

Estimulación de sensopercepciones: Un enfoque educativo basado en inteligencia artificial.

Tatiana Méndez-Zapata^a, Freddy Quintuña-Barbecho^a, Vladimir Robles-Bykbaev^{a,b}, Paola Ingavélez-Guerra^a.

^a GI-IATa. Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Ingeniería,
Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja 12-30, Cuenca, Ecuador
kmendez@est.ups.edu.ec, fqintuna@est.ups.edu.ec, pcingavelez@ups.edu.ec

^b AtlantTIC Research Center for Information and Communication Technologies,
Department of Telematics Engineering,
University of Vigo, Vigo,
Spain vrobles@ups.edu.ec

Resumen. La estimulación temprana permite ayudar a mejorar significativamente diversas habilidades relacionadas con los pilares del desarrollo cognitivo de niños y jóvenes que sufren o no alguna forma de discapacidad. Actualmente los estudios llevados a cabo por la Organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial señalan que hace falta contar con más profesionales y recursos destinados a la atención de personas con discapacidad (con especial énfasis en los niños). Este panorama no dista en gran medida del que se vive en Ecuador, y por ello es latente la necesidad de incorporar herramientas basadas en TICs que trasciendan el ámbito netamente tecnológico e incluyan servicios sustentados en técnicas inteligentes. En tal virtud, en este artículo se presenta la primera etapa de un ecosistema de estimulación de sensopercepciones que se fundamenta en tres módulos independientes y que emplea redes neuronales para estimar el porcentaje de trabajo que se debe realizar con el paciente (niños, jóvenes o adultos) en cada uno de ellos. A fin de iniciar el proceso de validación del modelo se empleó un corpus de 60 casos reales para entrenar la red neuronal. Los resultados iniciales obtenidos son prometedores y permiten establecer los aspectos a mejorar para la implementación del módulo inteligente.

Palabras Clave: Sensopercepciones, Redes Neuronales, Discapacidad, Estimulación Temprana.

1.Introducción

Según las últimas estimaciones y estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial (BM) [1], actualmente en el mundo viven alrededor de mil millones de personas que sufren alguna forma de discapacidad. Asimismo, estas estimaciones señalan que existe una falta adecuada de servicios de rehabilitación, atención y terapia. En el Ecuador el Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades (CONADIS) señala que 397233 personas sufren discapacidad física, auditiva, intelectual, psicológica, visual y/o de lenguaje [2]. Dentro de este grupo de personas, existe una importante población conformada por niños y jóvenes que sufren diversos problemas relacionados con la comunicación y el lenguaje.

Dentro de la misma línea, si llevamos a cabo una revisión del estado del arte, podremos comprobar que a la fecha se han desarrollado diversas Tecnologías de Asistencia (TA) que buscan brindar soporte en la rehabilitación, inclusión o apoyo educativo de estas personas. Sin embargo, no todas las herramientas desarrolladas poseen un esquema inteligente que a más de brindar apoyo a las personas con discapacidad, provea soporte eficiente a los terapeutas o profesionales de la educación especial. Por ello, en este artículo se presenta el diseño de una herramienta que actualmente desempeña dos aspectos fundamentales: estimulación y rehabilitación a través de las sensopercepciones para el “*Centro de Atención Integral de Personas con Discapacidad*”, de la ciudad de Cuenca. El enfoque propuesto plantea el uso de módulos independientes capaces de brindar soporte, proponer nuevos ejercicios automáticamente y registrar las actividades desarrolladas por los usuarios de la sala en las siguientes áreas:

- Discriminación de objetos, percepción, memoria y concentración.
- Resolución de problemas.
- Percepción auditiva, asociación.
- Estimulación de la motricidad gruesa y fina.

Para llevar a cabo las tareas antes mencionadas, se emplea un enfoque basado en redes neuronales que permite organizar las sesiones de terapia que se llevan en centro de acuerdo a las áreas a estimular. Para ello, y dado un perfil específico del paciente, la red neuronal estima el porcentaje de tiempo que debe trabajarse cada uno de los tres módulos del sistema de estimulación de sensopercepciones.

El presente artículo se organiza como se detalla a continuación. En la sección 2 se revisan algunos trabajos relacionados con las salas de estimulación de sensopercepciones. En la sección 3 se presenta información relevante de la institución de educación especial y rehabilitación donde se implementará el sistema. La propuesta planteada en base a técnicas inteligentes se describe en la sección 4. Los resultados preliminares del proceso inicial de evaluación se analizan en la sección 5. Finalmente, las conclusiones y discusión son expuestas en la última sección.

2.Trabajo relacionado

En el ámbito de la Estimulación de Sensopercepciones (ES) se han desarrollado diversas investigaciones que buscan brindar soporte para desórdenes y discapacidades específicas. En el área de la demencia se han conducido estudios que buscan analizar el efecto que tiene la ES a través de salas Snoezelen en pacientes que sufren de este desorden [3]. Los resultados muestran que se debe continuar con la investigación y que efectivamente existe potencial en el uso de esta tecnología.

En ámbito psicológico se ha empleado terapia Snoezelen para brindar soporte, combatir el estrés y rehabilitar el estado anímico de veteranos de guerra (Vietnam) Con este tratamiento se demostró que existe una importante mejora en la estabilidad emocional y las habilidades cognitivas de pacientes que presentan inestabilidad emocional debida a los combates de la guerra [4].

En [5] se explora el potencial que poseen las salas y módulos de ES como elementos potenciadores de las actividades lúdicas y terapéuticas. En este estudio participaron 12 asociaciones/cooperativas de ayuda social y 1 escuela pública. Para ello, se realizaron entrevistas a 8 terapeutas ocupacionales, 2 profesionales de la educación especial, un psicoterapeuta y un técnico de educación y rehabilitación. Estos profesionales presentan una experiencia promedio de 6 años usando salas de ES. Los resultados de la investigación indican que este tipo de salas pueden ser empleadas como una herramienta terapéutica para una amplia gama de pacientes (niños, jóvenes y adultos) y con diversas condiciones de salud (autismo, discapacidad intelectual, síndrome de Down, parálisis cerebral, etc.).

Otro campo de la salud y la rehabilitación donde se ha podido constatar la efectividad de la ES empleando salas Snoezelen, es el de tratamiento del Alzheimer. En [6] se presenta un estudio que analiza los efectos de esta terapia en un conjunto de 90 pacientes divididos en 2 grupos (control y experimental). Dentro de esta investigación se realizaron evaluaciones en 3 ocasiones: antes, durante y después de realizar las sesiones de terapia. Los resultados evidencian que los pacientes que se sometieron a la estimulación tuvieron mejoras en su calidad de vida, especialmente en los siguientes aspectos: actividad física, cuidado personal, depresión, ansiedad, función sexual y social, satisfacción con la vida y función intelectual.

Asimismo, la rehabilitación y tratamiento a través de ES en pacientes adultos con retraso mental y autismo profundos ha sido un campo de estudio en los últimos años. En [7] se presenta un importante estudio realizado en 27 pacientes. Para ello, se registró a lo largo de 20 sesiones en una sala Snoezelen, el comportamiento que tenían dichos pacientes durante la estimulación. Los resultados del estudio permiten concluir que los pacientes con autismo disminuyeron notablemente su comportamiento disruptivo, mientras que los pacientes que sufren de retraso mental profundo y con bajas habilidades motoras y lingüísticas incrementaron sus habilidades sociales.

Tomando como base estos trabajos, podemos anotar que la ES se constituye en un área en el que se debe continuar con los procesos de investigación. Asimismo, es fundamental destacar que todos los estudios realizados muestran que el uso de estas tecnologías tiene un efecto positivo en el tratamiento de ciertos desórdenes y la estimulación de los sentidos permite mejorar en diversos aspectos la calidad de vida de los pacientes.

3. Centro de Atención Integral de Personas con Discapacidad.

El Centro de Atención Integral de Personas con Discapacidad es una institución sin fines de lucro que acoge a niños, jóvenes y adultos con diversos tipos de discapacidad, comprendidos entre las edades de 12 a 45 años.

Debido a que muchos de ellos sufren discapacidad intelectual, su edad cognitiva varía entre los 4 y 10 años.

El centro se caracteriza por incorporar a los jóvenes en un ambiente laboral, buscando potenciar al máximo sus habilidades (enfoque por competencias). A fin de conocer las habilidades y el perfil de cada joven, se llevan a cabo diversos test que permiten evaluar varias áreas del conocimiento. La escala empleada en la evaluación

caracteriza a una habilidad como carente (si aún no aparece), emergente (se encuentra en su etapa más básica), en desarrollo (si está en su nivel inicial) o adquirida (si ya está en un nivel de madurez más avanzada). Cabe recalcar que todas las evaluaciones se conducen con el apoyo de un equipo multidisciplinario, donde colaboran psicólogos, terapeutas de lenguaje y médicos.

El centro organiza y agrupa a los pacientes en cuatro niveles (1 al 4), seleccionados por el porcentaje de discapacidad intelectual. En nivel 1 se ubica a los pacientes con discapacidad intelectual profunda, mientras que en el nivel 4 están aquellos que tienen discapacidad intelectual leve. En el nivel 1 se trabaja en las áreas de aprendizaje cognitivo básico (conocer objetos, actividades de la vida diaria, trabajo en memoria, etc.), mientras que en los niveles superiores el aprendizaje es cognitivo y práctico, desarrollando actividades que buscan que el paciente se involucre en el ambiente laboral.

En la Tabla 1 se puede apreciar un listado de las aulas, los pacientes que tiene cada una de ellas y las discapacidades más comunes que se tienen. En total existen 65 pacientes, registrados en el sistema y se están migrando los datos de los demás, por lo que el número real es de aproximadamente 80 niños y jóvenes.

Tabla 1. Distribución de los pacientes que son acogidos en el centro, de acuerdo a las 4 aulas de conocimiento.

<i>Aula</i>	<i>Discapacidades presentes</i>	<i>Total de pacientes</i>
1	Intelectual, Síndrome Down, Física, Síndrome de Asperger	16
2	Intelectual, Síndrome de Asperger	15
3	Intelectual, Auditivo, Física, Síndrome de Asperger	16
4	Intelectual, Auditivo, Física	18

4. Estimulación de sensopercepciones e inteligencia artificial: un enfoque diferente.

En este apartado se presenta la propuesta del sistema de estimulación de sensopercepciones que se está desarrollando y las pruebas iniciales realizadas en base a la red neuronal y a los perfiles de los 60 pacientes con los que se está trabajando y que ya se tienen digitalizados.

La Figura 1 ilustra de forma general el esquema propuesto para brindar soporte y rehabilitación de niños y jóvenes con discapacidad que acuden al centro integral de atención. Dentro de los elementos más importantes que podemos destacar, se encuentran los siguientes:

- *Módulos de estimulación de sensopercepciones:* estos 3 módulos permiten realizar la estimulación de las áreas de discriminación de objetos, percepción, memoria y concentración, resolución de problemas, percepción auditiva, asociación y estimulación de la motricidad gruesa y fina. Para ello, emplean imágenes, sonidos, ejercicios, juegos y actividades recreativas. Cada módulo funciona de forma independiente, está constituido por elementos de *hardware* y *software* y registra la actividad que se lleva a cabo dentro del mismo.
- *Perfil de los pacientes con discapacidad:* a fin de que el sistema sea capaz de generar un plan de trabajo para los pacientes, se debe analizar el perfil de cada uno, determinando habilidades y áreas que es necesario trabajar. Para ello, se almacena la siguiente información: datos personales (nombres, apellidos, edad cronológica), datos médicos (discapacidad que sufre, trastornos asociados) y evaluación inicial en cada área de desarrollo (detalles en el siguiente punto).
- *Áreas:* constituyen los ejes fundamentales en los que se evalúa a los pacientes. Para realizar la evaluación se emplea una escala de 1 (más baja) a 4 (más alta) puntos y las principales áreas son las siguientes: sensopercepciones (percepción visual, auditiva, gustativa, olfativa y táctil), cognitiva (atención, memoria visual y auditiva, esquema corporal, lateralidad, conceptos nocionales), comunicación (lenguaje comprensivo y expresivo, funciones de la comunicación), actividades de la vida diaria (alimentación, aseo, vestimenta, tareas del hogar), habilidades sociales, habilidades pre-vocacionales y hábitos de trabajo.
- *Habilidades y Plan Educativo:* otro aspecto que el sistema experto debe analizar es el relacionado con las habilidades que posee el paciente y el plan educativo a cumplir. Para ello, la evaluación inicial permite establecer qué es capaz de realizar el paciente, partiendo del enfoque por competencias. El plan educativo es determinado por la institución donde se utilizará el sistema, y contiene información relacionada con contenidos educativos y pedagógicos, organizados de acuerdo al nivel en que se encuentran los pacientes.
- *Sistema Experto:* el sistema experto está conformado por 2 elementos fundamentales, una red neuronal y un sistema basado en casos. En este trabajo se analizará la parte relacionada con la red neuronal, que es la encargada de determinar y distribuir el trabajo que debe realizar cada paciente con los módulos de estimulación de sensopercepciones.
- *Reporte:* contiene los resultados que se han obtenido luego de realizar la terapia de estimulación usando los 3 módulos. Como se puede apreciar, provee información del rendimiento del paciente en las áreas de asociación, discriminación, sensopercepciones, memoria, concentración, resolución de problemas.
- *Planificación:* la planificación contiene la información del tiempo de trabajo que debe realizar el paciente con un módulo específico de la sala, así como las actividades a desarrollar. Este cálculo es conducido por la red neuronal.

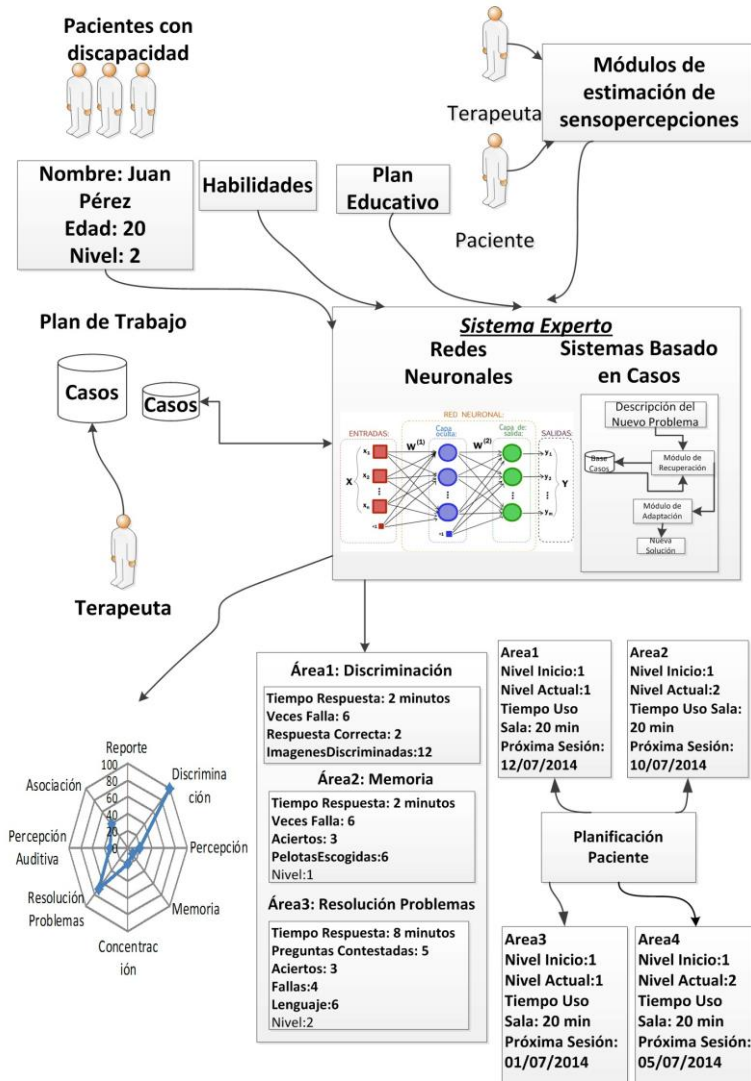


Fig. 1. Esquema general del ecosistema de estimulación de sensopercepciones basado en técnicas de inteligencia artificial (redes neuronales). Se pueden apreciar los diferentes elementos que se consideran para realizar la planificación de actividades.

4.1 Corpus de pruebas

Como se había mencionado anteriormente, el corpus de entrenamiento que se usó con la red neuronal tiene un total de 60 casos. De este grupo se divide al corpus en 70% de las muestras (por cada nivel) para entrenamiento y el restante 30% para pruebas. A continuación podemos apreciar un breve resumen de las características más relevantes del corpus de datos empleado para realizar el entrenamiento y validación inicial de la red neuronal:

- *Variables de entrada:* son 42 y caracterizan las habilidades específicas de cada paciente, de acuerdo a las áreas mencionadas en la sección anterior.
- *Valor mínimo y máximo de las variables:* 1 y 4.
- *Salidas esperadas:* 3, conteniendo el nivel de trabajo que debe realizarse en cada módulo. Los valores de las salidas están comprendidos entre 0.0 y 1.0

4.2 Módulos de estimulación de sensopercepciones

El sistema propuesto se compone de 3 módulos de estimulación que se detallan a continuación:

Visor de imágenes interactivas

Este módulo busca estimular las áreas cognitiva, de sensopercepciones y de actividades de la vida diaria (ver Figura 2). Está conformado por 6 mini pantallas y 6 botones que deben pulsarse en función de las instrucciones que reciba el paciente. Los datos que se registran son el tiempo que tarda en responder, la cantidad de aciertos, qué respuestas elije y el área de trabajo.

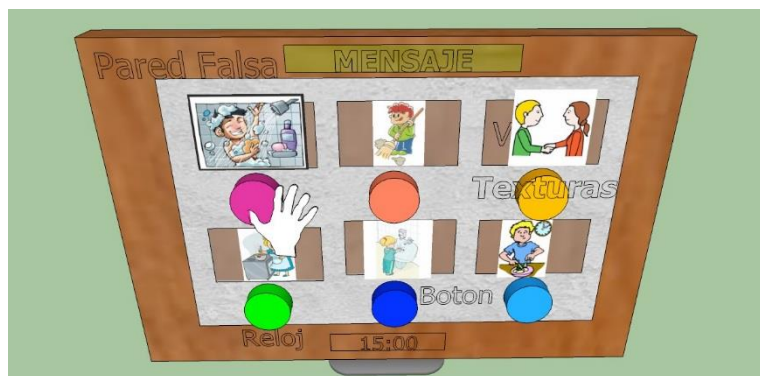


Fig. 2. Módulo “Visor de imágenes interactivas” que posee 6 mini pantallas que muestran diversas imágenes y videos interactivos para estimular la cognición, sensopercepción y el desarrollo de las actividades de la vida diaria en los pacientes.

Asimismo, es importante destacar que este módulo permite trabajar en actividades de discriminación de imágenes y sonidos, percepción visual y memoria. Dada su

naturaleza, la gestión de las imágenes, sonidos y videos se realiza de forma dinámica, ya que incorpora un procesador propio basado en la tecnología Raspberry Pi [8].

El tren del saber

Busca estimular las áreas relacionadas con la sensopercepción, hábitos de trabajo, cognición, habilidades sociales, actividades de la vida diaria y habilidades prevocacionales. Como se puede apreciar en la Figura 3, este módulo posee un camino con 3 puertas, donde se podrá avanzar en cada puerta si se responde o realiza correctamente una pregunta o actividad, respectivamente. Posee una mini pantalla que visualiza la pregunta a manera de texto, video y/o sonido e incorpora un procesador propio basado en la tecnología Raspberry Pi.

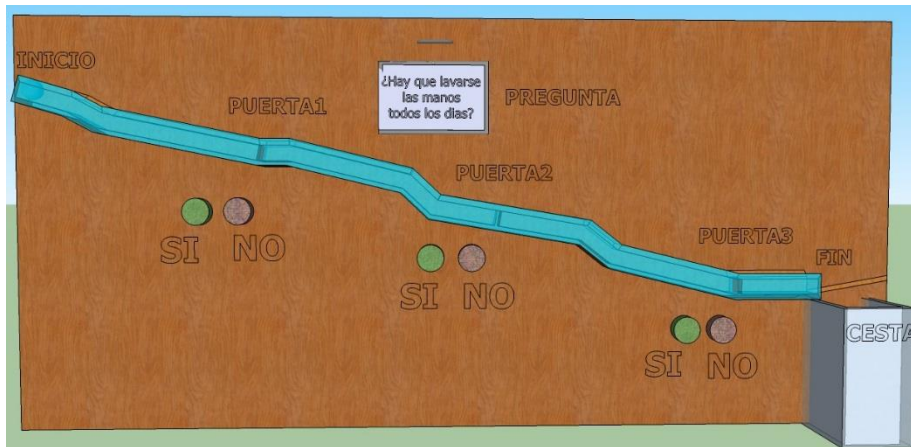


Fig. 3. Módulo “El tren del saber” que posee camino que se va recorriendo, y permite avanzar cuando se aciertan las preguntas y actividades planteadas.

Tubo de pelotas interactivo multietapa

Busca estimular las áreas relacionadas con la sensopercepción, cognición, las actividades de la vida diaria y los hábitos de trabajo. Como se puede apreciar en la Figura 4, este módulo se compone de tres elementos interactivos:

- *Tubo de pelotas:* este componente seleccionará al azar una pelota que contiene un código de barras. Dicho código estará asociado a una actividad, ejercicio o pregunta que se deberá realizar o responder.
- *Lector de códigos:* este elemento permite visualizar la pregunta, actividad o ejercicio empleando una mini pantalla. El usuario deberá acercar la pelota al lector y el sistema inmediatamente mostrará los datos correspondientes a la actividad a realizar.
- *Panel de actividades:* en este componente se deberá colocar la pelota seleccionada, emparejando el contenido con alguna de las 6 mini pantallas que posee el mismo. En cada mini pantalla se presenta un video, imagen y/o sonidos que guardan relación con la pelota seleccionada.



Fig. 4. Módulo “Tubo de pelotas interactivo multietapa” que posee 3 componentes interactivos: un tubo que selecciona de manera aleatoria una pelota con un código de barras, un lector que visualizará el contenido del ejercicio o pregunta y un panel donde se deberá colocar la pelota.

4.2 Diseño e implementación de la red neuronal

Una de las primeras actividades que se realizaron fue el procesamiento de los datos que se emplearían en la red neuronal. Para ello se normalizó las entradas de la red, de acuerdo al rango -1 a 1, dado que se usará la función “sigmoïdal tangencial”. Del mismo modo, las salidas fueron normalizadas a los rangos 0 a 1 y -1 a 1, a fin de analizar qué alternativa presentaba mejores resultados.

En la Figura 5 se puede apreciar la función sigmoïdal tangencial empleada para realizar el entrenamiento.

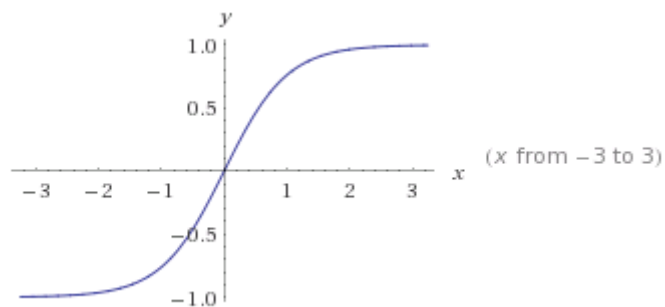


Fig. 5. Función de transferencia empleada para entrenar la red neuronal [9].

Asimismo, es importante destacar que se emplearon las configuraciones que se detallan en la Tabla 2 (para todas las pruebas se usaron 42 entradas y se considera la capa de entrada también como una capa más).

Tabla 2. Configuraciones empleadas para entrenar la red neuronal.

<i>Prueba</i>	<i>Capas</i>	<i>Neuronas Ocultas Capa 1</i>	<i>Neuronas Ocultas Capa 2</i>	<i>Salidas</i>	<i>Error Deseado</i>
1	3	5	--	3	0.0001
2	4	5	5	3	0.0001
3	3	7	--	3	0.0001

La red fue implementada empleando la librería FANN, que está desarrollada en C/C++, es de libre distribución y tiene las siguientes características [10]:

- Soporta redes multicapa
- Implementa 4 variantes del algoritmo Backpropagation (RPROP, Quickprop, Batch, Incremental)
- Soporta entrenamiento y validación de la metodología cascada
- Rápida (150 veces más rápida que otras librerías)

Se decidió emplear esta librería en virtud de que no es necesario incurrir en gastos para implementar el sistema final, aspecto que es de gran interés para instituciones sin fines de lucro y con presupuestos limitados.

4 Análisis de resultados obtenidos

Luego de realizar los entrenamientos, se llevaron a cabo las pruebas de validación correspondientes. Los resultados obtenidos para cada una de las pruebas realizadas se pueden apreciar en la Figura 6. Como se observa, se obtuvo un mejor nivel de precisión empleando la tercera configuración de la red neuronal (Prueba 3).

De igual forma, es importante mencionar que los valores que se presentan en la figura son los errores que obtiene cada configuración de red para cada uno de los módulos del sistema. A fin de calcular el error se restan los valores de la salida deseada de la salida que entrega por la red y luego se obtiene el valor absoluto.

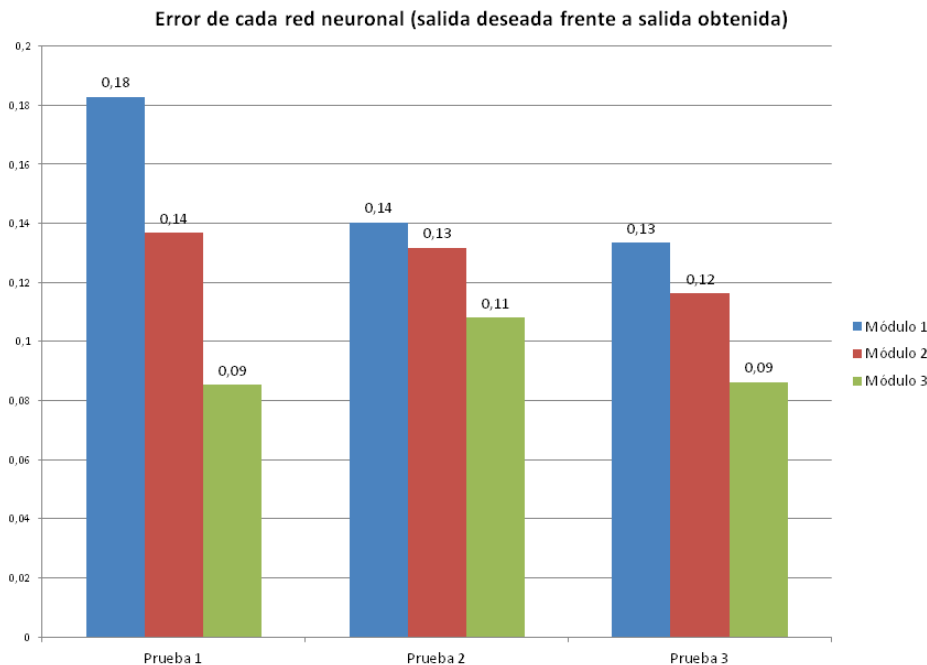


Fig. 5. Valor del error obtenido con las 3 configuraciones de red neuronal. El resultado se obtiene a través del valor absoluto de la resta entre la salida deseada y la salida obtenida. Los mejores valores se presentan para la Prueba 3.

En base a los valores obtenidos, podemos determinar que los niveles de error generales son: 0.4, 0.37 y 0.33 para las configuraciones 1, 2 y 3, respectivamente. Al aumentar el número de neuronas no siempre se puede disminuir el error, dado que existe un punto en el que se hace más complejo para la red ajustar los pesos de acuerdo a las salidas deseadas.

5. Conclusiones y trabajo futuro.

En este trabajo se ha presentado un ecosistema completo que emplea diversas herramientas para brindar soporte en la terapia y educación de niños y jóvenes con diversos tipos de discapacidad.

Como se puede apreciar, los resultados preliminares obtenidos nos permiten establecer que el esquema propuesto es válido, y que se debe enriquecerlo con información relacionada al perfil de los pacientes del centro. Asimismo, es importante destacar que al incorporar la información de los perfiles, se podrán establecer conjuntos de ejercicios más específicos, tomando como base las habilidades y limitaciones que presenta cada paciente.

Con respecto a las líneas de trabajo futuro, se plantean las siguientes:

- Realizar pruebas con otras técnicas sustentadas en inteligencia artificial, como son los árboles de decisión, los sistemas basados en casos y las redes bayesianas.
- Disminuir el nivel de error que arroja la red neuronal a través de la experimentación con otras configuraciones y funciones de transferencia.
- Incorporar la información del perfil de los pacientes empleando algún sistema de codificación.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud a la Eco. Irene Ludeña y al “*Centro de Atención Integral de Personas con Discapacidad*” del Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) por el apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo. La investigación presentada en este artículo forma parte del proyecto “Sistemas Inteligentes de Soporte a la Educación (SINSAE v. 2)” – CIDII 010213.

Referencias

1. World Health Organization (WHO) and World Bank: World Report on Disability, Malta, WHO Press (2011).
2. Consejo Nacional de Igualdad y de Discapacidades (CONADIS): Registro Nacional de Discapacidades. Ministerio de Salud Pública (2014).
3. Klages, K., Zecevic, A., Orange, J. B., Hobson, S.: Potential of Snoezelen room multisensory stimulation to improve balance in individuals with dementia: a feasibility randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, vol. 25, no. 7, pp. 607 a 616 (2011).
4. Lee, S. K., Lee, S. Y., Kim, M. K.: Snoezelen to Promote Improved Emotional Status in Stroke Caused by Defoliat Exposure in the Vietnam War: Case Study. *Open Journal of Pathology*, vol. 3, pp. 73 a 77 (2013)
5. Castelhana, N., Silva, F., Rezende, M., Roque, L., Magalhães, L.: Ludic Content in Multisensory Stimulation Environments: An Exploratory Study about Practice in Portugal. *Occupational therapy international*, vol. 20, no. 3, pp. 134 a 143 (2013)
6. Mahboubinia, M., Dalvandi, A., Nourozi, K., Mahmoudi, N., Sadat Safavi, S., & Hosseinzadeh, S.: The effect of Multi Sensory Stimulation (MSS) on cognitive disturbances and quality of Life of male patients with Alzheimer’s disease. *Iranian Rehabilitation Journal*, vol. 10, no. 15, pp. 50 a 55 (2012).
7. Fava, L., Strauss, K.: Multi-sensory rooms: comparing effects of the Snoezelen and the Stimulus Preference environment on the behavior of adults with profound mental retardation. *Research in developmental disabilities*, vol. 31, no. 1, pp. 160 a 171 (2010).
8. Raspberry PI Foundation: What is a Raspberry PI?, <http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>
9. WolframAlpha computational knowledge engine, <http://www.wolframalpha.com/>
10. FANN: Fast Artificial Neural Network Library, <http://leenissen.dk/fann/wp/>