

- Pulsando sobre su nombre podrá ver sus datos y resultados.
- Pulsando **Jugar** accederá al listado de juegos.
- El enlace **Editar** le permitirá cambiar sus datos, darle de baja y reasignarle a otro profesional.

Alumnos asignados	
 alejandro	Jugar Editar
 cristina	Jugar Editar
 jose	Jugar Editar
 julioalber	Jugar Editar

Tras pinchar dicho enlace, se accede al formulario correspondiente:

Carlos Manuel Santos Plaza Hoy: 17-12-2011 Mi Cuenta | Salir
 Alumno: jose Cerrar sesión de jose

Edición de Alumnos

Modifique aquellos datos del alumno que desee:

Nombre de usuario
jose

Fecha de nacimiento:
 Mes: Diciembre Año: 2011

Diagnóstico
 -Sin especificar-

Agudeza visual lejos
 -Sin especificar-

Campo visual
 -Sin especificar-

Tras modificar aquellos datos que se quieren cambiar, se pulsará el botón *Guardar Cambios*. En caso de que algún campo se haya rellenado de forma incorrecta, se procederá igual que se ha explicado en la sección anterior. A continuación, se regresa a la página principal de *Alumnos* con un mensaje informativo del éxito de la operación:

EVMI Estimulación Visual en Internet Español | English

Inicio Mapa del Sitio Juegos Alumnos FAQ Contactos

Inicio > Alumnos

Carlos Santos Plaza Hoy: 06-11-2014 Mi Cuenta | Salir
 Alumno: jose Cerrar sesión de jose

Alumnos

El alumno jose se actualizó correctamente.

Para iniciar sesión con un alumno de la lista pulse sobre cualquiera de los enlaces

3.4. Dar de baja a un alumno.

Un profesor no puede eliminar a un alumno de la base de datos. Sin embargo, es posible dejar de visualizarle en la lista de *alumnos asignados*. Para ello, primero hay que pinchar el enlace *Editar* del alumno que se desea dar de baja:

Inicio > Alumnos

Carlos Manuel Santos Plaza Hoy: 17-12-2011 Mi Cuenta | Salir

Alumnos

Para iniciar sesión con un alumno de la lista pulse sobre cualquiera de los enlaces asociados al mismo:

- Pulsando sobre su nombre podrá ver sus datos y resultados.
- Pulsando **Jugar** accederá al listado de juegos.
- El enlace **Editar** le permitirá cambiar sus datos, darle de baja y reasignarle a otro profesional.

Alumnos asignados	
 alejandro	Jugar Editar
 cristina	Jugar Editar
 jose	Jugar Editar
 julioalber	Jugar Editar

A continuación, se visualizará la siguiente pantalla:

Agudeza visual lejos
0.1 - 0.3

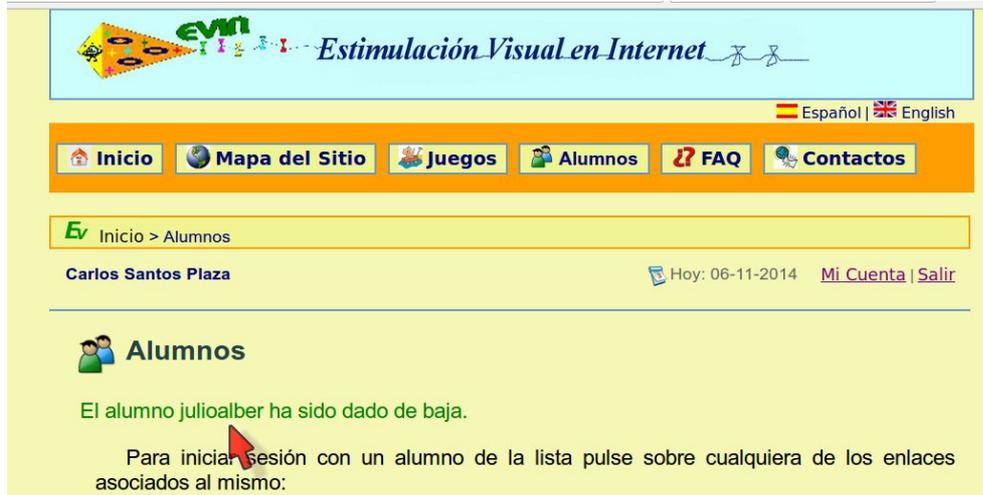
Campo visual
-Sin especificar-

Observaciones

Guardar cambios

Reasignar | Dar de baja | Atrás

Al pinchar el enlace *Dar de baja* al que apunta el ratón, se regresará a la página principal de *Alumnos*, donde se podrá ver un mensaje informativo sobre el éxito de la operación y, en la cual, ya no aparece el alumno que se ha dado de baja.



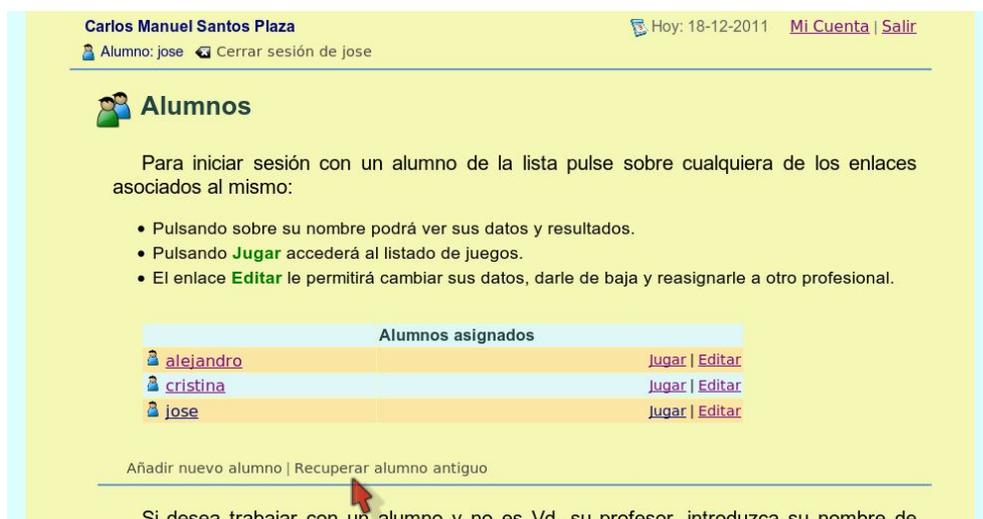
Posteriormente, se podrá recuperar a este alumno si se desea. Ver apartado 3.6 *Recuperar un alumno antiguo*.

3.5. Reasignar un alumno a otro profesor.

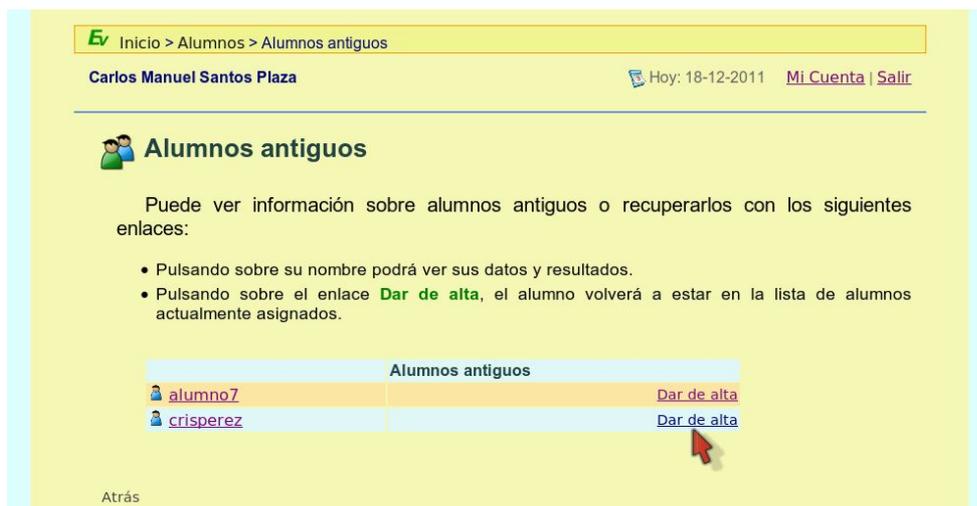
Si se desea reasignar un alumno a otro profesor, se debe contactar con el Administrador del sistema. Para ello, acceder a la página *Contactos*.

3.6. Recuperar un alumno antiguo.

Se hace a través de la pantalla principal de *Alumnos*, pinchando el enlace *Recuperar alumno antiguo* como puede verse en la siguiente imagen:



Una vez pulsado el enlace, se accederá al listado de alumnos antiguos (previamente dados de baja). Ver apartado 3.4 *Dar de baja a un alumno*:



Tras pinchar el enlace *Dar de alta* del alumno que se desea recuperar, se regresará a la página principal de *Alumnos*, donde aparecerá de nuevo en la lista de alumnos asignados.



3.7. Evaluación individual de alumnos.

Para poder evaluar los progresos de un alumno deben seguirse los pasos descritos a continuación:

- Tras pinchar sobre el enlace del nombre de usuario del alumno al que se quiere evaluar, situado en la lista de la página *Alumnos*, se obtendrá la siguiente pantalla:



En ella se puede ver: el nombre del profesor al que está asignado, los datos del alumno y los juegos con los que se ha entrenado. Pinchando sobre el enlace asociado a cualquiera de dichos juegos, se accederá a una pantalla como la siguiente:



En ella se muestra una tabla en la que, por cada configuración del juego con la que se haya entrenado el alumno, existe un enlace *Ver resultados* que, si se pulsa, abre una ventana con los resultados obtenidos por dicho alumno en la configuración seleccionada:

Seguimiento individual

Alumno: cristina

Juego: Exploraciones

Configuración:

- Tipo de recorrido: libre
- Tipo de tarea: colores

Sesiones							
Núm.	Fecha	Número de estímulos	Aciertos	Fallos	Intentos	Tiempo empleado	% Aciertos
1	24-11-2011	4	3	3	6	17 seg.	50.00%

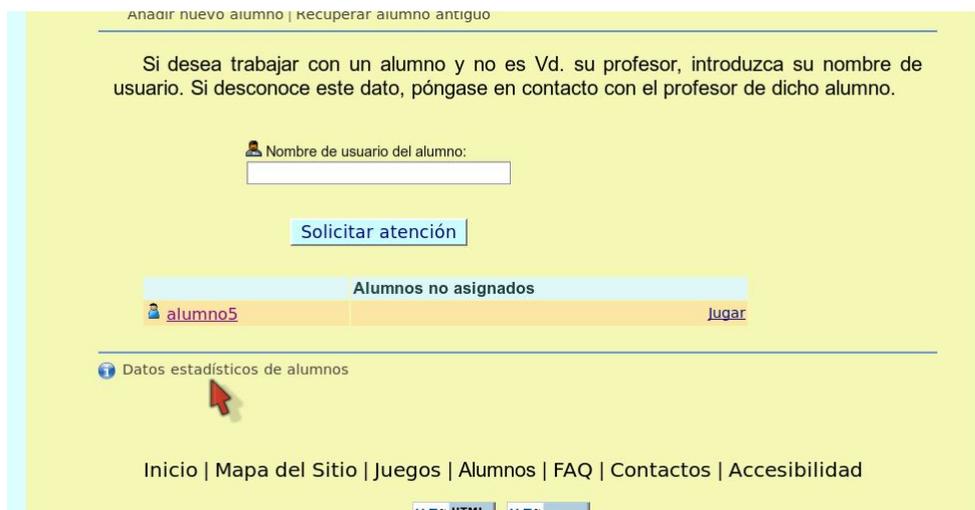
Medias de los resultados					
Total sesiones	Media de Aciertos	Media de Fallos	Media de Intentos	Tiempo medio empleado	% medio de Aciertos
1	3.0	3.0	6.0	17 seg.	50.00%

En la ventana anterior se pueden ver ver dos tablas:

- La primera de ellas muestra los detalles de cada sesión realizada por el alumno:
 - Número de sesión.
 - Fecha de la sesión.
 - Número de aciertos.
 - Número de fallos.
 - Número de intentos (aciertos + fallos).
 - Tiempo empleado.
 - Porcentaje de aciertos ($\text{aciertos}/(\text{aciertos} + \text{fallos}) \times 100$).
- La segunda de ellas contiene las medias de los resultados de todas las sesiones anteriores:
 - Total de sesiones realizadas.
 - Media de aciertos.
 - Media de fallos.
 - Media de intentos (aciertos + fallos).
 - Tiempo medio empleado.
 - Porcentaje medio de aciertos.

3.8. Datos estadísticos de alumnos.

En la parte inferior izquierda de la página principal de *Alumnos* se puede ver un enlace con el texto *Datos estadísticos de alumnos*.



Cuando se pincha el enlace al que apunta el ratón, se accede a la siguiente página:



El propósito de esta sección es poder consultar el número de alumnos existentes en la base de datos de acuerdo a diversos criterios: todos los alumnos, por edad, por patologías... Por el momento, los únicos criterios de búsqueda son: todos los alumnos y por edad.

ANEXO II: GUÍA DIDÁCTICA DE EVIN

Esta es la versión íntegra de la guía didáctica de EVIN que también puede descargarse en formato PDF desde la sección *Juegos* de la plataforma (<http://siea.ia.uned.es/>).

Introducción.

La visión es una función aprendida, y su calidad puede mejorarse con entrenamiento. La estimulación visual pretende conseguir el máximo desarrollo visual, que la persona se interese por su entorno, quiera explorarle y utilizar la visión como un medio fundamental de acceder a la información.

La evidencia de que incrementando experiencias visuales se incrementa el crecimiento neuronal en el cortex visual (Shonkoff and Phillips, 2000), sugiere firmemente que el mejor camino a seguir es proporcionar oportunidades para el desarrollo visual cuando sea posible, facilitando experiencias que requieran gradualmente comportamientos visuales mas complejos (Ferrell, 2010).

Los programas de estimulación visual deben iniciarse a la edad más temprana posible y posibilitar el mayor número de experiencias visuales, aunque siempre deben ajustarse al desarrollo madurativo del niño y ser totalmente *individualizados* (Santos, Rodríguez, Ramos y Gómez, 2012).

La intervención en estimulación/entrenamiento visual debería realizarse siempre que después de la una cuidadosa valoración se detecte que el alumno no alcanza el desarrollo visual adecuado a su edad y nivel cognitivo, ya sea en general o en alguna de las áreas visuales específicas. Sería conveniente su aplicación durante el periodo sensitivo de desarrollo visual, cuando esto sea posible, pero se puede intervenir en cualquier otro momento evolutivo.

Las Tecnologías de la Información y Comunicación, se han incorporado plenamente en el ámbito educativo, permitiendo un alto grado de individualización y posibilitando

el acceso a los recursos educativos en cualquier instante y desde cualquier lugar. Como contribución a los recursos existentes se ha diseñado y desarrollado la plataforma web EVIN, un completo entorno que permite el entrenamiento visual y:

- la evaluación individual y global de los alumnos
- la anotación de resultados,
- la obtención de información estadística

Esta estimulación se lleva a cabo mediante juegos que tienen como objetivo ejercitar al alumno en diferentes tareas con el propósito de mejorar sus capacidades perceptivas visuales. Estos juegos se ejecutan on-line. Ofrecen la posibilidad de configurar los estímulos (tamaños, complejidad, número...) para adaptarse a las características individuales de los alumnos.

Actualmente, la plataforma consta de cinco juegos: Exploraciones, Gestos faciales, Percepción espacial, Puzzle y Rasgos críticos.

EVIN está siendo diseñado como una herramienta dinámica que permita al instructor guiar al alumno mientras realiza tareas visuales fundamentales para el desarrollo perceptivo visual en un entorno lúdico y motivador. Para conseguir este objetivo se recomienda:

- Se debe dedicar el tiempo que sea necesario en “ganarse al alumno para la intervención”. La motivación es una parte esencial en este proceso.
- Es fundamental transmitir la información de forma que el alumno entienda la tarea que tiene que realizar.
- Se debe ser capaz de entender los mensajes que manda el alumno. Hay que ser capaz de reconocer lo que entendemos como respuesta significativa, que puede ser muy diferente según las características de los alumnos.
- Durante la interacción del alumno con el programa, la respuesta que queda reflejada en el ordenador, representa solo una pequeña parte de la información que se puede extraer. La observación durante la realización de la misma es fundamental. Se debe mirar si el alumno está prestando la

suficiente atención, el movimiento ocular, si realiza movimientos de cabeza, si hace recorridos ordenados...

La evaluación de la correcta ejecución de una tarea vendrá determinada por el porcentaje de aciertos en la misma. Estos datos servirán para adaptar los parámetros de la tarea con el objetivo de conseguir un entrenamiento eficaz o dar por terminado el mismo cuando se consideren superados los objetivos. De esta forma:

- ◆ Aciertos < 25%. Indica un nivel muy bajo en la ejecución de la tarea. Se recomienda comprobar si el alumno ha entendido el procedimiento, o disminuir el nivel de dificultad de la tarea.
- ◆ Aciertos > 25% y < 50%. Nivel de ejecución bajo. Se puede disminuir el nivel de dificultad o continuar entrenando mediante repeticiones del ejercicio.
- ◆ Aciertos > 50% y < 75%. Nivel de ejecución aceptable. Se recomienda mantener la configuración y continuar el entrenamiento en este nivel.
- ◆ Acierto > 75%. Nivel de ejecución bueno. El alumno ha alcanzado o está alcanzado el dominio de la tarea en este nivel. Se recomienda continuar el entrenamiento aumentando el nivel de dificultad o dar por terminado el mismo.

Para el acceso a los resultados de los alumnos, consultar el Manual de usuario.

Exploraciones.

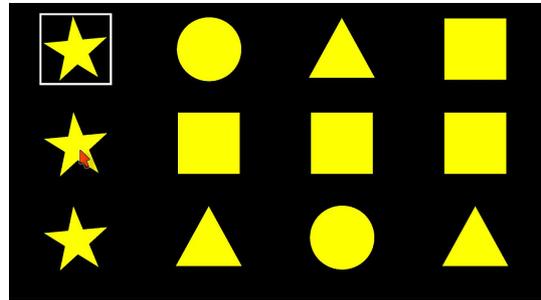
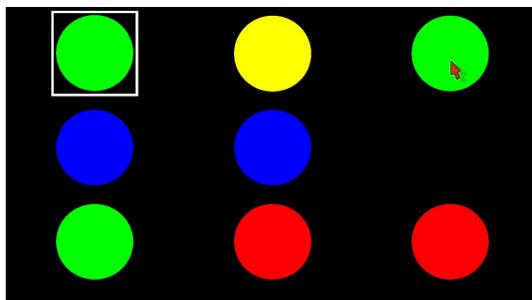
DESCRIPCIÓN

Este juego es una tarea de discriminación y emparejamiento en la que hay que buscar todos los estímulos iguales al establecido previamente como muestra, situado en la esquina superior izquierda.

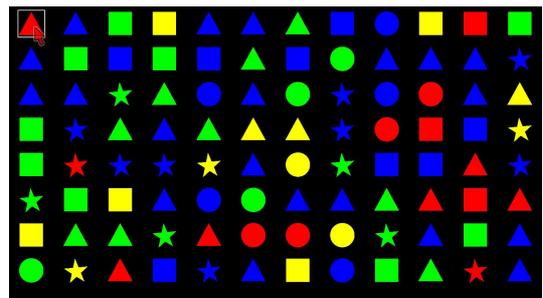
1 **PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN.**

Se puede configurar tres tipos de parámetros:

- Número de estímulos: Cantidad de piezas que aparecen en pantalla. Valores: 4, 6, 9, 12, 24, 48 y 96.
- Tipo de recorrido: Orden en que el alumno debe eliminar las piezas. Valores: libre (en cualquier orden), horizontal (ordenadamente por filas, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) y vertical (ordenadamente por columnas, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha).
- Tipo de tarea: Tipo de emparejamiento a realizar. Valores: color; forma; forma y color; figuras y números.



9	1	4	2	8	3	5	2
9	6	1	0	1	4	8	7
7	6	0	2	2	4	4	3
6	9	7	8	1	6	2	4
9	2	2	1	6	9	7	5
4	7	1	3	5	3	6	6



OBJETIVOS.

- ◆ Desarrollar la atención visual.
- ◆ Ejercitar las fijaciones y cambios de mirada.
- ◆ Ejercitar la búsqueda y la memoria visual.
- ◆ Realizar exploraciones ordenadas en el plano vertical y horizontal.
- ◆ Discriminar, reconocer, emparejar e identificar colores, formas geométricas básicas, figuras sencillas y números.

PROCEDIMIENTO.

El primer paso es la elección de los parámetros en función de los objetivos que se persigan y el nivel del alumno. La tarea más sencilla normalmente es el emparejamiento por color o forma y el tipo de recorrido libre. Se debe comenzar con el número de estímulos al que se considera que el alumno pueda responder incrementando o disminuyendo el mismo en función de los resultados.

Las instrucciones se pueden dar diciendo al alumno que tiene que encontrar todos los que sean iguales que el primero, y se le debe señalar, por lo que debe buscar todos los que tengan el mismo color (forma, forma y color, figura o número) y pulsar sobre ellos para que desaparezcan. Se le debe indicar que si pulsa sobre un estímulo incorrecto no ocurrirá nada en la pantalla pero se le anotará como un fallo en los resultados. La pantalla cambiará cuando haya pulsado, y por lo tanto hayan desaparecido, todos los estímulos igual al primero, si no cambia la pantalla es señal de que no se han encontrado todos.

Según se vaya incrementando el número de estímulos se debe animar al alumno a realizar exploraciones ordenadas para facilitar la tarea. Para cumplir este objetivo se puede elegir el tipo de recorrido horizontal o vertical. En este caso habrá que indicarle que tiene que realizar el recorrido de forma ordenada, por filas o columnas según sea el caso, porque si se salta ese orden no será correcta la elección y no desaparecerá el estímulo señalado y se anotará como fallo. Debe iniciar el recorrido por el primer estímulo, la muestra, y buscar entre todos los que se encuentren a la derecha del mismo en la misma fila, en el caso del recorrido horizontal, antes de bajar a la segunda fila. En caso de tener dificultades para encontrar la siguiente fila mediante el salto en diagonal se recomendará retroceda por la fila ya vista antes de bajar a la siguiente.

Al completar una pantalla aparece un refuerzo positivo antes de pasar a la siguiente. Los estímulos en las pantallas aparecen de forma aleatoria por lo que el alumno no puede aprenderse ninguna secuencia, permitiendo ejercitarse en el juego todas las veces que sea necesario. No obstante si una pantalla no se considera adecuada se puede pasar a otra rápidamente, sin necesidad de jugar, presionando control + la

flecha de desplazamiento a la derecha (ctrl + →) hasta que aparezca una pantalla que nos sea útil.

Gestos faciales.

Este juego es una tarea de emparejamiento en el que hay que buscar todas las fotografías en las que se encuentre el mismo gesto facial que el emoticono de muestra, en el que se representa una de las cuatro emociones más básicas: alegría, tristeza, ira/enfado y sorpresa.

PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN.

Se pueden configurar los siguientes parámetros:

- Número de emociones: Selecciona el número de emociones con las que se trabaja. Valores: 2 (alegría y tristeza), 3 (alegría, tristeza y enfado) y 4 (alegría, tristeza, enfado y sorpresa).
- Número de estímulos. Cantidad de imágenes que aparecen en pantalla. Valores: 4, 6, 9 y 12
- Refuerzo acústico. Valores: si/no.
- Refuerzo visual. Valores: si/no.



OBJETIVOS.

- ◆ Desarrollar la atención visual,.
- ◆ Ejercitar las fijaciones y cambios de mirada.
- ◆ Ejercitar la búsqueda y la memoria visual.
- ◆ Ser capaz de reconocer, discriminar, emparejar e identificar las expresiones faciales básicas (alegría, tristeza, enfado y sorpresa).

PROCEDIMIENTO.

Las emociones que se suelen detectar antes son las de alegría y tristeza, por lo que se puede iniciar la tarea con ellas incorporando las expresiones de enfado y asombro según vaya dominando las anteriores. Se utilizará el número de estímulos en función de las respuestas del alumno, incrementando paulatinamente el mismo. El número de estímulos aumenta las opciones entre las que hay que buscar y conlleva la realización de un mayor número de emparejamientos.

Las instrucciones se adaptarán a las características del alumno para asegurarnos que entiende la tarea. Por ejemplo se puede explicar que hay un dibujo en el que el muñeco está muy alegre y tiene que buscar todas las personas que también están alegres/contentos. Además, el sonido asociado a una emoción puede escucharse pinchando con el ratón sobre el emoticono correspondiente.

Al seleccionar la fotografía correcta se oirá un sonido de aprobación, si se tiene marcada la opción de refuerzo acústico, y la imagen desaparecerá. Si se elige una fotografía incorrecta se oirá un sonido de desaprobación y se tachará la imagen con una cruz roja, si se tienen marcado el refuerzo acústico y visual respectivamente. La pantalla cambiará cuando haya pulsado todas las fotografías en las que la persona

muestre el mismo gesto que el emoticono, mostrándose una nueva con un gesto y unas fotografías seleccionadas aleatoriamente.

En algunas ocasiones será conveniente quitar el refuerzo visual, el acústico o ambos, cuando se compruebe que dejan de ser estímulos para convertirse en elementos de distracción (ejemplo: alumnos que juegan a tachar todas las imágenes).

Percepción espacial.

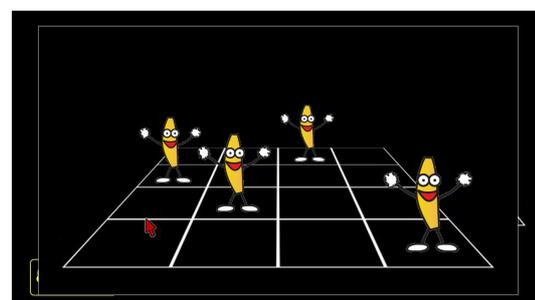
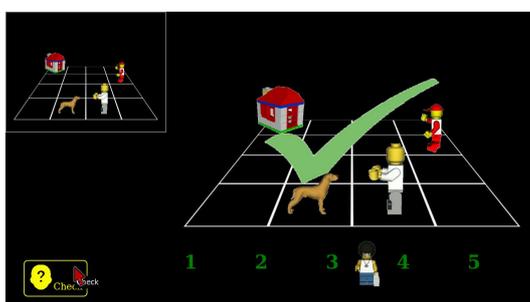
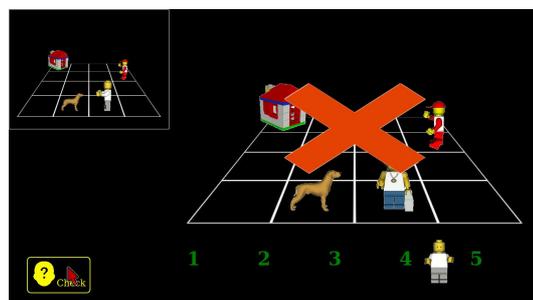
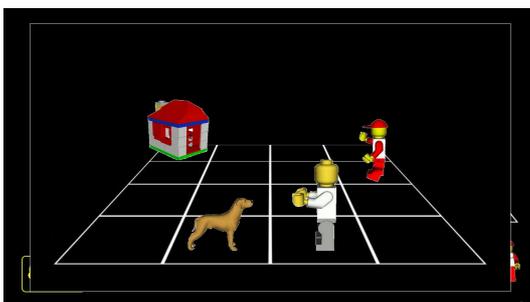
DESCRIPCIÓN.

Este ejercicio es una tarea en la que el alumno tiene que colocar una serie de dibujos en tres dimensiones en la misma posición en la que se encuentran en una composición construida sobre un tablero con cuadrículas en perspectiva.

2 PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN.

Se puede configurar tres tipos de parámetros:

- Número de figuras: Cantidad de dibujos que forman la composición. Valores: 2, 3 y 4.
- Refuerzo acústico. Valores: si/no.
- Refuerzo Visual. Valores: si/no.



OBJETIVOS.

- ◆ Desarrollar la atención visual.
- ◆ Desarrollar la memoria visual.
- ◆ Desarrollar la percepción espacial arriba-abajo, izquierda-derecha.
- ◆ Ser capaz de discriminar e identificar rasgos críticos en imágenes.
- ◆ Reconocer, discriminar y ser capaz de identificar la posición en el espacio de figuras.
- ◆ Ser capaz de seleccionar y colocar las figuras en la misma posición que se encuentran en un modelo.
- ◆ Ejercitar la coordinación ojo-mano.

PROCEDIMIENTO.

Para iniciar el juego se debe explicar al alumno que tiene que elegir las figuras y colocarlas sobre el tablero de trabajo que le aparece en la pantalla hasta que consiga una copia exacta de la composición de muestra. Ésta se sitúa en la esquina superior izquierda en un tamaño reducido, pero se puede ver en pantalla completa cuantas veces sean precisas.

En la parte derecha y ocupando la mayor parte de la pantalla se encuentra el tablero del juego, en este lugar el alumno debe intentar reproducir la muestra. El número de figuras con el que se trabaja determina la cuadrícula del tablero (2 figuras/tablero de 2x2, 3 figuras/tablero de 3x3 y 4 figuras/tablero de 4x4). El alumno tiene que elegir entre los dibujos numerados que se le muestran en la parte inferior, uno más que los que forman la composición a replicar, e ir colocándolos en el tablero, en el mismo lugar y en la misma posición que en la muestra. Las figuras giran en incrementos de 45 grados en sentido contrario a las agujas del reloj. Inicialmente los dibujos miran "hacia el frente", se rotan en ocho posiciones y se hacen más pequeñas según se sitúan más lejos.

Para el manejo de las piezas del juego se puede utilizar el teclado, el ratón y la pulsación o el arrastre en las pantallas táctiles. Para las diversas opciones que se pueden utilizar tanto para el traslado como para la rotación de las piezas se puede consultar la ayuda del juego. Se debe tener presente que aprender el manejo de los mismos es un objetivo secundario, por lo que el profesor debe proporcionar todas las ayudas necesarias.

Cuando el alumno considera que la disposición del tablero es la correcta debe pulsar el botón "Comprobar", situado en la parte inferior izquierda de la pantalla. Si se han colocado todos los dibujos correctamente se pasará a otra pantalla, anotándose en los resultados como acierto. Si no es así, no cambiará la pantalla y se anotará como fallo. Si se activan las opciones de refuerzo visual y/o acústico se acompañará cada acierto o fallo con la imagen y/o sonido de aprobación o desaprobación.

La selección y distribución de los elementos que se visualizan en el tablero del juego son aleatorias. Si en cualquier momento el profesor considera que la configuración muestra no es adecuada puede pasar a otra manualmente.

Puzzle.

DESCRIPCIÓN.

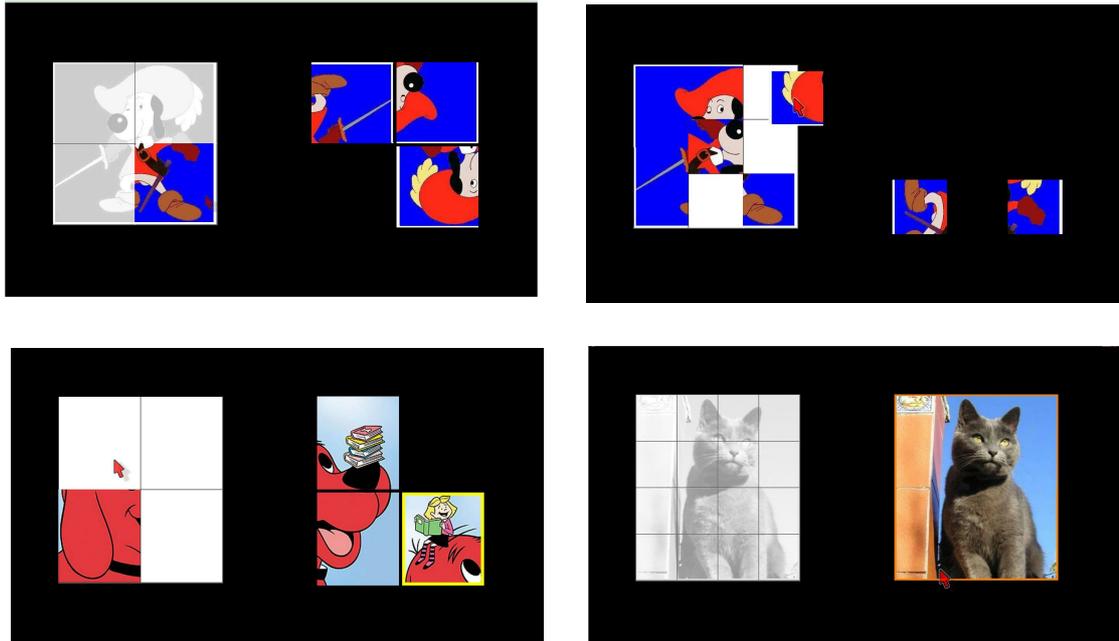
En este juego se realizan una batería de puzzles. Consiste en colocar las piezas en las que se ha dividido el dibujo/fotografía en su lugar y/o postura correctos.

3 PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN.

Se puede configurar tres tipos de parámetros:

- ◆ Plantilla: Posibilidad de que el alumno disponga de una plantilla de la imagen para ayudarle en la realización del ejercicio. Valores: si/no.
- ◆ Con rotación: Posibilidad de girar las piezas 90°, 180° y 270° a la derecha respecto a su posición en la imagen original. Valores: si/no.

- ◆ Número de piezas: Cantidad de fragmentos en que se divide la imagen.
Valores: 4 (2x2), 9 (3x3) y 16 (4x4).



OBJETIVOS.

- ◆ Desarrollar la atención visual,.
- ◆ Desarrollar la percepción espacial arriba-abajo, izquierda-derecha.
- ◆ Ejercitar la capacidad de relacionar la parte con el todo.
- ◆ Ser capaz de discriminar e identificar rasgos críticos en imágenes.
- ◆ Ejercitar la coordinación ojo-mano.
- ◆ Ejercitar las capacidades de memorización visual de imágenes de fotografías y dibujos.

PROCEDIMIENTO.

Se comenzará trabajando con aquellos puzzles que representan las figuras más sencillas, con el menor número de piezas, sin rotación y usando la plantilla como ayuda.

Se puede iniciar mostrándole cómo se construye el puzzle, verbalizando las acciones. Las instrucciones deben ser muy sencillas haciéndole ver al niño como se descolocan las piezas y debe volver a ponerlas en la posición correcta para completar la figura. Se puede realizar un puzzle como muestra, para luego animar al niño a que lo intente, progresivamente se irá disminuyendo la ayuda.

Una vez dominada la realización de los puzzles más sencillos se incrementará la dificultad de la tarea retirando la plantilla, trabajando con un mayor número de piezas y por último con los puzzles con rotación.

Al igual que en el juego anterior para el manejo de las piezas se pueden utilizar diversas opciones (consultar la ayuda del juego).

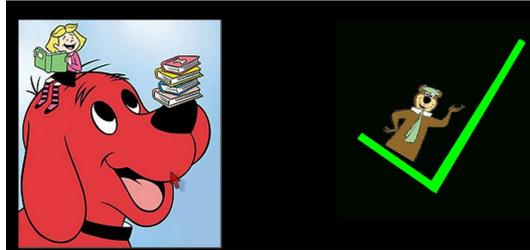
Se pueden realizar un total de 24 puzzles distintos. Hay 12 imágenes diferentes para cada una de las dos modalidades, con y sin rotación de piezas. En ambos casos hay 6 dibujos y 6 fotografías.

Cuando todas las piezas están colocadas en alguna casilla, pero el puzzle no ha sido construido correctamente, la aplicación lo anotará como fallo, y en la mitad derecha de la pantalla aparecerá una cruz de color rojo con unas imágenes de unos pequeños demonios. Este refuerzo desaparece cuando se retira alguna pieza de una de las casillas.



Cuando un puzzle es completado correctamente se anotará como acierto y se verá un refuerzo positivo, una 'V' de color verde con una imagen de un conocido personaje de dibujos animados. A continuación, saldrá otro puzzle y el juego continúa. Si se prefiere trabajar con otro dibujo o fotografía se puede cambiar

presionando la tecla control + las flechas de desplazamiento a la derecha (ctrl + →) y a la izquierda (ctrl + ←) del teclado.



Rasgos críticos.

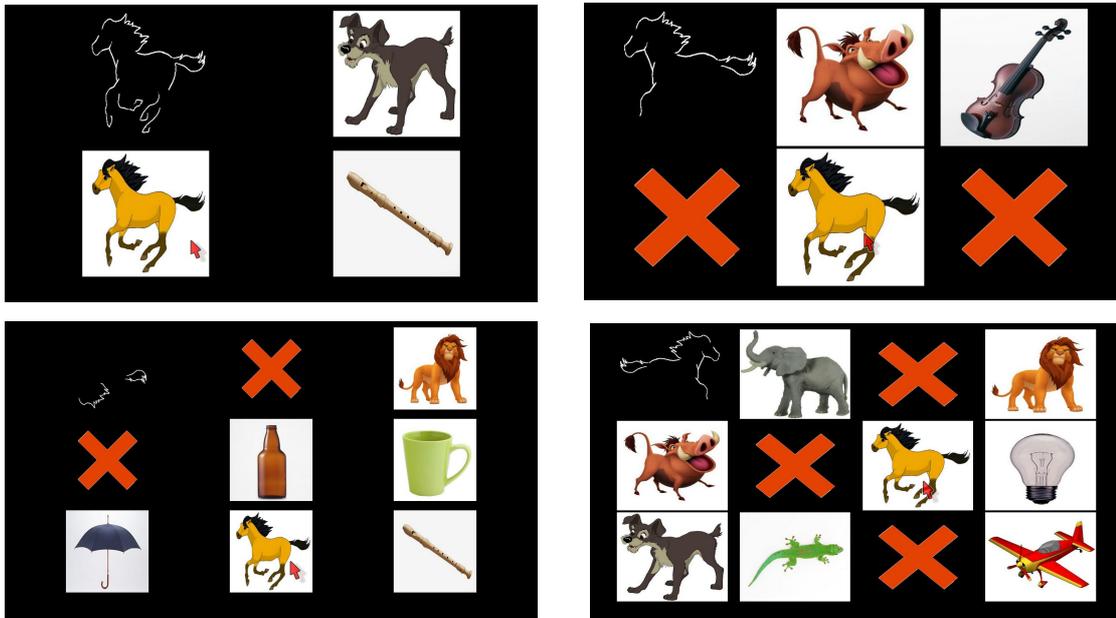
DESCRIPCIÓN.

Este juego es una tarea de emparejamiento en el que hay que buscar el dibujo del que se han extraído los rasgos críticos que aparecen como muestra.

4 PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN.

Se puede configurar los siguientes parámetros:

- Giro de rasgos: Opción de que los dibujos de los rasgos cambien su posición en relación a la fotografía con la que se tienen que emparejar. Valores: normal (los rasgos aparecen en la misma posición que en la fotografía), invertido (los rasgos aparecerán en simetría respecto al eje horizontal; imagen de espejo superior-inferior) y simétrico (los rasgos aparecerán en simetría respecto al eje vertical; imagen de espejo derecha-izquierda).
- Nivel de dificultad: Cantidad de trazos del dibujo que aparecen en la muestra. Valores: bajo, medio y alto.
- Número de estímulos: Cantidad de imágenes que aparecen en pantalla. Valores: 4, 6, 9 y 12
- Refuerzo acústico. Valores: si/no.
- Refuerzo visual. Valores: si/no.



OBJETIVOS.

- ◆ Desarrollar la atención visual.
- ◆ Desarrollar la memoria visual.
- ◆ Desarrollar la percepción espacial arriba-abajo, izquierda-derecha.
- ◆ Reconocer, discriminar e identificar rasgos críticos en imágenes.
- ◆ Ser capaz de emparejar unos rasgos críticos con el dibujo del que han sido extraídos.
- ◆ Ejercitar la coordinación ojo-mano.

PROCEDIMIENTO.

Para la realización de este juego se ha utilizado una herramienta creada expresamente para el mismo. Sobre la fotografía original se han ido remarcando trazos del contorno y de los rasgos más críticos de la misma.

En este ejercicio se realiza una tarea de emparejamiento en el que se muestra en la esquina superior izquierda un conjunto de trazos que corresponden a rasgos críticos

extraídos de una imagen. El juego consiste en seleccionar la imagen correcta entre las que aparecen en la pantalla.

En la configuración con nivel de dificultad bajo aparecen un buen número de trazos por lo que es más sencillo seleccionar la imagen correcta. En los otros niveles se han ido eliminando trazos, por lo que con menor información resulta más difícil la tarea, pero se han dejado los rasgos críticos suficientes para que se pueda emparejar la muestra con la imagen correspondiente.

Es conveniente comenzar con los rasgos en la posición normal, pero una vez comprobado que el alumno domina esta tarea, se puede seleccionar que los rasgos aparezcan invertidos o simétricos en relación a la imagen con la que se tienen que emparejar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ferrell, K.A. (2010). Visual Development. En Corn, A.L. Y Erin, J.N. (Eds.). *Foundations of Low Vision: Clinical and Functional Perspectives, 2nd Edition* (pp. 299-338). New York. AFB Press.

Santos, C.M., Rodríguez de la Rubia, E., Ramos, M.A. y Gómez, P. (2012). Alteraciones en el desarrollo sensorial visual. En Campo, M.E. (Ed.) *Diversidad funcional e impacto en el desarrollo* (pp. 77-164). Madrid: Sanz y Torres.

Shonkoff, J. B., y Phillips, D. A. (Eds.). (2000). *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development*. Washington, DC: National Academy Press.

Anexo III: Procedimiento de inclusión de nuevos juegos en EVIN

Lenguaje de programación.

El lenguaje utilizado para desarrollar el código de los juegos ha sido *JavaScript*. También es posible escribir los juegos en otros lenguajes e invocarlos desde código JavaScript (por ejemplo applets Java^{23,24}).

Formulario de configuración del juego.

Una vez que se han introducido los datos del juego y sus parámetros asociados en la base de datos, a través de la interfaz del administrador, la aplicación genera automáticamente el formulario necesario para que los usuarios puedan escoger la configuración que consideren más adecuada. Así mismo, el nuevo juego se incluirá en la lista de juegos y las páginas que contienen la descripción de los mismos también se crearán de forma inmediata.

Llamada al juego y recuperación de resultados.

Tanto la llamada al juego como la recuperación de resultados es realizada por la aplicación de forma automática, siempre y cuando se sigan las convenciones mencionadas más abajo para establecer el nombre del fichero que contiene el código del juego, el del objeto que implementa dicho juego y el de los parámetros de entrada y de salida del mismo.

Tablero del juego.

Existe un fichero denominado *jugar.rhtml* que contiene el tablero del juego. Aquí se cargan los ficheros necesarios para el juego y se realiza la llamada al mismo. Se

²³ <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/applet/package-summary.html>

²⁴ <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/deployment/applet/invokingAppletMethodsFromJavaScript.html>

abre en modo de pantalla completa y tiene el fondo de color negro; este es un requisito común a todos los juegos. Este fichero se encuentra en el directorio `evin/app/views/juegos/juegos`.

Requisitos necesarios del fichero que implementa un juego.

El nombre del fichero debe ser `<nombre_juego>` donde `nombre_juego` es el nombre del juego tras haberle aplicado la *transformación 2* descrita más abajo. Este fichero se ubicará en el directorio `evin/public/javascripts/juegos` e incluirá, al menos, los siguientes elementos:

- Una constante tipo Array denominada REFUERZOS con información de las imágenes que contienen los refuerzos del juego y que será utilizado por la aplicación para realizar la precarga de las mismas. Este array o bien está vacío, o sus componentes son arrays de dos elementos, donde el primero de ellos es el nombre de la imagen que contiene uno de los refuerzos del juego y el segundo es la extensión de la misma. Ejemplo:
 - Si tenemos un refuerzo cuya imagen se denomina `refuerzo.gif` la constante correspondiente sería:

```
REFUERZOS = [["refuerzo", ".gif"]]
```

- Un método denominado `preCargalmagenes()` que realice la precarga de las imágenes utilizadas por el juego. En el fichero `util.js` existen funciones auxiliares para este propósito.
- Un objeto denominado *NombreJuego*, donde `NombreJuego` es el nombre del juego tras aplicarle la *transformación 1* descrita más abajo. Este objeto contendrá la lógica asociada al juego y heredará del objeto `Juego`, el cual proporciona funcionalidad básica a todos los objetos que hereden de él (cálculo y visualización de resultados, despliegue de la ayuda, paso de información a y desde la aplicación...). Para obtener más información se recomienda mirar el código fuente de los ficheros `juego.js` y `util.js`, ya que ambos proporcionan funcionalidad genérica para todos los juegos escritos en JavaScript.

- En el caso de que se utilicen ficheros .js adicionales para implementar la lógica del juego, será necesario realizar mediante código la carga de dichos ficheros, ya que la aplicación sólo se encarga de llamar a los siguientes ficheros: util.js, juego.js, <nombre_juego>.js y todos los ficheros de la librería prototype.

Fichero de ayuda.

En el directorio evin/public/ayuda/juegos debe situarse un fichero denominado <nombre_juego>.html, donde nombre_juego es el nombre del juego transformado mediante la *transformación 2* que se explica más abajo. Este fichero contendrá la ayuda del juego y será desplegado automáticamente cuando el usuario pinche cualquiera de los enlaces *Ayuda* de la interfaz de la aplicación, o bien cuando se invoque desde el interior de un juego.

Para mantener la uniformidad de la interfaz, se recomienda utilizar la plantilla evin/public/ayuda/juegos/[en|es]/plantilla_ayuda.html. Existe una plantilla diferente para cada uno de los idiomas soportados por la plataforma. El archivo evin/public/stylesheets/ayuda.css contiene las hojas de estilo para los ficheros de ayuda.

Paso de parámetros.

Existe una variable tipo *Hash* denominada *configuracion* que está a disposición de todos los juegos y que contiene, como su nombre indica, la configuración del juego. Las claves de este Hash son los nombres de los parámetros del juego modificados mediante la *transformación 2* explicada más abajo. El valor de cada clave se corresponde con el valor seleccionado por el usuario para el parámetro correspondiente. Todos los valores son de tipo String. Los posibles valores de los parámetros binarios son “true” y “false”. Los posibles valores del resto de parámetros son los mismos que están almacenados en la base de datos tras haberles aplicado la *transformación 2*.

Cuando un juego finaliza, debe devolver tres parámetros: *aciertos* (número de aciertos realizados durante el transcurso del juego), *fallos* (número de fallos), *porcentaje* (porcentaje de aciertos: $\text{aciertos}/(\text{aciertos} + \text{fallos})$) y *duracion* (tiempo empleado en realizar el ejercicio en milisegundos). El objeto Juego, del cual heredarán todos los juegos escritos en JavaScript, ya contiene la funcionalidad necesaria para calcular y devolver estos valores al finalizar un juego.

Directorios asociados con las imágenes del juego.

Las imágenes asociadas con los juegos están en el directorio `evin/public/images/juegos`. Dentro de este directorio hay una imagen denominada *nada.gif* que consiste en un rectángulo de color negro y que puede resultar de utilidad en la implementación de algunos juegos. Esta imagen se precarga automáticamente antes de la llamada a cualquiera de los juegos.

Si *nombre_juego* es el nombre del juego transformado mediante la *transformación 2* explicada en el siguiente apartado, son necesarios, al menos, los siguiente directorios para contener las imágenes correspondientes al nuevo juego:

- `evin/public/images/<nombre_juego>`: Este directorio puede tener internamente cualquier estructura.
- `evin/public/images/<nombre_juego>/refuerzos`: Debe contener las imágenes correspondientes a los refuerzos del juego. Para que la aplicación pueda realizar la precarga de las imágenes situadas en ese directorio, éste no debería contener subdirectorios. Si fuera necesario introducir subdirectorios, debería definirse la constante `REFUERZOS` como un Array vacío y escribirse el código necesario para realizar la precarga de las imágenes situadas en este directorio.

Transformaciones realizadas con el nombre de los juegos y de sus parámetros de configuración y valores de los mismos.

Transformación 1.

Con objeto de establecer una interfaz uniforme para que la aplicación realice la llamada a los diversos juegos contenidos en la misma, el objeto que contenga la lógica del juego se llamará igual que éste, pero aplicando las siguientes reglas:

- Cada una de las palabras que forman parte del nombre del juego debe comenzar con una letra mayúscula y el resto de letras debe ir en minúsculas.
- Se suprimen los acentos y la letra 'Ñ' se sustituye por 'NN', y la 'ñ' por 'nn'.
- Se suprimen los espacios en blanco entre las distintas palabras que formen el nombre del juego.

Algunos ejemplos son.

- exploraciones -> Exploraciones
- las tres en raya -> LasTresEnRaya
- localización -> Localizacion

Transformación 2.

Tanto el nombre del juego como el de los parámetros y valores de configuración asociados, sufrirán una serie de modificaciones descritas a continuación. La finalidad es establecer una interfaz uniforme para el paso de parámetros entre la aplicación y los ficheros que implementen la lógica de los juegos, así como para la asignación de nombres a ficheros y directorios relacionados. Las reglas a aplicar a dichos nombres son:

- Cada una de las palabras que forman parte del nombre debe ir en minúsculas.
- Se suprimen los acentos y la letra 'ñ' se sustituye por 'nn'.
- Los espacios en blanco se sustituyen por el guión bajo '_'.

Algunos ejemplos son.

- EXPLORACIONES -> exploraciones
- Las tres en raya -> las_tres_en_raya
- Localización -> localizacion

Anexo IV: Cuestionario de evaluación del sistema EVIN

Preguntas de respuesta múltiple.

Valoración general de la plataforma.

¿Consideras útil una plataforma para trabajar la Estimulación Visual en Internet?

- Sí, creo que es muy útil.
- Sí, creo que es útil.
- No, creo que los métodos disponibles son suficientes.
- No lo sé.

¿Consideras que EVIN es una plataforma adecuada para trabajar la Estimulación Visual en Internet?

- Sí, creo que es muy adecuada.
- Sí, creo que es adecuada.
- No, creo que no es adecuada.
- No lo sé.

¿Crees que el manejo de la plataforma es sencillo e intuitivo?

- Sí, creo que es muy adecuado.
- Sí, creo que es adecuado aunque podría mejorarse.
- No, creo que deberían realizarse cambios importantes.
- No, creo que no es nada adecuado.

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento de los juegos?

- No, ha resultado sencillo.
- No, he tenido algunas dificultades pero no ha sido difícil.
- Sí, creo que es algo complicado.
- Sí, creo que es demasiado complicado.

¿Consideras adecuados los juegos que tiene actualmente EVIN para la estimulación/entrenamiento visual?

- Sí, creo que son adecuados.
- Sí, creo que son adecuados pero hubiera preferido antes algún otro.
- No, creo que alguno es adecuado pero no son los más importantes.
- No, creo que no son adecuados.

Valoración individual de los juegos.

¿Consideras útil el juego como está planteado en EVIN?

- Sí, creo que es muy útil.
- Sí, creo que es útil.
- No, creo que no es útil.
- No lo sé.

¿Crees que el manejo del juego es sencillo e intuitivo?

- Sí, creo que es muy adecuado.
- Sí, creo que es adecuado aunque podría mejorarse.
- No, creo que deberían realizarse cambios importantes.
- No, creo que no es nada adecuado.

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento del juego?

- No, ha resultado sencillo.
- No, he tenido algunas dificultades pero no ha sido difícil.
- Sí, creo que es algo complicado.
- Sí, creo que es demasiado complicado.

¿Consideras adecuados los parámetros que tiene actualmente el juego para adaptarse a las características individuales de los alumnos?

- Sí, creo que son adecuados.
- Sí, creo que son adecuados pero hubiera preferido antes algún otro.
- No, creo que alguno es adecuado pero no son los más importantes.
- No, creo que no son adecuados.

Conclusiones y aportaciones finales.

¿Consideras útil que la plataforma recoja todos los resultados de los juegos?

- Sí, creo que es muy útil.
- Sí, creo que es útil.
- No, creo que no es útil.
- No lo sé.

¿Consideras útil la forma en la que accedes a los resultados de los juegos?

- Sí, creo que es muy útil.
- Sí, creo es útil.
- No, creo que no es útil.
- No lo sé.

¿Considerarías útil que, a partir de de los datos que recoge EVIN, la plataforma te ayudara a detectar cuándo las respuestas de algún alumno no se corresponden con el perfil habitual de desarrollo/aprendizaje en un juego?

- Sí, creo que sería muy útil.
- Sí, creo sería útil.
- No, creo que no sería útil.
- No lo sé.

¿Considerarías útil que, a partir de los datos que recoge EVIN, la plataforma te ayudara a encontrar alternativas para reconducir los juegos de forma más efectiva en determinados alumnos?

- Sí, creo que sería muy útil.
- Sí, creo sería útil.
- No, creo que no sería útil.
- No lo sé.

Preguntas de respuesta abierta.

Conclusiones y aportaciones finales.

¿Has tenido dificultades en algún dispositivo o navegador para ejecutar los juegos? En caso afirmativo describe lo ocurrido.

¿Qué cambios consideras necesarios introducir en los juegos que tiene actualmente EVIN para mejorar su eficiencia?

¿Qué juegos/tareas visuales te parece que sería conveniente incorporar a EVIN?

¿Qué consideras que sería más importante que pudiera llegar a detectar/recomendar EVIN para que el proceso de entrenamiento/estimulación visual a través de sus juegos fuera más eficiente?

Anexo V: Resultados cuantitativos de la evaluación de EVIN

La evaluación del sistema EVIN se ha llevado a cabo utilizando un formulario cuyas preguntas se pueden ver en el Anexo IV. Los resultados cuantitativos se han analizado con la herramienta IBM SPSS²⁵ y las tablas resultantes se reproducen a continuación.

Preguntas de respuesta múltiple.

Valoración general de la plataforma.

Utilidad de una plataforma para estimulación visual

¿Consideras útil una plataforma para trabajar la Estimulación Visual en Internet?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy util	5	55,6	55,6	55,6
	Util	4	44,4	44,4	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Evin adecuación del programa

¿Consideras que EVIN es una plataforma adecuada para trabajar la Estimulación Visual en Internet?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuada	2	22,2	22,2	22,2
	Adecuada	7	77,8	77,8	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

²⁵ <http://www-01.ibm.com/software/es/analytics/spss/>

Manejo de EVIN

¿Crees que el manejo de la plataforma es sencillo e intuitivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuado	3	33,3	33,3	33,3
	adecuado, mejorarse	6	66,7	66,7	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Funcionamiento de juegos

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento de los juegos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Sencillo	5	55,6	55,6	55,6
	no ha sido difícil	4	44,4	44,4	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Adecuación de los juegos

¿Consideras adecuados los juegos que tiene actualmente EVIN para la estimulación/entrenamiento visual?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuado	5	55,6	55,6	55,6
	adecuado, mejorarse	2	22,2	22,2	77,8
	No, cambios importantes	2	22,2	22,2	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Valoración individual de los juegos.

Utilidad del juego exploraciones

¿Consideras útil el juego exploraciones como está planteado en EVIN?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy útil	5	55,6	55,6	55,6
	Útil	4	44,4	44,4	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Facilidad manejo juego exploraciones

¿Crees que el manejo del juego exploraciones es sencillo e intuitivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuado	6	66,7	66,7	66,7
	adecuado, mejorarse	2	22,2	22,2	88,9
	No, cambios importante	1	11,1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Funcionamiento juego exploraciones

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento del juego exploraciones?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Sencillo	7	77,8	77,8	77,8
	no ha sido difícil	1	11,1	11,1	88,9
	algo complicado	1	11,1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Parámetros juego exploraciones

¿Consideras adecuados los parámetros que tiene actualmente el juego exploraciones para adaptarse a las características individuales de los alumnos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	adecuado	7	77,8	77,8	77,8
	adecuado, mejorarse	2	22,2	22,2	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Utilidad del juego gestos faciales

¿Consideras útil el juego gestos faciales como está planteado en EVIN?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy útil	2	22,2	22,2	22,2
	Útil	6	66,7	66,7	88,9
	No es útil	1	11,1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Facilidad manejo juego gestos faciales

¿Crees que el manejo del juego gestos faciales es sencillo e intuitivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuado	2	22,2	22,2	22,2
	adecuado, mejorarse	6	66,7	66,7	88,9
	No, cambios importante	1	11,1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Funcionamiento juego gestos faciales

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento del juego gestos faciales?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	No ha sido difícil	5	55,6	55,6	55,6
	Algo complicado	4	44,4	44,4	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Parámetros juego gestos faciales

¿Consideras adecuados los parámetros que tiene actualmente el juego gestos faciales para adaptarse a las características individuales de los alumnos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	adecuado	7	77,8	77,8	77,8
	adecuado, mejorarse	1	11,1	11,1	88,9
	No, solo alguno	1	11,1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Utilidad del juego percepción espacial

¿Consideras útil el juego percepción espacial como está planteado en EVIN?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy útil	4	44,4	44,4	44,4
	Útil	4	44,4	44,4	88,9
	No es útil	1	11,1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Facilidad manejo juego percepción espacial

¿Crees que el manejo del juego percepción espacial es sencillo e intuitivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuado	2	22,2	22,2	22,2
	adecuado, mejorarse	3	33,3	33,3	55,6
	No, cambios importante	4	44,4	44,4	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Funcionamiento juego percepción espacial

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento del juego gestos percepción espacial?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	No ha sido difícil	4	44,4	44,4	44,4
	Algo complicado	5	55,6	55,6	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Parámetros juego percepción espacial

¿Consideras adecuados los parámetros que tiene actualmente el juego percepción espacial para adaptarse a las características individuales de los alumnos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	adecuado	5	55,6	55,6	55,6
	adecuado, mejorarse	2	22,2	22,2	77,8
	No, solo alguno	2	22,2	22,2	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Utilidad del juego puzzle

¿Consideras útil el juego puzzle como está planteado en EVIN?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy útil	5	55,6	62,5	62,5
	Útil	3	33,3	37,5	100,0
	Total	8	88,9	100,0	
Perdidos	Sistema	1	11,1		
Total		9	100,0		

Facilidad manejo juego puzzle

¿Crees que el manejo del juego puzzle es sencillo e intuitivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuado	2	22,2	28,6	28,6
	adecuado, mejorarse	5	55,6	71,4	100,0
	Total	7	77,8	100,0	
Perdidos	Sistema	2	22,2		
Total		9	100,0		

Funcionamiento juego puzzle

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento del juego puzzle?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Sencillo	4	44,4	57,1	57,1
	No ha sido difícil	3	33,3	42,9	100,0
	Total	7	77,8	100,0	
Perdidos	Sistema	2	22,2		
Total		9	100,0		

Parámetros juego puzzle

¿Consideras adecuados los parámetros que tiene actualmente el juego puzzle para adaptarse a las características individuales de los alumnos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	adecuado	3	33,3	42,9	42,9
	adecuado, mejorarse	4	44,4	57,1	100,0
	Total	7	77,8	100,0	
Perdidos	Sistema	2	22,2		
Total		9	100,0		

Utilidad del juego rasgos críticos

¿Consideras útil el juego rasgos críticos como está planteado en EVIN?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy útil	6	66,7	66,7	66,7
	Útil	3	33,3	33,3	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Facilidad manejo juego rasgos críticos

¿Crees que el manejo del juego rasgos críticos es sencillo e intuitivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy adecuado	7	77,8	77,8	77,8
	adecuado, mejorarse	2	22,2	22,2	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Funcionamiento juego rasgos críticos

¿Te ha resultado complicado aprender el funcionamiento del juego rasgos críticos?				
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Válidos	Sencillo	8	88,9	88,9
	No ha sido difícil	1	11,1	100,0
	Total	9	100,0	

Parámetros juego rasgos críticos

¿Consideras adecuados los parámetros que tiene actualmente el juego rasgos críticos para adaptarse a las características individuales de los alumnos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	adecuado	7	77,8	77,8	77,8
	adecuado, mejorarse	2	22,2	22,2	100,0
	Total	9	100,0	100,0	

Conclusiones y aportaciones finales.

Utilidad plataforma recoja resultados

¿Consideras útil que la plataforma recoja todos los resultados de los juegos?			
		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Muy útil	5	55,6
	Útil	3	33,3
	No lo sé	1	11,1
	Total	9	100,0

Acceso a los resultados

¿Consideras útil la forma en la que accedes a los resultados de los juegos?			
		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Muy útil	5	55,6
	Útil	4	44,4
	Total	9	100,0

Utilidad recomendaciones según evolución del alumno

¿Considerarías útil que, a partir de de los datos que recoge EVIN, la plataforma te ayudara a detectar cuándo las respuestas de algún alumno no se corresponden con el perfil habitual de desarrollo/aprendizaje en un juego?

	Frecuencia	Porcentaje
Válidos		
Muy útil	4	44,4
Útil	5	55,6
Total	9	100,0

Utilidad recomendaciones para configurar juegos

¿Considerarías útil que, a partir de los datos que recoge EVIN, la plataforma te ayudara a encontrar alternativas para reconducir los juegos de forma más efectiva en determinados alumnos?

	Frecuencia	Porcentaje
Válidos		
Muy útil	4	44,4
Útil	5	55,6
Total	9	100,0

Anexo VI: Sistema recomendador. Elicitación de conocimiento

El proceso de elicitación de conocimiento se ha realizado mediante entrevistas con el experto Carlos M. Santos Plaza. Técnico de Rehabilitación del Centro de Recursos Educativos de la ONCE de Madrid lleva trabajando en el dominio de la Estimulación Visual desde el año 1988. Ha sido profesor del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) de la Universidad de Valladolid, profesor asociado de la Universidad Camilo José Cela y profesor colaborador de un curso de Formación del Profesorado y Formación Continua de la UNED. Ha impartido numerosos cursos de formación de profesionales, escrito artículos, libros y ha participado en varios proyectos de investigación relacionados con la Estimulación Visual.

Las preguntas formuladas están numeradas y se recogen a continuación con sus respuestas correspondientes. Las cuatro primeras secciones se corresponden con las divisiones de la base de conocimiento especificada en el Anexo VII.

Perfil del alumno (V_S).

1. *¿Qué variables del perfil del alumno son relevantes a la hora de decidir qué configuración del juego es la más adecuada para cada caso concreto?* Edad, agudeza visual y campo visual,
2. *¿por qué?* La visión es una función aprendida, el desarrollo madurativo visual normal sigue una secuencia en la que el niño va siendo capaz de realizar tareas visuales más complejas según va creciendo, por lo tanto la edad es el parámetro más relevante para indicar el nivel que se debe elegir con cada

alumno. Por otra parte la agudeza y el campo visual son los parámetros más importantes para determinar el grado de visión, por lo que resulta significativo a la hora de decidir la configuración para poder asegurar que el alumno tiene suficiente capacidad visual para realizar las diferentes tareas.

3. *¿En todos los juegos las variables relevantes van a ser las mismas? Sí.*

Edad

4. *Actualmente, en el sistema EVIN solo es obligatorio indicar la fecha de nacimiento cuando se registra a un alumno. ¿Es posible recomendar una configuración específica de cualquier juego solo con este dato? Sí, se puede recomendar una configuración inicial de acuerdo con el desarrollo visual normal de un niño de esa edad.*

Agudeza visual

5. *¿Qué valores de la agudeza visual (menor de 0.1, 0.1 – 0.3, mayor de 0.3) se van a utilizar en el juego *Percepción espacial*? Se pueden utilizar los tres tramos de agudeza visual que corresponden a una deficiencia visual severa, moderada y ligera o inexistente, respectivamente, y que pueden afectar a la capacidad para discriminar detalles necesaria para ejecutar las diferentes tareas.*
6. *¿Estos valores pueden variar en otros juegos? Los valores no deben variar con los juegos.*

Campo visual

7. *¿Qué valores del campo visual (central menor de 10°, central 10° – 30°,*

escotomas centrales o paracentrales, sin alteraciones) se van a utilizar en este juego? Se pueden utilizar todos los valores reseñados. ¿Estos valores pueden variar en otros juegos? No

Tamaño del estímulo

8. *El número de estímulos es un parámetro configurable en un gran número de juegos, aunque sus valores pueden diferir en función del juego. El tamaño de los estímulos suele ser inversamente proporcional a su número. ¿Sería factible agrupar los diferentes tamaños de estímulos en tres clases comunes a todos los juegos (pequeño, mediano y grande)? Sí, sería adecuado clasificarlos en los tres grupos propuestos.*
9. *¿El tamaño de estímulo más adecuado para cada alumno se puede determinar a partir de alguna característica del alumno? Sí, el tamaño de los estímulos hay que adaptarlo en función de la agudeza, el campo visual y la edad del alumno.*
10. *¿Cuál sería la correspondencia entre tamaño de estímulo y las edades del alumno? Cuanto más pequeño es un niño es conveniente utilizar tamaños mayores ya que atenderá mejor a la tarea y le será más fácil discriminar los detalles, por lo tanto a menor edad el estímulo generalmente debe ser más grande.*
11. *¿Cuál sería la relación entre tamaño de estímulo y agudeza visual? La agudeza visual es la capacidad para discriminar detalles, por lo tanto a menor agudeza visual es necesario un tamaño de estímulo más grande para poder realizar la tarea visual correspondiente. Se debe asegurar que el alumno puede llegar a ver los estímulos con el suficiente detalle para poder realizar la tarea propuesta. Esto es algo que no se puede entrenar, ni estimular. Si no se llega a discriminar, no se puede realizar la tarea, por lo que siempre les*

debemos proporcionar un tamaño suficiente,

12. *¿sería igual en todos los juegos? Sí.*

13. *¿Cuál sería la relación entre tamaño de estímulo y campo visual en el juego Percepción espacial? El campo visual es la porción del espacio que se puede percibir sin mover los ojos, por lo tanto a menor campo visual es conveniente utilizar un estímulo visual más pequeño,*

14. *¿sería igual en los demás juegos? Sí*

15. *El tamaño de estímulo más adecuado para un alumno concreto se ha determinado a partir de su edad. Suponiendo que hay disponible información adicional (agudeza visual, sesiones realizadas anteriormente...) ¿cómo influiría esta información en el tamaño de estímulo más apropiado? La edad es un dato muy importante, especialmente a la hora de elegir la configuración inicial, pero dadas las grandes diferencias en las características individuales hay que ir ajustando los parámetros en función de los resultados.*

16. *Un alumno tiene el campo visual muy reducido y su agudeza visual es inferior a 0.1, ¿qué tamaño de estímulo sería el más apropiado en este caso? En este caso, debemos proporcionarle el tamaño más pequeño que sea capaz de discriminar. Al tener una agudeza visual muy reducida va a precisar un tamaño de estímulo grande, pero como tiene también el campo visual muy reducido, si es demasiado grande no va a poder acceder a mucha información al mismo tiempo, por lo que es necesario establecer el máximo equilibrio entre estas variables. Por lo tanto lo recomendable es comenzar con un tamaño de estímulo mediano que se irá ajustando en función de los resultados.*

Nivel de dificultad más apropiado para un alumno

17. *¿Se podría establecer un número fijo de niveles de dificultad para todos los juegos?* No. Cada juego puede tener un número diferente de niveles, dependiendo del tipo de tarea a realizar.
18. *¿Sería factible agrupar los diferentes niveles de dificultad, desde la perspectiva de las necesidades del alumno y no del juego concreto, en tres clases (fácil, dificultad media y difícil)?* Sí, se puede establecer la clasificación que se considere más oportuna, dado que el nivel de dificultad desde la perspectiva del alumno es un continuo que irá desde ninguna dificultad hasta la imposibilidad de realizar la tarea.
19. *¿El nivel de dificultad más apropiado para cada alumno se puede determinar sólo a partir de su edad?* Se puede determinar el nivel de dificultad que sería más habitual para un niño con desarrollo visual normal de su edad, lo que debe servir como punto de partida y objetivo a conseguir.
20. *¿Sería conveniente dividir la edad del alumno en tramos con objeto de poder situarlo en un determinado nivel de dificultad?* Sí.
21. *¿Estos tramos se podrían generalizar para todos los juegos?* Sí. Dentro de cada juego se podrán ajustar las configuraciones a los niveles en los que se pueden realizar habitualmente cada tarea específica.
22. *¿Cuáles serían los tramos de edad más apropiados?* 3-4 años, 5 años y 6 años o más. *¿Por qué?* La edad a la que un niño con desarrollo visual normal debe ser capaz de empezar a realizar las tareas sería entre los 3 y los 4 años, considerándose que los niños más avanzados podrían realizarlas bien alrededor de los 5 años. No obstante, es en el periodo entre los 5 y los 6 años cuando tienen que llegar a ser capaces de dominarla completamente y

por encima de esta edad no deberían tener problemas con ella.

Otros

23. *Hay otros factores del perfil del alumno, como su patología, que no se han tenido en cuenta al realizar una recomendación. ¿Por qué?* La población con deficiencia visual es muy heterogénea en cuanto a la etiología de la misma. Por otra parte dentro de la misma patología puede haber muy diferentes grados de afectación. Si a esto unimos que la repercusión funcional de la deficiencia va a depender de otros factores que no se pueden contemplar, es imposible recoger toda esta casuística. No obstante los resultados en algunos casos se pueden explicar conociendo la patología y las características más habituales de la misma.

24. *¿Por qué no se utilizan los datos de la agudeza ni los del campo visual para determinar el nivel de dificultad más adecuado para un alumno?* Porque la agudeza y el campo son parámetros del grado de visión pero no están relacionados directamente con el desempeño en la realización de las tareas. La baja visión puede limitar el desarrollo visual, pero éste va a estar relacionado también con la estimulación recibida, la capacidad intelectual, la capacidad de atención...

Configuración de un juego (V_{CONF}).

25. *¿Es posible establecer un orden entre el conjunto de configuraciones de cada juego tomando como criterio su nivel de dificultad?* Sí, aunque este orden no se puede considerar como absoluto, pero sí se puede tomar como referencia para el caso general.

26. *¿Puede haber dos configuraciones distintas en un mismo juego que tengan el*

mismo nivel de dificultad? Sí. En el juego Exploraciones, por ejemplo, existen tareas que son difíciles de comparar; aunque suele ser más fácil trabajar con colores que con números, en algunos casos esto no se cumple.

Restricciones de compatibilidad (C_R).

Validez de resultados

27. *¿Qué número de sesiones realizadas por el alumno en una determinada configuración se considera suficiente para que los resultados obtenidos sean significativos?* El número de sesiones necesarias para que los resultados sean significativos variarán según sea el tipo de tarea y los parámetros de configuración de la misma.

28. *¿Este valor es dependiente del juego?* Sí.

29. *En caso afirmativo, ¿cuál sería su valor para el juego Percepción espacial?*

En el juego percepción espacial el resultado puede ser significativo con 1 sesión. Se trata de una tarea compleja y en ella cada acierto indica haber terminado bien la misma, por lo que el porcentaje de aciertos es un claro indicativo de su dominio.

Relación entre tamaño de estímulo y nivel de dificultad

30. *¿Existe una relación entre tamaño de estímulo y nivel de dificultad?* No necesariamente.

31. *¿Si el tamaño más adecuado del estímulo para un alumno es el grande, el nivel de dificultad del juego debe ser fácil?* No. Un alumno puede necesitar un tamaño de estímulo grande, por su reducida agudeza visual, pero ser capaz

de realizar tareas con un nivel de dificultad alto.

32. *¿Si el tamaño más adecuado del estímulo para un alumno es el mediano o el pequeño, el nivel de dificultad del juego debe ser necesariamente medio o difícil?* No. Para un alumno puede ser conveniente utilizar tamaños pequeños, por su reducido campo visual, pero tener que trabajar con un niveles de dificultad fácil.
33. Se ha determinado que el nivel de dificultad aconsejado es fácil ¿el tamaño del estímulo debe ser necesariamente grande? No.
34. Se ha determinado que el nivel de dificultad aconsejado es medio o difícil ¿el tamaño del estímulo debe ser necesariamente pequeño o mediano? No.

Filtro (C_F)

Porcentaje de aciertos

35. *¿Si el porcentaje de aciertos es mayor de un determinado umbral, se podría aumentar el nivel de dificultad de la tarea?* Sí, pero siempre es conveniente considerar si el profesor ayudó al alumno en la resolución de la tarea. En este caso, se debería recomendar seguir con la misma configuración hasta que el alumno adquiriera un nivel de desvoltura suficiente sin ayuda externa.
36. *¿Si el porcentaje de aciertos es menor de un determinado umbral, qué debería recomendar el sistema?* Utilizar una configuración de menor dificultad siempre que la haya. En caso contrario, seguir intentándolo con la misma configuración hasta que el alumno obtenga mejores resultados o hasta que el profesor crea oportuno abandonar esta tarea/juego por no ser apropiado para el alumno.

37. *¿Qué valor sería más adecuado para el umbral planteado en las dos preguntas anteriores?*

- Aciertos < 25%. Indica un nivel muy bajo en la ejecución de la tarea. Se recomienda comprobar si el alumno ha entendido el procedimiento, o disminuir el nivel de dificultad de la tarea.
- Aciertos > 75%. Nivel de ejecución bueno. El alumno ha alcanzado o está alcanzado el dominio de la tarea en este nivel. Se recomienda continuar el entrenamiento aumentando el nivel de dificultad o dar por terminado el mismo.

Número de sesiones

38. *¿Qué número mínimo de sesiones del alumno, realizadas en la misma configuración, se considera suficiente para poder cambiar a otra configuración?* El número de sesiones mínimo para cambiar a otra configuración variará según sea el tipo de tarea y los parámetros de configuración de la misma,

39. *¿este número sería igual para todos los juegos? no,*

40. *¿cuál sería este valor para el juego Percepción espacial? 1 sesión.*

Tiempo empleado en completar una tarea

41. *El tiempo empleado por un alumno en completar una tarea es un dato importante para valorar su grado de desempeño en la misma. ¿cómo se podría utilizar esta información para saber cuándo es el momento para cambiar a otra configuración del juego?* Se podría establecer un rango de tiempo en el que se considera que se pueden completar las tareas. Cuando se ejecute la tarea en menos tiempo que el umbral inferior el sistema debe alertar sobre la posibilidad de que se esté ayudando al alumno. Por el contrario cuando se supere el tiempo máximo se puede recomendar trabajar en una configuración inferior,

42. *¿este rango sería igual en todos los juegos? no,*

43. *¿cómo sería en el juego Percepción espacial? Habría que calcular el rango de tiempo medio a partir de los resultados de un número significativo de alumnos.*

Recomendaciones en casos especiales

44. *Se considera que un alumno ha superado con éxito una determinada tarea y se le va a recomendar una configuración con un nivel de dificultad superior. Sin embargo, este alumno ya ha trabajado con esta configuración y su porcentaje medio de aciertos está por debajo del 25% ¿qué sería más aconsejable, seguir trabajando con la configuración en la que el alumno tuvo éxito o seguir intentando aquella otra que no ha conseguido superar? Depende de las fechas de las sesiones realizadas por el alumno. Si la sesión más reciente corresponde a la tarea no superada, se debería seguir trabajando con el nivel de dificultad anterior. Inversamente, si la sesión más reciente corresponde a la tarea ya superada, se debería seguir intentando superar la tarea de mayor dificultad.*

45. *¿En qué punto se puede considerar que el alumno debe abandonar una tarea? Es decir, ¿se podría establecer un número máximo de sesiones de trabajo a partir del cual no tenga mucho sentido que el alumno siga trabajando en una configuración, bien sea porque no puede llegar a superarla, bien sea porque ya la ha superado y lleva mucho tiempo trabajando con ella? No, debido a la gran variabilidad de situaciones de aprendizaje no se considera conveniente que el sistema establezca límites de sesiones.*

46. *Un alumno ha obtenido un porcentaje de aciertos comprendido entre el 25% y el 75% en una determinada configuración, ¿en este caso el sistema debería recomendar seguir trabajando en la misma configuración? sí,*

47. ¿que debería ocurrir si el alumno ya ha superado otra tarea con mayor nivel de dificultad? si la ha superado con posterioridad se puede continuar con tareas de mayor nivel de dificultad,
48. ¿y si ya ha trabajado con otra tarea de menor dificultad y no la ha conseguido superar? en todo caso, lo más significativo será la tarea más reciente. Por lo tanto si la última tarea en la que ha trabajado es la de menor nivel de dificultad que no ha podido superar, deberá seguir con esta tarea.

Otros factores difíciles de controlar

49. *A un niño de corta edad se le recomienda jugar con dos estímulos dentro del juego Percepción espacial. Este niño tiene unas capacidades por encima de la media de su edad. En este caso ¿podría ser posible jugar con 3 estímulos? ¿y con 4? Desde luego, se trata de recomendaciones basadas en un perfil general pero el profesor debe ajustar el nivel de dificultad a las características individuales de cada alumno.*
50. *A un niño se le recomienda, de acuerdo con su perfil, jugar con 4 estímulos. Sin embargo, el desarrollo madurativo del niño está por debajo de su edad. En este caso ¿seguiría siendo factible jugar con 4 estímulos? ¿y con 3? ¿y con 2? Dependerá del desempeño en la tarea.*
51. *Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas en las dos preguntas anteriores ¿Aunque, en principio, se recomiende una de las configuraciones como la más adecuada para un problema específico, podrían descartarse las no recomendadas con total seguridad? No; como se ha explicado nunca se podrán tener en cuenta todos los factores, por lo que no se puede descartar de forma absoluta ninguna otra alternativa,*

Anexo VII: Sistema recomendador. Base de conocimiento

En el recomendador diseñado para EVIN una tarea de recomendación consiste en identificar aquellas configuraciones de un juego concreto que mejor se ajusten a las necesidades del alumno en base a su perfil.

En el resto del Anexo se especifica la base de conocimiento del subsistema filtro de dicho recomendador. Esta base de conocimiento se ha estructurado siguiendo el modelo descrito en [Jannach et al., 2010] particularizado al dominio de la estimulación visual.

La especificación se ha realizado tanto en lenguaje natural, como en el lenguaje formal FOL extendido con funciones y con el concepto de *individuos abstractos* (del inglés *abstract individuals*) [Brachman & Levesque, 2004]. Los aspectos básicos de este lenguaje son:

- *Notación.* Los cuantificadores y los operadores lógicos (conjunción, disyunción, negación, igualdad, implicación...) son los habituales para la lógica de predicados de primer orden. El nombre de los predicados siempre comienza con una letra mayúscula. Las variables constan de una sola letra minúscula y las constantes siempre empiezan con una letra minúscula.
- *Funciones.* Éstas siguen la notación usual de las funciones matemáticas y su nombre siempre comienza con una minúscula, pudiendo tomar cualquier número de argumentos. Las funciones en FOL son totales. Es decir, para todo x perteneciente al dominio de una función f , debe existir un y , tal que $f(x) = y$.
- *Individuos abstractos.* La idea consiste en tratar las abstracciones como si fueran realidades. De esta forma, se pueden declarar hechos con entidades abstractas, en lugar de asignarles valores concretos. añadiendo así flexibilidad al lenguaje. Esta característica resulta de utilidad para definir

objetos cuya estructura es variable y/o desconocida a priori, así como para mapear dichos objetos con los resultados de una consulta en la base de datos. El nombre de estas entidades abstractas comienza con una letra minúscula seguida de un número entero. Un ejemplo de uso se puede ver en el apartado de la base de conocimiento *Condiciones de la configuración* (C_{CONF}) en el que se declaran las configuraciones existentes para el juego Percepción espacial.

Por último, cabe señalar que en la definición de reglas se ha presupuesto la existencia de predicados referentes a los tipos básicos habitualmente predefinidos en un lenguaje de programación de alto nivel como Integer, Float, Date, etc..., así como las usuales operaciones de comparación entre ellos, incluyendo las referentes a fechas.

Base de conocimiento

La base de conocimiento del recomendador incluye dos conjuntos de variables V , V_S y V_{CONF} , que describen el perfil del alumno y las características de las configuraciones de un juego. Por otra parte, tres conjuntos de restricciones C , C_R , C_F y C_{CONF} , definen qué configuración de un determinado juego debería recomendarse a un alumno teniendo en cuenta su perfil.

La recomendación resultante, RES, es consistente y es el resultado de resolver el problema de solución de restricciones: $V = V_S \cup V_{CONF}$, $D =$ dominios finitos de las variables en V , $C = C_R \cup C_F \cup C_{CONF} \cup REQ$ (requisitos del alumno).

Variables.

Propiedades del alumno (V_S).

El perfil del alumno se ha determinado a partir de las preguntas realizadas al experto (Anexo VI, números 1 a 24 ambos inclusive). Un perfil se compone de la edad (año y mes de nacimiento), patología, agudeza visual, campo visual y, en su

caso, de los resultados obtenidos hasta el momento al utilizar cualquiera de los juegos del sistema. Cada uno de estos resultados contiene información sobre: el juego y la configuración utilizados, el número de sesiones realizadas, la fecha de la sesión más reciente, el porcentaje medio de aciertos y el tiempo medio empleado en las tareas ejecutadas durante dichas sesiones.

El nivel de dificultad y el tamaño de estímulo más adecuados también son características del perfil y se pueden derivar a partir de la edad, de la agudeza visual y/o del campo visual del alumno, determinándose en tiempo de ejecución. Estos datos son independientes del juego concreto y se usarán para averiguar qué configuraciones de un juego podrían ser las más apropiadas para dicho alumno, siempre y cuando éste no se haya entrenado todavía lo suficiente con este juego (arranque en frío). En caso contrario, los resultados obtenidos durante los entrenamientos son los que se utilizarán para realizar las recomendaciones.

La edad de un alumno es suficiente para determinar qué nivel/es de dificultad y qué tamaño/s de estímulo se pueden recomendar a ese alumno. Puesto que es obligatorio especificar la fecha de nacimiento de un alumno cuando se le registra en el sistema, esta información siempre estará disponible, minimizando así el problema del arranque en frío.

```
Vs = { birth_year(1900 ... current_year),
        birth_month(1 ...12),
        visual_acuity(not specified, < 0.1, 0.1 ... 0.3, > 0.3),
        visual_field(not specified, central, less than 10° ; central, 10° - 30° ; central or
                    paracentral scotoma; no_alterations),
        scores[id_conf(1..1000),
              session_total_number(0 ...1000),
              last_session_date(yy/mm/dd)
              correct_choice_average(0 ...100),
              mean_time(0 ...100)
        ],
        size_of_stimuli(small, medium, large),
        level_of_difficulty(easy, medium, difficult)}
```

/* Reglas para describir y establecer el perfil del alumno */

/* Estos datos del alumno siempre tienen algún valor, aunque sea por defecto */

$$\forall x \exists y \exists z \exists v \exists w [Pupil(x) \supset birth_year(x) = y \wedge birth_month(x) = z \wedge visual_acuity(x) = v \wedge visual_field(x) = w]$$

/* Cálculo de la edad del alumno en meses */

$$ageInMonths(x) = (current_year - birth_year(x)) * 12 + (current_month - birth_month(x))$$

/* Diferentes intervalos de edades de los alumnos */

/* 3 - 4 años */

$$\forall x [ThreeOrFour(x) \supset Pupil(x) \wedge ageInMonths(x) \geq 36 \wedge ageInMonths(x) < 60]$$

/* 5 años */

$$\forall x [Five(x) \supset Pupil(x) \wedge ageInMonths(x) \geq 60 \wedge ageInMonths(x) < 72]$$

/* 6 años o más */

$$\forall x [SixOrMore(x) \supset Pupil(x) \wedge ageInMonths(x) \geq 72]$$

/* Campo visual reducido (menor de 10°) */

$$\forall x [DecreasedVisualField(x) \supset Pupil(x) \wedge visual_field(x) = \text{less than } 10^\circ]$$

/* Agudeza visual por debajo de 0.1 */

$$\forall x [LowVisualAcuity(x) \supset Pupil(x) \wedge visual_acuity(x) < 0.1]$$

/* Alumno con campo visual reducido, pero cuya agudeza visual es superior a 0.1 o desconocida.

*/

$$\forall x [JustDecreasedVisualField(x) \supset DecreasedVisualField(x) \wedge \neg LowVisualAcuity(x)]$$

/* Alumno con agudeza visual por debajo de 0.1, pero cuyo campo visual no está reducido en menos de 10° o cuyo valor se desconoce.

*/

$$\forall x [JustLowVisualAcuity(x) \supset \neg DecreasedVisualField(x) \wedge LowVisualAcuity(x)]$$

/* Restricción de tipo. Los valores promedio de los resultados de un alumno siempre deben indicar a qué alumno se refieren y a qué configuración corresponden.

*/

$$\forall x \forall y \forall z [SessionTotalNumber(x, y, z) \supset Configuration(x) \wedge Pupil(y) \wedge Integer(z)]$$
$$\forall x \forall y \forall z [LastSessionDate(x, y, z) \supset Configuration(x) \wedge Pupil(y) \wedge Date(z)]$$

$\forall x \forall y \forall z [\text{CorrectChoiceAverage}(x, y, z) \supset \text{Configuration}(x) \wedge \text{Pupil}(y) \wedge \text{Float}(z)]$

$\forall x \forall y \forall z [\text{MeanTime}(x, y, z) \supset \text{Configuration}(x) \wedge \text{Pupil}(y) \wedge \text{Float}(z)]$

/* Determinar el tamaño de estímulo más apropiado para cada alumno, basándose en su edad, pero dando prioridad a los datos sobre agudeza y campo visual, en caso de que existan.

*/

/* Un alumno con el campo visual reducido necesitará un tamaño de estímulo pequeño. */

$\forall x [\text{SizeOfStimuli}(x, \text{small}) \supset \text{JustDecreasedVisualField}(x) \vee \text{SixOrMore}(x)]$

/* Si un alumno presenta un campo visual reducido y, al mismo tiempo, una baja agudeza visual, se le recomienda un tamaño de estímulo mediano.

*/

$\forall x [\text{SizeOfStimuli}(x, \text{medium}) \supset (\text{DecreasedVisualField}(x) \wedge \text{LowVisualAcuity}(x)) \vee \text{Five}(x)]$

/* Un tamaño de estímulo grande es adecuado, en principio, para agudezas visuales bajas.

*/

$\forall x [\text{SizeOfStimuli}(x, \text{large}) \supset \text{JustLowVisualAcuity}(x) \vee \text{ThreeOrFour}(x)]$

/* Determinar el nivel de dificultad más apropiado para cada alumno (fácil, dificultad media, difícil), basándose en su edad.

*/

$\forall x [\text{LevelOfDifficulty}(x, \text{easy}) \supset \text{ThreeOrFour}(x)]$

$\forall x [\text{LevelOfDifficulty}(x, \text{medium}) \supset \text{Five}(x)]$

$\forall x [\text{LevelOfDifficulty}(x, \text{difficult}) \supset \text{SixOrMore}(x)]$

Propiedades del juego (V_{CONF}).

Describen cada una de las posibles configuraciones de los juegos incluidos en el sistema. Las preguntas realizadas al experto sobre este aspecto están en el Anexo VI (números 25 y 26). Una configuración es un conjunto de pares (parámetro, valor) relativos a un juego en particular. Por ejemplo, una posible configuración del juego Exploraciones sería: (número de estímulos = 4, tipo de recorrido = horizontal, tipo de tarea = colores). Cada configuración dispondrá de un identificador único.

Adicionalmente, cada configuración tendrá asociado un número entero cuyo objetivo es poder clasificarlas y establecer un orden entre ellas según su nivel de dificultad. Pueden existir dos o más configuraciones con el mismo nivel de dificultad.

```
VCONF = { id_conf(1..1000);
  game(exploration, facial_expressions, spatial_perception, puzzle,
        prominent_features);
  param1(val11, val12, ... val1o),
  param2(val21, val22, ... val2p), ...,
  paramn(valn1, valn2, ... valnq),
  donde n es el número de parámetros y o, p ... q es un número finito
  de valores de cada parámetro;
  order(1 ... n), donde n es el número de niveles de dificultad del juego}
```

/* Reglas para describir los juegos y sus configuraciones */

```
/* Propiedades de una configuración: identificador; nombre del juego
correspondiente; un conjunto de n pares (parámetro:valor), con n > 0 y el nivel de
dificultad de dicha configuración (un entero positivo).
*/
```

$$\forall x \exists g \exists y_{1,2,\dots,n} \exists z_{1,2,\dots,n} \exists v [\text{Configuration}(x) \supset \text{game}(x) = g \wedge \text{Game}(g) \wedge \\ \text{ParamVal}(x, y_1, z_1) \wedge \\ \text{ParamVal}(x, y_2, z_2) \wedge \dots \wedge \text{ParamVal}(x, y_n, z_n) \wedge \\ \text{order}(x) = v \wedge \text{Integer}(v)]$$

```
/* Juegos disponibles */
```

```
Game(exploration)
Game(facial_expressions)
Game(spatial_perception)
Game(puzzle)
Game(prominent_features)
```

Restricciones

Determinan qué configuración será recomendada en cada caso concreto.

Restricciones de compatibilidad (C_R).

Definen qué instanciaciones del perfil del alumno son válidas, especificando las incompatibilidades entre las diferentes variables de dicho perfil. Una restricción también se puede referir a una única variable, condicionando su inclusión o no en la

tarea de recomendación en función de su valor.

Las preguntas correspondientes realizadas al experto se pueden consultar en el Anexo VI, números 27 a 34 ambos inclusive.

Los resultados obtenidos por un alumno en sesiones anteriores siempre constituyen una información importante. Sin embargo, para que ésta sea significativa debe cumplir algunos requisitos básicos relativos al número mínimo de sesiones realizadas en una misma configuración. Este valor depende de cada juego.

/ Reglas para definir las restricciones de compatibilidad */*

/ Los resultados de un alumno sólo son significativos cuando se han realizado un número de sesiones suficiente que depende del juego utilizado.*

**/*

$\forall x \forall y \exists g \exists z \exists m [\text{ValidScores}(x, y) \supset \text{Configuration}(x) \wedge \text{Pupil}(y) \wedge \text{game}(x) = g \wedge$
 $\text{SessionTotalNumber}(x, y, z) \wedge$
 $\text{MinSessions}(g, m) \wedge z \geq m]$

/ Valor mínimo para el número de sesiones */*

$\forall g \forall x [\text{MinSessions}(g, x) \supset \text{Game}(g) \wedge \text{Integer}(x)]$

/ Hechos para el juego Percepción espacial */*

$\text{MinSessions}(\text{spatial_perception}, 1)$

Condiciones de filtro (C_F).

Definen las relaciones entre el perfil del alumno y las características de una configuración. Estas relaciones se especificarán mediante reglas que, durante el arranque en frío, asociarán el nivel de dificultad y el tamaño de estímulo más apropiado para un alumno con aquellas configuraciones del juego que se ajusten a estos requisitos. Si el alumno ya ha utilizado un juego con anterioridad, ésta información será prioritaria para recomendar la configuración más adecuada.

En el caso del arranque en frío, la información sobre el tamaño de estímulo será

prioritaria sobre el nivel de dificultad establecido para el alumno, ya que es un requisito indispensable asegurarse de que éste puede ver apropiadamente los estímulos. El filtro devuelve el número de orden que debe tener la configuración recomendada.

Las configuraciones están ordenadas mediante un número entero i (con i entre 1 y n) que establece su dificultad de menor a mayor. Pueden existir configuraciones con el mismo número de orden, al ser éstas equivalentes en cuanto a nivel de dificultad. En el caso de que el alumno ya se haya entrenado con el juego, la tarea del filtro consiste en determinar si la configuración recomendada será de orden inferior, igual o superior al de la última utilizada por el alumno.

Los criterios utilizados por el filtro para determinar el número de orden de la configuración recomendada son los siguientes y se han extraído a partir de las respuestas del experto a las preguntas contenidas en el Anexo VI (números 35 a 48 ambos inclusive):

- Se busca como referencia de partida la configuración con resultados significativos más reciente con la que ya se haya estado trabajando. Una vez localizada, se procede del siguiente modo en función de los resultados obtenidos por el alumno durante sus entrenamientos:
 - El alumno superó la tarea (más de un 75% de promedio de aciertos) → se recomendará el nivel superior, si existe. En caso contrario, se recomienda seguir en el mismo nivel.
 - El alumno está en proceso de poder llegar a superar la tarea (un promedio de aciertos mayor o igual al 25% y menor o igual al 75%) → se recomendará el mismo nivel.
 - El alumno no pudo superar la tarea (menos de un 25% de promedio de aciertos) → se recomendará el nivel inferior si existe. En caso contrario, se recomienda seguir en el mismo nivel.

/* Reglas para definir las condiciones de filtro */

/* Mapeo entre los tamaños de estímulo más adecuados para cada alumno y los disponibles en los juegos. Mientras los primeros son etiquetas (pequeño, mediano...) asociadas al perfil del alumno, los segundos son números enteros positivos que indican el número de estímulos que se visualizarán en la pantalla.

La siguiente regla es una restricción de tipos que expresa la posibilidad de que no todos los juegos proporcionen esta opción.

*/

$$\forall g \forall s \forall n [\text{SizeToNumberOfStimuli}(g, s, n) \supset \text{Game}(g) \wedge (s = \text{small} \vee s = \text{medium} \vee s = \text{large}) \wedge \text{Integer}(n) \wedge n > 0 \wedge \text{CanChangeNumberOfStimuli}(g)]$$
$$\forall g [\text{CanChangeNumberOfStimuli}(g) \supset \text{Game}(g) \wedge \exists x \exists y [\text{Configuration}(x) \wedge \text{game}(x) = g \wedge \text{ParamVal}(x, \text{number_of_stimuli}, y)]]$$

/* Esta regla establece la relación entre el tamaño de estímulo s y el número de orden n de la configuración del juego g que se ajuste a ese tamaño. Pueden existir varias soluciones.

*/

$$\forall g \forall s \forall n [\text{SizeToOrder}(g, s, n) \supset \text{Game}(g) \wedge \exists x [\text{SizeToNumberOfStimuli}(g, s, x) \wedge \exists y [\text{Configuration}(y) \wedge \text{game}(y) = g \wedge \text{ParamVal}(y, \text{number_of_stimuli}, x) \wedge \text{order}(y) = n]]]$$

/* Hechos para el juego Percepción espacial */

SizeToNumberOfStimuli(spatial_perception, small, 4)
SizeToNumberOfStimuli(spatial_perception, medium, 3)
SizeToNumberOfStimuli(spatial_perception, large, 2)

/* Mapeo entre los niveles de dificultad más adecuados para cada alumno y los disponibles en los juegos. Mientras los primeros son etiquetas (fácil, difícil...) asociadas al perfil del alumno, los segundos son números enteros positivos que establecen un orden entre las diferentes configuraciones de los juegos.

La siguiente regla es una restricción de tipos.

*/

$$\forall g \forall l \forall n [\text{LevelToOrder}(g, l, n) \supset \text{Game}(g) \wedge (l = \text{easy} \vee l = \text{medium} \vee l = \text{difficult}) \wedge \text{Integer}(n) \wedge n > 0]$$

/* Hechos para el juego Percepción espacial */

LevelToOrder(spatial_perception, easy, 1)
LevelToOrder(spatial_perception, medium, 2)
LevelToOrder(spatial_perception, difficult, 3)

/* Biblioteca de operaciones básicas sobre configuraciones. */

/* Determinar si una determinada tarea/configuración x ha sido completamente superada por el alumno y, si todavía no la ha superado o si ha obtenido un fracaso durante su realización.

*/

$$\forall x \forall y [\text{Successful}(x, y) \supset \text{ValidScores}(x, y) \wedge \exists z [\text{CorrectChoiceAverage}(x, y, z) \wedge z > 75.0]]$$
$$\forall x \forall y [\text{NotYetPassed}(x, y) \supset \text{ValidScores}(x, y) \wedge \exists z [\text{CorrectChoiceAverage}(x, y, z) \wedge z \geq 25.0 \wedge z \leq 75.0]]$$
$$\forall x \forall y [\text{Failed}(x, y) \supset \text{ValidScores}(x, y) \wedge \exists z [\text{CorrectChoiceAverage}(x, y, z) \wedge z < 25.0]]$$

/* Configuración x del juego más reciente en la que el alumno y ha estado trabajando. */

$$\forall x \forall y [\text{MostRecent}(x, y) \supset \text{ValidScores}(x, y) \wedge \exists z [\text{LastSessionDate}(x, y, z) \wedge \neg (\exists v \exists w [\text{ValidScores}(v, y) \wedge \text{game}(v) = \text{game}(x) \wedge \text{LastSessionDate}(v, y, w) \wedge w > z])]]$$

/* Primera y última configuración del juego g según su número de orden */

$$\forall g \forall x [\text{FirstConfiguration}(g, x) \supset \text{Configuration}(x) \wedge \text{game}(x) = g \wedge \text{order}(x) = 1]$$
$$\forall g \forall x [\text{LastConfiguration}(g, x) \supset \text{Configuration}(x) \wedge \text{game}(x) = g \wedge \neg (\exists y [\text{Configuration}(y) \wedge \text{game}(y) = g \wedge \text{order}(y) > \text{order}(x)])]$$

/* Configuraciones anterior y siguiente según el criterio del nivel de dificultad (orden).
Fracasan si x es la primera configuración o si es la última, dependiendo del caso.

*/

$$\forall x \forall y [\text{PreviousConfiguration}(x, y) \supset \neg \text{FirstConfiguration}(\text{game}(x), x) \wedge \text{Configuration}(y) \wedge \text{game}(y) = \text{game}(x) \wedge \text{order}(y) = \text{order}(x) - 1]$$
$$\forall x \forall y [\text{NextConfiguration}(x, y) \supset \neg \text{LastConfiguration}(\text{game}(x), x) \wedge$$

$$\text{Configuration}(y) \wedge \\ \text{game}(y) = \text{game}(x) \wedge \text{order}(y) = \text{order}(x) + 1]$$

/ Averigua si hay otras configuraciones con el mismo nivel de dificultad. */*

$$\forall x[\text{OthersInTheSameLevel}(x) \supset \text{Configuration}(x) \wedge \text{game}(x) = g \wedge \\ \exists y[\text{Configuration}(y) \wedge \text{game}(y) = g \wedge \\ \text{order}(y) = \text{order}(x)]]]$$

/ Número de orden inmediato anterior al de la configuración x. Fracasa si el número de orden de x es igual a 1.*

**/*

$$\forall x \forall y[\text{PreviousOrder}(x, y) \supset \neg \text{FirstConfiguration}(\text{game}(x), x) \wedge \text{Integer}(y) \wedge \\ y = \text{order}(x) - 1]$$

/ Número de orden inmediato posterior al de la configuración x. Fracasa si el número de orden de x es igual al número de orden más alto para este juego concreto.*

**/*

$$\forall x \forall y[\text{NextOrder}(x, y) \supset \neg \text{LastConfiguration}(\text{game}(x), x) \wedge \text{Integer}(y) \wedge \\ y = \text{order}(x) + 1]$$

/ Arranque en frío; no existen resultados del alumno en el juego actual. */*

$$\forall g \forall y[\text{ColdStart}((g, y) \supset \text{Game}(g) \wedge \text{Pupil}(y) \wedge \\ \neg(\exists x[\text{Configuration}(x) \wedge \text{game}(x) = g \wedge \text{ValidScores}(x, y)]))]$$

/ Recomendación para el caso del arranque en frío. Se mapea el tamaño de estímulo o el nivel de dificultad más apropiado para el alumno y en el juego g, con el nivel de dificultad x de dicho juego. Si hay información sobre el tamaño de estímulo sobre el alumno, ésta tiene prioridad para determinar el nivel de dificultad del juego.*

**/*

$$\forall g \forall y \forall x[\text{ColdStartRec}(g, y, x) \supset \exists s[\text{SizeOfStimuli}(y, s) \wedge \text{SizeToOrder}(g, s, x)] \\ \vee \\ \exists l[\text{LevelOfDifficulty}(y, l) \wedge \text{LevelToOrder}(g, l, x)]]]$$

/ Recomendación para el caso de que ya existan suficientes datos de entrenamiento. Tomando como referencia la configuración z utilizada más recientemente por el alumno y, las reglas son las siguientes:*

- Si el alumno y superó la configuración z → se recomienda el nivel de dificultad x inmediatamente superior o, si éste no existe, se recomienda el mismo nivel de dificultad de z.
- Si el alumno y no ha superado todavía la configuración z → se recomienda el mismo nivel de dificultad de z.
- Si el alumno y obtuvo malos resultados en la configuración z → se

recomienda el nivel de dificultad x inmediatamente inferior o, si éste no existe, se recomienda el mismo nivel de dificultad de z .

```

*/
∀g∀y∀x[NotColdStartRec(g, y, x) ⊃ ∃z[MostRecent(z, y) ∧
((Successful(z, y) ∧ (NextOrder(z, x) ∨ x = order(z)))
∨
(NotYetPassed(z, y) ∧ x = order(z)) ∨
(Failed(z, y) ∧ (PreviousOrder(z, x) ∨ x = order(z))))]]

```

/* El filtro devuelve el número de orden x de la configuración a recomendar al alumno y para el juego g , dependiendo de si se trata del arranque en frío o de si el alumno ya se ha entrenado con este juego.

```

*/
∀g∀y∀x[Recommendation(g, y, x) ⊃ Game(g) ∧ Pupil(y) ∧ Integer(x) ∧
(ColdStart(g, y) ∧ ColdStartRec(g, y, x) ∨
(¬ColdStart(g, y) ∧ NotColdStartRec(g, y, x))]

```

Condiciones de la configuración (C_{CONF}).

Definen las configuraciones relevantes que existen actualmente para un juego determinado. Aquí se han utilizado *individuos abstractos* en la forma propuesta en [Brachman & Levesque, 2004], explicada al comienzo de este Anexo.

/* Configuraciones para el juego Percepción espacial */

```

(Configuration(c1) ∧ game(c1) = spatial_perception ∧
ParamVal(c1, number_of_stimuli, 2) ∧
order(c1) = 1) ∨

```

```

(Configuration(c2) ∧ game(c2) = spatial_perception ∧
ParamVal(c2, number_of_stimuli, 3) ∧
order(c2) = 2) ∨

```

```

(Configuration(c3) ∧ game(c3) = spatial_perception ∧
ParamVal(c3, number_of_stimuli, 4) ∧
order(c3) = 3)

```

Requisitos del alumno (REQ)

Los requisitos del alumno serán instanciaciones del nivel de dificultad y del tamaño de estímulo más adecuados establecidos en tiempo de ejecución. Durante el

arranque en frío, estos valores se utilizarán para buscar aquellas configuraciones que encajen con dichos requisitos. Para este propósito, se asocian tamaños de estímulo y niveles del alumno con los números de orden de las configuraciones.

Sin embargo, hay otros muchos factores que pueden intervenir en la selección de la configuración más idónea para un alumno. Por esta razón, cuando existan datos de entrenamientos anteriores, serán estos los que se utilicen como referencia para realizar recomendaciones.

En todos los casos, el filtro devuelve el número de orden de la configuración a recomendar, la cual se buscará en la base de datos. Podría existir más de una solución dependiendo del juego en consideración. En el juego Percepción espacial esto no es posible, ya que cada configuración tiene un número de orden diferente y, además, el mapeo de los tamaños de estímulo y niveles del alumno con los números de orden de las configuraciones es uno a uno.