



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

MAESTRÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RAZONAMIENTO ANALÓGICO BASADA EN REDES DE PETRI DIFUSAS.

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN:
SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**PRESENTA
I.S.C. CECILIA GABRIELA VELÁZQUEZ
RUÍZ**

**ASESOR:
M.I.A. ROBERTO ÁNGEL MELÉNDEZ ARMENTA.**

**CO-ASESOR:
DR. LUIS ALBERTO MORALES ROSALES**

MISANTLA, VERACRUZ.

FEBRERO, 2017.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN MAESTRÍA**

FECHA: 21 de Febrero de 2017.

ASUNTO: **AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS.**

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente se hace constar que el (la) C:

CECILIA GABRIELA VELÁZQUEZ RUÍZ

estudiante de la maestría en SISTEMAS COMPUTACIONALES con No. de Control 142T0777 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Lineamiento de Posgrado para la obtención del grado de Maestría mediante Tesis.**

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del Tema titulado:

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RAZONAMIENTO ANALÓGICO
BASADA EN REDES DE PETRI DIFUSAS**

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del examen para la obtención del grado de maestría.

ATENTAMENTE

**M.I.A. Roberto Ángel Meléndez Armenta
Presidente**



**M.C. Saúl Reyes Barajas
Secretario**

**M.S.C. Eddy Sánchez de la Cruz
Vocal**

Archivo.

VER. 01/03/09

F-SA-39

Dedicatoria

*En especial a mi madre,
quien me alentó a seguir adelante
y no rendirme aun cuando todo parece difícil,
a confiar en mí
y en que siempre habrá alguien cuidándome.*

A mi padre y hermana, por su compañía, apoyo y confianza.

A los nuevos amigos que encontré en mi camino.

Gracias.

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) su apoyo económico para poder cursar la maestría en Sistemas Computacionales, al Instituto Tecnológico Superior de Misantla (ITSM) por la oportunidad para seguir desarrollándome en el ámbito académico.

Al Dr. Luis Alberto Morales Rosales por permitirme desarrollar una de sus ideas y guiarme con sus recomendaciones, aportaciones y asesoramiento para el desarrollo de este proyecto.

A mi asesor y revisor el M.I.A Roberto Ángel Meléndez Armenta por los comentarios, recomendaciones y tiempo para mejorar el trabajo presentado.

A la neuropsicóloga Claudia Mestizo por su tiempo y apoyo con su experiencia en la aplicación del test WISC-IV en niños y los consejos que me otorgo.

A mis docentes por guiarme en el proceso de mejorar mis habilidades y compartirme su conocimiento, experiencia y consejos.

A mis compañeros de la maestría por sus comentarios constructivos hacia mi trabajo.

Resumen

A través del proceso de razonamiento por analogías, los niños entre 6 y 8 años de edad 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 un sistema para la evaluación del razonamiento analógico visoperceptual 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 analogías se realizará mediante una red de Petri Difusa, con la que se pretende medir el nivel de desempeño de los factores cognitivos relacionados a este razonamiento.

Palabras clave): matrices (WISC-IV), razonamiento analógico, realidad aumentada, redes de Petri Difusas.

Índice

Resumen -----	v
Capítulo 1 Generalidades. -----	12
1.1 Introducción -----	12
1.2 Planteamiento del problema-----	15
1.3 Justificación-----	17
1.4 Objetivos -----	19
1.4.1 Objetivo general -----	19
1.4.2 Objetivos específicos-----	19
1.5 Hipótesis.-----	19
1.6 Propuesta de solución -----	20
1.7 Metodología -----	22
1.8 Estructura de la tesis-----	24
Capítulo 2 Marco Teórico. -----	25
2.1 Razonamiento analógico.-----	25
2.2 Modelos computacionales de decisiones con analogías.-----	27
2.3 Realidad Aumentada.-----	31
Capítulo 3 Estado del arte. -----	33
3.1 Razonamiento fluido.-----	33
3.2 Tecnologías para la evaluación o desarrollo del razonamiento humano.-----	36
3.2.1 Evaluación del razonamiento mediante el uso de tecnología.-----	36
3.2.2 Desarrollo de habilidades cognitivas mediante Realidad Aumentada.-----	39
3.3. Modelos Computacionales para la representación de razonamiento.-----	42
3.3.1. Modelos computacionales inspirados en razonamiento analógico.-----	42

3.3.2. Razonamiento y representación de razonamiento y conocimiento con Redes de Petri.-----	44
Capítulo 4 Metodología. -----	47
4.1. Selección de los ejercicios de razonamiento analógico visoperceptual. -----	48
4.2 Estructura de la aplicación.-----	50
4.3. Evaluación de la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual. -----	53
Capítulo 5 Resultados. -----	60
5.1 Diseño de la aplicación con realidad aumentada para la resolución de ejercicios. ---	60
5.2 Evaluación de razonamiento analógico mediante el sistema de inferencia difusa. ---	67
5.3 Caso de estudio.-----	72
Capítulo 6 Conclusiones y trabajo futuro. -----	77
Referencias. -----	80
Anexos -----	88
Base de reglas difusas del sistema de inferencia. -----	88

Índice de figuras

Figura 2.1 Red de Petri Difusa.....	30
Figura 3.1 Cubos (a), vista del juego (b) y juego durante el estudio piloto (c).	40
Figura 3.2 (a) Ambiente HELIOS. (b) Sesión de interfaces tangibles.	41
Figura 4.1 Función de membresía triangular para las etiquetas escalar, rotar y trasladar. ..	55
Figura 4.2 Función de membresía triangular para la etiqueta valor_respuesta.	56
Figura 4.3 Función de membresía triangular para la etiqueta tiempo.	56
Figura 4.4 Función de membresía triangular para las etiquetas lingüísticas de salida.	57
Figura 5.1 Menú principal.	60
Figura 5.2 Vista de los marcadores y sus respectivos modelos 3D desde Unity.	61
Figura 5.3 Ejemplo de la prueba de Matrices del test de Wechsler (WISC-IV).....	62
Figura 5.4 Pantallas de aplicación móvil que permiten ingresar al primer ejercicio.....	63
Figura 5.5 Marcadores detectados desde dispositivos con contador de tiempo.	64
Figura 5.6 Pantalla de la aplicación.	64
Figura 5.7 Ejemplos de la aplicación.....	65
Figura 5.8 Pantalla de fin de ejercicio.	65
Figura 5.9 Ejemplo de datos de la aplicación almacenados en una tabla en la base de datos.	65
Figura 5.10 Función de membresía para las variables rotar y escalar con valores normalizados.....	67
Figura 5.11 Función de membresía para la variable trasladar con valores normalizados. ..	68
Figura 5.12 Función de membresía para la variable valor_respuesta con valores normalizados.....	68
Figura 5.13 Función de membresía para la variable tiempo con valores normalizados.	69
Figura 5.14 Función de membresía para las variables de salida con valores normalizados.	69
Figura 5.15 Primer ejercicio del test de Matrices (WISC-IV).....	72
Figura 5.16 Ejercicio uno de la aplicación móvil.	74

Índice de diagramas

Diagrama 1.1 Metodología para el desarrollo del sistema de evaluación de capacidad de razonamiento analógico viso-perceptual mediante una red de Petri Difusa.	23
Diagrama 3.1 Modelo de inteligencia Cattell-Horn-Carroll (CHC) Parte 1 (Schneider & McGrew, 2012).	34
Diagrama 4.1 Red de Petri Difusa general diseñada para la base de reglas de evaluación del razonamiento analógico.	59

Índice de ecuaciones

Ecuación 2.1. Red de Petri.....	29
Ecuación 2.2. Regla difusa.	30
Ecuación 4.1. Normalización Min-Max.	55
Ecuación 5.1. Normalización Min-Max valor mínimo.....	66
Ecuación 5.2. Normalización Min-Max valor máximo.	66

Índice de tablas

Tabla 4.1 Descripción de factores cognitivos.....	49
Tabla 4.2 Número de movimientos permitidos.	51
Tabla 4.3 Valores numéricos asociados a la variable “Tiempo”.....	51
Tabla 4.4 Valores numéricos asociados a la variable “Valor respuesta”.....	52
Tabla 4.5 Descripción variables de estado.....	54
Tabla 4.6 Descripción variables de control.	54
Tabla 5.1 Valores numéricos asociados a la variable “Movimiento”.....	63
Tabla 5.2 Base de reglas difusas de la aplicación.....	70
Tabla 5.3 Resultados obtenidos con el test.....	73
Tabla 5.4 Resultados obtenidos con la aplicación.....	74
Tabla 5.5 Resultados obtenidos mediante la evaluación con el sistema de inferencia difuso.	76

Capítulo 1 Generalidades.

1.1 Introducción

Hoy en día la falta de interés y motivación en los estudiantes hacia las prácticas académicas clásicas representa un factor clave en el fracaso escolar en los países desarrollados (Salvador et al., 2013). Existe una brecha cada vez mayor entre los procedimientos de enseñanza y la tecnología en la vida de los estudiantes (Arafeh & Levin., 2003).

La tecnología en la educación puede influir en los estudiantes en aprender de forma activa y darles motivación, dando lugar a un efectivo proceso de aprendizaje (Saidin, Halim & Yahaya., 2015). De acuerdo a (Shapley et al., 2011), la tecnología dará lugar a formas de aprendizaje y enseñanza más innovadoras, complementando las formas tradicionales (Yasak et al., 2010).

La Realidad Aumentada es una nueva tecnología que ha surgido con potencial para su aplicación en la educación. Existen distintas maneras de implementar la Realidad Aumentada en ambientes educativos en este sentido (Yuen, Yaoyuneyong & Johnson, 2011) proponen clasificación de las aplicaciones de Realidad Aumentada en cinco grupos:

- 1) aprendizaje basado en descubrimiento,
- 2) modelado de objetos,
- 3) libros de Realidad Aumentada,
- 4) entrenamiento de habilidades y
- 5) juegos con Realidad Aumentada.

En el entrenamiento de habilidades se apoya en la capacitación de personas sobre tareas específicas. Las líneas sobre las cuales la mayoría de las aplicaciones de capacitación de habilidades se enfocan son: comprensión del contenido, la mejora de la memoria y el mejoramiento de las habilidades espaciales. Sin embargo, en estas aplicaciones, aún no se

exploran otras habilidades que también están relacionadas con las capacidades espaciales y viso-espaciales como lo es la capacidad de razonar analógicamente, que también es parte fundamental del desarrollo cognitivo humano. El razonamiento analógico es ubicuo en la cognición humana, ya que las analogías se utilizan en la explicación de conceptos nuevos (Gentner, 2012).

Las analogías son un medio para que las personas aprendan acerca de las nuevas situaciones con base en su conocimiento previo del mundo (Morrison, 2012). 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 (Chiu, Alexander & Tsai, 2013), aunque sí posean las capacidades cognitivas y de comprensión para responder correctamente.

De acuerdo a los resultados que presentó la investigación del Instituto Marista de Investigación y Desarrollo en 2015 el desarrollo de las habilidades intelectuales en los alumnos implicadas en la comprensión lectora, particularmente en el último grado de preescolar y en los tres primeros grados de primaria utilizando la prueba SOI-L y SOI-PB que mide diferentes habilidades intelectuales entre ellas las analogías, la cual reveló el desempeño de 21.4% en preescolar, 34.3%, 41.7% y 51.8% en primero, segundo y tercer grado de primaria respectivamente, en 2144 alumnos de diversas instituciones, donde los resultados expresaron el porcentaje de nivel de desarrollo de las habilidades, considerando a los valores de 0 a 39 como nivel de desarrollo bajo, de 40 a 60 como nivel de desarrollo promedio y de 61 a 100 como nivel de desarrollo alto (Delgadillo & Pérez, 2016).

Este trabajo indica que las analogías junto con otras habilidades contribuyen al desarrollo general del resto de habilidades intelectuales, y recomiendan realizar actividades enfocadas al desarrollo de estas habilidades, ya que también contribuyen significativamente al desarrollo del resto de habilidades.

Las investigaciones en el área de la psicología de (Chiu, Alexander & Tsai, 2013; Nutley et al, 2011; Stevenson, Heiser & Resing, 2016) se centraron en desarrollar evaluaciones que mostrarán mejorías en el razonamiento analógico mediante el uso de diversos programas de entrenamiento y herramientas tecnológicas en los trabajos de (Chuang, Tseng, Liu & Lin, 2010; Denaes, 2012; Thibaut, & French, 2013; Resing & Elliot, 2011) para demostrar que tras su uso mejoraron las habilidades de razonamiento analógico.

Este trabajo propone desarrollar un sistema para evaluar la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual en niños entre 6 y 8 años mediante una red de Petri Difusa. Basándose en la sub-prueba “Matrices” del WISC-IV que mide la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual se desarrollarán ejercicios de razonamiento con analogías visuales utilizando realidad aumentada, donde las respuestas serán presentadas a través de modelos 3D y podrán ser manipuladas con los movimientos de mover (trasladar), rotar o escalar (acercar o alejar).

Los movimientos anteriores definirán el comportamiento que mostrará la aplicación durante la resolución de ejercicios, los cuales se definirán como estados de entrada de la red de Petri Difusa. Los estados de salida estarán asociados a un factor cognitivo que se mide con la subprueba. La red de Petri Difusa se utilizará para modelar la base de reglas difusa de un sistema de inferencia difuso que permitirá evaluar los datos que se obtengan de la aplicación móvil: el número de movimientos (traslación, rotación o escalamiento) que se realicen sobre los objetos, el tiempo en que se resuelve el ejercicio y la respuesta que se seleccionó e inferir sobre el nivel de desempeño de los factores cognitivos (capacidad espacial, procesamiento visual, organización visoperceptual y discriminación visoperceptual) asociados a la capacidad de razonamiento analógico implícitos en los ejercicios de razonamiento analógico visoperceptual del test de Wechsler.

1.2 Planteamiento del problema

La educación formal en México se sustenta en el Sistema Educativo Mexicano, el cual consta de 4 niveles: educación inicial, educación básica, educación media superior y educación superior. La educación básica comienza a partir de los seis años, donde se adquieren conocimientos fundamentales. La educación primaria es el segundo nivel básico de la educación en México (Secretaría de Educación Pública: Educación por niveles, 2011).

En las instituciones de educación primaria se incluyen ejercicios que implican operaciones lógicas básicas (correspondencia recíproca de uno a uno, seriación y clasificación), pero no existen estrategias formativas y de orientación que garanticen la adquisición sólida y consciente de los hábitos intelectuales señalados.

Jean Piaget (1973) consideró que el desarrollo del intelecto operacional es importante en la edad escolar de los niños. Las investigaciones realizadas por este autor mostraron que, sin formación en el entendimiento de las operaciones lógicas básicas, el paso a la etapa lógico-verbal del pensamiento es imposible. En parte de estas operaciones lógicas básicas está implícito el razonamiento analógico. El razonamiento analógico implica una comparación estructurada, o mapeo, entre una situación (fuente) y otro (destino). La analogía es un poderoso medio para que las personas aprendan acerca de las nuevas situaciones con base en su conocimiento previo del mundo (Morrison, 2012).

La aplicación de los conocimientos de un contexto a otro es un problema muy difícil, tanto para niños como para adultos. Aunque el razonamiento en los niños es más frágil que los adultos en dos formas principales. En primer lugar, los niños muestran más dificultad a ignorar distractores perceptuales irrelevantes que en los adultos, aunque ésta mejora con la edad. La segunda forma en que se desafía el razonamiento de los niños, es por su conocimiento general más limitado sobre el mundo. Con un mayor conocimiento sobre temas específicos, personas de todas las edades tienden a ocupar la información perceptual al darse

cuenta de lo que se les presenta y utilizan información relacional, dando lugar a lo que se ha descrito como un cambio de relación (Vendetti, Matlen, Richland & Bunge, 2015).

Los niños pequeños (edad entre 5 y 6 años) pueden necesitar orientación estructurada cuando se trata de hacer comparaciones relacionales entre dominios para obtener conclusiones del objetivo de la analogía. Existe la preocupación que las repetidas demandas lingüísticas de las formas narrativas (A:B::C:D), pueden subestimar las capacidades de razonamiento analógico en niños pequeños que aún están desarrollando las habilidades verbales. La participación en pruebas no es un fenómeno frecuente en la vida de los niños pequeños, por lo tanto, pueden no reconocer los objetivos de la evaluación o entender las acciones necesarias dentro de la situación desconocida. En tales circunstancias, los niños que pueden poseer las capacidades cognitivas y comprensión conceptual para responder correctamente y pueden dejar de hacerlo porque no conocen las reglas de la prueba (Chiu, Alexander & Tsai, 2013).

A través del proceso de razonamiento por analogías, los niños pequeños exploran las características más destacadas de un objeto menos conocido, la idea o acción y tratan de darle sentido esbozando similitudes a un objeto, una idea o acción que les es más familiar (Chiu, Alexander & Tsai, 2013). En general, el razonamiento analógico es importante para la creatividad y el descubrimiento científico. Su importancia está implicada con la clasificación para la resolución de problemas, en la explicación y pensamiento creativo. Las relaciones que se establecen a través del pensamiento analógico permiten generar nueva información y ayuda a comprender lo que no de otra forma no se podría comprender. Al mismo tiempo, este tipo de pensamiento se relaciona con el contacto.

En un intento de reducir la abstracción y aumentar la motivación de este tipo de problemas en las analogías clásicas, los investigadores han tratado de utilizar objetos muy familiares a las tareas de resolución de problemas en un contexto de juego. Los ítems de analogías utilizados en las pruebas psicométricas están destinados a medir la característica fundamental de razonamiento analógico, la capacidad de razonar sobre la base de similitud relacional (Barrouillet & Gauffroy, 2013). De acuerdo a Piaget, también la interacción con objetos

físicos y sus rasgos con el medio ambiente puede hacer que los niños adquieran de manera espontánea las operaciones lógicas básicas.

Consecuentemente, al utilizar objetos conocidos y con el que sea posible la interacción ¿se puede evaluar el desempeño de capacidad razonamiento analógico en niños de entre 6 y 8 años?

1.3 Justificación

Los niños pequeños pueden razonar por analogías, pero sus habilidades mejoran considerablemente a partir de la escuela primaria. Una estrategia coherente y eficaz es realizar una comparación de los ejemplos analógicos (Vendetti, Matlen, Richland & Bunge, 2015). Los estudios han sugerido que el razonamiento analógico se mejora cuando las imágenes de la fuente y el destino se muestran simultáneamente en comparación secuencial (Christie & Gentner, 2010; Rittle-Johnson & Star, 2007).

Específicamente, 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 (Chiu & Alexander, 2014). A través de las analogías se razona para entender conceptos nuevos, la importancia radica en poder medir la capacidad al realizar la clasificación para resolver problemas de analogías, y determinar si se está generando nueva información o se comprende lo que se está tratando de resolver.

Los estudios empíricos han determinado que el razonamiento analógico se manifiesta en el juego libre de los niños y es un factor predictivo de la eficacia del aprendizaje de los niños (Chiu, Alexander & Tsai, 2013). Cuantos más sentidos intervengan (sonido, vista, tacto, emociones, etc.), será más poderosa la experiencia de aprendizaje (Kolb, 1984).

Se cree que el uso de interfaces “naturales” reduce la carga cognitiva ajena, la cual es definida como una carga de trabajo generada por las actividades cognitivas que no están directamente relacionadas al objetivo de aprendizaje. En este contexto, la realidad aumentada puede jugar

un papel importante en el aprendizaje, ya que estudios muestran que la carga cognitiva en ambientes de realidad aumentada es menor que cuando aprenden en ambientes basados en computadora (Tang, Owen, Biocca, & Mou, 2003, p. 73).

La tecnología de realidad aumentada permite a los estudiantes interactuar con los contenidos educativos mediante el aprovechamiento de lo que ya saben acerca de su interacción con el mundo físico. Al permitir estas interacciones “naturales”, hay una reducción en el conocimiento y las habilidades requeridas de los usuarios para manipular la interfaz, lo que aumenta la transparencia de la interfaz entre el estudiante y el contenido educativo. Los movimientos físicos que se permiten con la realidad aumentada pueden ayudar a los estudiantes a aprender contenido espacial, permitiéndoles tener control sobre el contenido de lo que examinan, llevándolos a mejorar el aprendizaje del contenido espacial (Bujak et al., 2013).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar un sistema que analice los patrones de respuesta en niños de entre 6 y 8 años al resolver ejercicios de razonamiento analógico visoperceptual para inferir un nivel de desempeño de esta habilidad.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la batería de ejercicios afines al razonamiento analógico visoperceptual, así como diseño y unidad de medida para puntuar cada uno.
- Establecer las características a utilizar dentro del ambiente de realidad aumentada para medir las operaciones que se utilizarán (rotación, traslación, escalamiento) y establecer una correlación con las determinadas para la batería de ejercicios.
- Determinar el hardware y software que se necesitará para desarrollar una aplicación móvil con realidad aumentada.
- Obtener los datos del ejercicio mediante la aplicación móvil que se utilizarán para realizar la evaluación de los niveles de los factores cognitivos implícitos en la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual mediante un sistema de inferencia difuso con una base de reglas modelada con una red de Petri Difusa.

1.5 Hipótesis.

Es posible evaluar la capacidad razonamiento analógico con los movimientos que realiza un niño de entre 6 y 8 años, mediante una aplicación móvil con Realidad Aumentada y usando un sistema de inferencia difuso con una base de reglas difusas modelada con una red de Petri Difusa con el fin de obtener un nivel de desempeño de este razonamiento.

1.6 Propuesta de solución

Existen investigaciones relacionadas al desarrollo y evaluación de razonamiento analógico enfocadas en mejorar el razonamiento analógico, como la de (Chiu & Alexander, 2014) que desarrollaron una medida computarizada (Medida Analógica Interactiva), donde proporcionaba retroalimentación durante la evaluación de la capacidad en niños pequeños (5 años de edad) para razonar analógicamente, y que ciertos indicadores se activaran cuando su respuesta fuera correcta o no, y en el trabajo de (Thibaut & French, 2013) se exploró el desarrollo de la organización temporal de búsqueda para una solución, con problemas de razonamiento analógico, mediante el seguimiento del ojo utilizando una pantalla Tobii (tecnología que utiliza la posición y el movimiento de los ojos para realizar ciertas acciones) enfrente de los participantes para mostrar tarjetas con imágenes de cada uno de los ítems.

Sin embargo, aunque la herramienta de (Chiu & Alexander, 2014) tuvo un efecto inmediato en la precisión del rendimiento de los niños, no se incorporó un seguimiento de movimientos para correlacionar los patrones de movimientos de los niños, lo cual pretendían incorporar con seguimiento de ojos. Y en el trabajo de (Thibaut & French, 2013) sus resultados les permitieron entender mejor el desarrollo dinámico de la búsqueda patrones en una tarea de analogía, no obstante, fue a través de una pantalla Tobii la cual tiene que ser comprada y configurada para poder obtener los resultados que se deseen.

Por lo anterior, en esta tesis se propone desarrollar un sistema para evaluar la capacidad de razonamiento analógico viso-perceptual en niños entre 6 y 8 años mediante una red de Petri Difusa. Utilizando una aplicación móvil, junto con la herramienta de realidad aumentada desplegará objetos virtuales que representarán los ítems de los ejercicios de razonamiento analógico visual, sobre los cuáles se podrán realizar los movimientos de:

- Traslación.
- Rotación.
- Escalamiento.

Los movimientos podrán ser realizados al hacer contacto con la pantalla del dispositivo, del cual se llevará a cabo un conteo del número de veces que se detecten para relacionarlos con los factores cognitivos que se encuentran implícitamente en los ejercicios del razonamiento analógico visual.

La combinación de los movimientos, junto con el tiempo y un valor de respuesta, se analizarán mediante un sistema de inferencia difuso, donde las reglas difusas estarán modeladas con base en una red de Petri Difusa que inferirá sobre el nivel de los factores cognitivos del desempeño de la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual derivados de la resolución del ejercicio.

1.7 Metodología

Los pasos que se tienen contemplados para el desarrollo del sistema son los siguientes:

1.- Para los ejercicios de evaluación de la capacidad analógica visoperceptual, se tomará como base la subprueba “Matrices” de la escala de Razonamiento perceptual del test de inteligencia de Wechsler (WISC-IV) que mide la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual, que consiste de matrices de colores o patrones visuales, a los cuales les falta una pieza. Esta subprueba evalúa varios factores cognitivos: capacidad de razonamiento fluido no verbal, procesamiento visual, inducción, visualización, organización visoperceptual, capacidad de razonamiento, capacidad de clasificación, capacidad para formar analogías, atención a los detalles, concentración, capacidad espacial y discriminación visoperceptual (Sattler, 2010, p.340), de los cuáles se seleccionaron sólo los más relacionados al ambiente de la aplicación móvil.

2.- El diseño de la aplicación móvil para mostrar los ejercicios será de manera a cómo se muestran en el test físico, pero en lugar de utilizar las imágenes en 2D se mostrarán modelos 3D similares que podrán ser manipulados a través de los movimientos de traslación, rotación y escalamiento mediante la pantalla del dispositivo. Se llevará a cabo un conteo del número de veces que se realicen los movimientos, así como el tiempo en que se complete el ejercicio y la respuesta seleccionada. La plataforma sobre la cual funcionará la aplicación móvil, será el sistema operativo Android, el cual puede encontrarse tanto en celulares como en tabletas.

3.- Para la evaluación de los datos con la aplicación móvil durante la resolución del ejercicio se utilizará un sistema de inferencia difuso con una base de reglas difusas modelada mediante una red de Petri Difusa. Donde el antecedente de la regla difusa será el lugar de entrada de la red de Petri Difusa y el consecuente el lugar de salida. Los disparos de las transiciones serán considerados como el disparo de las reglas de producción difusa.

De forma gráfica se puede observar en el Diagrama 1.1. la metodología de forma breve.

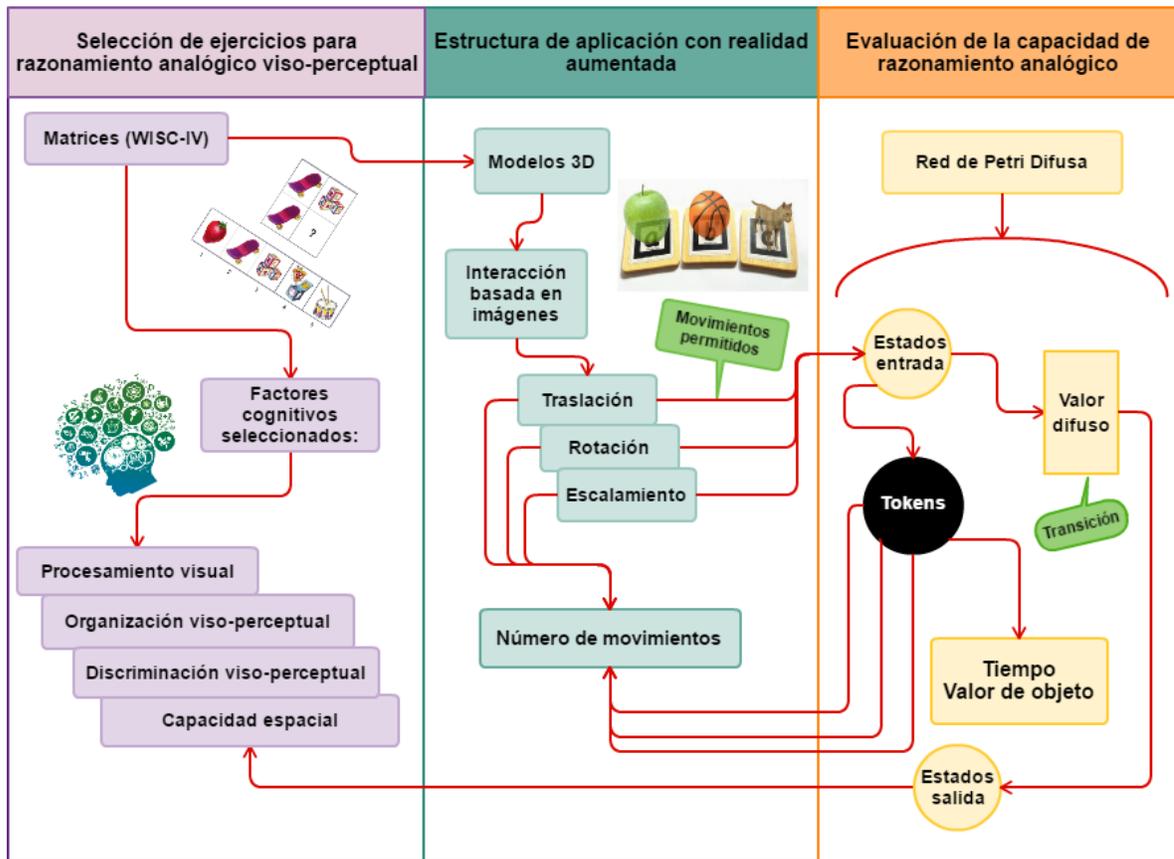


Diagrama 1.1 Metodología para el desarrollo del sistema de evaluación de capacidad de razonamiento analógico viso-perceptual mediante una red de Petri Difusa.

1.8 Estructura de la tesis

La presente tesis está conformada por seis capítulos. En el Capítulo 1 se describe el problema detectado, los objetivos que se persiguen, así como la justificación del por qué se realiza esta investigación. Se describe la solución propuesta, y la metodología a seguir para alcanzar los objetivos.

El capítulo 2 se enfoca al marco teórico, en donde se describen los conceptos relacionados al razonamiento analógico, cómo ha sido abordado este razonamiento desde los modelos computacionales. Y también se menciona qué es y cómo funciona la realidad aumentada. El estado del arte se describe en el Capítulo 3 donde se mencionan trabajos que han estado investigando y desarrollando trabajos similares al presentado en esta tesis, cuáles fueron sus objetivos, que herramientas utilizaron y cuáles fueron sus resultados.

En el capítulo 4 se detalla la metodología, es decir, se describen las tres secciones en que se dividió: la selección de los ejercicios de razonamiento, las características de la aplicación móvil y cómo se diseñó el sistema de inferencia difuso y el diseño de la red de Petri Difusa.

El resultado final del desarrollo de la metodología se presenta en el Capítulo 5, donde se muestra los datos que se obtienen con la aplicación y que resultado se obtuvo del sistema de inferencia difuso con reglas difusas modeladas con una red de Petri Difusa.

Por último, se tiene el Capítulo 6 donde se exponen las conclusiones obtenidas con el desarrollo de esta tesis y el trabajo futuro en el que se mencionan los elementos que pueden mejorar este trabajo.

Capítulo 2 Marco Teórico.

2.1 Razonamiento analógico.

El pensamiento analógico es ubicuo en la cognición humana. Las analogías son usadas para explicar nuevos conceptos (Gentner, 2003). La analogía es una comparación entre dos cosas que tienen características similares, frecuentemente usada para explicar un principio o idea (Press, 2015). El razonamiento analógico es la habilidad para percibir y usar semejanzas relacionales entre dos situaciones o eventos. Razonar a través de analogías involucra identificar relaciones comunes entre dos situaciones y generar nuevas inferencias impulsadas por puntos en común. En la mayoría de los casos típicos de analogías existe un dominio familiar (base o fuente) que sirve para poder comprender y hacer inferencias sobre un dominio menos familiar (objetivo). La base o fuente es el análogo a partir del cual se extraen inferencias y estructuras explicativas. El objetivo es el análogo sobre el cual se están dibujando inferencias, este dominio normalmente es más abstracto.

El procesamiento analógico se caracteriza por un conjunto de procesos comunes:

Recuperación: Teniendo en cuenta algún tema actual en la memoria de trabajo, a una persona puede recordar una situación análoga previa en la memoria a largo plazo.

Mapeo: Dados dos casos presentes en la memoria de trabajo (ya sea a través de la recuperación analógica o, simplemente, al encontrarse dos casos juntos), el mapeo implica un proceso de adaptación de las representaciones y la proyección de inferencias de un análogo a otro.

Evaluación: Una vez que el mapeo analógico se ha hecho, la analogía y sus inferencias son juzgados.

El proceso núcleo en el razonamiento analógico es el mapeo y sus subprocesos, además de ser en foco principal en las investigaciones sobre analogía. Según la teoría de la estructura de mapeo, el mapeo analógico requiere la alineación de dos situaciones basadas en sus puntos en común en particular su estructura relacional común y que se proyectan inferencias a partir de la base al objetivo, de acuerdo con esta alineación. En el mapeo, destacan dos subprocesos: alineación e inferencia (Gentner & Smith, 2012).

2.2 Modelos computacionales de decisiones con analogías.

Las decisiones con analogía son una habilidad cognitiva básica que parece estar presente en los seres humanos desde una edad muy temprana y se desarrolla con el tiempo. Las decisiones con analogía sirven como la base para muchos otros tipos de pensamiento humano y explica la importancia de desarrollar modelos computacionales de la analogía de decisiones. Las decisiones con analogía, también involucran una serie de subprocesos:

- Creación de la representación.
- Recuperación.
- Mapeo.
- Transferencia.
- Evaluación.
- Aprendizaje.

Algunos de estos subprocesos, en el desarrollo de modelos computacionales han sido tomados en cuenta, para representar las decisiones con analogías. La Teoría de Estructura-Mapeo de Dedre Gentner ha sido el modelo computacional de analogía más influyente (Gentner & Forbus, 2011). Esta teoría fue la primera en destacar explícitamente la importancia de la semejanza estructural entre los dominios de base y destino, que se define por los sistemas comunes de las relaciones entre los objetos en los respectivos dominios.

Otro modelo de gran relevancia fue el desarrollado por John Hummel y Keith Holyoak: LISA (Learning and Inference with Schemas and Analogies). Que introdujeron un eje de tiempo explícitos para que los patrones de activación pudieran oscilar con el tiempo (por lo tanto, el tiempo de activación se convierte en un parámetro adicional independiente del nivel de activación). De esta manera se consideran los patrones de activación de oscilación en sincronía para ser unidas entre sí, mientras que los oscilando fuera de sincronía no (French, 2002).

Con el avance de las investigaciones, también se comenzaron a proponer otro tipo de enfoques, con las contribuciones de investigadores en Inteligencia Artificial, psicólogos y neuropsicólogos para describir los procesos en las decisiones con analogía. Un enfoque ha sido el de utilizar lógica difusa. La lógica difusa fue introducida en los años 60 por Lotfi Zadeh, un investigador de la Universidad de California en Berkeley (Estados Unidos), representando una metodología para el modelado de situaciones prácticas en las que la descripción de una situación particular por medio del lenguaje natural incluye cierto grado de incertidumbre (Lahoz-Beltra, 2010). La lógica difusa se ha empleado para representación de conocimiento dado su naturaleza incierta.

A partir de ello, se han derivado una diversidad de investigaciones utilizando sólo lógica difusa o combinándola con algún otro enfoque para abordar diversos problemas. Una de estas herramientas son las redes de Petri. Las redes de Petri son una herramienta de modelado matemático gráfico aplicable a muchos sistemas, para describir sistemas de procesamiento de la información que se caracterizan por ser concurrentes, asíncronos, distribuidos, paralelos, no determinísticos y/o estocásticos. Como herramienta matemática, es posible configurar estados de ecuaciones, ecuaciones algebraicas y otros modelos matemáticos que rigen el comportamiento de sistemas. Como herramienta visual, es similar a diagramas de flujo, diagramas de bloques y redes.

Las redes de Petri fueron introducidas en la literatura en la tesis doctoral de Carl Adam Petri. Las Redes de Petri son una herramienta gráfica y matemática de modelado para la descripción formal de sistemas cuya dinámica se caracteriza por concurrencia, sincronización, exclusión mutua y conflictos, las cuales son características típicas de sistemas distribuidos. Las redes de Petri han sido desarrolladas y extendidas durante años, por lo que varias clases de redes de Petri han sido definidas. Entre ellas, redes de Petri coloreadas por Kurt Jensen, temporizadas, estocásticas, algebraicas, continuas e híbridas, difusas, etc. (Canales, 2015).

En los últimos años, algunos investigadores han utilizado redes de Petri difusas para tratar con el conocimiento y el razonamiento difuso. Debido a que muchos conocimientos en el

mundo real son confusos en lugar de precisos, las redes de Petri difusas pueden proporcionar un camino útil para representar adecuadamente el conocimiento difuso (Chen, 2000).

En el trabajo de (Chen, Ke & Chang, 1990) se explora el uso de los modelos de redes de Petri difusas para representar reglas de producción difusas de un sistema basado en reglas.

Una red de Petri se representa gráficamente por un grafo dirigido bipartito. Los dos tipos de nodos: lugares (círculos) y transiciones (barras) representan las variables que definen el estado del sistema (lugares) y a sus transformadores (transiciones). Cada lugar en una red de Petri difusa puede o no contener un token asociado con un valor de verdad entre 0 y 1. Cada transición está asociada con un valor de factor de certeza entre 0 y 1.

En una red de Petri difusa, las relaciones de lugares a transiciones y de transiciones a lugares son representadas por arcos dirigidos. Una estructura de red de Petri difusa puede ser definida como una tupla-8 (Ver Ecuación 2.1).

$$FPN = (P, T, D, I, O, f, \alpha, \beta)$$

Ecuación 2.1. Red de Petri.

Donde:

- P es un conjunto finito de lugares;
- T es un conjunto finito de transiciones;
- D conjunto finito de proposiciones;
- I función de entrada, $I: T \rightarrow P^\infty$, un mapeo de transiciones a lugares;
- O función de salida, $O: T \rightarrow P^\infty$, un mapeo de transiciones a lugares;
- F función de asociación, $f: T \rightarrow [0, 1]$, un mapeo de transiciones de valores reales entre 0 y 1.
- α función de asociación, $\alpha: P \rightarrow [0, 1]$, un mapeo de lugares a valores reales entre 0 y 1.
- β función de asociación, un mapeo de lugares a proposiciones, $\beta: P \rightarrow D$.

Las redes de Petri difusas pueden representar reglas de producción difusas de un sistema basado en reglas. Por ejemplo, la regla de producción difusa que se muestra en la Ecuación 2.2.

$$R_i : IF d_j THEN d_k (CF = \mu_i)$$

Ecuación 2.2. Regla difusa.

Puede ser modelada por una red de Petri Difusa como se muestra en la Figura 2.1, donde μ_i es el valor del factor de certeza (CF) el cual indica el grado de creencia de la regla R_i , y $\mu_i \in [0, 1]$. Cuanto mayor sea el valor de μ_i , más será la creencia en la regla R_i , donde el valor de μ_i es dada por los expertos del dominio (Virtanen, 1970).

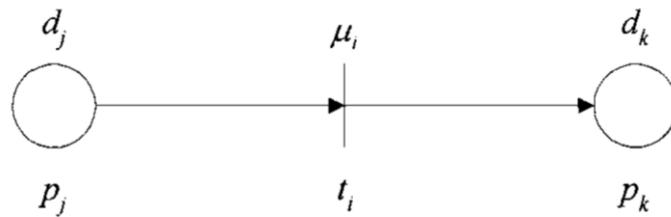


Figura 2.1 Red de Petri Difusa.

2.3 Realidad Aumentada.

En las últimas décadas diferentes tecnologías emergentes (web semántica, gamificación, cómputo en la nube, la internet de las cosas, entornos personales de aprendizaje, etc.), están adquiriendo un fuerte impulso gracias a la reducción de costes de los equipos, y la fuerte penetración de los dispositivos móviles que han influido en la deslocalización de las tecnologías. Una de estas tecnologías emergentes es la realidad aumentada (Cabero & Barroso, 2016)

La realidad aumentada es una vista indirecta o directa en tiempo real de un ambiente real físico que ha sido mejorado/aumentado agregando información generada por computadora virtual (Furht, 2011). A diferencia de la realidad virtual, la realidad aumentada no pretende aislar al usuario del mundo real, sino poder interactuar con una mezcla de un mundo real y virtual de forma natural con los objetos generados. La realidad virtual se encuentra entre un entorno real y un entorno virtual puro. Existen distintas técnicas de interacción para sistemas de realidad:

Interacción basada en marcadores: en ella el usuario manipula un elemento real al que se le ha colocado un marcador y los resultados se muestran a través un dispositivo de visualización donde el entorno real del usuario se ve enriquecido por la información correspondiente al marcador.

Interacción basada en imágenes: en este caso el usuario define una serie de imágenes que son utilizadas para interactuar con la información virtual generada a partir de ellas.

Interacción basada en movimiento corporal: consiste en la detección y seguimiento del movimiento de algún objeto o miembro del cuerpo del usuario para interactuar con objetos virtuales agregados a su entorno real. Para ello se utilizan técnicas basadas en visión por computador.

Interacción basada en geoposicionamiento: muestra información adicional del entorno basándose en la posición del usuario. Para ello se suelen utilizar sistemas de posicionamiento como GPS, triangulación u orientación y rumbo.

Otras técnicas de interacción: se pueden utilizar técnicas de realidad aumentada para interactuar con información a través de otros sentidos como el tacto (sistemas hápticos), el oído (sistemas hipermedia o multimodales) o el olfato (simuladores).

Los elementos básicos para poder utilizar la realidad aumentada son:

- Dispositivo de captura: dispositivos que se puede utilizar como elemento de captura de imagen como la cámara de video de una computadora o un teléfono celular.
- Dispositivo de procesamiento: uso necesario de un procesador de hardware, como de software.
- Dispositivo de visualización: muestra el resultado de combinar la imagen real con información virtual generada por computadora (pantalla de computadora o pantalla de dispositivo móvil).

Activadores de realidad aumentada: son los elementos sobre los cuales se genera la información o elementos virtuales generados por computador. Estos elementos son los marcadores, imágenes, GPS o códigos QR (Soriano, González, & Gutiérrez, 2016).

Capítulo 3 Estado del arte.

En este capítulo, se muestran trabajos relacionados al desarrollo y evaluación de razonamiento analógico, abarcando desde el área de la psicología hasta el área de computación. Las investigaciones en el área de la psicología se centran en desarrollar evaluaciones que demuestren mejorías en el razonamiento analógico mediante el uso de diversos programas de entrenamiento. Por otro lado, el área de la computación se enfoca en el desarrollo de modelos de razonamiento analógico con el uso de diversas técnicas como la lógica difusa, redes neuronales, etc., cuya base está en los procesos subyacentes identificados en este tipo de razonamiento, para modelar una variedad de fenómenos psicológicos y obtener información sobre la cognición humana.

3.1 Razonamiento fluido.

La inteligencia fluida es la capacidad para identificar patrones, relaciones e inferir e implementar reglas, independientemente de conocimientos previos (Ver Diagrama 3.1). El razonamiento fluido es evidente en la generalización de antiguas soluciones para nuevos problemas y contextos, la identificación de similitudes relevantes, diferencias, relaciones entre diversos objetos e ideas, etc. (Horn & Cattell., 1996). La inteligencia fluida predice el rendimiento en una amplia gama de actividades cognitivas, una baja inteligencia fluida en niños es predictor de dificultades académicas (Lynn, Meisenberg, Mikk, & Williams, 2007).

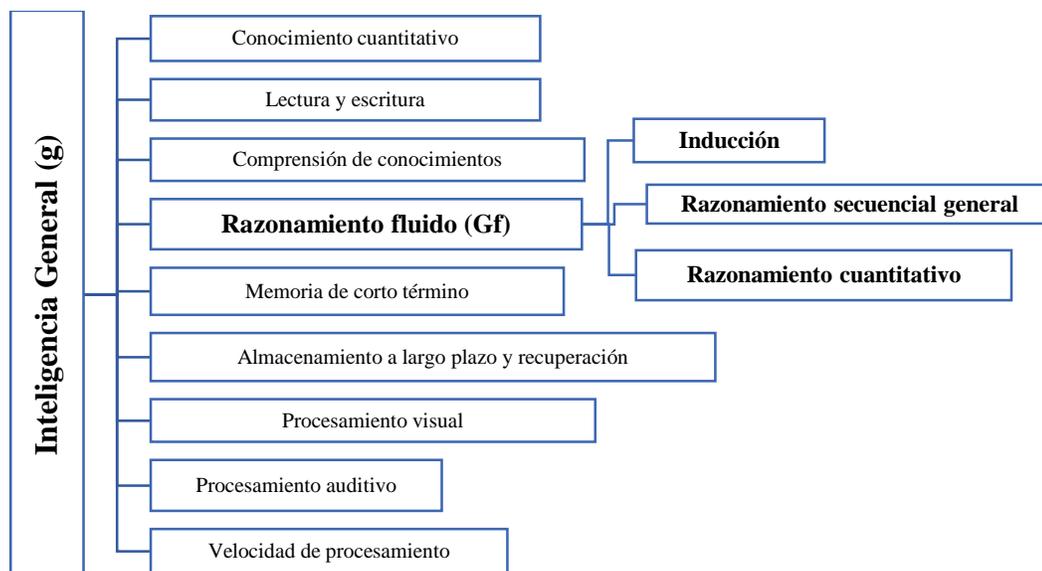


Diagrama 3.1 Modelo de inteligencia Cattell-Horn-Carroll (CHC) Parte 1 (Schneider & McGrew, 2012).

Los resultados obtenidos en el trabajo de (Nutley, y otros, 2011), la inteligencia fluida fue mejorada a través del entrenamiento computarizado sobre tareas de razonamiento no-verbal en niños con edad entre 4 y 5 años. De acuerdo con el Diagrama 3.1 dentro del razonamiento fluido (inteligencia fluida), la habilidad de razonamiento secuencial general es la capacidad de razonar lógicamente utilizando premisas y principios conocidos. Esta habilidad también es conocida como razonamiento analógico. El cual es parte clave de la inteligencia general, innovación humana y creatividad.

A través de los resultados de varias investigaciones como la de (Fiorentini, y otros, 2012) y la de (Tueros, 2009) concuerdan que los niños adquieren el razonamiento analógico a edades tempranas, el cual va mejorando a través de su desarrollo. Apoyar el desarrollo del razonamiento analógico ayuda a los estudiantes a ser más innovadores, adaptativos e inteligentes. Las cuales son cualidades necesarias para el éxito en su futuro desempeño escolar (Richland & Burchinal, 2013).

En la investigación de (Raya, Garre, Miraut, & Perez, 2012) hacen mención de que el razonamiento analógico constituye un recurso tanto en el lenguaje cotidiano como en el contexto escolar (Arquitectura e Ingeniería Computacional).

En el trabajo de investigación de (Chiu & Alexander, 2014) desarrollaron una medida computarizada (Medida Analógica Interactiva) para evaluar la capacidad en niños pequeños (5 años de edad) para razonar analógicamente. Su objetivo fue proporcionar retroalimentación durante la evaluación, es decir, que ciertos indicadores se activaran cuando su respuesta fuera correcta (aplausos) o no (beep). Esta herramienta, tuvo un efecto inmediato en la precisión del rendimiento de los niños, sin embargo, sólo se examinó en un rango de edad limitado y no se incorporó un seguimiento de movimientos para correlacionar los patrones de movimientos de los niños. Lo cual pretendían incorporar con seguimiento de ojos.

El entrenamiento de cualquier tarea puede guiar a mejorar sobre una tarea específica, ya que se desarrollan estrategias y estímulos específicos, así como la mejora de la capacidad subyacente, lo que se generaliza a otras tareas que dependen de la misma capacidad (Nutley, y otros, 2011).

El trabajo de investigación de (Stevenson, Heiser, & Resing, 2016) aplica lo mencionado anteriormente. Se evaluó el razonamiento analógico para determinar su mejora durante una etapa de entrenamiento. La evaluación fue de la forma: pretest – entrenamiento – posttest y se observó una mejoría en los resultados del posttest, con la realización del entrenamiento.

3.2 Tecnologías para la evaluación o desarrollo del razonamiento humano.

La tecnología ha comenzado a formar parte del entorno y de la vida de las personas. Con su desarrollo, la tecnología se ha expandido a una variedad de campos como la industria, medicina, educación, etc. Uno de esos campos es la neuropsicología, donde se han desarrollado numerosas investigaciones tecnológicas. En los inicios, su incorporación estaba más relacionada a la posibilidad de procesar múltiples datos mediante la computadora, pero desde hace algunos años, no sólo el análisis de datos se realiza mediante tecnologías, sino también el proceso de evaluación y de rehabilitación; lo que puede generar beneficios no sólo al usuario sino también al clínico, al servicio y a la sociedad en general (Soto-Pérez, Franco, & Jiménez, 2010). A continuación, se mostrarán el uso de ciertas tecnologías para la evaluación de razonamiento y el entrenamiento de habilidades cognitivas.

3.2.1 Evaluación del razonamiento mediante el uso de tecnología.

El razonamiento es un proceso de comparación y contrastación o de transformaciones visuales de la información dada con el fin de hacer inferencias y conclusiones. Cuando se enseñan conceptos más complejos, los maestros frecuentemente dan ejemplos y hacen referencias, entonces los estudiantes deben de ser capaces de inferir la información, hacer conexiones necesarias y enfocarse en los detalles importantes. Cuando se juegan juegos digitales, los jugadores deben enfrentarse a diversos desafíos. Necesitan usar toda la información existente y sus habilidades de razonamiento para descubrir y resolver los problemas.

El propósito del trabajo de (Chuang, Tseng, Liu, & Lin, 2010) fue investigar la posibilidad de aplicar juegos digitales para mejorar la habilidad de razonamiento de los estudiantes (razonamiento deductivo, inductivo y analógico) de 5to y 6to grado de educación básica en Taiwán. Utilizaron el test de Matrices Progresivas Estándar-Paralelo de Raven antes y después de las sesiones de juego, para conocer sus habilidades de razonamiento. Sus resultados mostraron que los juegos digitales fueron efectivos para mejorar las habilidades de razonamiento de la mayoría de los participantes; en el que hubo un mejor desempeño de los participantes del género masculino.

Los niños pequeños obtienen bajo desempeño en tareas analógicas comparado con niños más grandes. Pueden existir diversas razones como déficit cognitivo, complejidad del material usado, o el desarrollo de regiones prefrontales del cerebro. El proyecto de (Denaes, 2012) fue desarrollado usando un test de razonamiento analógico (Test-Revisado de Construcción de Matrices Analógicas) con una pantalla touch para resolver los ejercicios, tomando en cuenta los beneficios de los efectos de las computadoras para individuos con discapacidad intelectual moderada. Sus resultados mostraron que los estudiantes con discapacidad intelectual moderada fueron capaces de razonar por analogías, aunque probablemente tuvieron más problemas para tratar con varias relaciones al mismo tiempo que el grupo de niños sin discapacidad.

(Thibaut & French, 2013) exploró el desarrollo de la organización temporal de búsqueda para una solución, con problemas de razonamiento analógico, mediante el seguimiento del ojo, centrándose en la forma en que niños y adultos integran los componentes del problema de analogía. Su principal propósito fue estudiar como los niños y los adultos integran información del paradigma de las analogías clásicas A: B: C:?(D). Para sus experimentos utilizaron una pantalla Tobii enfrente de los participantes para mostrar tarjetas con imágenes de cada uno de los ítems y para la resolución se pedía el nombre o descripción del objeto en la tarjeta seleccionada. Sus resultados, les permitieron entender mejor el desarrollo dinámico de la búsqueda patrones en una tarea de analogía, mostrando diferencias significantes en las estrategias adoptadas por niños y adultos.

Los métodos de las pruebas estáticas son caracterizados por evaluar sin ningún tipo de retroalimentación. En contraste con las pruebas dinámicas que están basadas en la suposición que los resultados obtenidos después de la prestación de algún tipo de intervención, tiene más probabilidades de proporcionar una mejor indicación del nivel de funciones intelectuales que los resultados de las pruebas estáticas convencionales. En los test dinámicos, se provee de retroalimentación, indicaciones o entrenamiento para que se puedan mostrar las diferencias individuales en el progreso de la resolución de tareas cognitivas.

(Resing & Elliot, 2011) examinaron cómo una forma de pruebas dinámicas computarizadas orientada a procesos, usando materiales tangibles electrónicos e incorporando avisos, podría ayudar a comprender el potencial de los niños en el aprendizaje. La serie de problemas de razonamiento inductivo a resolver, estuvo basada en completar figuras sobre una consola electrónica que registró la secuencia de movimientos, posición y tiempo. Sus hallazgos mostraron que hubo un mayor número de ítems resueltos correctamente, al usar avisos de voz para indicar si habían respondido correctamente o guiarlos a resolver el ejercicio si fallaban. Su enfoque estuvo basado en estrategias y comportamientos, por lo que, no les quedó claro cómo la utilización de los resultados de este tipo puede ser de utilidad para los profesores.

La eficacia de las evaluaciones dinámicas ha ido en aumento, en el trabajo de investigación de (Passig, Tzuriel, & Eshel-Kedmi, 2016), su objetivo fue estudiar el grado en que el proceso de aprendizaje en un procedimiento de evaluación dinámica usando un ambiente de realidad virtual inmersivo computarizado 3D, contribuye a la modificabilidad cognitiva de niños en comparación con herramientas informáticas 2D y que usan bloques tangibles.

Los efectos de aprendizaje fueron examinados utilizando problemas de resolución analógica con la batería de modificabilidad cognitiva. Los resultados de esta investigación mostraron que se generó una experiencia perceptiva única, que amplió el mundo de imágenes mentales del niño, fortaleciendo la internalización de los principios de la experiencia de aprendizaje mediada y contribuyó sus logros cognitivos.

3.2.2 Desarrollo de habilidades cognitivas mediante Realidad Aumentada.

Las acciones de los seres humanos en el mundo físico con frecuencia se realizan utilizando artefactos como extensión de sus propios sistemas de conocimiento y razonamiento para recordar y procesar información (Bang & Timpka, 2003). Algunos de estos artefactos han sido utilizados para el entrenamiento o para el desarrollo de habilidades cognitivas. Los cuales exploran las siguientes habilidades: orientación espacial y temporal, atención, concentración, entendimiento del lenguaje y habla, juicios y abstracciones, organización, resolución de problemas, velocidad de procesamiento mental, etc. Practicar estas habilidades, permite mejorar o restaurar funciones cognitivas tales como: entendimiento y seguimiento de instrucciones, selección y evaluación de cosas, razonamiento, toma de decisiones, construir y describir cosas, etc. (Kirner & Kirner, 2011).

Con las recientes tendencias tecnológicas, las personas en rehabilitación o entrenamiento pueden obtener acceso a dispositivos interactivos con características interesantes como: alta tecnología, interactivo y multisensorial. La clave en el uso de estos artefactos es que su principal característica debe ser su simplicidad (Sangole, 2015).

La realidad aumentada es una forma emergente de experiencia en el cual el mundo real es mejorado con contenido generado por computadora y el cual está vinculado a ubicaciones o actividades específicas (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). Los investigadores han perseguido la realidad aumentada porque permite mejorar la percepción, conocimiento e interacción con el mundo real (Azuma, 2001). Los investigadores han explorado el uso de aplicaciones con realidad aumentada dentro de varias áreas y disciplinas. Una de esas áreas es el entrenamiento y/o rehabilitación de habilidades.

El trabajo de investigación de (Kirner & Kirner, 2011) fue desarrollar un artefacto interactivo para rehabilitación cognitiva basado en realidad aumentada. Sus principales objetivos fueron utilizar dispositivos innovadores, interfaces amigables para el usuario y una aplicación personalizable de bajo costo. Sin embargo, este proyecto presentó algunas debilidades como: la calidad de la cámara, iluminación, puntos de ubicación de la cámara y visión indirecta e interacción.

(Boletsis & McCallum, 2014) realizaron el diseño de un juego de entrenamiento cognitivo con cubos utilizando realidad aumentada para ayudar aliviar el deterioro cognitivo y proveer información oportuna para la evaluación cognitiva del jugador (Figura 3.1). Los resultados obtenidos en la primera etapa fue la detección de los problemas que afectaron el objetivo del trabajo. Tales problemas fueron: la oclusión del marcador, limitaciones relacionadas con la tecnología de realidad aumentada como los retrasos, pérdida de percepción de profundidad y espacio 3D limitado.



Figura 3.1 Cubos (a), vista del juego (b) y juego durante el estudio piloto (c).

Por otro lado, varias investigaciones se han centrado en explorar el desarrollo cognitivo en niños con respecto a si la interacción táctil afecta su percepción cognitiva utilizando la herramienta de realidad aumentada.

El trabajo desarrollado por (Fleck, Hachet, & Christian, 2015) que presenta un ambiente pedagógico basado en realidad aumentada permitiendo interacciones tangibles para el entendimiento de conceptos astronómicos. El movimiento de los marcadores reflejó los movimientos de la mano, lo que sirvió como evidencia de las representaciones subyacentes en la memoria y los procesos que se derivaron. Sus resultados confirmaron que la coexistencia de objetos virtuales y reales disminuyen los niveles de abstracción de jóvenes estudiantes.

Los resultados obtenidos por (Kim & Cho, 2014) revelaron que la interacción táctil proporciona una ayuda cognitiva para la solución creativa de problemas en niños. La manipulación de objetos tangibles explotó habilidades espaciales intuitivas, acciones motoras y de gestos (Figura 3.2 (b)). Demostrando el potencial de las interfaces tangibles para el desarrollo cognitivo de los niños.

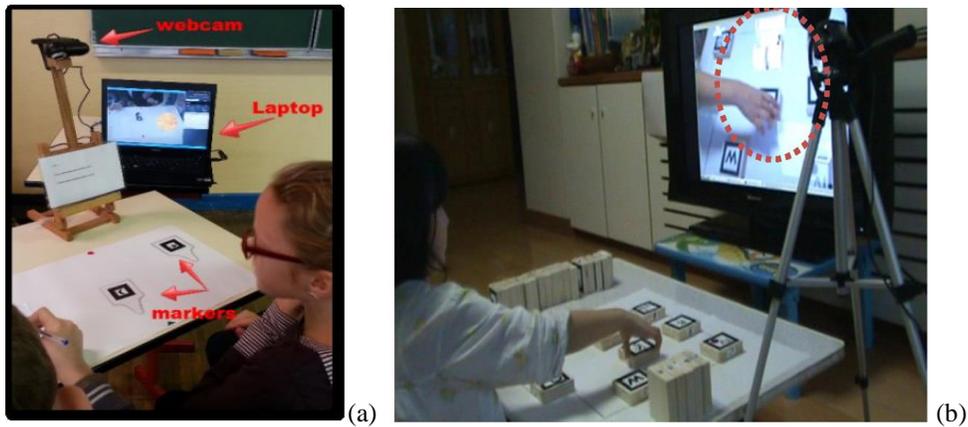


Figura 3.2 (a) Ambiente HELIOS. (b) Sesión de interfaces tangibles.

Sin embargo, también se debe tomar en cuenta que las experiencias con realidad aumentada necesitan ser diseñadas apropiadamente para las capacidades y limitaciones de los niños y así poder aprovechar sus beneficios. Esto debido a que existe un enorme desarrollo físico y cognitivo en los primeros diez años de vida de los niños. En el trabajo de investigación de (Radu & MacIntyre, 2012) se investigaron las habilidades de los niños en las categorías de: habilidades motoras, cognición espacial, atención, lógica y memoria, para relacionarlas con los diseños actuales de realidad aumentada. Resaltaron que las habilidades identificadas anteriormente son potencialmente transferibles a otros ámbitos, como las interfaces de usuario tangibles.

3.3. Modelos Computacionales para la representación de razonamiento.

Un área de la Inteligencia Artificial es la representación de conocimiento y razonamiento, cuyo objetivo es representar el conocimiento de una manera que facilite la inferencia a partir de tal conocimiento. En los siguientes apartados, se mostrará el desarrollo de ciertas técnicas para la representación del conocimiento y razonamiento, ya sea inspirados en razonamiento humano o para modelar una parte de ella.

3.3.1. Modelos computacionales inspirados en razonamiento analógico.

Desde hace aproximadamente 30 años, un número de modelos computacionales de analogía han sido creados, con la colaboración de psicólogos y científicos en Inteligencia Artificial, que los ha llevado a capturar aspectos de cómo las personas comparan las representaciones, recuperan análogos de la memoria y aprenden de los resultados. Sin embargo, aún difieren en su enfoque centrándose en fenómenos a nivel cognitivo o en modelar procesos analógicos para ser implementados en sistemas neurales. Estos modelos han identificado una serie de procesos analógicos utilizados para representar los subprocessos de analogías:

1. Recuperación.
2. Mapeo.
3. Abstracción.
4. Re-representación.
5. Codificación.

La mayoría de los modelos, se centran en el proceso de mapeo, que es el núcleo de las analogías, ya que sin mapeo no hay analogía (Gentner & Forbus, Computational models of analogy, 2011). Las teorías que explican el desarrollo del razonamiento analógico tienden a enfatizar ya sea en la acumulación de conocimiento relacional o en cambios de la capacidad de procesamiento de la información.

En el artículo de (Morrison, Dumas, & Richland, 2011) se desarrollaron simulaciones en LISA, un modelo computacional inspirado en razonamiento analógico, para explorar cómo estos factores pueden contribuir al desarrollo de analogías en niños pequeños (3-4 años).

Usaron LISA para simular el desempeño de los niños sobre escenas de problemas de analogías. Las simulaciones mostraron que los cambios en los niveles de inhibición en el sistema de la memoria de trabajo del modelo explican la progresión en el desarrollo de la capacidad de los niños para manejar los aumentos en la complejidad relacional y la distracción de similitud de objetos durante el razonamiento analógico. Con estos resultados, argumentaron que el desarrollo del razonamiento analógico en los niños se puede conceptualizar como un equilibrio entre la acumulación de conocimientos y la maduración de la capacidad de procesamiento de la información.

En el trabajo de (Voskoglou & Subbotin, 2012) se presentan dos modelos difusos para la descripción de los procesos de razonamiento analógico, representando sus principales pasos como un subconjunto difuso de un conjunto de etiquetas lingüísticas, que caracterizan el desempeño en cada paso. En el primer modelo usaron el índice de diversidad Shannon-Wiener como una medida de habilidades individuales en la resolución de problemas analógicos. En el segundo modelo midieron el desempeño individual a través de representaciones gráficas de la información en figuras de dos dimensiones, que funcionó con coordenadas del centro de masa de la figura. Sus modelos difusos se compararon con un modelo estocástico de cadenas finitas de Markov, con los pasos del proceso de razonamiento analógico. Aunque todos los modelos anteriores dieron información cuantitativa importante acerca de las capacidades de un grupo de soluciones de problemas analógicos, en el modelo estocástico cuanto más son los problemas entre los cuales el problema de origen debe ser recuperado, más complicado se convierte el cálculo de las probabilidades de transición entre estados de la cadena, debido a "movimientos" de los individuos, que en este caso se extienden a más direcciones. Lo cual, con los modelos difusos no representó ninguna dificultad.

Por otro lado, la caracterización del desempeño de las soluciones de los problemas analógicos, en términos de un conjunto de etiquetas lingüísticas, las cuales son difusas, fue una desventaja del modelo difuso, ya que la caracterización dependió de criterios personales del investigador. Los modelos existentes de correspondencias analógicas, recuperación y la generalización se han utilizado para modelar una amplia variedad de fenómenos psicológicos, y para hacer predicciones que arrojen nueva luz sobre la cognición. Sin

embargo, desarrollar modelos analógicos para capturar los procesos de aprendizaje en el desarrollo cognitivo, así como su uso en simulaciones analógicas en sistemas tutoriales inteligentes y entornos de aprendizaje, para mejorar la educación y la formación es una prometedora dirección futura (Friedman & Forbus, 2009), (Doumas, Hummel, & Sandhofer, 2008).

3.3.2. Razonamiento y representación de razonamiento y conocimiento con Redes de Petri.

Las habilidades de razonamiento son utilizadas en toma de decisiones, la resolución de problemas y en hacer conexiones de diferente información entrante. (Eivazi & Bednarik, 2011) mencionan que modelar el razonamiento y comportamiento humano es uno de los principales retos para crear nuevas interfaces de adaptación que pueden entender el comportamiento del usuario con base a información de registro del usuario. Los métodos tradicionales de recolección de datos para las tareas de modelado, como los registros o datos verbales, a menudo no son completamente fiables o aplicables. Las personas aplican una serie de diferentes estrategias cuando tienen que hacer una elección o decisión para lograr sus objetivos. La comprensión de cómo estos procesos se producen con interfaces interactivas no es una tarea fácil, pero al mismo tiempo, es un problema central de investigación.

El poder de la toma de decisiones está basado principalmente en el razonamiento en un ambiente incierto, donde la información sólo está disponible de manera vaga, imprecisa e incompleta. La teoría de conjuntos difusos ha emergido como un método poderoso para describir y tratar con este tipo de incertidumbre. La representación mediante reglas de producción difusas es uno de los métodos de representación del conocimiento más populares debido a la forma natural de expresar el conocimiento y la experiencia humana, y las reglas son relativamente fáciles de construir. Sin embargo, este método no puede mostrar la vista completa y estructura lógica de un sistema basado en reglas, ya que carece de la capacidad de razonamiento visual y dinámico, que son esencialmente necesarios para promover la eficiencia en el razonamiento y lograr la automatización (Yuan J., Jiang, Shan, Liu, & Shang, 2010).

En contraste, debido a la representación gráfica y la capacidad de tratamiento de la información imprecisa y difusa dinámicamente, las redes de Petri Difusas, que combinan la teoría de conjuntos difusos y la teoría de redes de Petri han sido ampliamente utilizadas en la representación del conocimiento, el razonamiento difuso, conocimiento y el aprendizaje. (Bostan-Korpeoglu & Yazici, 2007)

En la investigación de (Suraj, 2012), mejoran la implementación de grandes bases de conocimiento utilizando una representación gráfica: redes de Petri. Las cuales han comenzado a jugar un papel importante en Inteligencia Artificial debido a las adecuaciones de las redes para representar procesos de sistemas de eventos discretos y dinámicos.

Sin embargo, las redes de Petri no pueden manejar información aproximada e incierta. Por lo que se ha combinado la lógica difusa con redes de Petri, para dar lugar a las redes de Petri Difusas. Por lo general, los modelos de comportamiento humano se representan como bases de reglas difusas. En el trabajo de investigación de (Jayasudha & Rangarajan, 2012) mencionan que el rendimiento de las redes de Petri difusas en procesamiento distribuido, no determinístico, paralelo, asíncrono, síncrono y concurrente; las convierte en una herramienta efectiva para la representación de conocimiento incierto sobre el estado o comportamiento de un sistema. En el artículo de (Kouzehgar, Badamchizadeh, & Khanmohammadi, 2011) los modelos de comportamiento humano son principios para la toma de decisiones de diversas situaciones con el fin de tener decisiones válidas sobre la base de modelos de decisión humana fiable.

En el trabajo de (Zhang, Wang, & Liu, 2007) se presenta un modelo de sistema de conocimiento experto con redes de Petri Difusas y el proceso de razonamiento difuso basado en reglas producción difusas en un sistema experto. Mejoraron la velocidad de aprendizaje y la desventaja de optimización local en el proceso de convergencia, introduciendo la técnica de aprendizaje auto-adaptativo para aprender y entrenar los parámetros de la red de Petri Difusa.

En el artículo de (Xu & Jiao, 2011) se propuso un modelo de red de Petri Difusa Coloreada Modular, para la representación de conocimiento y los mecanismos de razonamiento para el análisis de comportamiento, así como modelar los estados cognitivos-afectivos. Todo ello, con el objetivo de analizar la toma de decisiones de los usuarios, para mejorar los niveles de servicio y afectaciones a la cognición del usuario. Sus resultados muestran que la red de Petri Difusa Coloreada Modular fue adecuada para capturar la incertidumbre del sistema y permitir el razonamiento coherente con el respecto al afecto y cognición de los usuarios.

(Zhang Y., 2013) proponen una estructura para un sistema hipermedia inteligente colaborativo para diagnosticar dermatosis en niños. Utilizan un sistema multi-agente para resolver los problemas y que sean presentados en forma multimedia. Para el análisis y diseño del sistema usaron redes de Petri Difusas y redes de Petri Difusas Dinámicas. Los resultados concluyen que las redes de Petri son una poderosa herramienta para describir el comportamiento de un sistema complejo, tal como un sistema de diagnóstico realizado para dermatosis en niños. El artículo de (Ribaric & Hrkac, 2012) presenta un modelo de representación de conocimiento espacio-temporal difuso y razonamiento basado en redes de Petri de alto nivel. El razonamiento en el modelo propuesto es un proceso impulsado por los datos espacio-temporales basado en las propiedades dinámicas del sistema, es decir, la ejecución de las redes de Petri con tokens espacio-temporales difusos. El modelo propuesto permitió una representación jerárquica de las escenas en diferentes niveles de abstracción (basados en conceptos conocidos de la red de Petri llamados refinamiento y abstracción).

Capítulo 4 Metodología.

Las investigaciones mostradas en el capítulo anterior de (Nutley, y otros, 2011; Chiu & Alexander, 2014; Stevenson, Heiser, & Resing, 2016) se centraron en el entrenamiento de la capacidad de razonamiento analógico demostrando que se mejoró esta capacidad, al desarrollar estrategias y estímulos específicos.

El uso de distintas herramientas para diseño, evaluación y análisis de los resultados de las pruebas de razonamiento aplicadas, ha sido variada. Una de ellas es la realidad aumentada, cuya aplicación ha contribuido a mejorar ciertas áreas relacionadas al aprendizaje (Boletsis & McCallum, 2014; Fleck, Hachet, & Christian, 2015; Kim & Cho, 2014), el cual también ha sido objeto de estudio de las ciencias computacionales, como la teoría de redes de Petri que ha sido ampliamente utilizada en la representación de aprendizaje, conocimiento, incertidumbre y comportamientos de un sistema.

En este capítulo, se mostrará la metodología que se utilizó para el desarrollo de la aplicación que evaluó el nivel de desempeño de los factores cognitivos implícitos en la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual. Se comenzará detallando la selección de los ejercicios que miden razonamiento analógico visoperceptual en niños. Después se describirá la estructura de la aplicación, en la cual se utilizó la herramienta de realidad aumentada como medio de interacción con el usuario. Por último, para la evaluación de la capacidad de razonamiento analógico se modeló una base de reglas basada en una red de Petri Difusa para el sistema de inferencia difuso que representó el estado del sistema.

4.1. Selección de los ejercicios de razonamiento analógico visoperceptual.

Los ejercicios de la aplicación estuvieron basados en la sub-prueba “Matrices” de la Escala Wechsler de Inteligencia para Niños Cuarta Edición (WISC-IV). El cual es un instrumento clínico de aplicación individual para la evaluación de la capacidad cognoscitiva de niños desde los 6 años hasta los 16 años de edad. Proporciona sub-pruebas y puntuaciones compuestas que representan el funcionamiento intelectual en dominios cognoscitivos específicos, así como una puntuación compuesta que representa la capacidad intelectual general. La sub-prueba de Matrices es una de las tres sub-pruebas esenciales en el índice de razonamiento perceptual del WISC-IV.

El razonamiento perceptivo es la capacidad para manejar conceptos abstractos, reglas, generalizaciones y relaciones lógicas. La sub-prueba de Matrices consiste de matrices de colores o patrones visuales; los cuales se presentan individualmente y a los que le falta un pedazo. Para completarla se debe seleccionar entre un conjunto de cinco opciones el patrón que completa mejor la matriz. La sub-prueba Matrices mide la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual sin un componente de velocidad. Esta sub-prueba evalúa varios factores cognitivos:

- Capacidad de razonamiento fluido no verbal.
- Procesamiento visual.
- Inducción.
- Visualización.
- Organización viso-perceptual.
- Capacidad de razonamiento.
- Capacidad de clasificación.
- Capacidad para formar analogías.
- Atención a los detalles.
- Concentración.
- Capacidad espacial
- Discriminación viso-perceptual.

También se relaciona con la motivación y persistencia, la capacidad para alcanzar una meta, capacidad para usar ensayo y error y agudeza visual (Sattler, 2010, p.340).

Los factores que se analizaron mediante la aplicación son los que se muestran en la Tabla 4.1:

Factor cognitivo	Descripción
Procesamiento visual	Capacidad para separar/diferenciar objetos
Organización visoperceptual	Capacidad para reconocer y discriminar los estímulos: interpretar, atribuir y asociar lo que se ve a ciertas categorías ya conocidas e integrarlo al conocimiento que ya se posee.
Capacidad espacial	Capacidad para procesar información en tres dimensiones.
Discriminación visoperceptual	Habilidad para encontrar características exactas entre dos formas, cuando una de ellas se encuentra entre otras formas similares.

Tabla 4.1 Descripción de factores cognitivos.

Los cuatro factores anteriormente descritos fueron seleccionados de entre doce con base en la recomendación de un neuropsicólogo¹, quien determinó que estos factores estaban más relacionados a la naturaleza de la aplicación, es decir, de acuerdo a las características con las que se desarrolló la aplicación.

Las razones por la que se escogió el WISC-IV es que se puede emplear con propósitos de investigación. La valoración de las capacidades cognitivas establece un mayor conocimiento acerca de la manera en que los niños adquieren y demuestran funciones intelectuales importantes. Está estandarizada en México y cuenta con la validez adecuada (Wechsler, D. (2007); Houskeeper, J.L. (2011)). Además, la sub-prueba de Matrices está

¹ Neuropsicóloga Claudia Mestizo, Centro Terapéutico para Niños con Trastorno del Espectro Autista (CeNPI-TEA), Tapachula No.9 Col. Inmecafe C.P. 91190 Xalapa, Ver. Tel 01 (228) 840 0705. E-mail: cenpi.tea@gmail.com.

conformada por imágenes, lo cual permitió la adaptación de ejercicios similares para el desarrollo de la aplicación móvil.

4.2 Estructura de la aplicación.

Para resolver los ejercicios el usuario interactuó con una aplicación que utilizó realidad aumentada. La interacción estuvo basada en imágenes, donde los objetos virtuales fueron las opciones de respuesta de los ejercicios. Los objetos fueron modelos 3D, sobre los cuales se permitió realizar los siguientes movimientos:

- Traslación: mover un objeto de un lugar a otro.
- Escalamiento: acercar o alejar un objeto.
- Rotación: girar un objeto.

Estos movimientos han sido detectados como los movimientos más utilizados y de fácil uso para usuarios que han interactuado con aplicaciones de realidad aumentada. Los movimientos para manipular los objetos fueron directamente sobre la pantalla del dispositivo.

Se registró el número de movimientos que se realizó por objeto durante la resolución del ejercicio, como se muestra en la Tabla 4.2. El rango de movimientos se relaciona a que entre mayor número de movimientos podría deberse a que no se pudo resolver el ejercicio con pocos movimientos y se necesitó una mayor atención a los detalles para poder elegir una respuesta.

Movimiento	Número de movimientos
Trasladar	0-20
Escalar	
Rotar	

Tabla 4.2 Número de movimientos permitidos.

Estas características estuvieron vinculadas a como se interactuó con la aplicación mientras se trató de resolver el ejercicio, lo cual en la investigación de (Fleck, Hachet, & Christian, 2015) menciona que los movimientos de los marcadores reflejan procesos subyacentes a la memoria.

También se registró el tiempo de resolución del ejercicio, que se definió dentro de un rango, como se muestra en la Tabla 4.3. El límite de tiempo esta basado conforme al tiempo recomendado que se da en el manual de aplicación del test de Wechsler para resolver un ejercicio de analogía con matrices.

Tiempo	
Etiqueta	Rango numérico
Estimado	1-30
Medio	25-45
Límite	40-90

Tabla 4.3 Valores numéricos asociados a la variable “Tiempo”.

Se asignó a cada modelo virtual una calificación de acuerdo a similitud con la respuesta correcta, con la finalidad de asociar los detalles a los que se puso mayor atención y que se acercan o alejan de los que posee el objeto que resuelve la analogía (Ver Tabla 4.4).

Valor de respuesta	
Etiqueta	Valor numérico
Insignificante	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Completa	5

Tabla 4.4 Valores numéricos asociados a la variable “Valor respuesta”.

4.3. Evaluación de la capacidad de razonamiento analógico visoperceptual.

La evaluación de los ejercicios estuvo basada en los movimientos que se realizaron sobre los objetos virtuales para dar solución a la analogía, lo cual reflejo el comportamiento de la aplicación. Este comportamiento se modeló mediante una red de Petri Difusa.

Las redes de Petri Difusa son una modificación de las redes de Petri apoyándose sobre la representación de los lugares de la red como variables lógicas con valores que pertenecen al intervalo cerrado $[0,1]$ de todos los números reales de 0 a 1 (0 y 1 están incluidos). Los valores concretos de tales variables representan un grado de verdad de la sentencia asignada a las variables. Las transiciones de la red son interpretadas como implicaciones lógicas en el cual los lugares de entrada de una transición representan premisas de una implicación dada correspondiente a la transición mientras que los lugares de salida de la transición representan su conclusión.

Para el modelado de la red de Petri Difusa, se mapeó una base de reglas, donde una condición pudo ser vista como un lugar de la red y la acción como una transición. Como primer paso, se definieron las características del sistema de inferencia difusa.

Las variables de entrada fueron el número de movimientos que se realizaron por objeto, la puntuación asociada a cada respuesta y el tiempo. En la Tabla 4.5 se describen las variables anteriormente mencionadas, así como las etiquetas lingüísticas que se les asignó y el rango numérico al que pertenecen.

Las variables de salida fueron los niveles de desempeño de los factores cognitivos asociados a cada ejercicio, como se muestra en la Tabla 4.6.

Variable de estado		Etiqueta lingüística	Rango
Movimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Trasladar • Escalar • Rotar 	Pocos movimientos	0-10
		Media	5-15
		Muchos movimientos	10-20
Puntuación respuesta		Baja	1-3
		Media	2-4
		Alta	3.5-5
Tiempo		Estimado	1s -45s
		Medio_estimado	30s - 60s
		Limite	45s – 90s

Tabla 4.5 Descripción variables de estado.

Variable de control		Etiqueta lingüística	Rango
Nivel factor cognitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Discriminación visoperceptual • Organización visoperceptual • Procesamiento visual • Capacidad espacial 	Bajo	0-70
		Medio	65-90
		Alto	85-100

Tabla 4.6 Descripción variables de control.

El paso que siguió antes de definir las funciones de membresía para las etiquetas lingüísticas fue normalizar los datos que se utilizaron, ya que el rango de sus valores difería entre sí. Mediante la normalización se pretendió reducir la variación no deseada ya que, al tratarse de variables diferentes, con la normalización se trató de que pertenecieran a una distribución normal y evitar que los valores más altos ganaran un peso significativamente más importante que aquellos con valores más bajos.

Para la normalización de las variables se utilizó la técnica Min-Max (Ver Ecuación 4.1). Esta técnica mantiene la relación entre los datos originales al tratarse de una transformación lineal sobre el rango original de datos.

$$A' = \left(\frac{A - \text{valorMínimo de } A}{\text{valorMáximo de } A - \text{valorMínimo de } A} \right) * (D - C) + C$$

Ecuación 4.1. Normalización Min-Max.

Donde:

A' contiene el dato normalizado Min-Max

[C, D] el límite predefinido

A el rango de datos originales

El rango al cual se normalizaron cada uno de los datos fue al rango entre [0,1]. Después de la normalización, se definieron las funciones de membresía para las etiquetas lingüísticas.

Se utilizó la función triangular para todas las etiquetas lingüísticas. Para las etiquetas “Escarlar”, “Rotar” y “Trasladar” la función de membresía quedó expresada como se muestra en la Figura 4.1.

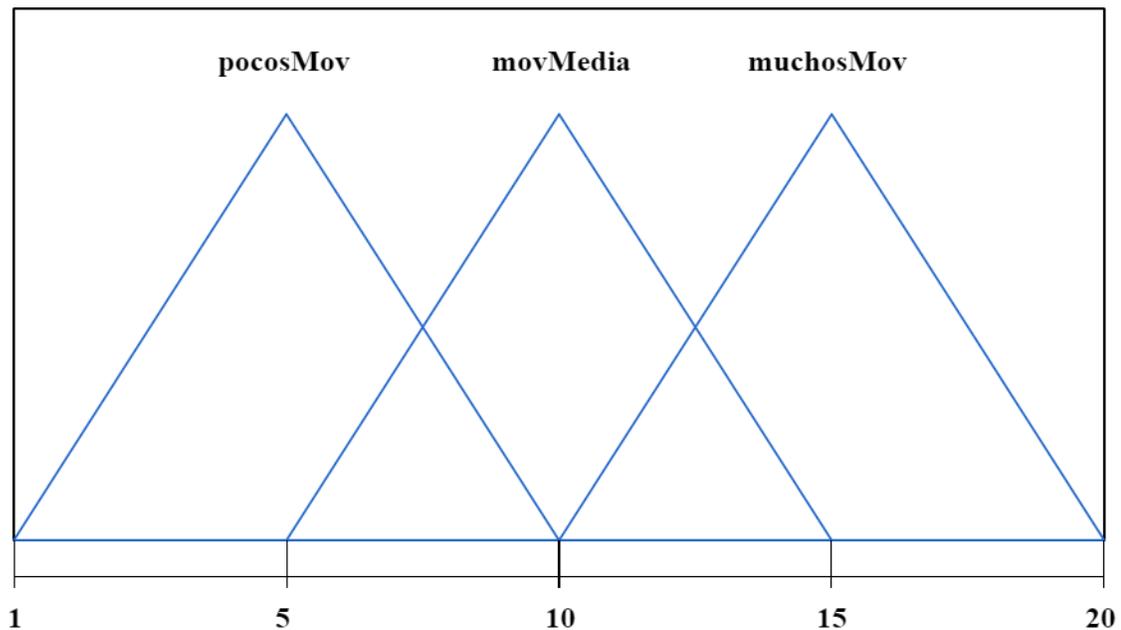


Figura 4.1 Función de membresía triangular para las etiquetas escalar, rotar y trasladar.

Para la etiqueta valor respuesta su función de membresía quedo definida como se muestra en la Figura 4.2. y la de tiempo en la Figura 4.3.

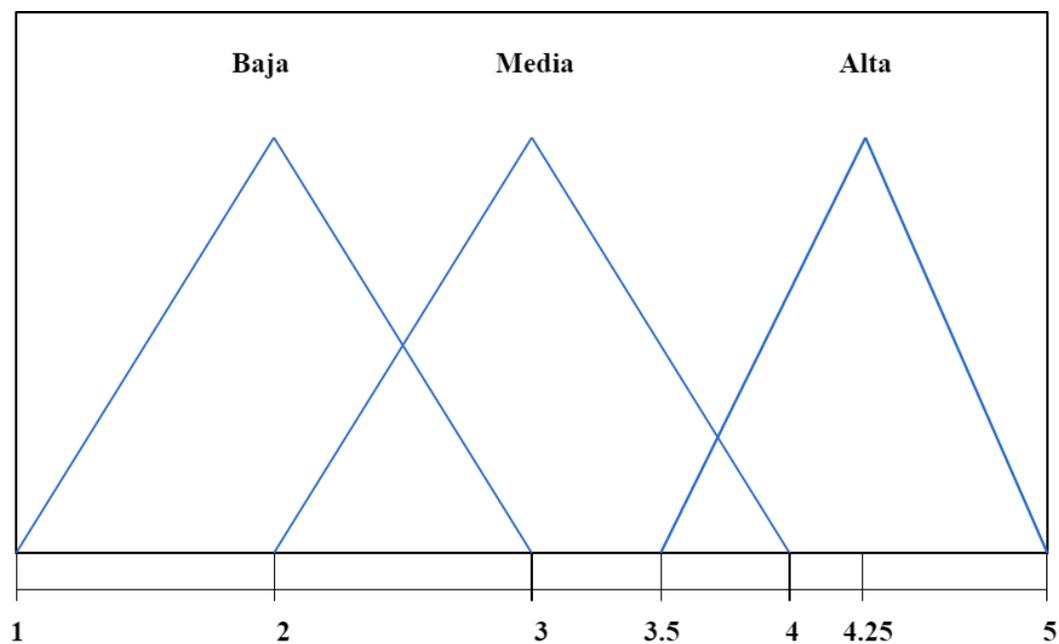


Figura 4.2 Función de membresía triangular para la etiqueta valor_respuesta.

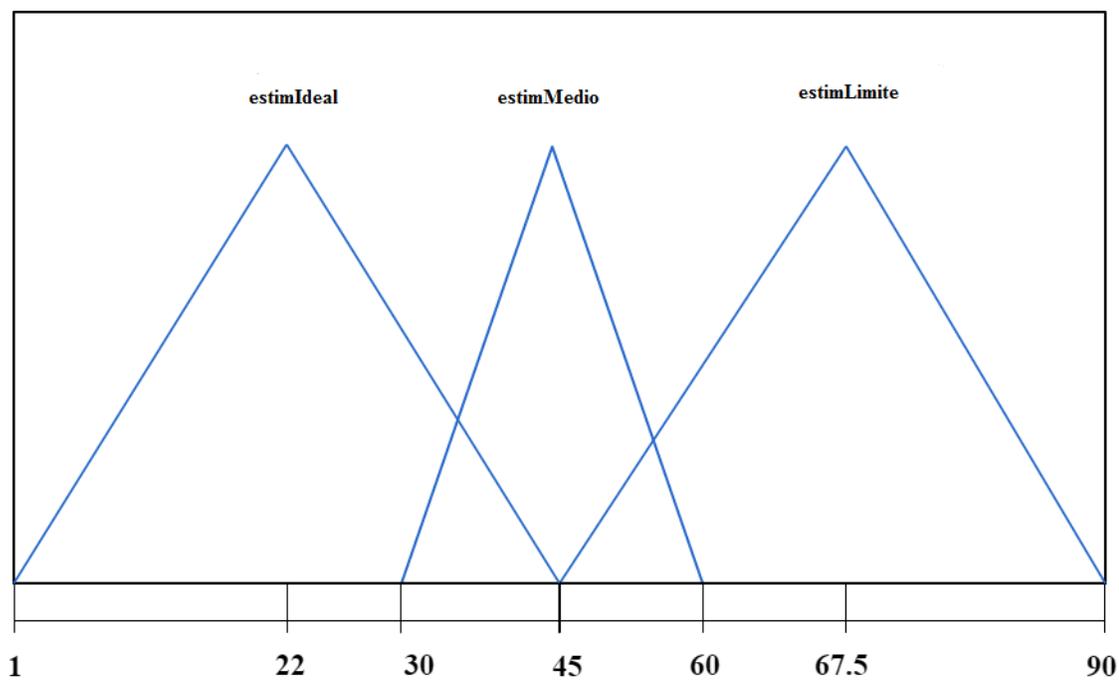


Figura 4.3 Función de membresía triangular para la etiqueta tiempo.

La función de membresía definida para las variables de salida (Discriminación viso perceptual, Organización viso perceptual, Procesamiento visual y Capacidad espacial) se muestra en la Figura 4.4.

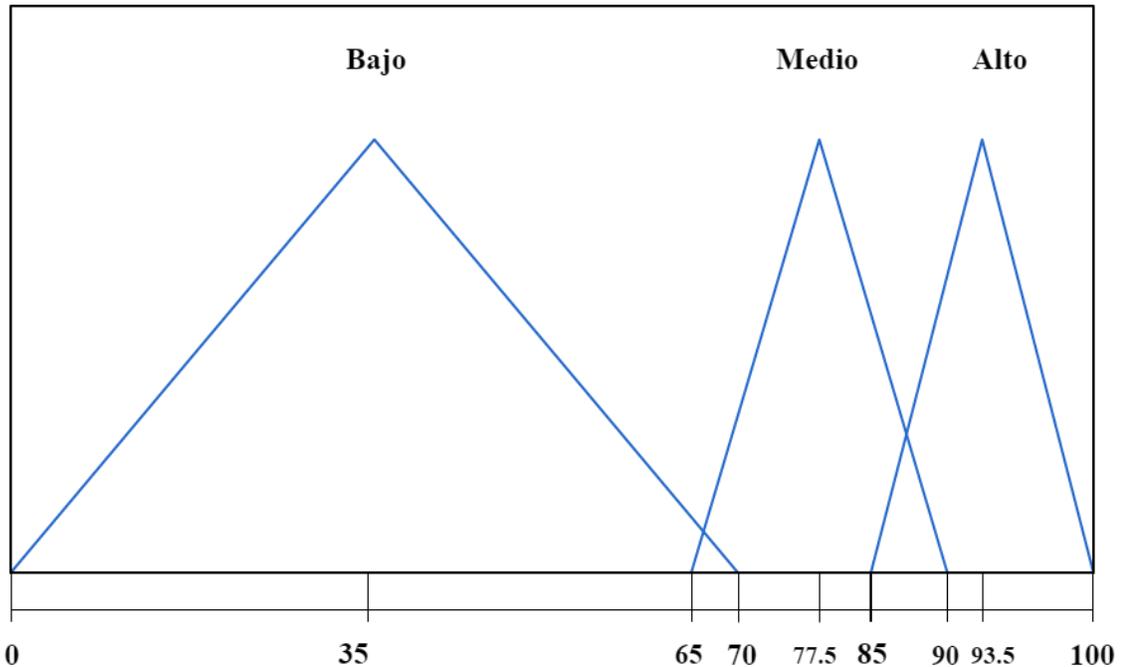


Figura 4.4 Función de membresía triangular para las etiquetas lingüísticas de salida.

Una vez definidas las funciones de membresía, se construyó la base de reglas difusa asociadas a las etiquetas lingüísticas. Las reglas difusas son similares a expresiones de lenguaje natural que son definidas de la manera:

IF premisa (antecedente) THEN conclusión (consecuente).

La base de reglas se conformó con base en el diseño de una red de Petri, en donde las variables: escalar, rotar y trasladar conformaron las variables de entrada de la red. Se consideraron de entrada ya que sus valores, originados en la aplicación alimentaron la red.

Las variables: discriminación visoperceptual, organización visoperceptual, procesamiento visual y capacidad espacial conformaron las variables de salida, ya que dependiendo de los valores de las variables de entrada se pudo alcanzar uno o varios de esos lugares. Los tokens

de la red fueron conformados por el valor de la puntuación de la respuesta seleccionada y por el tiempo en que se resolvió el ejercicio.

En el diagrama 4.1. se muestra la red de Petri Difusa general diseñada que se usó para modelar la base de reglas difusas. Los lugares: Traslación, Rotación y Escalamiento iniciaron con dos tokens cada uno (valor_respuesta y tiempo), a través de los valores en las transiciones se permitió el disparo o no para pasar al siguiente lugar, en donde el número de movimientos asociados a ese lugar también fue necesario para poder permitir el disparo de las transiciones.

Los lugares: discriminación visoperceptual, organización visoperceptual, procesamiento visual y capacidad espacial tienen como resultado de uno a tres tokens. De manera gráfica lo que se pretendió dar a conocer es que para poder alcanzar el lugar de organización visoperceptual sólo se necesitó el disparo de la transición que viene del lugar traslación.

En el caso del lugar de procesamiento visual se necesitó haber disparado las transiciones de los lugares de traslación, escalamiento y rotación para alcanzar el lugar de discriminación visoperceptual, y en el lugar capacidad espacial se necesitó el disparo de las transiciones de los lugares escalamiento y rotación.

De manera gráfica en cada uno de los lugares de salida existieron de uno a tres tokens (como se muestra en el diagrama 4.1) sin embargo, como resultado en los lugares de salida se obtuvo un valor que indicó si existe una baja, media o alta capacidad de desempeño en los factores cognitivos alcanzados.

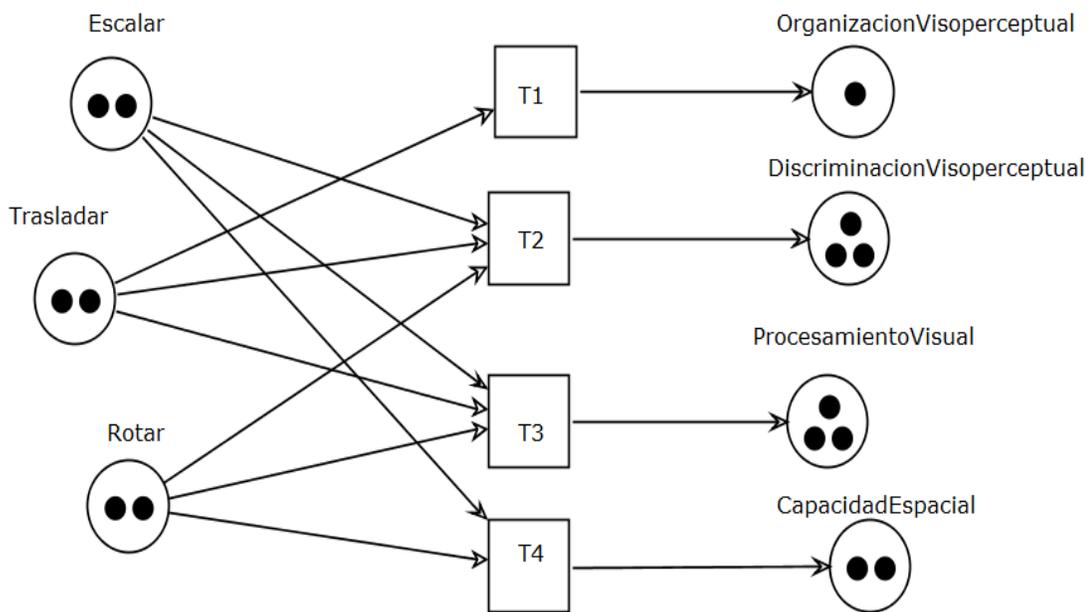


Diagrama 4.1 Red de Petri Difusa general diseñada para la base de reglas de evaluación del razonamiento analógico.

Capítulo 5 Resultados.

En esta sección se presentan los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo de la investigación. Con base en la metodología presentada en el capítulo anterior, se abarca desde la aplicación mediante la cual se mostraron los ejercicios seleccionados hasta la evaluación a través de una base de reglas difusa modelada con una de una red de Petri Difusa.

5.1 Diseño de la aplicación con realidad aumentada para la resolución de ejercicios.

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el software Unity en combinación con la herramienta Vuforia, la cual permite desarrollar aplicaciones con realidad aumentada para diversas plataformas, entre ellas Android.

La aplicación conto con un menú principal, desde el cual se pudo acceder al ejercicio a evaluar, ingresar el nombre de quien resolvió el ejercicio y la salida de la aplicación. (Ver Figura 5.1)



Figura 5.1 Menú principal.

Para la resolución del ejercicio, la aplicación accedió a la cámara del dispositivo para detectar los marcadores asociados a los modelos virtuales. La aplicación fue diseñada para detectar marcadores de tipo imagen. Se detectaron 9 marcadores simultáneamente. (Ver Figura 5.2). Los marcadores se basaron en imágenes descargadas de diversas páginas de internet, a las cuales se les agregó diversas marcas para aumentar las posibilidades de ser detectadas por la cámara, así como también para lograr la identificación de cada uno de los marcadores y poder acomodarlos de manera similar a cómo se muestran en el test de Matrices (Ver Figura 5.3).

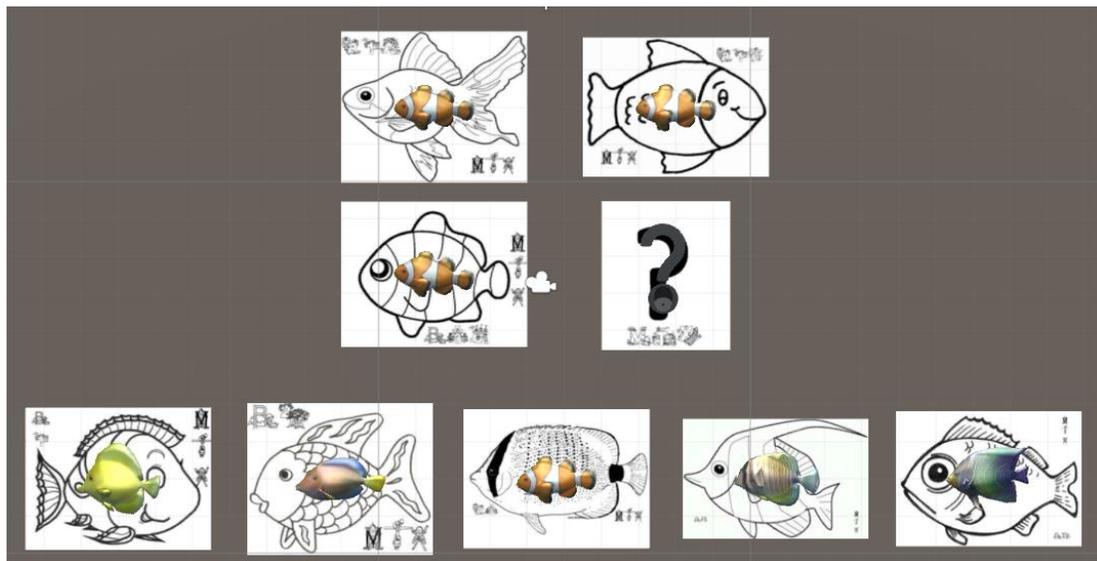


Figura 5.2 Vista de los marcadores y sus respectivos modelos 3D desde Unity.

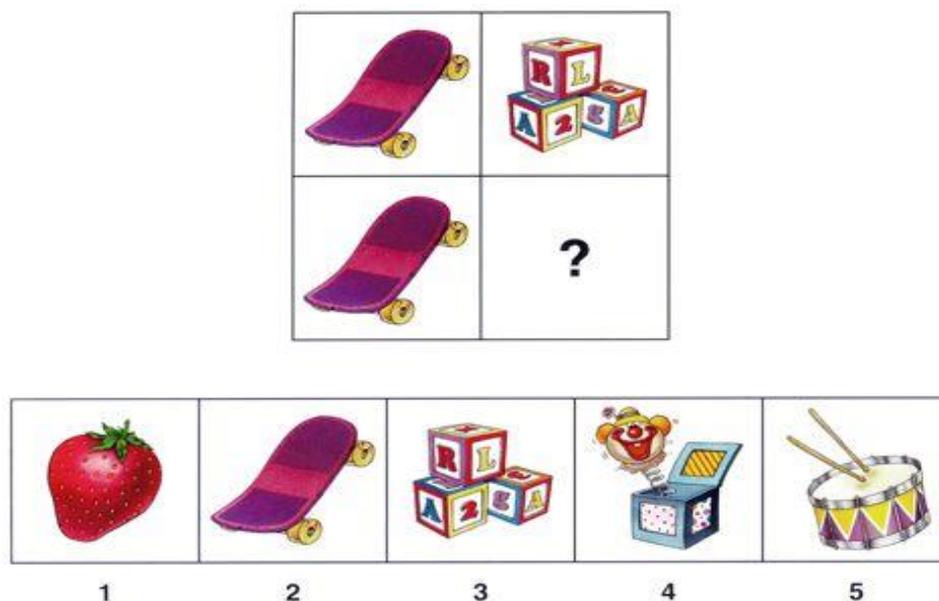


Figura 5.3 Ejemplo de la prueba de Matrices del test de Wechsler (WISC-IV).

Los modelos 3D que se utilizaron fueron en formato .fbx y se descargaron de diversas páginas que permiten la descarga de modelos 3D de forma gratuita. Los objetos virtuales que se pudieron manipular fueron las 5 opciones de respuesta, que se muestran en la parte inferior de la Figura 5.2. Los 4 objetos de la parte superior de la misma imagen correspondieron al ejercicio de analogía a resolver.

A las opciones de respuesta se les asignó un valor, el cual indica su proximidad a ser la respuesta correcta o incorrecta, lo cual se muestra en la Tabla 4.4.

Los movimientos que se permitieron en los objetos como se mencionó en el capítulo anterior son los de traslación, rotación y escalamiento.

Estos movimientos estuvieron vinculados a un valor, el cual dependió de la cantidad de movimientos dentro de un rango, que indicó la facilidad o dificultad con que se resolvió el ejercicio. Estos valores se muestran en la Tabla 5.1.

Movimiento (escalar, rotar, trasladar)	
Etiqueta	Rango numérico
Pocos movimientos	1-5
Intermedio	5-15
Muchos movimientos	15-20

Tabla 5.1 Valores numéricos asociados a la variable “Movimiento”.

El ejercicio estuvo condicionado a cierto límite de tiempo para su resolución (Ver Tabla 4.3). El cual indicó si se entendió el objetivo de la analogía para completar el ejercicio.

Una vez que se dio clic en el botón “Comenzar”, se mostró una pantalla con el nivel de dificultad del ejercicio (Fácil). Al dar clic en el botón “1” se ingresó al primer ejercicio (Ver Figura 5.4).

La aplicación accedió a la cámara trasera del dispositivo móvil, en el cual fue necesario ubicar la cámara hacia los marcadores, colocados de manera similar a como se muestra en la Figura 5.3.



Figura 5.4 Pantallas de aplicación móvil que permiten ingresar al primer ejercicio.

En la parte inferior izquierda de la pantalla (cuadro rojo en la Figura 5.5) se mostró el conteo de los segundos establecidos para completar el ejercicio, el cual inicio desde que se accedió a la cámara. Al rango del límite de tiempo se le agregaron quince segundos, considerando que fue el tiempo en que la cámara detecto por completo los nueve marcadores.

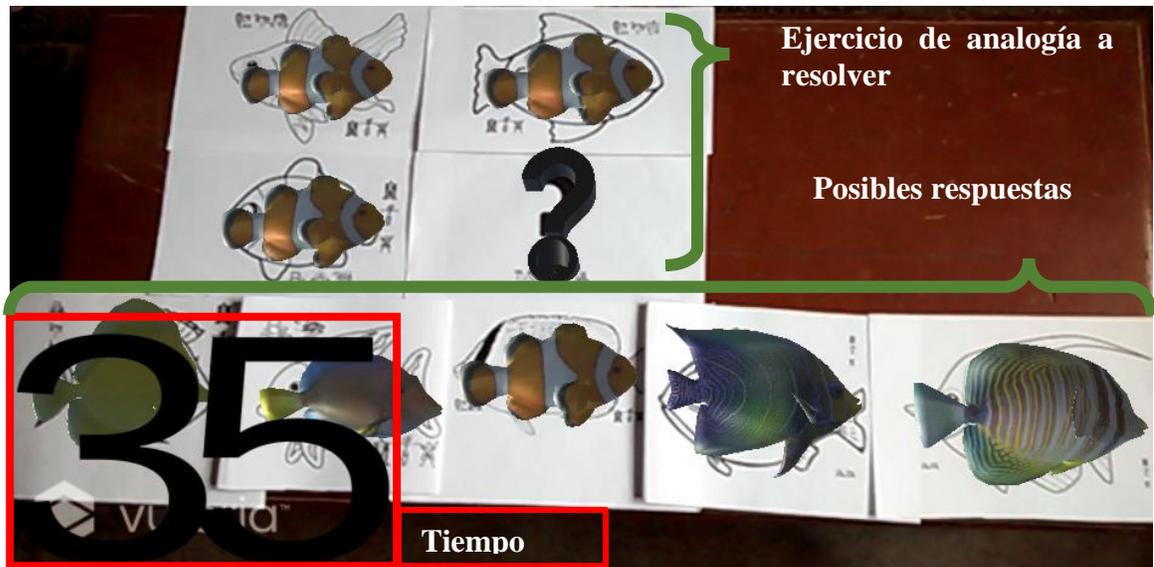


Figura 5.5 Marcadores detectados desde dispositivos con contador de tiempo.

Durante este lapso de tiempo, el usuario pudo manipular los objetos de respuesta (5 posibles respuestas) con los movimientos de traslación, rotación y escalamiento, donde de manera interna se llevó a cabo el conteo del número de veces que se realizaron estos tres tipos de movimientos por objeto.

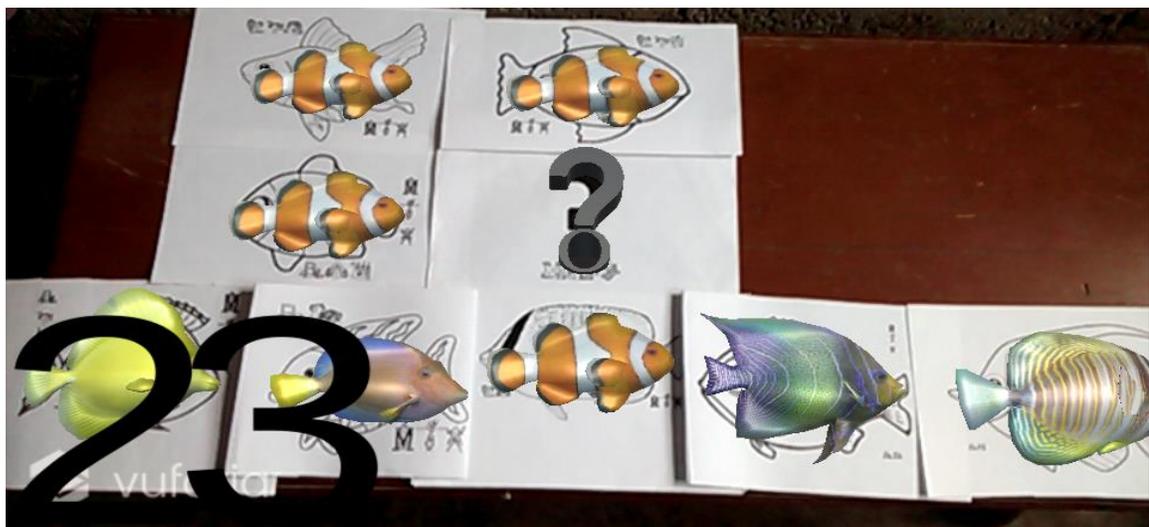


Figura 5.6 Pantalla de la aplicación.

Para finalizar el ejercicio, se debió de mover el modelo que se consideró como la respuesta de la analogía al signo de interrogación (Ver Figura 5.6), al realizar esto se oyó un sonido de aplausos cuando la respuesta fue la correcta (Ver Figura 5.7 a), de haber sido incorrecta se

oíría un sonido de respuesta incorrecta cuando el objeto seleccionado no fue la respuesta correcta al ejercicio (Ver Figura 5.7 b).

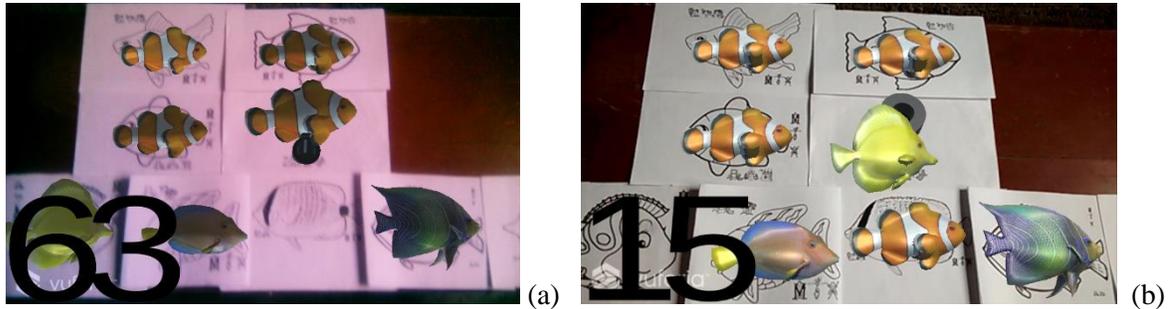


Figura 5.7 Ejemplos de la aplicación.

Cuando se finalizó el ejercicio, se mostró una pantalla (Ver Figura 5.8), en donde al pulsar sobre el botón amarillo la información recabada en el ejercicio fue enviada a un servidor web donde se almacenaron los datos para realizar la evaluación.

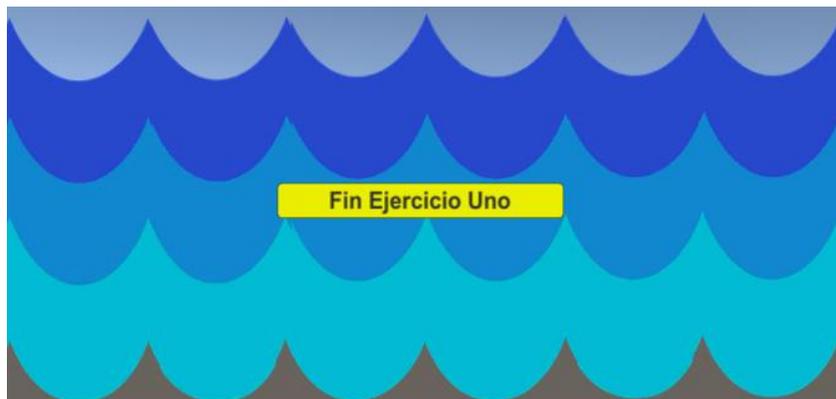


Figura 5.8 Pantalla de fin de ejercicio.

En el servidor web los datos se almacenaron en una base de datos, la cual sirvió para llevar un registro de los datos obtenidos por ejercicio y por usuario. (Ver Figura 5.9)

nombre_usuario	num_ejercicio	respuesta	valor_respuesta	mov_trasladar	mov_rotar	mov_escalar	tiempo
Alan	uno	3	5	7	8	9	30

Figura 5.9 Ejemplo de datos de la aplicación almacenados en una tabla en la base de datos.

Los valores obtenidos en la aplicación necesitaron ser normalizados para que pudieran ser evaluados. Para ello, se utilizó la técnica Min-Max, donde los valores numéricos mostrados en la Tabla 4.5 se normalizaron dentro del rango entre cero y uno. Los valores más bajos fueron más cercanos al cero (Ver Ecuación 5.1) y los valores más altos fueron cercanos al uno (Ver Ecuación 5.2).

$$1' = \left(\frac{1-1}{5-1}\right) * (1 - 0) + 0 = 0 \quad \text{Normalización Min-Max para el valor más bajo de la variable "Valor respuesta"}$$

Ecuación 5.1. Normalización Min-Max valor mínimo.

$$5' = \left(\frac{5-1}{5-1}\right) * (1 - 0) + 0 = 1 \quad \text{Normalización Min-Max para el valor más alto de la variable "Valor respuesta"}$$

Ecuación 5.2. Normalización Min-Max valor máximo.

5.2 Evaluación de razonamiento analógico mediante el sistema de inferencia difusa.

La evaluación se realizó mediante la herramienta Matlab, en el cual se diseñó el sistema de inferencia difusa, el servidor web fue el encargado de ejecutar la función en Matlab que realizó la evaluación de los datos obtenidos con la aplicación.

Como se mencionó anteriormente, los valores de las variables fueron normalizados, por lo que las funciones de membresía quedaron expresadas como se muestra en las figuras 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 y 5.14.

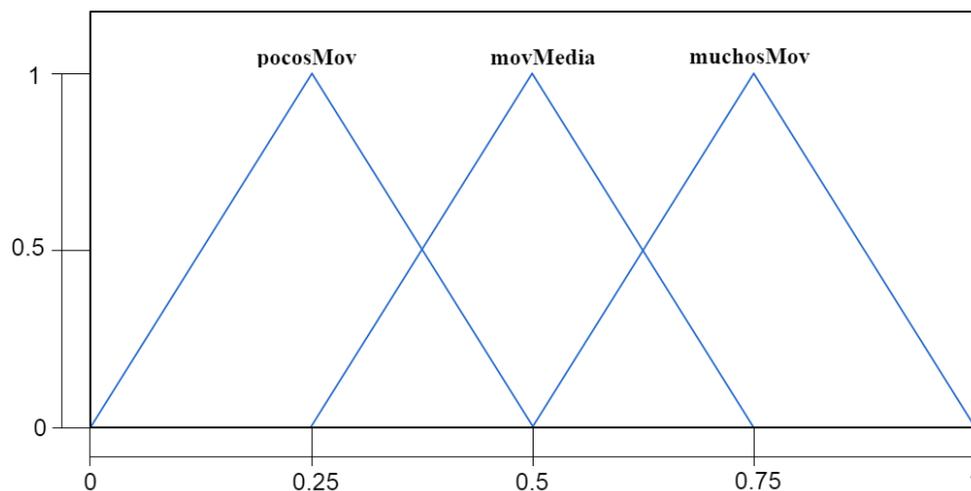


Figura 5.10 Función de membresía para las variables rotar y escalar con valores normalizados.

Para la variable trasladar se realizó un ajuste, en donde el rango de movimientos fue desde uno a veinte. Esto debido a que este movimiento fue el principal, mediante éste se permitió mover los objetos para poder finalizar el ejercicio y fue necesario al menos un movimiento de este tipo para poder terminarlo, en el caso de los movimientos rotar y escalar pudieron ocurrir o no, por lo que su rango permaneció dentro de cero movimientos a veinte.

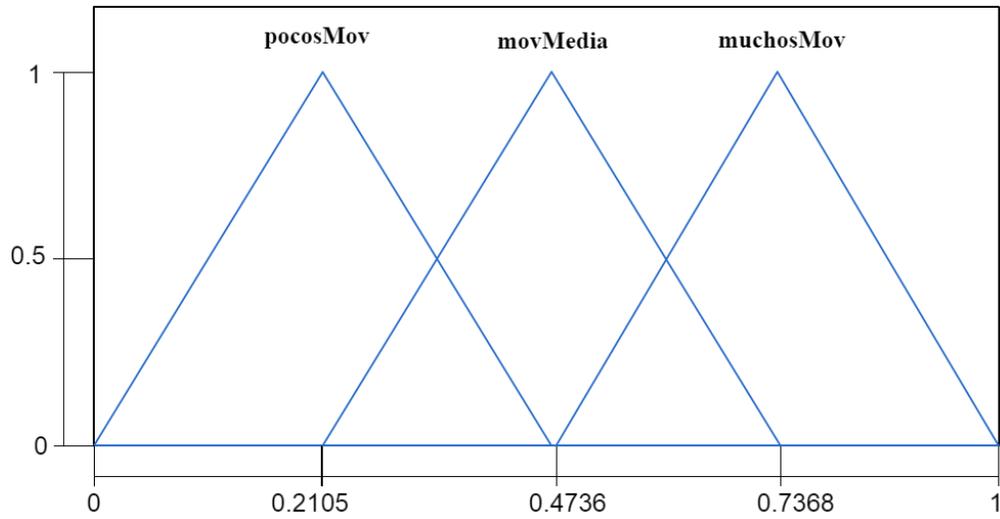


Figura 5.11 Función de membresía para la variable trasladar con valores normalizados.

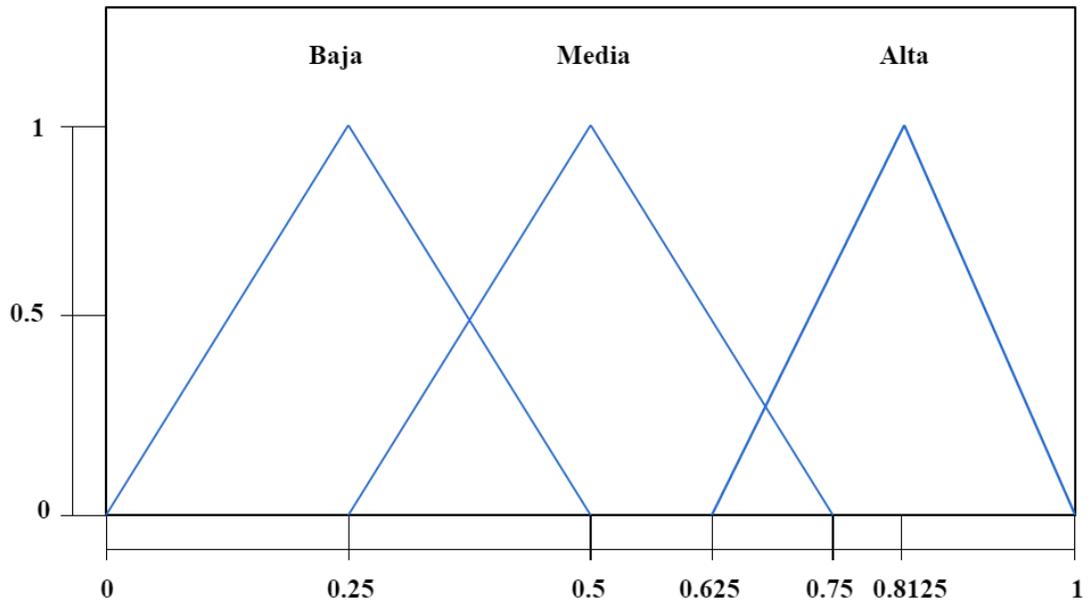


Figura 5.12 Función de membresía para la variable valor_respuesta con valores normalizados.

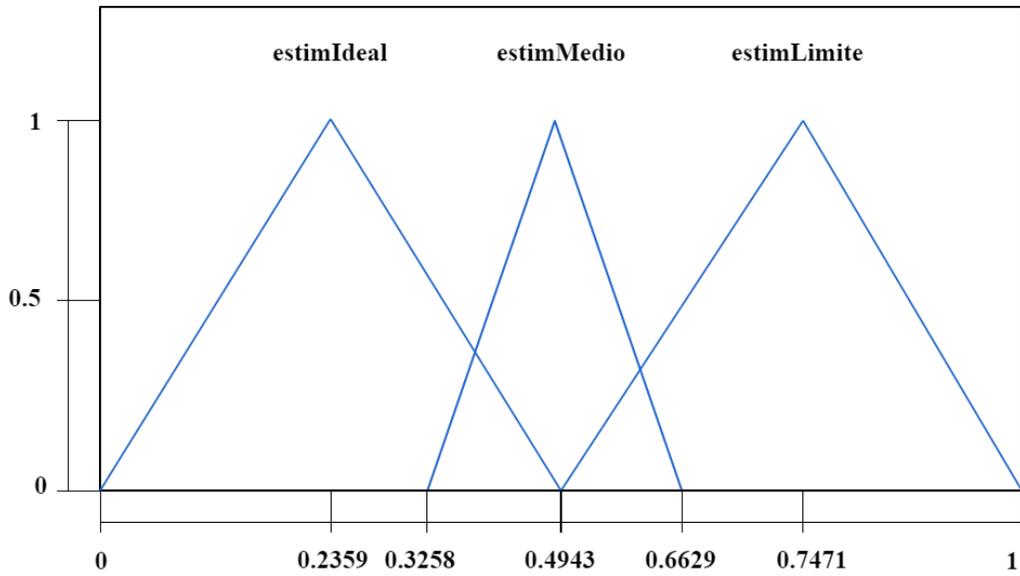


Figura 5.13 Função de membresía para la variable tiempo con valores normalizados.

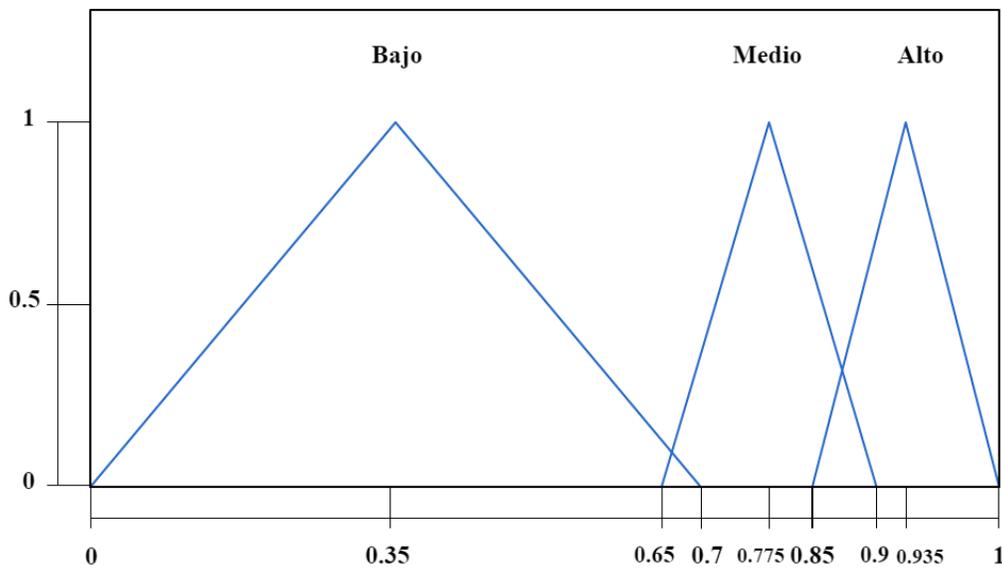


Figura 5.14 Função de membresía para las variables de salida con valores normalizados.

Ya establecidas las funciones de membresía se procedió a desarrollar la base de reglas, donde las posibles combinaciones de los valores de las etiquetas lingüísticas de las diversas variables dieron como resultado el valor del nivel de desempeño del factor o factores cognitivos asociados. En la Tabla 5.2. se puede observar las combinaciones de las etiquetas lingüísticas con valor en alto, medio y bajo. La base de reglas difusas utilizada se puede encontrar en anexos.

<p><i>If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is alto)</i></p> <p><i>If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is medio)</i></p> <p><i>If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is bajo)</i></p>	<p><i>Organización visoperceptual</i></p>
<p><i>If (escalar is pocoMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is alto)</i></p> <p><i>If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)</i></p> <p><i>If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)</i></p>	<p><i>Capacidad espacial</i></p>
<p><i>If (escalar is pocoMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (discriminacionVP is alto)</i></p> <p><i>If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is medio)</i></p> <p><i>If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is bajo)</i></p>	<p><i>Discriminación visoperceptual</i></p>
<p><i>If (escalar is pocoMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is alto)</i></p> <p><i>If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is medio)</i></p> <p><i>If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (procesamientoVisual is bajo)</i></p>	<p><i>Procesamiento visual</i></p>

Tabla 5.2 Base de reglas difusas de la aplicación.

La base de reglas difusas se diseñó con base a la red de Petri Difusa (Ver Diagrama 4.1), en donde de manera general se pudo observar que los movimientos de traslación, escalación y rotación indicaron los lugares de entrada de la red y los factores cognitivos (organización visoperceptual, discriminación visoperceptual, procesamiento visual y capacidad espacial) los lugares de salida.

Para el armado de la base de reglas se tomó en cuenta la combinación en los casos donde la combinación de las variables diera como resultado directo un valor de salida alto, medio o bajo.

La red de Petri Difusa también ayudó a identificar de manera gráfica que variables hicieron posible el disparo de las reglas para poder llegar a una conclusión.

Los valores de los lugares de entrada fueron los que permitieron el disparo o no de las transiciones, en este caso el disparo de una o varias reglas de la base de reglas difusas.

El método de inferencia que se usó en el sistema de inferencia difusa fue el método de inferencia tipo Mandami. El método de implicación utilizado fue el “min”, el método de agregación “max” y el método de defuzzificación el del centroide.

5.3 Caso de estudio.

Para la evaluación del comportamiento del sistema de inferencia difusa en combinación con la aplicación móvil se utilizó el primer ejercicio del test de Matrices de Wechsler, el cual es considerado un ejercicio de muestra (Ver Figura 5.15), donde su objetivo es guiar al niño a entender el objetivo del ejercicio para poder resolver el problema de la analogía.

Se realizaron 5 pruebas con diferentes niños con el mismo ejercicio tanto para el test físico como para la evaluación con la aplicación. Los resultados obtenidos mediante la prueba física se muestran en la Tabla 5.3 donde sólo dos niños resolvieron el ejercicio de manera correcta.

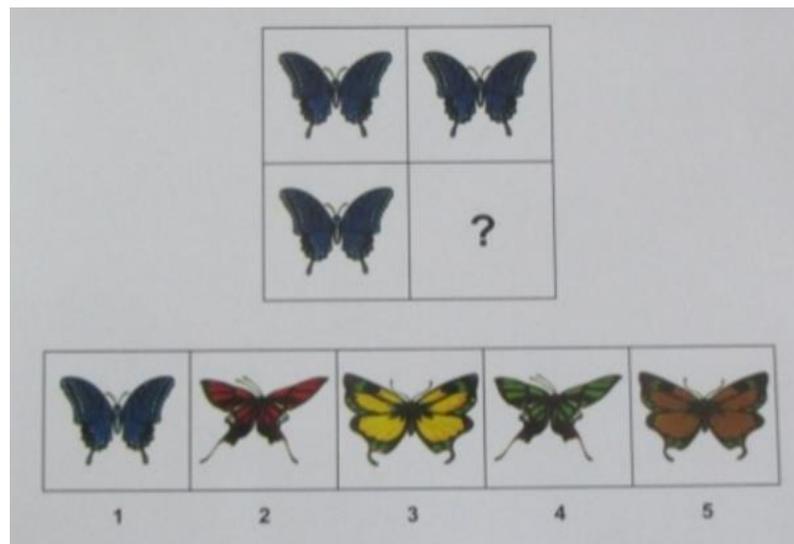


Figura 5.15 Primer ejercicio del test de Matrices (WISC-IV).

Número de prueba	Número de ejercicio: Uno	
	Acertado	No acertado
1		0
2	1	
3	1	
4		0
5		0

Tabla 5.3 Resultados obtenidos con el test.

Cabe mencionar que, para la resolución del ejercicio con el test físico, el niño debió señalar la figura o decir el número de figura. En esta prueba no se permite que el niño mueva la libreta con los ejercicios, pero si puede acercarse o mover la cabeza, dependiendo también de la forma de evaluar del psicólogo.

A los mismos 5 niños que realizaron la prueba física se les explicó el funcionamiento de la aplicación móvil para que pudieran resolver el primer ejercicio, el cual se presentó de manera similar al del test físico ya que de acuerdo a la recomendación del psicólogo no debían ser iguales a los de la prueba, por lo que en lugar de usar mariposas como se plantea originalmente el ejercicio se utilizaron peces (Ver imagen 5.16).

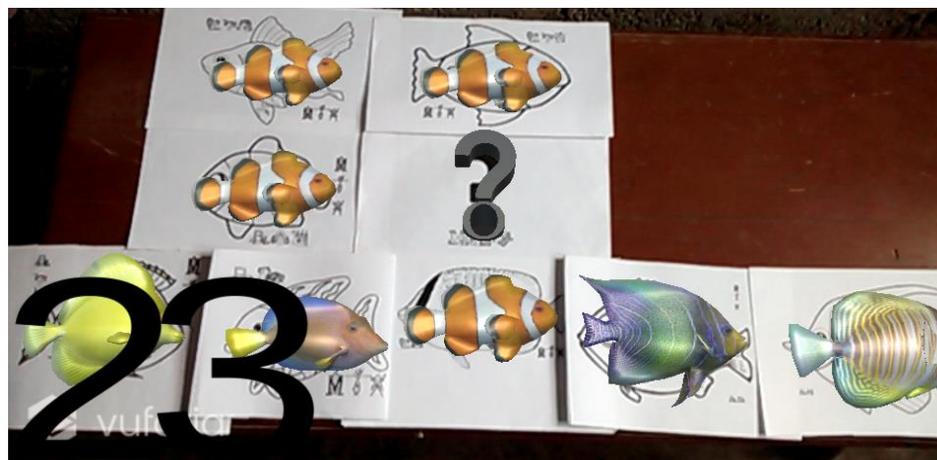


Figura 5.16 Ejercicio uno de la aplicación móvil.

A cada pez se le dio un puntaje de acuerdo a su parecido con la respuesta correcta. Para hacer la relación entre las respuestas de este ejercicio, se basó en las características que presenta el pez correcto (tercer pez de la fila inferior) como la forma del pez y que presentara rayas. El pez más parecido con base en estas características fue el quinto pez de la fila de las respuestas al cuál se le dio la puntuación de 4, al cuarto pez se le dio un valor de 3, al segundo pez el valor de 2 y al primer pez el valor de uno.

Número de prueba	Numero de ejercicio: Uno				
	Núm. De movimientos escalar	Núm. De movimientos rotar	Núm. de movimientos trasladar	Valor respuesta	Tiempo
1	6	11	13	3	61
2	5	3	2	5	30
3	12	10	18	5	70
4	6	5	6	2	56
5	13	7	14	4	77

Tabla 5.4 Resultados obtenidos con la aplicación.

Con los valores obtenidos con la aplicación que se muestran en la Tabla 5.4, se pudo observar que los dos niños (2 y 3) respondieron correctamente el test de forma física, también pudieron resolver de manera correcta el ejercicio presentado en la aplicación. Esto se afirma ya que el valor de respuesta (5) indica que el objeto seleccionado fue el que resolvía el ejercicio. Sin embargo, en los otros tres casos (1,4 y 5) se siguió sin poder resolver el ejercicio de analogía como lo indica el valor de la respuesta.

Hasta este paso, solo se tienen los valores de la aplicación que de acuerdo a la metodología propuesta fueron los valores de entrada de la red de Petri Difusa, y para su evaluación debieron ser ingresados en el sistema de inferencia difusa, el cual dio como salida el nivel de factor cognitivo que se deduce se utilizó al resolver el ejercicio.

Los resultados que se obtuvieron del sistema de inferencia difusa en Matlab se muestran en la Tabla 5.5. en donde se observó un comportamiento no esperado en los resultados obtenidos en la prueba número 3 que de acuerdo con lo que se mostró en la Tabla 5.4, se seleccionó la respuesta correcta y aunque el número de movimientos fueron demasiados y el tiempo estuvo fuera del rango del estimado, se esperaba que se obtuviera un nivel medio en el factor cognitivo capacidad espacial. Se deduce que el bajo nivel en el factor cognitivo organización visoperceptual se debió a que existió un gran número de movimientos de traslación, el cual es el único movimiento asociado a este factor cognitivo.

Los niveles cognitivos para la prueba número 2 mostraron un nivel alto utilizado al resolver el ejercicio, basándose en los valores obtenidos con la aplicación mostraron un bajo número de movimientos, el tiempo dentro del rango estimado y el valor de la respuesta fue el correcto. Por lo que el sistema evaluó que sus factores cognitivos mostraron un buen nivel de desempeño.

Para las pruebas 1 y 4 se evaluó que el nivel para los cuatro factores cognitivos fue bajo, aunque el número de movimientos haya estado dentro del rango del número de los pocos y

medios movimientos, su evaluación se vio afectada por el tiempo en que resolvió el ejercicio y porque las respuestas fueron las incorrectas.

Número de prueba	Numero de ejercicio: Uno							
	Discriminación visoperceptual		Organización visoperceptual		Procesamiento visual		Capacidad visual	
	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel
1	35	Bajo	43	Bajo	35	Bajo	35	Bajo
2	92	Alto	92	Alto	93	Alto	93	Alto
3	77	Medio	50	Bajo	78	Medio	50	Bajo
4	42	Bajo	43	Bajo	43	Bajo	42	Bajo
5	78	Medio	77	Medio	78	Medio	77	Medio

Tabla 5.5 Resultados obtenidos mediante la evaluación con el sistema de inferencia difuso.

La prueba número 5 mostró un nivel medio para los factores cognitivos, aunque la respuesta seleccionada no fue la correcta se acercó a la respuesta correcta, los movimientos entraron dentro del rango intermedio lo que guio a la evaluación a determinar que sus niveles cognitivos fueran catalogados dentro de la media. El tiempo sin embargo no ayudó a mejorar sus niveles ya que entró dentro del rango del tiempo límite.

Capítulo 6 Conclusiones y trabajo futuro.

En este trabajo de tesis se presentó el análisis y diseño de una herramienta para la evaluación de los niveles de desempeño de factores cognitivos implícitos en el razonamiento analógico visoperceptual utilizando una aplicación móvil con realidad aumentada y un sistema de inferencia difuso con una base de reglas difusas basada en una red de Petri Difusa. La aplicación móvil estuvo basada en el test de Matrices de Wechsler (WISC-IV), donde mediante una matriz de imágenes 2D se evalúa la capacidad de razonamiento analógico. Con la ayuda de la neuropsicóloga Claudia Mestizo, que trabaja en el Centro Terapéutico para Niños con Trastorno del Espectro Autista(CeNPI-TEA) en la ciudad de Xalapa, Veracruz, se analizaron los factores cognitivos que se miden con esta prueba y se seleccionaron cuatro factores cognitivos (organización visoperceptual, capacidad espacial, procesamiento visual y discriminación visoperceptual) que de acuerdo a la aplicación móvil propuesta, que en lugar de utilizar modelos 2D como respuesta se utilizaron modelos 3D, resultaba más factible poder evaluar. Además de poder visualizar modelos 3D se agregó la característica de poder manipularlos utilizando los movimientos de traslación, rotación y escalamiento.

La red de Petri se diseñó utilizando los movimientos permitidos por la aplicación móvil y los factores cognitivos que se podían medir. Definiendo como las entradas de la red los movimientos originados en la aplicación y cómo las salidas los factores cognitivos. La red de Petri se usó como herramienta gráfica para poder visualizar el disparo de las reglas difusas y poder ajustarlas con base en los datos de entrada y poder obtener un nivel de desempeño de los factores cognitivos.

El objetivo que se persiguió y se obtuvo en esta tesis al utilizar una red de Petri Difusa fue poder observar cómo se resuelve un ejercicio de razonamiento analógico con las variables mencionadas anteriormente, evaluarlas y obtener un nivel de desempeño de los factores cognitivos asociados.

Cabe mencionar que esta investigación se presentó en cartel durante el VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud “Generación de nuevas técnicas de diagnóstico y tratamiento” bajo el nombre de “Evaluación de la capacidad de razonamiento analógico basada en red de Petri difusa”. El evento se realizó en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en la ciudad de Puebla, México los días 16, 17 y 18 de junio del 2016. Durante los días 16 y 17, el cartel fue evaluado por un jurado integrado por investigadores en la materia quienes realizaron diversas preguntas sobre el desarrollo del trabajo. También se incluyó dentro de las memorias en extenso del congreso.

Como trabajo futuro para el mejoramiento de esta evaluación sería poder enviar los resultados obtenidos con la aplicación a un psicólogo con experiencia en aplicación de pruebas cognitivas para un mejor análisis de los niveles cognitivos y poder distinguir entre las posibilidades de que se pueda presentar un problema cognitivo o de que se trate de un problema menor. También se incluirían los 35 ejercicios a la aplicación para que sea de manera similar a los que se manejan en el test de Matrices de Wechsler, dividiéndolos dentro de 3 niveles de dificultad, así como limitar el uso los movimientos disponibles dependiendo de la manera en que estén dispuestos los ejercicios de analogías.

De igual forma se consideraría la posibilidad de utilizar modelos 3D sin la necesidad de utilizar realidad aumentada, ya que, debido a las características físicas de los dispositivos móviles, los que cuentan con menos recursos de hardware afectan el rendimiento de la aplicación, además se necesita una cámara con alta definición para poder detectar los marcadores más rápido, así como buena iluminación para la correcta detección. Además, si la cámara pierde el registro del marcador es necesario volver a ubicar el dispositivo de manera que se puedan visualizar todos los objetos, lo que ocasiona pérdida de tiempo, así mismo al ser una aplicación enfocada a niños en edades de entre 6 y 8 años los problemas mencionados anteriormente podrían ocasionar la pérdida de interés en el ejercicio.

El poder desarrollar la parte de la evaluación con un análisis completo mediante las redes de Petri Difusas para determinar si con este modelo se mejora o no la evaluación en comparación

con el sistema de inferencia difuso. El entrenar el sistema antes de que realice evaluaciones en ambientes reales se podría considerar como una mejora al sistema, para que se pueda tener conocimiento de cómo se comporta el sistema y poder realizar los ajustes necesarios e implementar el programa de entrenamiento con la aplicación para evaluar su utilidad como herramienta de apoyo, el cuál mejorará el resultado de aquellos niños que hayan salido con bajos puntajes durante su prueba con el test de Wechsler y puedan elevar su puntaje o ayudar a identificar dificultades en el desarrollo de los factores cognitivos seleccionados.

Referencias.

- Arafeh, S., & Levin, D. (2003). The digital disconnect: the widening gap between internet-savvy students and their schools. In Proc. Of Society for Information Technology&Teacher Education International Conference, 1002-1007.
- Azuma, R. (2001). A survey of augmented reality. In Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355-385.
- Barrouillet, P., & Gauffroy, C. (2013). The development of thinking and reasoning (Vol. 1). Hove, East Sussex: Psychology Press.
- Bang, M., & Timpka, T. (2003). Cognitive tools in medical teamwork:the spatial arrangement of patient records. Methods of Information in Medicine, 42(4), 331-336.
- Boletsis, C., & McCallum, S. (2014). Augmented Reality Cube Game for Cognitive Training: An Interaction Study. Studies in Health Technology and Informatics, 200, p. 81-87. Obtenido de <http://ebooks.iospress.nl/publication/36260>.
- Bostan-Korpeoglu, B., & Yazici, A. (2007). A fuzzy Petri net model for intelligent databases. Data & Knowledge Engineering, (págs. 219-247).
- Bujak, K., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. Computers & Education, 68, 536-544. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>.
- Cabero, J., & Barroso, J. (2016). Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada. New approaches in Educational Research, 5(1), 46-52. doi:10.7821/naer.2016.1.140.
- Canales, J. C. (2015). Representación y aprendizaje de conocimiento con redes de Petri difusas. Tesis de (grado académico) no publicada. D.F., México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

Chiu, S., Alexander, P., & Tsai, T. (2013). Developing an Interactive Tool to Assess Young Children's Analogical Reasoning: Examining the Effect of Feedback [Abstract]. Chesapeake, VA. Retrieved March, 2016.

Chiu, S. & Alexander, P. (2014). Young Children's Analogical Reasoning: The Role of Immediate Feedback. *Journal Of Psychoeducational Assessment*, 32(5), 417-428. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.1177/0734282913515442>.

Chuang, T. Y., Tseng, H. Y., Liu, S. C., & Lin, Y. L. (2010). Digital game-based learning in improving students' reasoning: A pilot study. *International Conference on Frontier Computing. Theory, Technologies and Applications, 2010 IET* (págs. 111 - 116). Taichung: IET. doi:10.1049/cp.2010.0546.

Delgadillo, V. A., Pérez, A. (2015). Habilidades intelectuales implicadas en la comprensión lectora. Instituto Marista de Investigación y Desarrollo. Recuperado de http://maristas.org.mx/documentos/Informe_Diagno%CC%81stico_SOI_resumen.pdf

Denaes, C. (2012). Effects of an analogical reasoning touch screen computer test in individuals with disabilities. Recuperado el 2016, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Caroline_Denaes/publication/282879480_Effects_of_an_analogical_reasoning_touch_screen_computer_test_in_individuals_with_disabilities/links/562175c608aed8dd1943e758.pdf.

Doumas, L., Hummel, J., & Sandhofer, C. (2008). A theory of the discovery and predication of relational concepts. *Psychological Review* (115), 1-43.

Eivazi, S., & Bednarik, R. (2011). Predicting Problem-Solving Behavior and Performance Levels from Visual Attention Data. In the proceedings of 2nd Workshop on Eye Gaze in Intelligent Human Machine Interaction at IUI, (págs. 9-11). Palo Alto, California, USA. Obtenido de http://cs.joensuu.fi/pages/bednarik/Eivazi_Bednarik_IUI2011_workshop.pdf.

- Fiorentini, L., Arismendi, M., Primero, G., Tabullo, A., Vanotti, S., & Yorio, A. (2012). El razonamiento analógico desde el modelo de la Teoría de los Marcos Relacionales. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, 14(1).
- Fleck, S., Hachet, M., & Christian, J. M. (21-25 de junio de 2015). Marker-based augmented reality: Instructional-design to improve children interactions with astronomical concepts. En ACM (Ed.), *IDC '15 Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children*, (págs. 21-28). New York, NY, USA. doi:<http://dx.doi.org/10.1145/2771839.2771842>.
- French, R. M. (2002). The Computational Modeling of Analogy -Making. *Trends in*, 6(5), 200-205.
- Friedman, S., & Forbus, K. (2009). Learning naive physics models and misconceptions. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Amsterdam, Netherlands.
- Furht, B. (2011). *Handbook of Augmented Reality*. Florida, USA.: Springer Science & Business Media.
- Gentner, D. (2003). Psychology of Analogical Reasoning. *Encyclopedia of Cognitive Science*, 106-12.
- Gentner, D., & Forbus, K. D. (2011). Computational models of analogy. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(3), 266-276. doi:10.1002/wcs.105.
- Gentner, D., & Smith, L. (2012). Analogical reasoning. (V. S. Ramachandran, Ed.) *Encyclopedia of Human Behavior* (2nd Ed.), 130-136.
- Gentner, D. (2012). Psychology of Analogical Reasoning. *Encyclopedia of Human Behavior*. 130-136. Retrieved June, 2015.

- Houskeeper, J.L. (2011). WISC-IV Matrix Reasoning and Picture Concepts Subtests: Does the Use of Verbal Mediation Confound Measurement of Fluid Reasoning? (Doctoral dissertation, Pacific University). Obtenido de: <http://commons.pacificu.edu/spp/212>.
- Horn, J., & Cattell., R. (1996). Refinement and test of the theory of fluid and cristallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, 57(5), 253-270.
- Jayasudha, S., & Rangarajan, K. R. (mayo de 2012). Fuzzy Petri Nets and Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Computer Applications*, 46(11). doi:10.5120/6951-9235.
- Kim, M. J., & Cho, M. E. (junio de 2014). Studying children's tactile problem-solving in a digital environment. (Elsevier, Ed.) *Thinking Skills and Creativity*, 12, pp. 1-13. doi:10.1016/j.tsc.2013.11.001.
- Kirner, C., & Kirner, T. G. (2011). Development of an Interactive Artifact for Cognitive Rehabilitation based on Augmented Reality. *International Conference on Virtual Rehabilitation 2011* (págs. 1-7). Zurich, Switzerland: IEEE. doi:10.1109/ICVR.2011.5971837.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kouzehgar, M., Badamchizadeh, M. A., & Khanmohammadi, S. (2011). Fuzzy Petri Nets for Human Behavior Verification and Validation. (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2(1). Obtenido de <http://arxiv.org/abs/1303.1247v1>.
- Lahoz-Beltra, R. (2010). *Bioinformática: Simulación, vida artificial e inteligencia artificial*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Lynn, R., Meisenberg, G., Mikk, J., & Williams, A. (2007). National IQs predict differences in scholastic achievement in 67 countries. *Journal of Biosocial Science*, 39(6), 861-874.
- Morrison, R. G., Dumas, L. A., & Richland, L. E. (2011). A computational account of children's analogical reasoning: balancing inhibitory control in working memory and

relational representation. *Developmental Science*, 14(3), 516–529. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.00999.x.

Morrison, R. (2012). Analogical Reasoning, Models of Development. *Encyclopedia Of The Mind*.

Nutley, S. B., Söderqvist, S., Bryde, S., Thorell, L. B., Humphreys, K., & Klingberg, T. (Abril de 2011). Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning. *Developmental Science*, 14(3), 591-601. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.01022.x.

Passig, D., Tzuriel, D., & Eshel-Kedmi, G. (Abril de 2016). Improving children's cognitive modifiability by dynamic assessment in 3D Immersive Virtual Reality environments. *Computers & Education*, 95, 296–308. doi:10.1016/j.compedu.2016.01.009.

Press, C. U. (Octubre de 2015). Cambridge Dictionaries Online. Obtenido de http://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles-espanol/reason_1?q=reasoning.

Radu, I., & MacIntyre, B. (2012). Using Children's Developmental Psychology to Guide Augmented-Reality Design and Usability. En S. a. Proceedings (Ed.), *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2012* (págs. 227 - 236). Atlanta, Georgia: IEEE. doi:10.1109/ISMAR.2012.6402561.

Raya, L., Garre, C., Miraut, D., & Perez, A. G. (2012). El razonamiento analógico activo en el estudio de Arquitectura e Ingeniería de los Computadores. *Jornadas de Innovación y TIC Educativas - JITICE'12*. Madrid: Boletín de la ETSII. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10115/12070>.

Resing, W. C., & Elliot, J. G. (2011). Dynamic testing with tangible electronics: Measuring children's change in strategy use with a series completion task. *British Journal of Educational Psychology* (81), 579-605. doi:10.1348/2044-8279.002006.

Ribaric, S., & Hrkac, T. (2012). A model of fuzzy spatio-temporal knowledge representation and reasoning based on high-level Petri nets. *Information Systems*, 37(3), 238-256. doi:10.1016/j.is.2011.09.010.

- Richland, L. E., & Burchinal, M. R. (2013). Early Executive Function Predicts Reasoning Development. *Psychological Science*, 24(1), 87-92. doi:10.1177/0956797612450883.
- Saidin, N., Halim, A., N., & Yahaya, N. (2015). A Review of Research on Augmented Reality in Education: Advantages and Applications. *International Education Studies*, 8(13). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.5539/ies.v8n13p1>.
- Salvador-Herranz, G., Perez-Lopez, D., Ortega, M., Soto, E., Alcaniz, M., & Contero, M. (2013). Manipulating Virtual Objects with Your Hands: A Case Study on Applying Desktop Augmented Reality at the Primary School. 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences, 31-39. doi:10.1109/hicss.2013.390.
- Sangole, A. P. (junio de 2015). Assistive technology in cognitive rehabilitation. Obtenido de WizIQ: <http://www.wiziq.com/tutorial/34376-ASagole-PPT>.
- Sattler, J.M., (2010) Evaluación Infantil: Fundamentos cognitivos. Recuperado de http://es.slideshare.net/JUANAMOROS/evalinf15?qid=166c57d1-be83-41a4-a94a-8029be8b6c70&v=&b=&from_search=41.
- Secretaría de Educación Pública: Educación por niveles. (2011). Sep.gob.mx. Recuperado de: http://www.sep.gob.mx/es/sep1/educacion_por_niveles , [Accesado abril. 2016].
- Soriano, A., González, J., & Gutiérrez, F. (enero de 2016). FAZ. Obtenido de http://www.revistafaz.org/n8/faz8_preludio_post-HCI.pdf#page=40.
- Soto-Pérez, F., Franco, M., & Jiménez, F. (2010). TECNOLOGÍAS Y NEUROPSICOLOGÍA: Hacia una Ciber – Neuropsicología. *Cuadernos de Neuropsicología*, 4(2), 112-130. Obtenido de <http://www.cnps.cl/index.php/cnps/article/view/106/93>.
- Stevenson, C. E., Heiser, W. J., & Resing, W. C. (2016). Dynamic Testing of Analogical Reasoning in 5- to 6-Year-Olds: Multiple-Choice Versus Constructed-Response Training Items. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 1-16. doi:10.1177/0734282915622912.

- Stula, M., Mladenovic, S., Maras, J., & Stipanicev, D. (mayo de 2014). Cognitive Maps in Qualitative Modeling Techniques. *International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT)*, 6(3), 120-131.
- Suraj, Z. (27-29 de noviembre de 2012). Knowledge Representation and Reasoning Based on Generalised Fuzzy Petri Nets. (IEEE, Ed.) *Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*, 2012 12th International Conference on, 101 - 106. doi:10.1109/ISDA.2012.6416520
- Thibaut, J.-P., & French, R. M. (2013). Analogical reasoning, control and executive functions: A developmental investigation with eye-tracking. *Cognitive Development*(38), 10-26. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cogdev.2015.12.002>
- Tueros, L. F. (2009). Evolución del razonamiento analógico en niños: seguimiento desde los seis hasta los once años de edad. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 27(1), 97-110.
- Vendetti, M., Matlen, B., Richland, L., & Bunge, S. (2015). Analogical Reasoning in the Classroom: Insights From Cognitive Science. *Mind, Brain, And Education*, 9(2), 100-106. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.1111/mbe.12080>.
- Voskoglou, M. G., & Subbotin, I. Y. (2012). Fuzzy Models for Analogical Reasoning. *International Journal of Applications of Fuzzy Sets and Artificial Intelligence*, 2(1), 19-38. doi:10.5121/ijfls.2012.2101.
- Wechsler, D. (2007). *Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition (WISC-IV)*. (G. Padilla, Trans.) México: El Manual Moderno. (Trabajo original publicado en 2003).
- Xu, Q., & Jiao, F. Z. (2011). Affective-Cognitive Modeling for User Experience With Modular Colored Fuzzy Petri Nets. (ASME, Ed.) *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 11(1). doi:10.1115/1.3563047.
- Yuan, J., Jiang, B., Shan, Y., Liu, C., & Shang, W. (2010). A Knowledge Representation Method for Modeling Rulebased. En IEEE (Ed.), 8th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), (págs. 1585 - 1589). Jinan, China. doi:10.1109/WCICA.2010.5554456.

- Yuan, J., Jiang, B., Shan, Y., Liu, C., & Shang, W. (2010). A knowledge representation method for modeling rule-based systems. 8th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA) (págs. 1585-1589). Jinan: IEEE. doi:10.1109/WCICA.2010.5554456.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange* 4, 119-140.
- Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (octubre de 2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.
- Zhang, Y. (2013). A Collaborative Intelligent Hypermedia Model Based on Advanced Petri Nets. *Third International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications (ISDEA), 2013* (págs. 26-29). Hong Kong: IEEE. doi:10.1109/ISDEA.2012.13
- Zhang, Z., Wang, S., & Liu, S. (2007). Dynamic Knowledge Inference and Learning of Fuzzy Petri Net Expert System Based on Self-Adaptation Learning Techniques. *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2007. FSKD 2007.* (págs. 377-381). Haikou: IEEE. doi:10.1109/FSKD.2007.263.

Anexos

Base de reglas difusas del sistema de inferencia.

1. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is alto)
2. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is medio)
3. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is bajo)
4. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is alto)
5. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
6. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
7. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (discriminacionVP is alto)
8. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is medio)
9. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is bajo)
10. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is alto)
11. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is medio)
12. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (procesamientoVisual is bajo)
13. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is alto)
14. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is medio)
15. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is medio)
16. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is medio)
17. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is bajo)
18. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is bajo)
19. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is bajo)
20. If (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is bajo)
21. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is medio)
22. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is medio)

23. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is medio)
24. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is medio)
25. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is medio)
26. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is medio)
27. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is bajo)
28. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is bajo)
29. If (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is bajo)
30. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is medio)
31. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is medio)
32. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is medio)
33. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is medio)
34. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is medio)
35. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is bajo)
36. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (organizacionVP is bajo)
37. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (organizacionVP is bajo)
38. If (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (organizacionVP is bajo)
39. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is alto)
40. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is medio)
41. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
42. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
43. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
44. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is bajo)
45. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is bajo)
46. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)

47. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
48. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
49. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
50. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is bajo)
51. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is bajo)
52. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
53. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
54. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
55. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is medio)
56. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
57. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
58. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
59. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is bajo)
60. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is bajo)
61. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
62. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is alto)
63. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is alto)
64. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (procesamientoVisual is medio)
65. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is medio)
66. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is medio)
67. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (procesamientoVisual is bajo)
68. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is bajo)
69. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is bajo)
70. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (procesamientoVisual is bajo)

95. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is bajo)
96. If (escalar is pocosMov) and (rotar is pocosMov) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is bajo)
97. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (discriminacionVP is medio)
98. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is medio)
99. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is medio)
100. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (discriminacionVP is medio)
101. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is medio)
102. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is bajo)
103. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (discriminacionVP is bajo)
104. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is bajo)
105. If (escalar is movMedia) and (rotar is movMedia) and (trasladar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is bajo)
106. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is medio)
107. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is medio)
108. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (discriminacionVP is medio)
109. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is medio)
110. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is bajo)
111. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (discriminacionVP is bajo)
112. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (discriminacionVP is bajo)
113. If (escalar is muchosMov) and (rotar is muchosMov) and (trasladar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (discriminacionVP is bajo)
114. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is alto)
115. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
116. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is medio)
117. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
118. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)

119. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
120. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is bajo)
121. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is bajo)
122. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
123. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
124. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
125. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is medio)
126. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
127. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
128. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
129. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is bajo)
130. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is bajo)
131. If (escalar is pocosMov) and (rotar is muchosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
132. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is alto)
133. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
134. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is medio)
135. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
136. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
137. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
138. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is bajo)
139. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is bajo)
140. If (escalar is movMedia) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
141. If (escalar is muchosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
142. If (escalar is muchosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)

143. If (escalar is muchosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is medio)
144. If (escalar is muchosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (capacidadEspacial is medio)
145. If (escalar is muchosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (capacidadEspacial is medio)
146. If (escalar is muchosMov) and (rotar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (capacidadEspacial is bajo)
147. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is alto)
148. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is alto)
149. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is alta) and (tiempo is estimLimite) then (procesamientoVisual is alto)
150. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is medio)
151. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is medio)
152. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is media) and (tiempo is estimLimite) then (procesamientoVisual is bajo)
153. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimIdeal) then (procesamientoVisual is bajo)
154. If (escalar is pocosMov) and (rotar is movMedia) and (trasladar is pocosMov) and (valorRespuesta is baja) and (tiempo is estimMedio) then (procesamientoVisual is bajo)