



## EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RAZONAMIENTO ANALÓGICO BASADA EN RED DE PETRI DIFUSA

Cecilia Gabriela Velázquez Ruíz<sup>a</sup>, L.A. Morales Rosales<sup>a</sup>, R.A. Meléndez Armenta<sup>a</sup>,

<sup>a</sup>Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Misantla, Veracruz, [cgabriellavr@gmail.com](mailto:cgabriellavr@gmail.com),  
[lamorales@itsm.edu.mx](mailto:lamorales@itsm.edu.mx), [ramelendeza@itsm.edu.mx](mailto:ramelendeza@itsm.edu.mx)

### RESUMEN

A través del proceso de razonamiento por analogías, los niños pequeños exploran las características más destacadas de un objeto menos conocido y tratan de darle sentido esbozando similitudes con un objeto más familiar. Sin embargo, la aplicación de conocimientos de un contexto a otro puede ser un problema difícil para ellos y pueden llegar a necesitar orientación para entender el objetivo de la analogía. Apoyar el desarrollo del razonamiento analógico ayuda a los niños a ser más innovadores y adaptativos por lo cual este trabajo de investigación presenta el desarrollo de una aplicación móvil para la evaluación de razonamiento analógico mediante ejercicios basados en la subprueba de “Matrices” del WISC-IV para niños con edad entre 6 y 8 años, donde las opciones de respuesta se mostrarán usando Realidad Aumentada. La evaluación de la capacidad para resolver la analogía se realizará mediante una red de Petri Difusa, donde los movimientos permitidos sobre los objetos virtuales serán los estados de entrada de la red y el estado de salida será un factor cognitivo asociado a esos movimientos. Con el análisis de la red de Petri Difusa se pretende detectar problemas en la capacidad de resolver analogías visuales.

### 1. INTRODUCCIÓN

La analogía es un medio para que las personas aprendan acerca de las nuevas situaciones con base a su conocimiento previo del mundo [1]. Aplicar conocimientos de un contexto a otro es un problema difícil para niños (entre 5 y 6 años de edad) y pueden necesitar orientación cuando tratan de hacer comparaciones relacionales entre dominios para obtener conclusiones de la analogía [2], aunque si posean las capacidades cognitivas y de comprensión para responder correctamente. Se ha demostrado que el razonamiento analógico es fundamental para el desarrollo del lenguaje, clave para el aprendizaje científico y un marcador de pensamiento creativo y crítico [3]. Apoyar el desarrollo del razonamiento analógico ayuda a los niños a ser más innovadores y adaptativos [4].

El poder medir la capacidad de resolver problemas de analogías para determinar si se genera nueva información o se comprende lo que se tiene que resolver se plantea en este trabajo de investigación en el que el objetivo es desarrollar una aplicación móvil para la evaluación de razonamiento analógico a través de ejercicios basados en la subprueba “Matrices” de la Escala de Inteligencia de Wechsler 4ta versión para niños entre 6 y 8 años, donde las opciones de respuesta se mostrarán usando de Realidad Aumentada. Los movimientos sobre los objetos virtuales: traslación, rotación y escalamiento representarán los estados de entrada de la red de Petri Difusa, relacionados a su comportamiento. Los estados de salida representarán un factor cognitivo (discriminación visoperceptual, organización visoperceptual, procesamiento visual y capacidad espacial) asociado a los movimientos que vinculados a la capacidad de razonamiento para resolver analogías visuales.



La organización de este trabajo es la siguiente: en la sección 2 se presenta el estado del arte. En la sección 3 la solución que se propone. La sección 4 describe los resultados que se han obtenido hasta el momento y en la sección 5 las conclusiones de este trabajo.

## 2. ESTADO DEL ARTE

Las investigaciones relacionadas al desarrollo y evaluación de razonamiento analógico, han abarcado desde el área de la psicología hasta el área de computación. Las investigaciones en el área de la psicología [5,6,7] se centran en desarrollar evaluaciones que muestren mejorías en el razonamiento analógico mediante el uso de diversos programas de entrenamiento y herramientas tecnológicas. Los trabajos que usaron herramientas tecnológicas como: juego digital [8], pantallas touch [9,11], seguimiento ocular [10], las aplicaron principalmente para demostrar que tras su uso mejoraron sus habilidades de razonamiento analógico.

Una tecnología emergente que está adquiriendo un fuerte impulso gracias a la reducción de costos en equipo y la fuerte utilización de los dispositivos móviles es la realidad aumentada, ya que permite mejorar la percepción, conocimiento e interacción con el mundo real [12]. Su aplicación en varias investigaciones [13,14,15,16,17] ha sido en el entrenamiento y/o rehabilitación de habilidades cognitivas. Los resultados que obtuvieron sirvieron como evidencia de las representaciones subyacentes en la memoria y los procesos que derivan [17], así como la utilización de habilidades espaciales intuitivas, acciones motoras y gestuales [15].

Por otro lado, el área de la computación se ha enfocado en el desarrollo de modelos de razonamiento analógico haciendo uso de diversas técnicas como lógica difusa [18] y redes neuronales [19], basándose en los procesos subyacentes identificados en este tipo de razonamiento, para modelar una variedad de fenómenos psicológicos y obtener información sobre la cognición humana [20]. Otra técnica aplicada a la representación de conocimiento, razonamiento difuso y aprendizaje es la teoría de redes de Petri [21]. La combinación de las redes de Petri con lógica difusa las convierte en una herramienta efectiva para la representación de conocimiento incierto sobre el estado o comportamiento de un sistema [22,23,24,25]. Modelos de diferentes tipos de redes de Petri han sido utilizadas para representar conocimiento, mecanismos de razonamiento para el análisis de comportamiento, así como modelar los estados cognitivos-afectivos con el objetivo de analizar la toma de decisiones de los usuarios, donde su implementación fue adecuada para capturar la incertidumbre del sistema [25] o describir el comportamiento de un sistema complejo [23,24].

## 3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En esta investigación se propone desarrollar una aplicación móvil con realidad aumentada para evaluar la capacidad de razonamiento analógico viso-perceptual mediante una red de Petri Difusa. La sub-prueba "Matrices" del WISC-IV que mide la capacidad de razonamiento analógico viso-perceptual, será la base para los modelos 3D de respuesta de los ejercicios que utilizará la aplicación. Estos objetos virtuales podrán ser manipulados a través de realidad aumentada, permitiendo realizar los movimientos de mover(trasladar), rotar o escalar (acercar o alejar).

Los movimientos básicos serán los que definirán el comportamiento que presentará la aplicación durante la resolución de los ejercicios, los cuales se definirán como los estados de entrada de la red de Petri. Los estados de salida estarán asociados a un factor cognitivo que mide la subprueba. La combinación de la red de Petri con lógica difusa, permitirá establecer las reglas de producción difusa que permitirán la evaluación y el disparo de las transiciones bajo ciertas condiciones.



#### 4. RESULTADOS

Los resultados que se han obtenido, hasta el momento, es la identificación y selección de los factores cognitivos asociados a la subprueba “Matrices”:

- ❖ procesamiento visual.
- ❖ organización viso-perceptual.
- ❖ discriminación viso-perceptual.
- ❖ capacidad espacial.

Los cuales, dada su relación con el componente visual, es parte fundamental en el desarrollo de la aplicación ya que han sido vinculados a los movimientos que se podrán realizar con realidad aumentada. La interacción con la aplicación es mediante imágenes y los movimientos sobre los objetos virtuales (trasladar, rotar y escalar) es posible a través de la pantalla táctil del dispositivo.

El comportamiento de la red de Petri está vinculado a estos movimientos ya que serán los permitidos para resolver los ejercicios. La información a registrar de los movimientos es:

- ❖ Traslación: dirección (arriba, abajo, izquierda y derecha).
- ❖ Rotación: ángulo de rotación ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ,  $91^{\circ}$ - $180^{\circ}$ ,  $181^{\circ}$ - $270^{\circ}$ ,  $271^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ).
- ❖ Escalamiento: tipo de escalamiento (acercar o alejar).

Los cuáles serán tomados como valores de los tokens para los estados de entrada. Las salidas de la red estarán vinculadas a un factor cognitivo, el cual estará definido en las reglas de producción difusa y que permitirá a realizar la evaluación al dispararse las transiciones de la red de Petri.

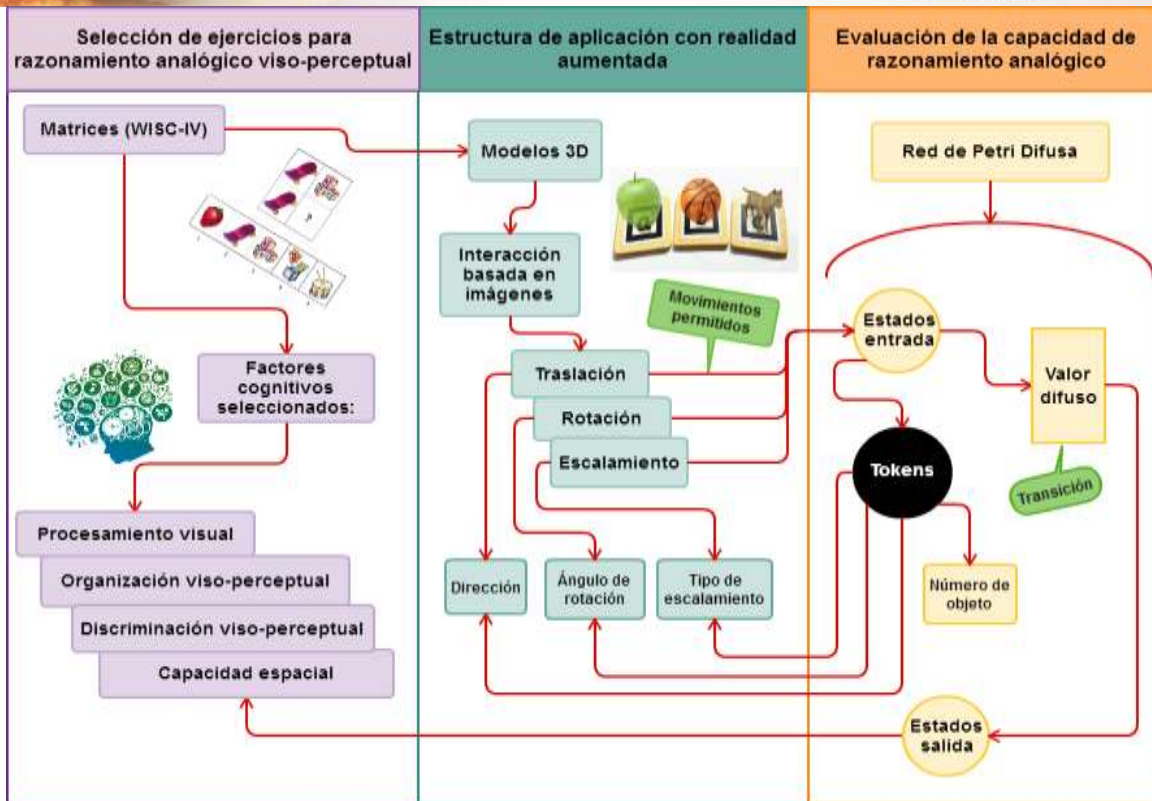


Figura 1. Proceso de desarrollo de la aplicación.



La red de Petri vista de manera gráfica se muestra en la Figura 2. La transición *Inicio* dará el comienzo de la evaluación por ejercicio a través de la red, donde uno de los estados de entrada: traslación, rotación o escalamiento recibirá los tokens (característica del movimiento y número de objeto que se esté movimiento).

Los estados de la red son alimentados por las variables difusas (traslación, rotación y escalamiento), donde su grado de pertenencia se refleja en los tokens disponibles para habilitar el disparo si se acerca a un valor límite predefinido.

Las transiciones serán interpretadas como implicaciones difusas en el cuál los valores de los estados de entrada se considerarán en las proposiciones y los valores de los estados de salida para las transiciones representarán su conclusión al evaluar la regla.

Los valores de las transiciones determinarán el disparo de las salidas, activado a partir de las implicaciones difusas. Las condiciones establecidas para los estados de salida (organización visoperceptual, procesamiento visual, discriminación visoperceptual) determinará el grado de relación causa-efecto con los estados de entrada al evaluar la red de Petri, que dependerá del tipo de ejercicio que realice el niño, por lo que no obtener las activaciones requeridas para su objetivo se interpretarán como un posible problema para resolver el ejercicio de analogía.

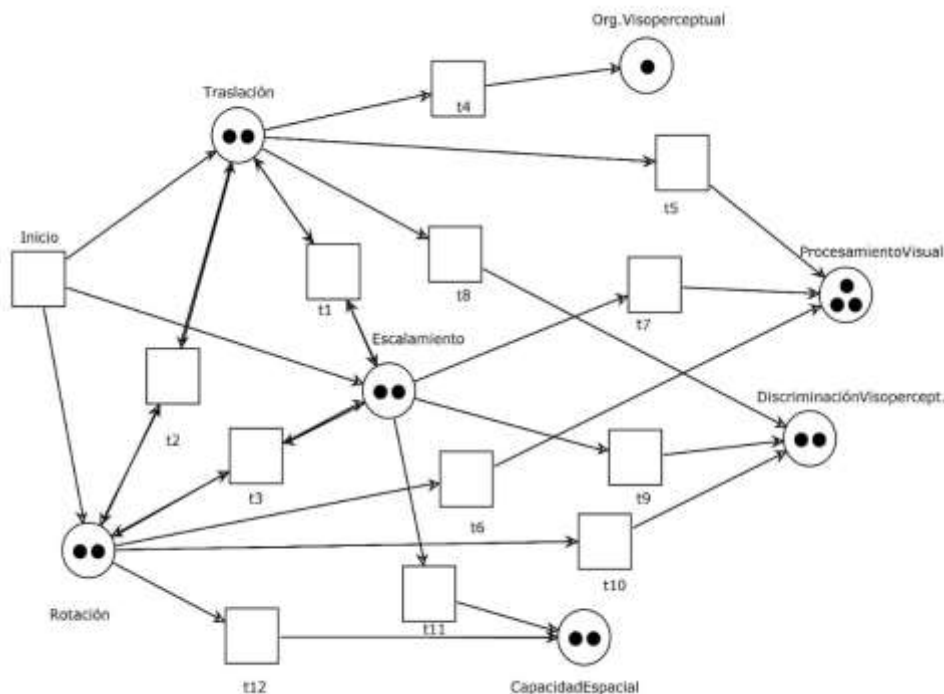


Figura 2. Red de Petri para evaluar la capacidad de razonamiento analógico.

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación, proponemos un modelo de red de Petri Difusa para realizar la evaluación de la capacidad de razonamiento visoperceptual mediante los movimientos realizados por un usuario en una aplicación con realidad aumentada, asociando sus respuestas a un factor



cognitivo implícito en la subprueba de “Matrices” de la Escala de Inteligencia de Wechsler 4<sup>ta</sup> versión.

La combinación de la red de Petri con lógica difusa a través de reglas de producción permitirá definir los valores límite para todas las transiciones de la red de Petri Difusa. Una transición es vista como una regla que representa un posible cambio de estado cuando sea usada y se produzca una acción, en este caso, la activación de los conceptos involucrados en el desarrollo de analogías. El no cambio de estado podría significar un posible problema en la resolución de los ejercicios de analogías.

## REFERENCIAS

- [1] R. Morrison, “Analogical Reasoning, Models of Development”, *Encyclopedia of the Mind* 2012, 2012.
- [2] S. Chiu, P. Alexander and Y. Tsai, “Developing an Interactive Tool to Assess Young Children’s Analogical Reasoning: Examining the Effect of Feedback”, *Chesapeake, VA: AACE*, 2013.
- [3] S. Chiu and P. Alexander, “Young Children’s Analogical Reasoning: The Role of Immediate Feedback”, *Journal of Psychoeducational Assessment*, Vol. 32,5, pp.417-428, 2014.
- [4] M. Vendetti, B. Matlen, L. Richland and S. Bunge, “Analogical Reasoning in the Classroom: Insights from Cognitive Science”, in *Int. Mind, Brain, and Education Society and Wiley Periodicals, Inc*, Vol. 9, 2, pp. 100-106, 2015.
- [5] S. Chiu, P.A Alexander and Y. Tsai, “Developing an Interactive Tool to Assess Young Children’s Analogical Reasoning: Examining the Effect of Feedback”, in *Proc. AACE World Conference on Educational Media and Technology 2013*, 2013, pp. 2413-2420.
- [6] S.B Nutley, S. Söderqvist, S. Bryde, L.B. Thorell, K. Humphreys and T. Klingberg, “Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning”, *Developmental Science*, Vol. 14, 3, pp. 591-601, 2011.
- [7] C.E. Stevenson, W.J. Heiser and W. C. Resing, “Dynamic Testing of Analogical Reasoning in 5- to 6-Year-Olds: Multiple-Choice Versus Constructed-Response Training Items”, *Journal of Psychoeducational Assessment*, Vol. 1, 16, 2016.
- [8] T.Y. Chuang, H.Y. Tseng, S.C. Liu and Y.L. Lin, “Digital game-based learning in improving students’ reasoning: A pilot study”, *Theory, Technologies and Applications, IET*, pp. 111-116, 2010.
- [9] C. Denaes, *Effects of an analogical reasoning touch screen computer test in individuals with disabilities* [online], ResearchGate, 2012, Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282879480\\_Effects\\_of\\_an\\_analogical\\_reasoning\\_touch\\_screen\\_computer\\_test\\_in\\_individuals\\_with\\_disabilities](https://www.researchgate.net/publication/282879480_Effects_of_an_analogical_reasoning_touch_screen_computer_test_in_individuals_with_disabilities).
- [10] J.P. Thibaut and R.M. French, “Analogical reasoning, control and executive functions: A developmental investigation with eye-tracking”, *Cognitive Development*, Vol. 38, pp.10-26, 2013.
- [11] W.C. Resing and J.G. Elliot, “Dynamic testing with tangible electronics: Measuring children’s change in strategy use with a series completion task”, *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 81, pp. 579-605, 2011.
- [12] R. Azuma, “A survey of augmented reality”, in *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6,4, pp. 355-385, 2011.
- [13] C. Kirner and T.G. Kirner, “Development of an Interactive Artifact for Cognitive Rehabilitation based on Augmented Reality”, in *Proc. IEEE International Conference on Virtual Rehabilitation*, Zurich, Switzerland, 2011, pp. 1-7.
- [14] C. Boletsis and S. McCallum, “Augmented Reality Cube Game for Cognitive Training: An Interaction Study”, *Studies in Health Technology and Informatics*, Vol. 200, pp. 81-87, 2014.
- [15] M.J. Kim and M.E. Cho, “Studying children’s tactile problem-solving in a digital environment”, *Thinking Skills and Creativity Elsevier*, Vol. 12, pp. 1-13, 2014.



- [16] I. Radu and B. MacIntyre, "Using Children's Developmental Psychology to Guide Augmented-Reality Design and Usability", in *Proc. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2012*, 2012, pp. 227 – 236.
- [17] S. Fleck, M. Hachet and J.M. Christian, "Marker-based augmented reality: Instructional-design to improve children interactions with astronomical concepts", in *Proc. IDC Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children '15*, 2015, pp. 21-28.
- [18] M.G. Voskoglou and I.Y. Subbotin, "Fuzzy Models for Analogical Reasoning", in *Int. Journal of Applications of Fuzzy Sets and Artificial Intelligence*, 2012, Vol. 2,1, pp. 19-38.
- [19] R.G. Morrison, L.A. Dumas and L. E. Richland, "A computational account of children's analogical reasoning: balancing inhibitory control in working memory and relational representation", *Developmental Science*, Vol. 14, 3, pp. 516–529, 2011.
- [20] Z. Suraj, "Knowledge Representation and Reasoning Based on Generalised Fuzzy Petri Nets", *Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*, pp.101 - 106, 2012.
- [21] B. Bostan-Korpeoglu and A. Yazici, "A fuzzy Petri net model for intelligent databases", *Data & Knowledge Engineering*, pp. 219-24, 2007.
- [22] M. Kouzehgar, M.A. Badamchizadeh and S. Khanmohammadi, "Fuzzy Petri Nets for Human Behavior Verification and Validation", in *Int. Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2011, Vol. 2,1.
- [23] Z. Zhang, S. Wang and S. Liu, "Dynamic Knowledge Inference and Learning of Fuzzy Petri Net Expert System Based on Self-Adaptation Learning Techniques", *4<sup>th</sup>. International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2007, pp. 377-381.
- [24] Q. Xu and F.Z. Jiao, "Affective-Cognitive Modeling for User Experience with Modular Colored Fuzzy Petri Nets", *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Vol. 11,1, 2011.
- [25] Y. Zhang, "A Collaborative Intelligent Hypermedia Model Based on Advanced Petri Nets", *3rd International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications (ISDEA)*, 2013 pp. 26-29.