



UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS  
VERTEX, ENTORNOS INTERACTIVOS 3D, FACULTAD 4

# VIDEOJUEGO PARA LA REHABILITACIÓN COGNITIVA ENFOCADO EN LA MEMORIA

**Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas**

Autor: Alberto Alejandro Fonseca Barrera

Tutores: Ing. Alina Dolores Rodríguez Peña

Ing. Yanet Liliana Garbey Gainza

Ing. Rafael Arístides Quintanal Reytor

**La Habana, 2018**

*Vive como si fueras a morir mañana; aprende como si el mundo fuera a durar  
para siempre  
Mahatma Gandhi*

---

Dedicatoria

---

*A mi familia que me ha apoyado incondicionalmente durante todas las etapas de mi vida*

---

## Agradecimientos

---

*Agradecerle a mis padres Maritza Barrera Perez, Alberto Fonseca Rodríguez y a mi hermano Leandro Fonseca Barrera por haber sido un apoyo incondicional en tantos momentos difíciles, por haber siempre creído en mí y nunca dejar de apoyarme en estos 5 años. Por haberme enseñado también a no rendirme nunca, a tener fe y a no claudicar hasta alcanzar mis objetivos. Agradecerles también a mis tutores Alina Rodríguez Peña, Yanet Liliana y Rafael Arístides Quintanal por haberme apoyado en los momentos difíciles a pesar de no haber sido el mejor de los tesistas, por dedicarme el tiempo que en ocasiones no les alcanzaba ni para ellos mismos, por su comprensión y sobre todo por creer en mí a pesar de todos los contratiempos. A mis amigos muchas gracias por el apoyo y la ayuda incondicional que me brindaron siempre.*

---

## Declaración de autoría

---

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales sobre esta, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

---

Alberto Alejandro Fonseca Barrera  
Autor

---

Ing. Alina Dolores Rodríguez Peña  
Tutora

---

Ing. Yanet Liliana Garbey Gainza  
Tutora

---

Ing. Rafael Arístides Quintanal Reyor  
Tutor

La evaluación y tratamiento de un paciente con afectaciones cognitivas es un proceso delicado y su colaboración es fundamental. Actualmente este procedimiento se realiza mediante la entrega al paciente de cuestionarios impresos que debe resolver en la consulta. Este método no siempre cuenta con elementos motivadores y que capten la atención del paciente, lo que provoca que las sesiones no se aprovechen correctamente, pues las terapias pueden tornarse monótonas y lentas. El objetivo de la presente investigación es desarrollar un videojuego que constituya una herramienta de apoyo a la rehabilitación cognitiva de pacientes con problemas de memoria y permita realizar el tratamiento de forma amena desde cualquier lugar. El proceso de desarrollo de la solución fue guiado por el marco de trabajo ingenieril para el desarrollo de videojuegos, se utilizó C# como lenguaje de programación y Unity como motor de videojuegos. Como resultado se obtiene un producto que cuenta con algunos de los ejercicios que se utilizan para ejercitar la memoria y se puede emplear como herramienta de apoyo en las sesiones de rehabilitación, su ejecución en entornos móviles y de escritorio brinda la posibilidad al paciente de realizar los ejercicios no solo en las consultas de rehabilitación, sino desde cualquier lugar. El videojuego contiene además, un sistema de gestión de perfiles de usuario y de salva de los resultados, que permite a los especialistas dar seguimiento a la evolución de los pacientes. Se realizaron también pruebas de aceptación con el fin de obtener una opinión concreta de la propuesta de solución teniendo en cuenta a los usuarios finales.

**Palabras clave:** afectaciones cognitivas, funciones cognitivas, memoria, rehabilitación, videojuegos de rehabilitación.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introducción</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1 Fundamentación teórica</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1 Rehabilitación: . . . . .  | 4         |
| 1.2 Rehabilitación neuropsicológica . . . . .                                  | 4         |
| 1.3 Rehabilitación cognitiva . . . . .   | 5         |
| 1.4 Rehabilitación de la memoria . . . . .                                     | 5         |
| 1.5 Colección “Estimulación Cognitiva para adultos” . . . . .                  | 6         |
| 1.6 Videojuego . . . . .   | 7         |
| 1.6.1 Videojuegos serios . . . . .   | 8         |
| 1.7 Videojuegos para la rehabilitación cognitiva . . . . .                     | 8         |
| 1.7.1 Estudio de aplicaciones homólogas . . . . .                              | 9         |
| 1.7.2 Consideraciones sobre el estudio de las aplicaciones homólogas . . . . . | 13        |
| 1.8 Plataforma web Medicando . . . . .   | 13        |
| 1.9 Herramientas y tecnologías . . . . .                                       | 14        |
| 1.9.1 Método de ingeniería de software . . . . .                               | 14        |
| 1.9.2 Lenguaje de modelado . . . . .   | 15        |
| 1.9.3 Herramienta de modelado . . . . .  | 15        |
| 1.9.4 Framework de desarrollo . . . . .  | 16        |
| 1.9.5 Lenguaje de programación . . . . .                                       | 16        |
| 1.9.6 Entorno de desarrollo integrado . . . . .                                | 16        |
| 1.9.7 Fichero de datos . . . . .   | 17        |
| 1.10 Consideraciones parciales . . . . .                                       | 17        |
| <b>2 Diseño de la solución propuesta</b>                                       | <b>18</b> |
| 2.1 Introducción . . . . .   | 18        |
| 2.2 Resumen del videojuego . . . . .   | 18        |
| 2.2.1 Gestión de perfiles . . . . .  | 19        |
| 2.2.2 Diseño del videojuego . . . . .  | 20        |
| 2.2.3 Metas para la experiencia del jugador . . . . .                          | 20        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.2.4    | Elementos formales del videojuego:                | 20        |
| 2.2.5    | Elementos dramáticos                              | 23        |
| 2.2.6    | Historia  | 24        |
| 2.2.7    | Retos   | 24        |
| 2.3      | Diseño de las pantallas                           | 24        |
| 2.4      | Especificación de Mecanismos                      | 25        |
| 2.4.1    | Especificación de los Mecanismos del videojuego:  | 25        |
| 2.5      | Requisitos no funcionales                         | 29        |
| 2.6      | Paquete de Mecanismos                             | 30        |
| 2.6.1    | Descripción de paquetes de mecanismos             | 30        |
| 2.6.2    | Arquitectura                                      | 31        |
| 2.7      | Diagrama de clases                                | 32        |
| 2.8      | Patrones de Diseño                                | 33        |
| 2.9      | Representación del comportamiento                 | 35        |
| 2.10     | Diagramas de estado                               | 35        |
| 2.11     | Conclusiones parciales                            | 36        |
| <b>3</b> | <b>Implementación y pruebas</b>                   | <b>37</b> |
| 3.1      | Estándar de codificación                          | 37        |
| 3.2      | Diagrama de componentes                           | 39        |
| 3.3      | Pruebas   | 40        |
| 3.3.1    | Pruebas de aceptación                             | 40        |
| 3.4      | Valoración de la aplicabilidad en entornos reales | 41        |
| 3.5      | Conclusiones parciales                            | 43        |
|          | <b>Conclusiones</b>                               | <b>44</b> |
|          | <b>Recomendaciones</b>                            | <b>45</b> |
|          | <b>Acrónimos</b>                                  | <b>46</b> |
|          | <b>Referencias bibliográficas</b>                 | <b>47</b> |
|          | <b>Apéndices</b>                                  | <b>50</b> |
| <b>A</b> | <b>Anexos</b>                                     | <b>51</b> |
| A.1      | Cartas de aceptación                              | 51        |

---

## Índice de figuras

---

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.1 | Ficha de aprendizaje. (Fuente: [muestra]) . . . . .                               | 7  |
| 1.2 | Ficha de memoria.(Fuente: [muestra]) . . . . .                                    | 7  |
| 1.3 | Videojuego Lumosity. (Fuente: [14]) . . . . .                                     | 9  |
| 1.4 | Videojuego Brain Wars. (Fuente: [15]) . . . . .                                   | 10 |
| 1.5 | Videojuego <i>Elevate</i> . (Fuente: [16]) . . . . .                              | 10 |
| 1.6 | Videojuego <i>Fit Brains Trainer</i> . (Fuente: [17]) . . . . .                   | 11 |
| 1.7 | Videojuego <i>A Clockwork Brain</i> . (Fuente: [18]) . . . . .                    | 12 |
| 1.8 | Videojuego Entrenador Cerebral. (Fuente: [19]) . . . . .                          | 13 |
|     |   |    |
| 2.1 | Diagrama de paquetes de mecanismos . . . . .                                      | 31 |
| 2.2 | Diagrama de Clases de la solución . . . . .                                       | 33 |
| 2.3 | Diagrama de estado Control menú principal . . . . .                               | 35 |
| 2.4 | Diagrama de estado Seleccionar tipos de ejercicios . . . . .                      | 35 |
| 2.5 | Diagrama de estado Administrar datos del jugador . . . . .                        | 36 |
| 2.6 | Diagrama de estado Controlar experiencia del jugador . . . . .                    | 36 |
|     |   |    |
| 3.1 | Diagrama de componentes del mecanismo Controlar menú principal . . . . .          | 39 |
| 3.2 | Diagrama de componentes del mecanismo Controlar experiencia del jugador . . . . . | 39 |
| 3.3 | Diagrama de componentes del mecanismo Seleccionar tipos de ejercicios . . . . .   | 40 |
| 3.4 | Resultados de las pruebas . . . . .   | 41 |
| 3.5 | Cuadro lógico de Iadov . . . . .  | 42 |
|     |   |    |
| A.1 | Carta de aceptación. . . . .  | 52 |
| A.2 | Carta de aceptación casa del adulto mayor. . . . .                                | 53 |

---

## Índice de tablas

---

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | Elementos formales del videojuego. Jugador . . . . .                                     | 21 |
| 2.2 | Elementos formales. Objetivos generales . . . . .  | 21 |
| 2.3 | Elementos formales. Objetivos específicos, modo de juego: Matriz de memoria . . . . .    | 21 |
| 2.4 | Elementos formales. Objetivos específicos, modo de juego: Asocia la imagen . . . . .     | 22 |
| 2.5 | Elementos formales. Objetivos específicos, modo de juego: Recuerda la posición . . . . . | 22 |
| 2.6 | Descripción de las pantallas. . . . .  | 25 |
| 2.7 | Mecanismos . . . . .   | 29 |
| 3.1 | Escala Índice de satisfacción grupal. . . . .  | 43 |

Actualmente los videojuegos son una de las fuentes de entretenimiento más importantes para personas de todas las edades. Utilizarlos con moderación puede contribuir al desarrollo intelectual de los usuarios. El éxito de la industria del videojuego se ha incrementado en los últimos años. Anualmente se invierten grandes cantidades de dinero para crear videojuegos que cumplan no sólo con el fin de entretener a los usuarios, sino también para promover valores positivos como el compañerismo y el trabajo en equipo. Jugar de forma competitiva fomenta valores como la superación y el esfuerzo, dos aspectos necesarios en la formación del individuo. La habilidad, destreza, creatividad y poder de resolución ante cambios inesperados forman parte de los beneficios que traen consigo los videojuegos [1].

Varias investigaciones sugieren que los videojuegos favorecen el desarrollo de determinadas habilidades tales como: la atención, concentración espacial, resolución de problemas, creatividad, entre otras. Puede inferirse que en su conjunto, desde el punto de vista cognitivo, los videojuegos suponen un tipo de ayuda en el desarrollo intelectual de las personas [2].

En el centro de [Entornos Interactivos 3D \(Vertex\)](#) existe una línea de trabajo para el desarrollo de videojuegos. Entre los principales productos que se han desarrollado se encuentran Danzo Terapia, un videojuego que se utiliza para la rehabilitación de pacientes con limitaciones físico-motoras en el Centro Nacional de Rehabilitación: Hospital Julio Díaz González; y Meteorix que se utiliza para la rehabilitación de niños con dificultades en el campo visual en el Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. Es interés del centro continuar realizando videojuegos serios que constituyan herramientas de apoyo al proceso de rehabilitación.

En el Centro de Rehabilitación de San Antonio de los Baños, de la provincia Artemisa, se encuentra el [Servicio Provincial de Atención Integral Comunitaria a los Trastornos de Memoria \(SPAICTM\)](#), en este centro se atienden a pacientes que han sufrido daño o pérdida de las funciones cognitivas. Uno de los métodos que se utilizan para las terapias de rehabilitación es la resolución de ejercicios o pruebas que estimulen las funciones afectadas. Entre los ejercicios que se utilizan se encuentran los contenidos en el “Cuaderno de introducción y ejemplos” de la colección “Estimulación cognitiva para adultos”, estas pruebas se le entregan impresas a los pacientes y deben resolverlas en la consulta. La falta de automatización en el proceso provoca que las sesiones no siempre se aprovechen correctamente, pues las terapias pueden tornarse monótonas y lentas. Esto provoca que los pacientes no siempre terminen las tareas y deban retomarlas en la próxima consulta, cuando los pacientes intentan continuar, usualmente se detecta una involución en el desarrollo de las funciones cognitivas, comparado con los últimos retos que tuvo que afrontar y resolver.

Teniendo en cuenta la cantidad de pacientes que se atienden en el SPAICTM, el proceso de evaluación y seguimiento de la evolución de los pacientes se vuelve complicado por parte de los especialistas, pues son varias las variables que se deben considerar por cada una de las pruebas. Adicionalmente, los pacientes solo pueden realizar los ejercicios en la consulta y bajo la supervisión de un especialista, lo que puede demorar el proceso de rehabilitación. Teniendo en cuenta lo anterior se define como **situación problemática**:

- Falta de automatización y de elementos motivacionales en los ejercicios que se emplean para la estimulación de las funciones cognitivas en las terapias de rehabilitación, lo que provoca que las sesiones se tornen monótonas y lentas.
- El paciente no siempre termina los ejercicios en la consulta, cuando los vuelve a retomar usualmente se manifiesta un retroceso en la rehabilitación.
- Los ejercicios solo pueden realizarse bajo la supervisión de un especialista, esto provoca que se demore el proceso de rehabilitación.
- La cantidad de variables que se deben tener en cuenta en los ejercicios para la rehabilitación complejiza el proceso de evaluación y seguimiento de la evolución de los pacientes.

Teniendo en cuenta la situación problemática anterior, se plantea el siguiente **problema de la investigación**: ¿cómo contribuir al tratamiento de pacientes con afectaciones de las facultades cognitivas relacionadas con la memoria? A partir del problema de investigación se define como **objeto de estudio**: los videojuegos enfocados en la rehabilitación cognitiva. Para darle solución al problema antes planteado se define como **objetivo general**: desarrollar un videojuego como herramienta de apoyo a la rehabilitación cognitiva de pacientes con problemas de memoria. Teniendo en cuenta el objetivo propuesto se identifica como **campo de acción**: los videojuegos para la rehabilitación cognitiva enfocados en la memoria.

Para dar cumplimiento al objetivo planteado, se proponen las siguientes **tareas de investigación**:

- Elaboración del marco teórico de la investigación a través del estudio de la relación entre los videojuegos y las técnicas de rehabilitación cognitiva.
- Caracterización de herramientas y tecnologías para el desarrollo de videojuegos enfocados en la rehabilitación cognitiva.
- Implementación de un videojuego para la rehabilitación cognitiva de pacientes con problemas de memoria.
- Validación de la propuesta de solución.

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron **métodos de investigación científica** dentro de los que se incluyen los métodos teóricos y empíricos que se muestran a continuación:

### **Métodos teóricos**

- Histórico - Lógico: Este método se utiliza para la consolidación de los principales aspectos teóricos que se incluyen en la investigación, como son: la rehabilitación y la aplicación que se puede dar a los

videojuegos en ese campo.

- **Analítico - Sintético:** Se emplea para el estudio de las teorías y documentos que abordan el uso e importancia de los videojuegos en la rehabilitación cognitiva, permitiendo determinar los elementos de importancia y los factores que tienen en común.

### **Métodos empíricos**

- **Observación:** Este método se utiliza al observar distintos videojuegos existentes para la rehabilitación cognitiva y definir elementos principales a tener en cuenta en el desarrollo de la solución.
- **Consulta de fuentes de información:** Se utiliza al consultar distintas fuentes de bibliográficas relacionadas con la rehabilitación cognitiva, las funciones cognitivas y la memoria.
- **Pruebas:** Se emplea para realizar diferentes pruebas al videojuego desarrollado con el objetivo de comprobar si se obtienen los resultados esperados.

El documento cuenta con la siguiente estructura: introducción, tres capítulos, conclusiones, bibliografía y anexos. Los capítulos quedan distribuidos de la siguiente forma:

- **Capítulo 1: Fundamentación teórica:** En este capítulo se dan a conocer los elementos teóricos necesarios para el desarrollo de la investigación y los principales conceptos que serán empleados durante el trabajo. Se realiza un análisis de las soluciones similares y las herramientas y tecnologías que puedan servir como base a la propuesta de solución, se selecciona además el método ingenieril que guiará el proceso de desarrollo.
- **Capítulo 2: Diseño de la solución propuesta:** En este capítulo se describe la propuesta de solución y los artefactos generados para su desarrollo, se realiza una descripción de los principales componentes de la aplicación y la relación que existe entre estos.
- **Capítulo 3: Implementación y pruebas:** En este capítulo se realiza una representación a nivel de componentes de los mecanismos del videojuego, así como el estándar de codificación utilizado en su implementación. Se presenta el resultado de las pruebas realizadas para validar el correcto funcionamiento de la aplicación desarrollada.

En este capítulo se definen los principales conceptos que sustentan el dominio de la investigación como la rehabilitación cognitiva enfocada en la memoria y los videojuegos serios. Se describen además las principales herramientas y tecnologías que se utilizarán en la propuesta de solución.

### **1.1. Rehabilitación:**

Según el diccionario de la [Real Academia Española \(RAE\)](#) la rehabilitación es un conjunto de métodos que tienen por finalidad la recuperación de una actividad o función perdida o disminuida por traumatismo o enfermedad [3]. Se entiende además como rehabilitación al conjunto de medidas sociales, educativas y profesionales destinadas a restituir al paciente minusválido la mayor capacidad e independencia posibles, desarrollar las capacidades funcionales y psicológicas del individuo y activar sus mecanismos de compensación, a fin de permitirle llevar una existencia autónoma y dinámica [4].

Existen varios tipos de rehabilitación, por ejemplo la traumatológica, reumatológica y la neuropsicológica. La rehabilitación neuropsicológica se define en el siguiente epígrafe como.

### **1.2. Rehabilitación neuropsicológica**

La neuropsicología es una de las ciencias que contribuye al conocimiento sobre cómo trabaja el cerebro y las alteraciones de su funcionamiento. Entre sus objetivos se encuentran la evaluación de las alteraciones de las funciones cognitivas que ocurren a consecuencia de lesiones del sistema nervioso central y la rehabilitación de esas funciones alteradas [5]. Teniendo en cuenta lo anterior el término “rehabilitación neuropsicológica” define a la actividad que intenta enseñar o entrenar actividades dirigidas a mejorar el funcionamiento cognitivo y de la personalidad global tras una lesión o enfermedad [6].

Se incluyen en el contexto de la rehabilitación neuropsicológica un conjunto de variables de diferente naturaleza como son las cognitivas, afectivo-comportamentales y psicosociales. Por ello, se hace referencia a la rehabilitación cognitiva, dirigida al tratamiento de funciones cognitivas alteradas, encaminada a la

modificación de conductas desadaptativas y orientada a la readaptación profesional y la reinserción social, familiar y laboral del paciente portador de una lesión o disfunción cerebral [5].

### 1.3. Rehabilitación cognitiva

La rehabilitación cognitiva es un proceso a través del cual la persona con lesión cerebral trabaja junto con profesionales del servicio de salud para mejorar o compensar los déficits neurocognitivos producidos por procesos que afectan el normal funcionamiento cerebral [5]. Diversas enfermedades neurológicas o afecciones psicológicas, pueden producir dificultades en las capacidades de atención, memoria, lenguaje, razonamiento, organización, planificación, entre otras. A través de las terapias de rehabilitación cognitiva se intenta restaurar esas funciones o compensarlas a través del aprendizaje de otras habilidades.

Un programa de rehabilitación cognitiva no debe enfocarse sólo en mejorar los déficits, sino que debe centrarse en las metas y resultados que pueda alcanzar el paciente a nivel funcional. El terapeuta debe intentar trabajar junto a la persona y la familia, con el fin de definir objetivos claros y trazar metas que sean funcionalmente relevantes para la vida cotidiana del individuo. Debe tener en cuenta los aspectos afectivos y emocionales que el daño cognitivo conlleva y deben tener un componente de evaluación constante [7].

Existen varias técnicas que se utilizan en el trabajo con adultos y niños con daño cognitivo. Estas se pueden agrupar en tres categorías generales [7]:

- **Modificación del ambiente:** estas técnicas buscan adaptar el entorno físico a las capacidades cognitivas de la persona.
- **Estrategias compensatorias:** estas técnicas se centran en enseñar o entrenar a la persona a utilizar otros comportamientos alternativos con el fin de evitar aquellas dificultades que podrían surgir como consecuencia de los déficits cognitivos.
- **Técnicas de restauración de la función:** estas técnicas tienen como objetivo mejorar la función a través del tratamiento de los déficit neuropsicológicos subyacentes.

Para la solución propuesta, la técnica que se utilizará es la restauración de la función. Con esta técnica se persigue la normalización de un proceso cognitivo alterado, donde se pueden utilizar diferentes métodos desde el ejercicio a lápiz y papel (método tradicional) hasta programas informáticos.

### 1.4. Rehabilitación de la memoria

La memoria ha sido considerada como uno de los aspectos más importantes para la vida diaria del ser humano, ya que refleja sus experiencias pasadas, permite adaptarse a las situaciones presentes y sirve de guía hacia el futuro [8].

Existen diferentes fases en la memoria: una fase de retención o de registro, en la cual el sujeto recibe la información, una fase de almacenamiento o de conservación de la información y una fase de evocación o de

recuperación de la huella de memoria. El tiempo que se retiene la información puede variar desde segundos (como en la retención de dígitos), hasta semanas o años (como los recuerdos de la infancia)[9].

Las técnicas que se utilizan en la rehabilitación de problemas de memoria se pueden clasificar en técnicas de restauración, reorganización y de compensación conductual. A continuación, se describen brevemente estas técnicas [8]:

- Restauración: las técnicas que se utilizan en esta categoría incluyen aquellas de aprendizaje de listas de información a través de la práctica, repetición y organización de la información, entre otras.
- Reorganización: el objetivo de estas técnicas es sustituir una habilidad alterada por una más intacta y así mejorar y compensar los problemas de memoria.
- Compensación conductual: estas estrategias han sido divididas en claves ambientales personales, próximas y distantes. Las claves son objetos o medios que ayuden a la persona a recordar elementos de distintos ambientes.

Con el videojuego a desarrollar se pretende estimular la memoria utilizando la técnica de restauración, se utilizarán diferentes tipos de ejercicios con el fin de contribuir a la rehabilitación de los pacientes.

## 1.5. Colección “Estimulación Cognitiva para adultos”

La Colección Estimulación Cognitiva para adultos dispone de cuadernos de actividades dirigidas a personas adultas con problemas cognitivos. Consta de 30 cuadernos de ejercicios con más de 2 000 fichas y 10 000 actividades diferentes. La colección está organizada en seis talleres de rehabilitación: Taller de Atención, Taller de Funciones Ejecutivas, Taller de Lenguaje, Taller de Memoria, Taller de Percepción y Taller de Lectoescritura y Visoconstrucción [10]. Como parte de la colección se encuentra disponible de forma gratuita, una muestra que contiene 60 fichas divididas en los seis talleres [11], el resto de los cuadernos deben adquirirse mediante su pago en la plataforma.

Los ejercicios del Taller de Memoria están constituidos por dos fichas; una primera ficha de aprendizaje y a continuación una segunda ficha de memoria. En la ficha de aprendizaje la persona debe adquirir ciertos contenidos. En la ficha de memoria ha de recordar o reconocer la información que fue mostrada en la ficha precedente. La actividad que se encuentran en el cuaderno de muestra del Taller de Memoria es:

**Qué y dónde:** En las figuras 1.1 y 1.2 tomadas del “Cuaderno de introducción y ejemplos” de la colección “Estimulación cognitiva para adultos” [11] se observa la ficha de aprendizaje. En esta aparecen varias localizaciones espaciales, cada una señalizada mediante un recuadro. Algunas localizaciones se encuentran vacías y otras están ocupadas por un objeto. La persona debe memorizar los objetos que se muestran y la posición que ocupan. En la ficha de memoria aparecen nuevamente los mismos recuadros que indican las posiciones, pero en esta ocasión están todos vacíos. El terapeuta puede pedir a la persona que recuerde dónde aparecía un objeto; que recuerde qué objeto aparecía en una determinada posición; o bien pedir ambas cosas a la vez (ejemplo: “¿Qué cosas había y dónde estaban?”).

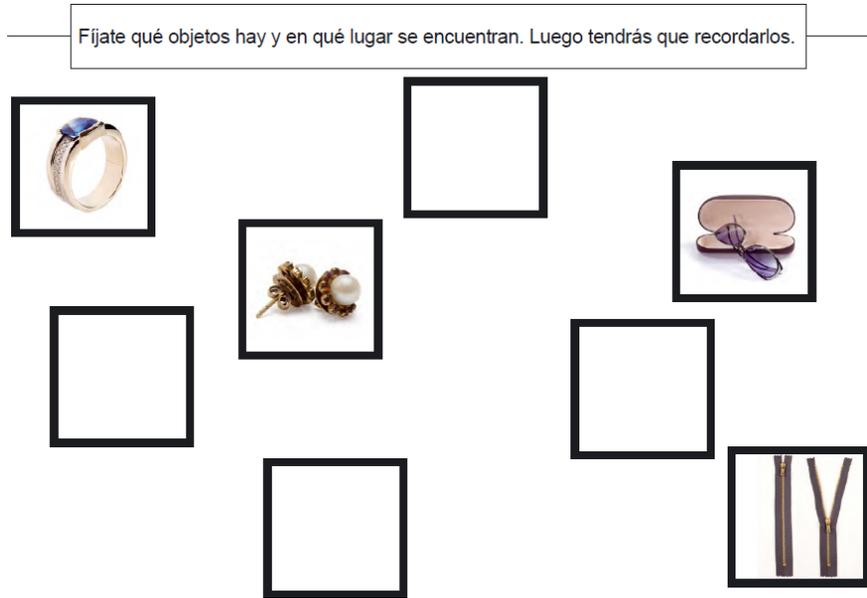


Figura 1.1. Ficha de aprendizaje. (Fuente: [muestra])

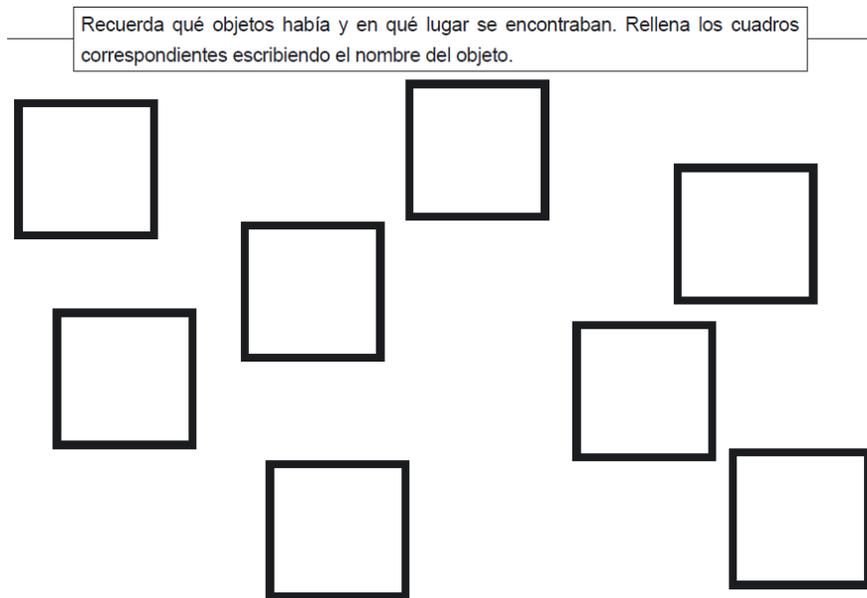


Figura 1.2. Ficha de memoria.(Fuente: [muestra])

## 1.6. Videojuego

Un videojuego es una aplicación interactiva orientada al entretenimiento que, a través de ciertos mandos o controles, permite simular experiencias en la pantalla de un televisor, una computadora u otro dispositi-

tivo electrónico. La extensión masiva de los videojuegos desde los años 90 ha provocado una oleada de investigaciones en ramas como la medicina, la sociología, la psicología y la educación. De igual manera ha recibido la mala valoración y preocupación por parte de padres, educadores y principalmente los medios de comunicación, para quienes generalmente los videojuegos son vistos como algo negativo y perjudicial. Las más prestigiosas universidades, revistas y publicaciones están haciendo un hueco a la preocupación por uno de los temas preferidos a la hora de elegir los juegos, no solo de los niños y adolescentes, sino también de jóvenes y adultos [12].

### **1.6.1. Videojuegos serios**

Los juegos serios son aquellos juegos que se usan para educar, entrenar e informar. Se le asigna este nombre a un grupo de videojuegos y simuladores cuyo objetivo principal es la formación antes que el entretenimiento. Esta área de desarrollo y creación de videojuegos ha surgido como una manera inteligente de combinar los beneficios de los videojuegos, su poder de penetración en la población y las necesidades de educación y formación efectiva tanto a nivel político-institucional como empresarial y comercial [13]. Entre las características distintivas de este tipo de videojuegos se encuentran [13]:

- Están destinados para la educación, el entrenamiento en habilidades determinadas, la comprensión de procesos complejos, sean sociales, políticos, económicos o religiosos y también para publicitar productos y servicios.
- Están vinculados en forma evidente con algún aspecto de la realidad. Esto favorece la identificación del jugador con el área de la realidad que se está representando en el ambiente virtual, por ejemplo si se asume el rol en el juego de un dirigente político que debe tomar decisiones difíciles en las que se pone en peligro la vida de algunas personas.
- Constituyen un ambiente tridimensional virtual en el que se le permite una práctica “segura” a los aprendices en algunas áreas. En los casos de entrenamiento, por ejemplo, en el campo militar, se entrena a los soldados a manipular las armas.
- Hay intereses manifiestos en sus contenidos (políticos, económicos, psicológicos, religiosos, académicos, entre otros).

### **1.7. Videojuegos para la rehabilitación cognitiva**

Los videojuegos ofrecen la posibilidad de crear situaciones adecuadas para poner en marcha las funciones cognitivas y las conductas necesarias para resolverlas. Al enfrentarse el jugador a diversos conflictos y situaciones novedosas se ponen en evidencia los déficits cognitivos, conductuales y/o emocionales, lo cual proporciona un escenario idóneo para el trabajo rehabilitador. El daño cerebral adquirido provoca en la persona afectada una amplia gama de déficits cognitivos, emocionales y conductuales. El objetivo de la rehabilitación neuropsicológica es intervenir sobre estos aspectos. Las nuevas tecnologías y los juegos interactivos ayudan a poner en evidencia estas limitaciones y a enfrentar al paciente a estos problemas con el fin

de poder trabajar la identificación, conciencia y estrategias de restauración o compensación de los déficits existentes [2].

### 1.7.1. Estudio de aplicaciones homólogas

Existen videojuegos que, a pesar de no tener como objetivo principal la rehabilitación, implementan ejercicios basados en las pruebas que se realizan a los pacientes con afectaciones en las habilidades cognitivas. Estas aplicaciones tienen como objetivo estimular áreas específicas del cerebro relacionadas con la capacidad de realizar tareas de velocidad, memoria, concentración, cálculo y observación. Para ello el jugador debe vencer pruebas, ejercicios y retos. El desempeño adecuado en estas pruebas es premiado con puntos. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son:

#### Lumosity

Como si se tratara de un gimnasio, Lumosity ofrece una rutina de ejercicios para el cerebro con juegos cortos que prometen mejorar las áreas básicas del funcionamiento mental. Este entrenamiento está disponible en una versión gratuita, que permite jugar individualmente, y en una *premium* con membresías mensuales o anuales, que brindan acceso a métricas para monitorear el progreso del entrenamiento diario. Los juegos educativos de Lumosity ofrecen más de 40 juegos cerebrales para poner a prueba la memoria, las habilidades para resolver problemas y la lógica. Se puede realizar un entrenamiento mental diario y superar desafíos. Entre los juegos que contiene se encuentran [14]:

- Rompecabezas
- Juegos de memoria
- Juegos de resolución de problemas
- Juegos de lógica
- Juegos de pensamiento crítico

La aplicación Lumosity representada en la figura 1.3 está disponible en Google Play en los idiomas inglés, alemán, japonés, francés, español, portugués y coreano, posee además una versión en línea.



Figura 1.3. Videojuego Lumosity. (Fuente: [14])

## Brain Wars

*Brain Wars* propone mejorar y ejercitar las habilidades mentales con diferentes pruebas y ejercicios, aunque con un reto extra: vencer a un contrincante. La idea es practicar ejercicios de desarrollo intelectual en rondas competitivas con usuarios de cualquier parte del mundo. Cada ronda consta de tres mini juegos o pruebas, estas pertenecen a diferentes áreas de la inteligencia como son la memoria, la velocidad, el cálculo y la observación, cuestiones que permiten enfrentar a usuarios de diferentes culturas e idiomas, pero dejando de lado los conocimientos y retos lingüísticos. El jugador que consigue la mayor puntuación de estas tres pruebas, gana la partida. La aplicación *Brain Wars* representada en la figura 1.4 se encuentra disponible en Google Play.

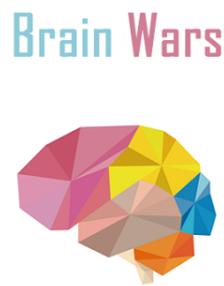


Figura 1.4. Videojuego Brain Wars. (Fuente: [15])

## Elevate

*Elevate* es una aplicación de *brain-training* diseñada para mejorar la concentración, la expresión oral, la velocidad de lectura, memoria y aptitudes matemáticas. Cada persona dispone de su propio programa de entrenamiento personalizado que se ajusta a lo largo del tiempo para obtener los mejores resultados. *Elevate* consta con más de 30 juegos para habilidades críticas como concentración, memoria, lectura, matemáticas, precisión y comprensión [16].

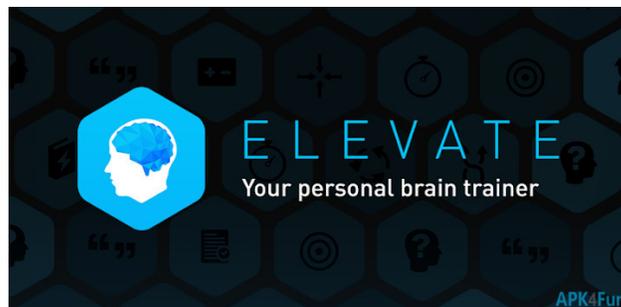


Figura 1.5. Videojuego *Elevate*. (Fuente: [16])

### Fit Brains Trainer

*Fit Brains Trainer* es una aplicación de juegos cerebrales personalizada. Su premisa es que, al usar esta aplicación durante algunos minutos al día, el usuario mejora las capacidades mentales. El sistema de acondicionamiento físico cuenta con más de 60 juegos y más de 500 sesiones de entrenamiento e informes de rendimiento en profundidad. *Fit Brains* está diseñado por neurocientíficos, expertos en juegos y educación para que el entrenamiento sea divertido y desafiante [17]. La aplicación *Fit Brains Trainer* representada en la figura 1.6 se encuentra disponible en Google Play.



Figura 1.6. Videojuego *Fit Brains Trainer*. (Fuente: [17])

### A Clockwork Brain

En distintos escenarios *A Clockwork Brain* reta a resolver rompecabezas, pruebas de memoria y desafíos a la capacidad de atención, a lo largo de una serie de juegos diarios en los que se ejercita la capacidad de lenguaje y razonamiento, acompañado de un robot que funciona como guía a lo largo de las partidas. Uno de sus puntos fuertes son los desafíos acordes a las necesidades del usuario. Por un lado, se puede configurar qué tipo de competencias se quieren desarrollar en mayor medida y, por otro, aumentar los niveles de dificultad de cada tipo de rompecabezas. Al mismo tiempo, se puede acceder a gráficas detalladas en las que se observa el progreso semanal y mensual. Las características principales del juego son las siguientes [18]:

- Cuenta con 17 juegos que proporcionan diferentes retos , estimula la memoria, la atención, la destreza, las habilidades lingüísticas y el razonamiento.
- Permite consultar gráficos semanales y mensuales con estadísticas detalladas acerca del rendimiento en memoria, atención, destreza, habilidades lingüísticas y razonamiento.
- Permite personalizar los ejercicios mentales.
- Se pueden perfeccionar también habilidades verbales en diez idiomas: inglés, español, ruso, portugués, alemán, francés, italiano, holandés, sueco y griego.

La aplicación *A Clockwork Brain* representada en la figura 1.7 se encuentra disponible en Google Play.

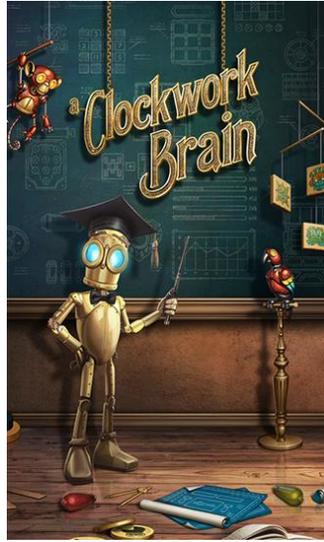


Figura 1.7. Videojuego A *Clockwork Brain*. (Fuente: [18])

### Entrenador Cerebral

La aplicación Entrenador Mental está destinada a ejercitar el cerebro en áreas como memoria a corto plazo, concentración, enfoque, velocidad y precisión. Posee 20 tipos de juegos de ejercicio mental. Los juegos están diseñados para retar las habilidades mentales, trabajando diferentes partes del cerebro. Las habilidades que estimula son las siguientes [19]:

- **Habilidad multitarea:** Tiene como objetivo aumentar la capacidad multitarea del cerebro. Las preguntas serán exhibidas a la vez en dos paneles. El jugador tiene que conseguir la puntuación de destino para terminar el nivel mediante la gestión de no perder tres posibilidades en cualquier panel y con un minuto tratar de obtener la puntuación máxima en cada nivel .
- **Habilidad de búsqueda rápida:** Tiene como objetivo aumentar la habilidad de búsqueda del cerebro. El jugador debe bajar las bolas del número alto al número bajo con un límite de tiempo, se penaliza con cinco segundos en cada clic equivocado.
- **Habilidad de matemáticas:** Sumar, restar, multiplicar números rápidamente. El objetivo del juego es hacer estallar los globos con la respuesta correcta.
- **Habilidad de Enfoque:** Tiene como objetivo aumentar la concentración controlando la atención. El número se mostrará con rapidez por lo que el jugador deberá tocar la pantalla después de cada número, pero sin tocar el número de retención.
- **Color vs Cerebro:** La lista de colores se mostrará durante unos segundos y los colores se barajarán, el jugador deberá recordar los colores poniendo la concentración completa antes de mezclar y organizarlos en el mismo orden arrastrando los elementos.
- **Energía de la memoria:** El jugador debe recordar los objetos que muestran sólo unos segundos y volver a introducirlos en la misma secuencia. Este tipo de ejercicio trabaja directamente sobre la memoria

temporal.

- Izquierda vs Cerebro Derecho: Balancear la parte del cerebro izquierda y derecha es muy importantes, al jugar este juego se entrenará al cerebro en las actividades de equilibrio.

La aplicación Entrenador Cerebral representada en la figura 1.8 se encuentra disponible en Google Play.



Figura 1.8. Videojuego Entrenador Cerebral. (Fuente: [19])

### 1.7.2. Consideraciones sobre el estudio de las aplicaciones homólogas

Se analizaron aplicaciones destinadas a la plataforma móvil debido a las facilidades de manipulación que presenta para los usuarios. Para la propuesta de solución se tuvieron en cuenta la plataforma móvil y escritorio. Ambas propuestas facilitan el despliegue en las instituciones de rehabilitación. El estudio de estas aplicaciones permitió identificar algunos de los tipos de ejercicios y características generales tales como el diseño de interfaces intuitivas con colores primarios y algunos tipos de *test* existentes como la matriz de memoria con los que debe contar la propuesta de solución.

## 1.8. Plataforma web Medicando

Medicando es una plataforma web desarrollada en el [Vertex](#). Tiene como objetivo permitir a los médicos planificar tratamientos a los pacientes utilizando videojuegos de rehabilitación. Medicando cuenta con un módulo de graficación y de reportes, que permiten al especialista consultar los datos de los pacientes, para determinar cómo han evolucionado con el tratamiento propuesto y generar reportes a partir de esa información. Con el fin de ofrecer y facilitar la visualización gráfica de los datos que generan los videojuegos que se integren a la plataforma, se definió que los videojuegos deben exportar en un fichero [Notación de objetos](#)

JavaScript (JSON) la información de la interacción de los usuarios con los ejercicios que implementen. Esto facilitará realizar operaciones de consulta y análisis, capaces de proporcionar información útil para que los doctores realicen un seguimiento de la evolución de los pacientes [26]. El fichero JSON generado por los videojuegos, para integrarse a la plataforma Medicando, debe seguir la siguiente estructura:

#### Código fuente 1.1. Ejemplo de estructura para la generación del fichero .json

```
1 {
2 "lista_jugadores": [
3 {
4 "session_id": 1,
5 "nombre_jugador": "Ragnar",
6 "score": 1250,
7 "time": "30-4-2018",
8 "skills": 48,
9 "visual_field": [[3,4], [6,7]]
10 }
11 }
```

De esta estructura los datos llave son `session_id` y `nombre_jugador`, el resto varía de acuerdo a las variables que genere el videojuego.

## 1.9. Herramientas y tecnologías

Teniendo en cuenta que la creación de videojuegos serios para el área de la salud es una de las líneas de desarrollo de software del centro [Vertex](#) y una vez realizado el estudio de los principales elementos a tener en cuenta para el desarrollo de la solución, se deciden adoptar las herramientas y tecnologías utilizadas en Vertex para el desarrollo de videojuegos, estas se definen a continuación:

### 1.9.1. Método de ingeniería de software

En el centro Vertex el marco de trabajo para el proceso de desarrollo de videojuegos guía el ciclo de vida de estos productos. La estructura del marco se define a continuación [20]:

- Etapa 1. Conceptualización:
  - Definir el género sobre el cual se desarrollará el videojuego.
  - Describir la mecánica del videojuego.
  - Especificar las metas para la experiencia del jugador.
- Etapa 2. Diseño:
  - Describir los elementos formales que definen la estructura del videojuego.
  - Describir los elementos dramáticos que definen el entretenimiento del videojuego.
  - Diseñar las pantallas gráficas elementales que forman la estructura del videojuego.

Describir los elementos dinámicos que definen las mecánicas o mecanismos del videojuego.  
Validar los mecanismos teniendo en cuenta criterios técnicos para su implementación.  
Modelar el diagrama de paquetes de mecanismos teniendo en cuenta la distribución arquitectónica.

Describir la concepción de los mecanismos sobre la distribución arquitectónica diseñada.  
Modelar el comportamiento de los mecanismos mediante diagramas de transición de estado.  
Mantener una trazabilidad bidireccional entre cada elemento del videojuego.  
Describir las características no funcionales del videojuego.

- Etapa 3. Implementación:
  - Diseñar los componentes que encapsulan la implementación.
  - Desarrollar las mecánicas especificadas y diseñadas.
- Etapa 4. Prueba:
  - Desarrollar pruebas Alpha.
  - Desarrollar pruebas Beta.
  - Registrar defectos durante las pruebas realizadas.
- Etapa 5. Mantenimiento:
  - Realizar análisis Postmortem.
  - Retomar la etapa de Diseño.

Por tanto, para cumplir el objetivo de la presente investigación, se utilizará el marco de trabajo ingenieril descrito para el proceso de desarrollo de videojuegos que se aplica en el centro [20].

### 1.9.2. Lenguaje de modelado

**Lenguaje Unificado de Modelado (UML)** es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. **UML** ofrece un estándar para describir un plano del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocio, funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y compuestos reciclados. Se utiliza para definir un sistema, con el fin de detallar los artefactos en el sistema y para documentar y construir. **UML** cuenta con varios tipos de diagramas, los cuales muestran diferentes aspectos de las entidades representadas.

### 1.9.3. Herramienta de modelado

Visual Paradigm es una herramienta de **Ingeniería de Software Asistida por Computación (CASE)**. La misma propicia un conjunto de ayudas para el desarrollo de programas informáticos, desde la planificación, pasando por el análisis y el diseño, hasta la generación del código fuente de los programas y la documentación. Visual Paradigm ha sido concebida para soportar el ciclo de vida completo del proceso de desarrollo del software a través de la representación de todo tipo de diagramas. Fue diseñado para una amplia gama de

usuarios interesados en la construcción de sistemas de software de forma fiable a través de la utilización de un enfoque Orientado a Objetos [21]. Se decide utilizar Visual Paradigm en su versión 8.0 .

#### 1.9.4. Framework de desarrollo

Se selecciona el motor de videojuego Unity en su versión 5.6 para desarrollar la propuesta de solución. Esta herramienta ofrece una amplia gama de características además de ser multiplataforma. En Unity, las mecánicas son implementadas mediante *scripts* y compiladas usando el lenguaje de Java Scripts o C#. Los *assets* pueden ser: texturas, modelos 3D, archivos de audio, prefabricados (prefabs), materiales, animaciones, *scripts*, entre otros. Unity cuenta además con un sistema de [Interfaz de Usuario \(UI\)](#) que permite la creación rápida o intuitiva de un medio de comunicación entre el jugador y el equipo. Además, posee web con ejemplos y explicando cada una de las clases que ellos han creado, y las que no, se pueden encontrar en el [Microsoft Developer Network \(MSDN\)](#) de Microsoft el cual contiene todo lo referente a C#. También en cuanto al desarrollo en el caso de Unity3D, C# es un lenguaje sencillo que dispone de ciertas librerías que facilitan muchísimo la labor de la programación [22].

#### 1.9.5. Lenguaje de programación

C# es uno de los lenguajes de programación que emplea Unity 3D para compilar los *scripts*, es orientado a objetos, lo cual facilita el trabajo ya que en esta herramienta todo componente o elemento del juego es un objeto o clase. Al empezar a programar, se pueden definir una o más clases dentro de un mismo espacio de nombres. Presenta un rango más amplio y definido de tipos de datos que otros lenguajes. Su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET, similar al de Java, aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes. Soporta todas las características propias del paradigma de programación orientada a objetos: encapsulación, herencia y polimorfismo [23].

#### 1.9.6. Entorno de desarrollo integrado

MonoDevelop es un entorno de desarrollo integrado libre y gratuito, diseñado primordialmente para C# y otros lenguajes .NET como Nemerle, Boo, Java y en su versión 2.2 Python. MonoDevelop originalmente fue una adaptación de SharpDevelop para Gtk#, pero desde entonces se ha desarrollado para las necesidades de los desarrolladores del Proyecto Mono. El [Ambiente de desarrollo integrado \(IDE\)](#) incluye manejo de clases, ayuda incorporada, completamiento de código, Stetic (diseñador de GUI) integrado, soporte para proyectos, y un depurador integrado desde la versión 2.2. MonoDevelop puede ejecutarse en las distintas distribuciones de Linux y en Mac. Desde la versión 2.2, MonoDevelop ya cuenta con soporte completo para GNU/Linux, Windows y Mac, completando así un hito para ser un verdadero [IDE](#) Multiplataforma [24].

### 1.9.7. Fichero de datos

**JSON** es un formato ligero empleado para el intercambio de datos, mejora la representación estructural de los datos; requiere una baja codificación y procesamiento. soporta dos tipos de estructuras: los objetos que contienen una colección de pares llave-valor y los arreglos de valores. **JSON** no tiene espacios de nombres, cada objeto es un conjunto de claves independientes de cualquier otro objeto. Puede representar cualquier estructura de datos permitiendo añadir nuevos campos con total facilidad, característica que lo hace ser flexible [25]. El fichero **JSON** almacena toda la información que genera el videojuego, dígase nombre de los usuarios, el total de objetivos propuestos y el total de objetivos cumplidos.

### 1.10. Consideraciones parciales

Durante el desarrollo del presente capítulo se obtuvo una visión más abarcadora acerca del problema planteado a partir del análisis de los conceptos asociados a la solución. La búsqueda en los referentes bibliográficos arrojó la existencia de estudios que han sido realizados para la utilización de los videojuegos en la estimulación cognitiva y la rehabilitación de pacientes con lesiones cerebrales; lo que fundamenta la aplicabilidad de la solución. El análisis de las aplicaciones homólogas y del contexto en el que se enmarca la investigación, permitió identificar características fundamentales que se deben tener en cuenta para el desarrollo de la propuesta de solución.

## **2.1. Introducción**

En este capítulo están contenidas las especificaciones necesarias para comenzar la implementación del proyecto y así definir los principales aspectos del mismo, como las características y los procedimientos a partir de la realización del diseño y la especificación de los mecanismos que plantea el marco de trabajo ingenieril.

## **2.2. Resumen del videojuego**

El videojuego Ejercita tu Mente está enfocado a ejercitar la memoria. Cuenta con varios tipos de pruebas, estas están divididas en diferentes niveles. A medida que el paciente va avanzando en el videojuego aumenta la complejidad de los ejercicios que debe realizar. El usuario deberá ir aumentando su concentración para poder resolver los ejercicios correspondientes. Algunos de los test son tomados del cuaderno de Estimulación Cognitiva para Adultos de Andrés Sardinero Peña [11]. El jugador podrá interactuar con los distintos tipos de pruebas con el objetivo de superarlas y resolver todos los ejercicios creados en el videojuego. Existen tres tipos de pruebas, estas cuentan con diferentes características. De manera adicional el especialista en rehabilitación también tendrá acceso a los datos que generará la herramienta. Esto facilita el diagnóstico y seguimiento a los pacientes que interactúen con el videojuego a modo de rehabilitación.

En el videojuego propuesto se implementan ejercicios basados en matrices de memoria y otros ejercicios identificados durante la investigación siguiendo la línea de la rehabilitación. Los ejercicios inician con un nivel de dificultad bajo, y se debe completar un número determinado de repeticiones para completar una sesión. Todo movimiento que realice el usuario mientras se enfrente a un ejercicio quedará registrado, errores cometidos, tiempo consumido y respuestas correctas. Los tipos de ejercicios con que cuenta el videojuego desarrollado son:

- Matriz de memoria: En este tipo de prueba el jugador tendrá que interactuar con una matriz donde

se le mostrarán imágenes por un tiempo corto, las mismas se encontrarán ubicadas en posiciones específicas, luego de transcurrido el tiempo determinado estas imágenes se ocultarán y el jugador deberá recordar la posición de los pares de imágenes que eran iguales y tratar de acertar en la menor cantidad de intentos posibles.

- **Asocia la imagen:** En este tipo de prueba el jugador observará tres palabras que se mostrarán durante un corto plazo de tiempo y luego se ocultarán en tres posiciones distintas. Después aparecerá una imagen que se relaciona con una de las tres palabras, el jugador debe recordar qué palabra de las vistas anteriormente se relaciona con la imagen y en qué posición se ocultó.
- **Recuerda la posición:** En este tipo de prueba el jugador observará una serie de casillas de las cuales algunas contienen imágenes, luego de un tiempo desaparecerán y el jugador debe recordar cuáles eran las casillas que contenían imágenes.

### 2.2.1. Gestión de perfiles

Los talleres de rehabilitación cognitiva se realizan de manera personal, en cada una de las consultas, posibilitando a los especialistas observar el comportamiento de los pacientes y su desempeño ante los desafíos que suponen los ejercicios de rehabilitación para una capacidad cognitiva en decadencia. Dado que una aplicación brinda cierta libertad a los usuarios, y no existe un especialista como mediador, es necesario registrar el intercambio que tengan los usuarios con la aplicación, guardando las estadísticas que se miden en las consultas para facilitar la posterior consulta por el personal calificado. En el caso de la solución propuesta, los datos que se guarden deben recopilarse por la aplicación y mostrarse en la plataforma Medicando, por lo que deben guardarse en un fichero con formato **JSON**. La estructura definida para el fichero es la siguiente:

#### Código fuente 2.1. Ejemplo estructura que sigue el fichero .json

```

1 {
2   "lista_jugadores": [
3     {
4       "session_id": 1,
5       "nombre_jugador": "Ragnar",
6       "score": 1250,
7       "time": "30-4-2018",
8       "skills": 48,
9       "visual_field": [[3, 4], [6, 7]]
10    }
11  ]

```

Dado que las áreas de rehabilitación difieren en la forma de calificarse, los ficheros generados en un videojuego enfocado en la atención pueden diferir de los ficheros generados en un videojuego enfocado en la percepción. Para evitar conflictos en el momento de sincronizar los datos, se toman como parámetros principales `session_id` y `nombre_jugador`. Atendiendo al desenvolvimiento de cada jugador frente a los ejercicios propuestos en la solución, se registrarán datos como:

- El parámetro `session_id` se inicia con el registro de un nuevo usuario, `session_id` se actualiza cada vez que el usuario activa su sesión en la aplicación. Esto permite registrar y mostrar al usuario el número de intentos por sesión, comenzando en cero e incrementándose con cada error cometido, separando estos en tipos de ejercicios, por ejemplo, total de errores en ejercicios basados en matrices y total de errores en ejercicios de stroop.
- Total de errores por tipo de ejercicio: Desde la primera vez que el usuario se registra en la aplicación, se lleva un seguimiento de los errores por tipo de ejercicio resuelto.
- El mejor y peor de los resultados por tipo de ejercicio, para comprobar el avance del usuario.
- En las pruebas que no tienen límite de tiempo, se guarda el total de tiempo utilizado por el usuario para resolver una sesión completa de un taller.
- La respuesta correcta a una prueba se recompensa con una bonificación de experiencia, factor que indica la familiaridad del usuario con la aplicación, a mayor experiencia, mejor desempeño del usuario ante los ejercicios de la aplicación.
- Las estadísticas almacenadas pueden ser consultadas por el usuario, lo que permite comprobar su avance.

### 2.2.2. Diseño del videojuego

El diseño del videojuego establece la visión y el enfoque que guiará al proyecto hasta el final del proceso[26]. En este acápite se diseña el juego teniendo en cuenta los elementos que lo conforman:

- Formales: Definen la estructura del juego[20].
- Dramáticos: Definen el entretenimiento y el nivel de inmersión de los jugadores en el juego[20].

### 2.2.3. Metas para la experiencia del jugador

- A medida que el jugador vaya resolviendo los *test* que aparecen en cada nivel del videojuego de manera correcta mejorará su capacidad de recordar los objetos y las posiciones en las que estos se encontraban.
- A medida que el jugador vaya recordando los objetos logrará avanzar al siguiente nivel hasta completar el tipo de ejercicio en el que se encuentra.
- A medida que el jugador resuelva los ejercicios propuestos, irá desarrollando los diferentes tipos de memoria tales como la memoria a corto plazo y la memoria temporal entre otros.

### 2.2.4. Elementos formales del videojuego:

Los elementos formales describen el videojuego, definiendo la estructura que tendrá el mismo. Para el desarrollo del videojuego **Ejercita tu Mente** se tuvieron en cuenta los siguientes elementos formales [20]:

**Jugador:**

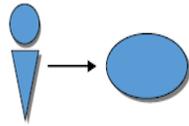
| Aspecto               | Descripción   |
|-----------------------|---|
| Invitación a jugar    | Botón de comienzo: <b>Jugar</b>   |
| Cantidad              | Solo un jugador   |
| Patrón de Interacción | Individual VS Juego<br>                         |
| Roles                 | Quien actúa con la aplicación eligiendo el o los espacios donde se encontraban las figuras para así pasar al siguiente ejercicio. |

Tabla 2.1. Elementos formales del videojuego. Jugador

**Objetivos:**

| Objetivo  | Descripción   |
|---|---|
| Responder correctamente los ejercicios propuestos | Cuando el jugador responde los ejercicios que propone el videojuego, el especialista puede emitir un criterio sobre su estado y progreso. |
| Tipo  | Explícito   |
| Categoría   | Solución  |

Tabla 2.2. Elementos formales. Objetivos generales

| Objetivo  | Descripción   |
|---|---|
| Recordar en qué posiciones de la matriz se encontraban los caracteres | Luego de seleccionar correctamente las posiciones donde se encontraban los caracteres en la matriz, se avanza a otra repetición con objetivo diferente al anterior. Aumenta la dimensión de la matriz para hacer el ejercicio más complejo. |
| Tipo  | Explícito   |
| Categoría   | Solución  |

Tabla 2.3. Elementos formales. Objetivos específicos, modo de juego: Matriz de memoria

| <b>Objetivo</b>                                   | <b>Descripción</b>  |
|---|---|
| Asociar las palabras con la imagen que se muestra | Luego de seleccionar correctamente la posición donde se encontraba la palabra correcta que se relaciona con la imagen se avanza a otra repetición con objetivo diferente. |
| Tipo  | Explícito   |
| Categoría   | Solución  |

Tabla 2.4. Elementos formales. Objetivos específicos, modo de juego: Asocia la imagen

| <b>Objetivo</b>                                      | <b>Descripción</b>  |
|--|---|
| Recordar las posiciones donde aparecían las imágenes | Luego de seleccionar correctamente las posiciones donde se encontraban las imágenes se avanza a otra repetición con objetivo diferente y se aumenta la complejidad aumentando el número de posiciones y de imágenes a recordar. |
| Tipo   | Explícito   |
| Categoría  | Solución  |

Tabla 2.5. Elementos formales. Objetivos específicos, modo de juego: Recuerda la posición

**Procedimientos:**

- **Dar Clic:** El jugador puede hacer clic con el ratón para comenzar a interactuar con el juego y acceder a las opciones que se muestran en pantalla.
- **Progresión:** El jugador avanzará a través de los distintos niveles de dificultad a medida que responda los ejercicios de forma correcta, factor que propicia la ganancia de puntos de experiencia y permite avanzar a niveles de mayor dificultad.
- **Matriz de memoria:** El procedimiento a seguir en los ejercicios basados en matrices queda definido de manera tal que al hacer clic en los botones de la matriz donde se encontraban las letras, si los botones seleccionados son los correctos el usuario recibe experiencia, y una vez seleccionadas todas las posiciones correctas se avanza a otra iteración del ejercicio hasta culminar la sesión.
- **Asocia la imagen:** El procedimiento a seguir en los ejercicios de asociar la imagen queda definido de forma tal que al hacer clic sobre la posición de la palabra que se relaciona con la imagen mostrada, si la elección es correcta el usuario obtiene experiencia y se avanza a otra iteración del ejercicio hasta culminar la sesión.
- **Recuerda la posición:** El procedimiento a seguir en los ejercicios de recordar la posición queda defi-

nido de forma tal que al hacer clic sobre las posiciones donde se encontraban las imágenes mostradas con anterioridad, de ser correcta la elección el usuario gana experiencia. Además, se aumenta la cantidad de posiciones con imágenes a recordar. El usuario avanza a otra iteración del ejercicio hasta culminar la sesión.

**Reglas:**

- El juego se gana cuando el jugador logra responder sin errores todos los ejercicios aplicados.
- Si se acaba el tiempo brindado para responder las preguntas tendrá que volver a empezar desde el primer *test*.
- Para avanzar al siguiente tipo de ejercicio deberá responder correctamente los ejercicios de la sesión que le antecede.
- El jugador ganará experiencia de acuerdo a su interacción con los ejercicios propuestos.

**Recursos:**

- Cantidad de aciertos.
- Experiencia obtenida por el jugador.
- Puntuación por niveles.
- La complejidad de los ejercicios irá aumentando.

**Conflictos:**

- Los ejercicios tendrán un tiempo de realización limitado en relación con su complejidad.
- Al realizar de forma incorrecta un ejercicio tendrá que regresar a la primera prueba del tipo de ejercicio que se esté realizando.

**Resultado:**

El jugador gana el videojuego cuando haya realizado todos los ejercicios de forma correcta en el tiempo reglamentado. La realización correcta de los ejercicios que indica una mejoría en sus capacidades cognitivas relacionadas con la memoria.

### 2.2.5. Elementos dramáticos

**Premisa:**

El videojuego surge con el objetivo de ser una herramienta de apoyo para la rehabilitación de pacientes con afectaciones en la memoria. Con el videojuego se espera que los jugadores ejerciten la memoria a través de los ejercicios propuestos.

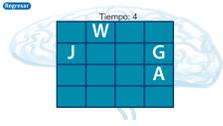
### 2.2.6. Historia

El videojuego carece de un componente historia o elementos de trans fondo, solo se puede apreciar en el juego los elementos de ejercicios de rehabilitación existentes y sus características.

### 2.2.7. Retos

- Responder cada ejercicio de forma correcta.
- Aprovechar el tiempo definido para resolver los *test* para ganar experiencia y aumentar el nivel.

## 2.3. Diseño de las pantallas

| Imagen  | Descripción   |
|---|---|
|    | <p><b>Menú Principal:</b> En esta interfaz se muestran las opciones del juego, así como la sesión del jugador que está activa, si el usuario no está registrado puede hacerlo seleccionando la opción registrarse. Además, se tiene acceso a las opciones del videojuego y se brinda la opción de cerrar la aplicación.</p> |
|   | <p><b>Registrarse:</b> En esta pantalla los usuarios deben introducir los datos que se le piden para la creación de un perfil en la aplicación a través de la cual se le dará seguimiento a su avance.</p>  |
|  | <p><b>Gestión y selección de usuarios:</b> Se muestran los usuarios que se han registrado en la aplicación y las opciones referentes a la gestión de usuarios cargar usuario o eliminar uno existente.</p>  |
|  | <p><b>Selección de ejercicios:</b> En esta interfaz el usuario puede seleccionar entre los distintos tipos de ejercicios disponibles o regresar al Menú Principal.</p>  |
|  | <p><b>Asocia la imagen:</b> En esta interfaz el usuario puede interactuar con este tipo de prueba haciendo clic en las posiciones de las imágenes que observen las cuales pasados unos segundos desaparecerán.</p>  |
|  | <p><b>Matriz de memoria:</b> En esta interfaz el usuario puede interactuar con este tipo de prueba haciendo clic en las posiciones donde se encontraban ciertas letras que observará en la matriz y que luego al cabo de 5 segundos desaparecerán.</p>  |

|   |   |
|---|---|
|  | <p><b>Recuerda la posición:</b> En esta interfaz el usuario puede interactuar con este tipo de prueba haciendo clic en las posiciones donde se encontraban las imágenes que desaparecen al cabo de cierto tiempo.</p> |
|---|---|

Tabla 2.6. Descripción de las pantallas.

## 2.4. Especificación de Mecanismos

En un videojuego se llama mecánica o mecanismo a los juguetes creados que relacionan objetos a través de sus propiedades y comportamientos con un fin específico, por ejemplo: mecanismo de control de vidas o mecanismo de locomoción. Además, los mecanismos en un videojuego constituyen reglas basadas en un sistema de simulaciones, que facilitan y fomentan en el usuario la necesidad de aprender y explorar propiedades en un ambiente virtual. Arquitectónicamente un mecanismo en un videojuego se puede organizar en componentes o niveles: de núcleo, alternativo, opositor o mejorador. Estos componentes constituyen una guía base para estructurar los mecanismos que componen al videojuego [27].

### 2.4.1. Especificación de los Mecanismos del videojuego:

| No. | Nombre | Descripción | Organización arquitectónica perteneciente |
|-----|--------|-------------|---|
|-----|--------|-------------|---|

|   |                          |   |                  |
|---|--------------------------|---|------------------|
| 1 | Controlar menú principal | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos: Botones (Jugar, Salir, Opciones, Iniciar Sesión, Ayuda)</li> <li>• Propiedades: Botones             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Jugar: Comenzar a jugar el videojuego.</li> <li>◦ Salir: Salir del videojuego</li> <li>◦ Opciones: Editar opciones como el sonido y la música de fondo.</li> <li>◦ Iniciar Sesión: Gestionar Usuarios.</li> <li>◦ Ayuda: Descripción de los tipos de niveles.</li> </ul> </li> <li>• Comportamiento: Es la primera pantalla que se muestra en el juego. En esta se eligen las opciones principales de este como comenzar a jugar, editar las opciones, gestionar un usuario ya sea registrar uno nuevo o cargar un perfil previamente creado.</li> <li>• Relaciones: <b>M1,M2,M3,M4</b></li> </ul> | Mecanismo Núcleo |
|---|--------------------------|---|------------------|

|   |                                   |  |                  |
|---|-----------------------------------|--|------------------|
| 2 | Controlar experiencia del jugador | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos: Ejercicios, Jugador, Experiencia.</li> <li>• Realizar de forma total o parcial los ejercicios propuestos.</li> <li>• Ejercicios: Estos pueden ser respondidos bien o mal.</li> <li>• Experiencia: Esta se obtiene luego de realizar un ejercicio y de acuerdo a la calidad con la que este fue realizado.</li> <li>• Comportamiento: Luego de terminar un ejercicio, el jugador obtendrá experiencia, la cual le permitirá acceder a más ejercicios de mayor dificultad de acuerdo al nivel que alcance.</li> <li>• Relaciones: <b>M2,M3,M4</b></li> </ul> | Mecanismo Núcleo |
| 3 | Seleccionar tipos de ejercicios   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos: Distintos tipos de ejercicios disponibles.</li> <li>• Propiedades: Ejercicios disponibles de acuerdo al nivel del jugador y el avance logrado en cada una de las secciones.</li> <li>• Comportamiento: Se pueden elegir los niveles disponibles de acuerdo al nivel con el que cuente el jugador.</li> <li>• Relaciones: <b>M2,M4</b></li> </ul>   | Mecanismo Núcleo |

|   |                               |  |                  |
|---|-------------------------------|--|------------------|
| 4 | Administrar datos del jugador | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos: Jugador, Datos del jugador.</li> <li>• Propiedades: A medida que el jugador avance en el videojuego se mostrarán los datos estadísticos de estos en las variantes de juego.</li> <li>• Comportamiento: Mostrar los datos del jugador actual y su avance.</li> <li>• Relaciones: <b>M2,M3,M4</b></li> </ul>   | Mecanismo Núcleo |
| 5 | Realizar asocia la imagen     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos: Jugador, botones.</li> <li>• Propiedades: Jugador: Cantidad de errores, tiempo disponible para realizar las pruebas.</li> <li>• Comportamiento: El jugador puede interactuar con el ejercicio seleccionado hasta que lo resuelva de manera correcta o de hacerlo incorrectamente puede volver a intentarlo o cambiar el tipo de prueba en el que se encuentra.</li> <li>• Relaciones: <b>M2,M3,M4</b></li> </ul> | Mecanismo Núcleo |
| 6 | Realizar recuerda la posición | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos: Jugador, botones.</li> <li>• Propiedades:Jugador: Cantidad de errores, tiempo disponible para realizar las pruebas.</li> <li>• Comportamiento: El jugador puede interactuar con el ejercicio seleccionado hasta que lo resuelva de manera correcta o de hacerlo incorrectamente puede volver a intentarlo o cambiar el tipo de prueba en el que se encuentra.</li> <li>• Relaciones: <b>M2,M3,M4</b></li> </ul>  | Mecanismo Núcleo |

|   |                            |  |                  |
|---|----------------------------|--|------------------|
| 7 | Realizar matriz de memoria | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetos: Jugador, botones.</li> <li>• Propiedades: Jugador: Cantidad de errores, tiempo disponible para realizar las pruebas.</li> <li>• Comportamiento: El jugador puede interactuar con el ejercicio seleccionado hasta que lo resuelva de manera correcta o de hacerlo incorrectamente puede volver a intentarlo o cambiar el tipo de prueba en el que se encuentra.</li> <li>• Relaciones: <b>M2,M3,M4</b></li> </ul> | Mecanismo Núcleo |
|---|----------------------------|--|------------------|

Tabla 2.7. Mecanismos

## 2.5. Requisitos no funcionales

- RnF 1 Jugabilidad:
  - RnF 1.1 El jugador se desplaza por el entorno creado en una computadora o en un dispositivo móvil haciendo clic en los botones disponibles.
  - RnF 1.2 El jugador podrá avanzar al siguiente ejercicio cuando logre superar las pruebas del nivel en el que se encuentra.
- RnF 2 Usabilidad:
  - RnF 2.1 El videojuego tiene como objetivo la rehabilitación de las personas con dificultades en el área cognitiva, específicamente en la parte de la memoria, pero puede ser usado también por cualquier otra persona sin afectaciones.
- RnF 3 Apariencia o Interfaz externa:
  - RnF 3.1 La interfaz fue creada de forma intuitiva para ser fácilmente entendida por cualquier jugador.
  - RnF 3.2 Los colores utilizados en las pantallas son colores primarios como el azul, blanco, rojo principalmente combinados de forma que resulten agradables a los jugadores.
- RnF 4 Software:
  - RnF 4.1 La aplicación debe ser compatible con las versiones de Windows 8.0 o superiores.
  - RnF 4.2 La aplicación debe ser compatible con versiones de Android 4.0 o superiores.
- RnF 5 Hardware:
  - RnF 5.1 Para ejecutar la aplicación de manera satisfactoria se tienen como requisitos de hardware mínimos, un dispositivo con Micro Intel(R)Celeron(R) a 1.10 Ghz con 1Gb de memoria RAM.

RnF 5.2 Para ejecutar la aplicación de forma satisfactoria en un dispositivo móvil se tienen como requisitos mínimos, un dispositivo con microprocesador a 1.10 Ghz y 512mb de RAM.

- RnF 6 Restricciones del diseño y la implementación:

RnF 6.1 El proceso de desarrollo de la solución se regirá por los parámetros definidos en el centro Vertex para el desarrollo de videojuegos.

Motor de videojuegos: Unity 3D.

Entorno de Desarrollo Integrado [IDE](#).

Lenguaje de programación [C#](#).

Herramienta para [CASE](#): Visual Paradigm.

Los ficheros de datos de los jugadores serán exportados en formato un fichero [JSON](#).

## 2.6. Paquete de Mecanismos

### 2.6.1. Descripción de paquetes de mecanismos

- **Mecanismos Núcleos:** Son los mecanismos indispensables para el videojuego que constituyen el sentido de enganche del jugador y el propósito esencial del mismo. Permiten la interacción del jugador con cada uno de los elementos que contienen las escenas, así como la navegación por ellas, con el propósito de cumplir cada uno de los niveles del juego.

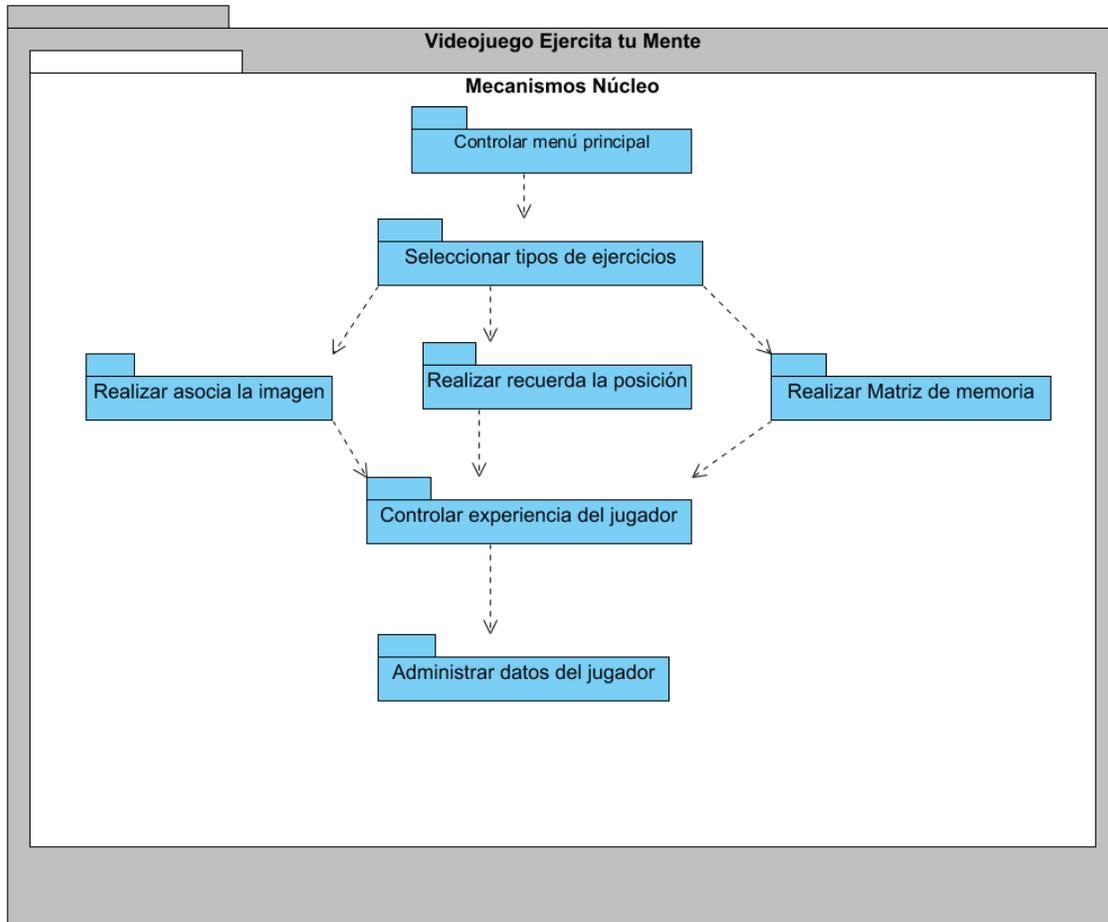


Figura 2.1. Diagrama de paquetes de mecanismos

## 2.6.2. Arquitectura

### Programación por capas

La programación por capas es una arquitectura cliente-servidor en el que el objetivo primordial es la separación de la lógica de negocios de la lógica de diseño [28]. Capas y niveles:

- **Capa de presentación:** en esta capa se encuentra la información visual para el usuario. En la propuesta de solución se agruparon en esta capa todas las interfaces o pantallas del videojuego.
- **Capa de negocio:** es donde residen los programas que se ejecutan, se reciben las peticiones del usuario y se envían las respuestas tras el procesamiento. En ella se establecen todas las reglas que deben cumplirse. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos, para solicitar y recuperar la información almacenada en ella. En esta capa se encuentran las clases que controlan el desarrollo del videojuego.
- **Capa de datos:** es donde residen los datos y es la encargada de acceder a los mismos. Recibe so-

licitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa de negocio. Se encuentra la información almacenada de las imágenes, las palabras con las que están relacionadas, el archivo **JSON** para almacenar los datos del paciente que serán analizados posteriormente en la plataforma web Medicando.

## 2.7. Diagrama de clases

A continuación, se muestra la estructura del diagrama de clases con la forma en la que están compuestos los scripts para las lógicas de las pruebas y el modo en el que funciona la gestión de usuarios. En el mismo se muestran las clases principales que existen con sus atributos, métodos correspondientes y la relación que existe entre estas clases.

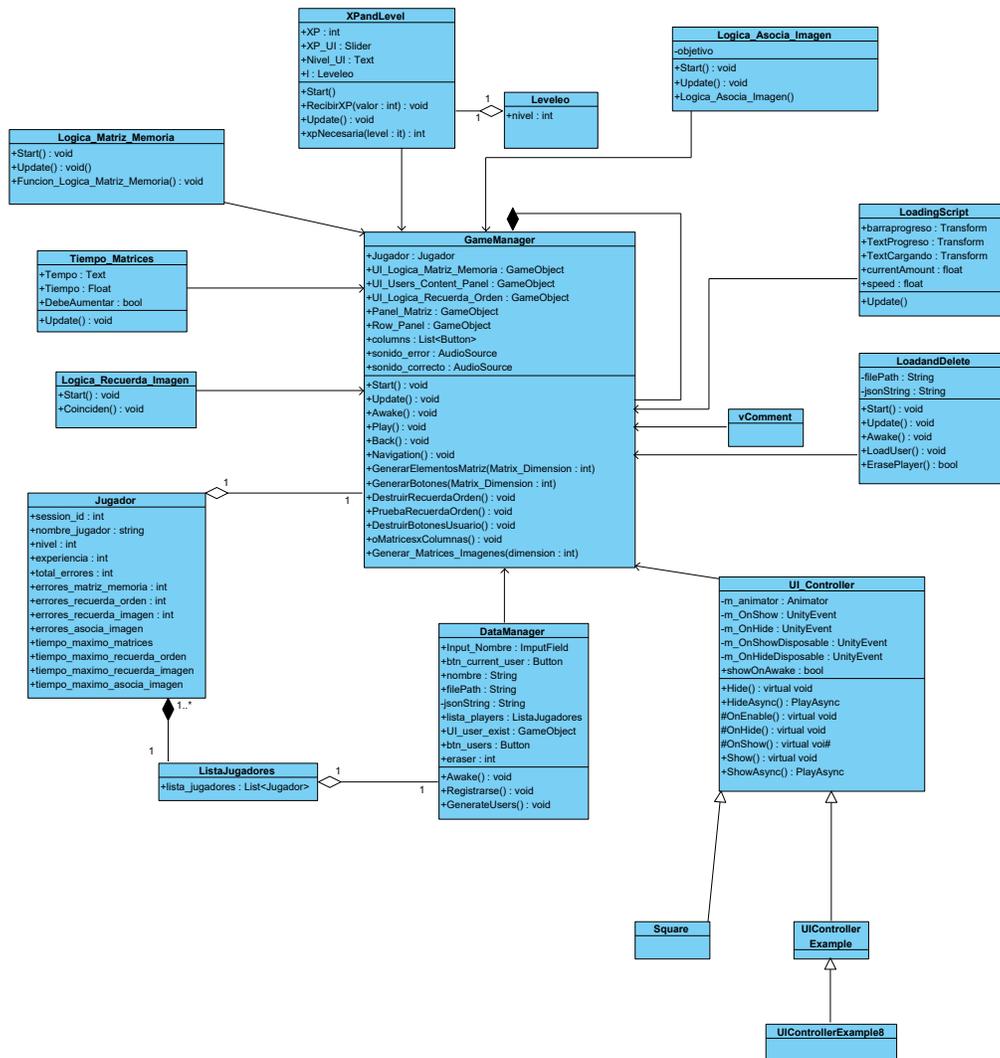


Figura 2.2. Diagrama de Clases de la solución

## 2.8. Patrones de Diseño

Los patrones de diseño son la base para la búsqueda de soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software y otros ámbitos referentes al diseño de interacción o interfaces.

Un patrón de diseño resulta ser una solución a un problema de diseño. Para que una solución sea considerada un patrón debe poseer ciertas características. Una de ellas es que debe haber comprobado su efectividad resolviendo problemas similares en ocasiones anteriores. Otra es que debe ser reutilizable, lo que significa que es aplicable a diferentes problemas de diseño en distintas circunstancias[29]. En el diseño de la solución se utilizarán algunos de los [General Responsibility Assignment Software Patterns \(GRASP\)](#) y algunos de

los patrones [Gang of Four \(GOF\)](#).

Los patrones [GOF](#) se clasifican en 3 grupos principales [30]:

- **Creacionales**
- **Estructurales**
- **Comportamiento**

De los antes mencionados para la solución se utilizó el patrón **Instancia única(Singleton)**. Este patrón de diseño el cual entra dentro del grupo de los creacionales es el encargado de que una clase solo tenga una instancia, y provee un punto de acceso global a ella. Para la propuesta de solución se usó este patrón en la clase *GameManager*, la cual es la clase controladora de la mayoría los aspectos del videojuego, con lo que se evita la sobrecarga de recursos incorporando demasiadas instancias de la misma clase con lo que se obtiene un único acceso a la misma.

A continuación, se describen los patrones [GRASP](#) que se usarán en el desarrollo de la solución.

- **Alta cohesión:** la cohesión es una medida de cuán relacionadas y enfocadas están las responsabilidades de una clase. Una alta cohesión caracteriza a las clases con responsabilidades estrechamente relacionadas que no realicen un trabajo enorme. Una baja cohesión hace muchas cosas no afines o realiza trabajo excesivo. En resumen, este patrón se observa cuando una clase tiene la responsabilidad de realizar una labor dentro del sistema, no desempeñada por el resto de los componentes del diseño. Este patrón se evidencia en conjunto con el patrón bajo acoplamiento, de forma tal que cada clase realiza sus acciones y se evita que otra clase realice acciones correspondientes a la clase con la que está relacionada.
- **Bajo acoplamiento:** el acoplamiento es una medida de la fuerza con que una clase está conectada a otras clases. Una clase con bajo (o débil) acoplamiento no depende de muchas otras. El uso de este patrón permitirá que el número de relaciones entre las clases de la solución sea el menor posible. De tal forma que, en caso de producirse una modificación en alguna de ellas, se tenga la mínima repercusión posible en el resto de clases, lo cual potencia la reutilización y disminuye la dependencia entre estas.

## 2.9. Representación del comportamiento

## 2.10. Diagramas de estado

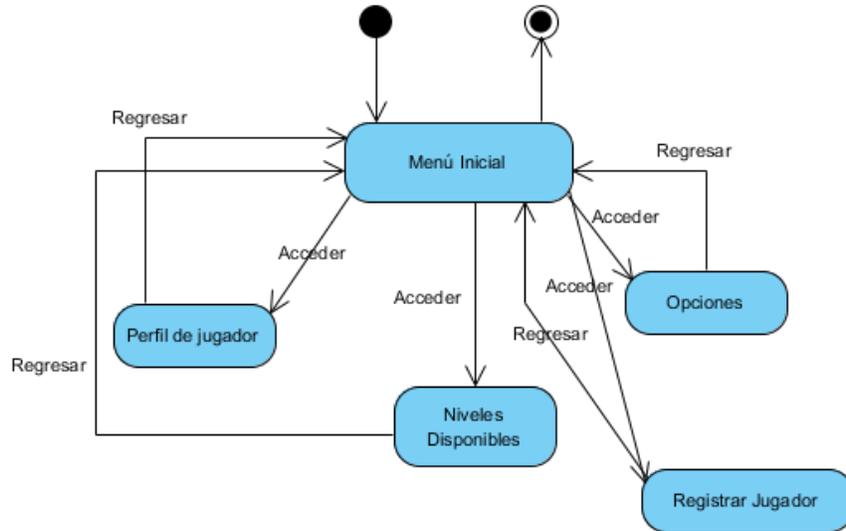


Figura 2.3. Diagrama de estado Control menú principal

El menú principal marca un punto de partida para cada jugador, en la pantalla del menú principal el usuario puede registrarse y acceder a las opciones del videojuego antes de comenzar una partida.

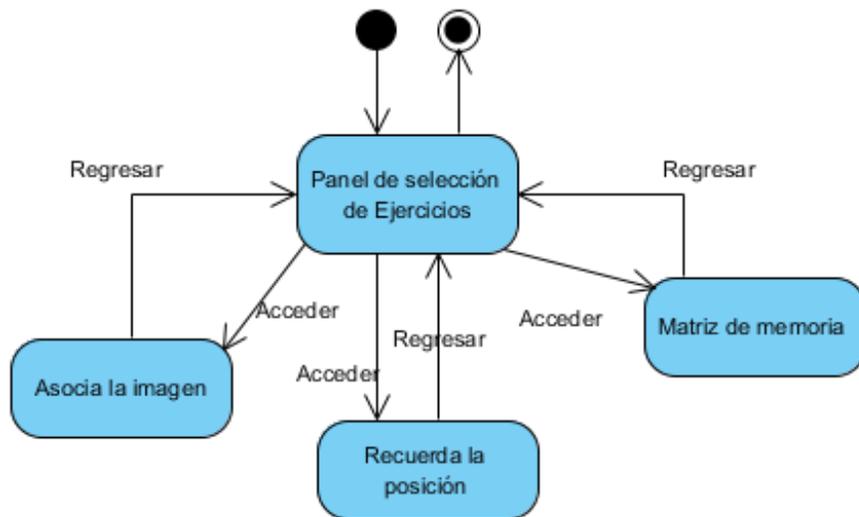


Figura 2.4. Diagrama de estado Seleccionar tipos de ejercicios

El mecanismo de selección de ejercicios permite a los jugadores elegir el tipo de ejercicio al que quiere enfrentarse.

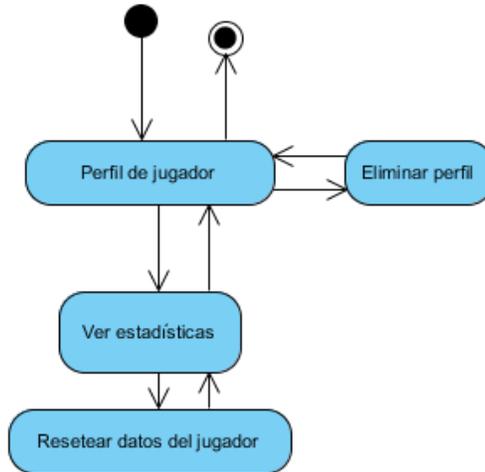


Figura 2.5. Diagrama de estado Administrar datos del jugador

En el perfil del jugador se mostrará toda la información referente al usuario activo y se brinda la opción de modificar o eliminar dicha información de ser requerido.

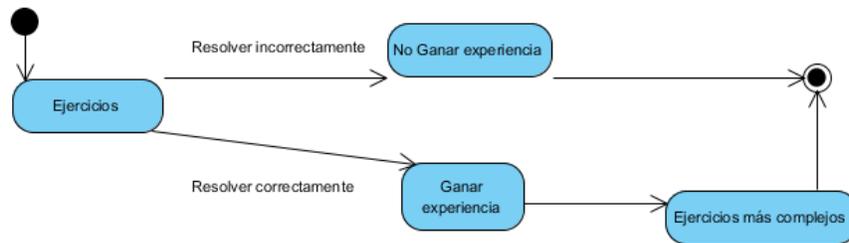


Figura 2.6. Diagrama de estado Controlar experiencia del jugador

## 2.11. Conclusiones parciales

Con la culminación del presente capítulo, se arribó a la conclusión de que las bases de la propuesta de solución, quedaron bien definidas gracias a los artefactos generados por el marco de trabajo que se tomó como guía, con el cual se pudieron comprender las funcionalidades y el contenido concreto para la implementación del comportamiento de cada elemento que intervienen en los diferentes escenarios, para ello se utilizó una arquitectura basada en capa. Adicionalmente, se definió la estructura por tipos de ejercicios que sigue la aplicación y cómo responde ante la interacción con los usuarios. Se describieron además los elementos formales a tener en cuenta para el desarrollo del videojuego y se presentó el diseño de las pantallas principales.

---

## Implementación y pruebas

---

En el presente capítulo se muestra el estándar de codificación empleado y sus principales operaciones. Se realizan las pruebas de aceptación pertinentes y principales resultados de estas. Además se representa el nivel de satisfacción de los usuarios a través de la técnica Iadov.

### 3.1. Estándar de codificación

El motor de videojuegos Unity usa como lenguajes de programación Javascript y C#. Para desarrollar la aplicación el lenguaje empleado fue C#, por lo que la declaración de clases empleada es la siguiente:

#### Código fuente 3.1. C# Declaración de clases

```
1 public class DataManager : MonoBehaviour { ... }
```

Durante el desarrollo del videojuego se emplearon funciones encargadas de realizar operaciones específicas dentro de cada una de las clases, por ejemplo la función GenerateUsers() es la encargada de mostrar en la ventana los usuarios registrados en la aplicación.

#### Código fuente 3.2. C# Funciones

```
1 public void GenerarUsers () {  
2     foreach (Jugador j in lista_players.lista_jugadores)  
3     {  
4         Button btn_temp = Instantiate (btn_users, GameManager.Instance.  
           UI_Users_Content_Panel.transform);  
5         btn_temp.transform.GetChild (0).GetComponent <Text>().text = j.nombre_jugador;  
6     }  
7 }
```

Las variables empleadas en la aplicación fueron definidas de manera tal que cada una indica su función dentro del videojuego. A continuación, se muestra la declaración de algunas de ellas en la clase DataManager:

**Código fuente 3.3. C# Declaración de variables**

```

1 public InputField Input_Name;
2 public Button btn_current_user;
3 string name;
4 string filePath;
5 string jsonString;

```

En la implementación de la lógica de algunos ejercicios fue necesario usar funciones ya empleadas dentro de otras, por ejemplo la función Back() para retroceder en la navegación entre paneles.

**Código fuente 3.4. C# Llamada a funciones auxiliares**

```

1 public void Registrarse(){
2     Jugador j = new Jugador();
3     j.name_jugador = Input_Name.text;
4     foreach(Jugador p in lista_players.lista_jugadores){
5         if (p.name_jugador.Equals (j.name_jugador)) {
6             UI_user_exist.SetActive (true);
7             return;
8         }
9     }
10 }
11 lista_players.lista_jugadores.Add (j);
12 jsonString = JsonUtility.ToJson (lista_players);
13 File.WriteAllText (filePath,jsonString);
14 GameManager.Instance.currentUser = j;
15 btn_current_user.transform.GetChild (0).GetComponent<Text> ().text = j.name_jugador
    ;
16 GameManager.Instance.Back ();
17 }

```

Durante el desarrollo surgió la necesidad de validar factores para determinar si un ejercicio estaba completo o no. Para esto se utilizaron estructuras de control.

**Código fuente 3.5. C# Estructuras de control**

```

1 public void Back()
2 {
3     currentScene = (int)(pila.Pop());
4
5     switch (currentScene)
6     {
7     case 0:
8     {
9         UI_Seleccion.SetActive (false);
10        UI_Registrarse.SetActive (false);
11        if(UI_Users.activeSelf){

```

```

12 UI_Users.SetActive (false);
13 GetComponent<DataManager>().eraser = 0;
14 for(int i = 0; i < UI_Users_Content_Panel.transform.childCount;i++){
15 Destroy (UI_Users_Content_Panel.transform.GetChild (i).gameObject);
16 }
17 }
18 .
19 ..
20 ...
21 }
    
```

### 3.2. Diagrama de componentes

En esta sección se muestran los diagramas de componentes que corresponden a cada mecanismo del videojuego.

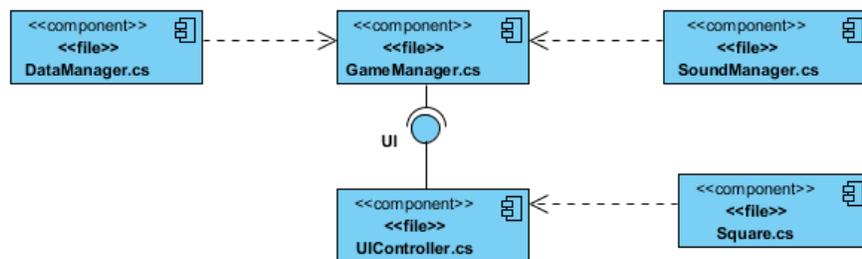


Figura 3.1. Diagrama de componentes del mecanismo Controlar menú principal

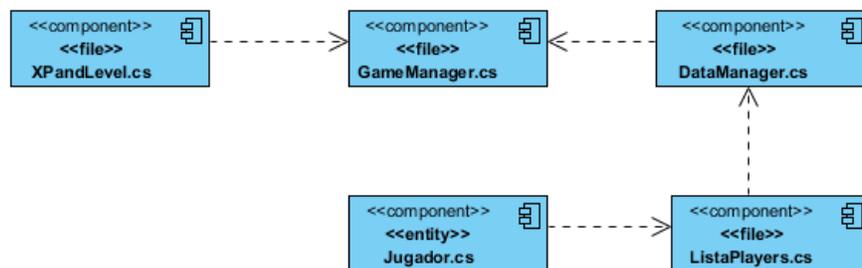


Figura 3.2. Diagrama de componentes del mecanismo Controlar experiencia del jugador

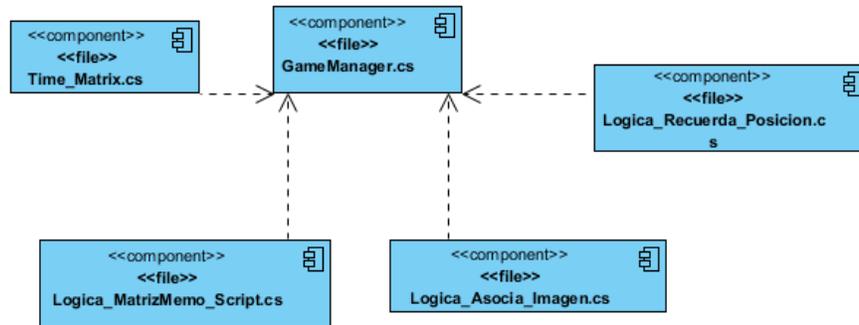


Figura 3.3. Diagrama de componentes del mecanismo Seleccionar tipos de ejercicios

### 3.3. Pruebas

#### 3.3.1. Pruebas de aceptación

En la Ingeniería del software, las pruebas de aceptación se realizan para establecer el grado de confianza en un sistema, partes del mismo o en sus características no funcionales. La confianza en el sistema estará determinada por su grado de adherencia a las necesidades, requerimientos y procesos de negocio solicitados por el usuario o cliente. Es en función a estos que el usuario debe decidir si acepta o no el sistema que le está siendo entregado. Estas pruebas son fundamentales para asegurar el éxito de la implementación final de un proyecto de ingeniería de software, por lo cual deben incluirse obligatoriamente en el plan de pruebas de software [31].

**Prueba Alpha:** La prueba Alpha es llevada a cabo frente al desarrollador por un grupo representativo de usuarios finales. El software se prueba en un entorno natural donde el desarrollador se encarga de registrar los errores y problemas de uso. Las pruebas alpha son realizadas en un ambiente controlado [32].

**Prueba Beta:** La prueba beta se lleva a cabo en uno o más sitios de usuario final. A diferencia de las pruebas alfa, el desarrollador no está presente. Por lo tanto, la prueba beta se realiza en un entorno que no puede ser controlado por el desarrollador. El cliente registra todos los problemas (reales o imaginarios) que se encuentran durante las pruebas beta y los informa al desarrollador periódicamente. Como resultado de los problemas reportados durante las pruebas beta, se pueden realizar modificaciones y luego se prepara para lanzar el producto de software a toda la base de clientes [32].

Con el objetivo de detectar los errores funcionales, ortográficos y de diseño que pudiera contener la solución propuesta se realizaron varias iteraciones de prueba al videojuego Ejercita tu Mente. Se seleccionó un grupo de 10 personas con experiencia en el desarrollo de videojuegos en el centro [Vertex](#) entre los cuales se encuentran especialistas en el área de diseño, programadores y personal de la rama de ingeniería de software, donde todos poseen el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas y más de 2 años de experiencia como mínimo. En la gráfica 3.4 se muestran los resultados obtenidos. En la primera iteración se detectó un total de 10 **No Conformidades (NC)** referentes al diseño de interfaces y la edición del perfil de usuario, se resolvieron 4 de estas **NC**. El resto fueron resueltas para la 2da iteración, en la que se encontraron 3 referentes

a faltas de ortografía . En la 3ra iteración fueron resueltos dichos errores y se probaron otras funcionalidades del videojuego. En esta ocasión se detectaron 4 NC referentes a la validación de que al finalizar el tiempo de un ejercicio el sistema retorne al primer ejercicio del nivel. Para la 4ta iteración quedaron resueltas todas las no conformidades encontradas.



Figura 3.4. Resultados de las pruebas

### 3.4. Valoración de la aplicabilidad en entornos reales

Con el objetivo de evaluar el videojuego implementado se utiliza la técnica de Iadov, esta técnica evalúa el nivel de satisfacción del usuario, permitiendo conocer si la solución propuesta cumple con las expectativas esperadas. La técnica de Iadov constituye una vía indirecta para el estudio de la satisfacción, ya que los criterios que se utilizan se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres preguntas cerradas (preguntas 1, 2 y 3) que se intercalan dentro de un cuestionario. Estas tres preguntas se relacionan a través de lo que se denomina el Cuadro Lógico de Iadov y el resultado permite definir el nivel de satisfacción del sujeto ante la solución propuesta. Para medir el grado de satisfacción se tomó una muestra de ocho especialistas que trabajan en el Policlínico Universitario Cristóbal Labra del municipio de La Lisa.

|  | 1. ¿Sería factible realizar los talleres de rehabilitación cognitiva solo con el uso de videojuegos?                  |       |    |       |       |    |    |       |    |
|--|---|-------|----|-------|-------|----|----|-------|----|
|  | No  |       |    | No Sé |       |    | Si |       |    |
|  | 2. ¿Incorporaría usted el prototipo de videojuego propuesto como herramienta de apoyo a la terapia de rehabilitación? |       |    |       |       |    |    |       |    |
| 3. ¿Satisface el prototipo propuesto sus expectativas como especialista teniendo en cuenta los ejercicios tradicionales? | Sí  | No Sé | No | Sí    | No Sé | No | Sí | No Sé | No |
| Me satisface mucho.  | 1   | 6     | 6  | 2     | 2     | 6  | 6  | 6     | 6  |
| No me satisface.   | 2   | 3     | 3  | 2     | 3     | 3  | 6  | 3     | 6  |
| Me da lo mismo.  | 3   | 3     | 3  | 3     | 3     | 3  | 3  | 3     | 3  |
| Me disgusta más de lo que me satisface.  | 6   | 6     | 6  | 3     | 4     | 4  | 3  | 4     | 4  |
| No me satisface nada.  | 6   | 6     | 6  | 6     | 4     | 4  | 6  | 4     | 5  |
| No sé qué decir.   | 2   | 3     | 6  | 3     | 3     | 3  | 6  | 3     | 4  |

Figura 3.5. Cuadro lógico de Iadov

Con el índice resultante de la convergencia entre las preguntas se define la posición de cada sujeto en la escala de satisfacción:

- Clara satisfacción.
- Más satisfecho que insatisfecho.
- No definida.
- Más insatisfecho que satisfecho.
- Clara insatisfacción.
- Contradictoria.

Con la opinión de las personas encuestadas recogida, se procede a realizar el cálculo del Índice de satisfacción grupal **Índice de Satisfacción Grupal (ISG)**, asignando a cada nivel de satisfacción un índice entre -1 y 1, quedando esta distribución como se observa en la tabla 3.1.

| Índice | Escala                           |
|--------|----------------------------------|
| 1      | Clara satisfacción.              |
| 0.5    | Más satisfecho que insatisfecho. |
| 0      | No definida.                     |
| -0.5   | Más insatisfecho que satisfecho. |
| -1     | Clara insatisfacción             |

Tabla 3.1. Escala Índice de satisfacción grupal.

Para calcular el **ISG** se utiliza la siguiente fórmula:  $ISG = \frac{A(+1)+B(+0.5)+C(0)+D(-0.5)+E(-1)}{N}$  Donde: A,B,C,D,E representan la cantidad de sujetos con índice individual 1,2,3 o 6,4,5 respectivamente y N el total de sujetos que respondieron las preguntas. Con el cálculo realizado se obtiene un resultado que se clasifica según un margen definido de la siguiente forma:

- Insatisfacción: entre (-1) y (-0.5).
- Contradictorio: entre (-0.49) y (+0,49).
- Satisfacción: entre (0.5) y (1).

Luego de haber aplicado la técnica, calculando el **ISG** se obtiene como resultado 0.8 lo que significa una clara satisfacción con el uso del videojuego presentado.  $ISG = \frac{6(+1)+1(+0.5)+1(0)+0(-0.5)+0(-1)}{8}$

### 3.5. Conclusiones parciales

En este capítulo se definió el estándar de codificación que se utilizó durante el proceso de desarrollo del videojuego Ejercita tu Mente. Se presentan además los diagramas de componente de los mecanismos núcleo lo que permite un mejor entendimiento de la implementación realizada. Con las diferentes pruebas realizadas se detectaron no conformidades que fueron procesadas para que el cliente final no fuera afectado por estas. Se evidencia el resultado obtenido con la aplicación de las pruebas de aceptación y de la técnica de Iadov, el ISG obtenido como resultado de esta última demuestra el nivel de satisfacción de los especialistas con la solución propuesta.

Con el desarrollo de la presente investigación se obtuvo un videojuego que se puede utilizar como herramienta de apoyo para la rehabilitación cognitiva de pacientes enfocada en la memoria. El videojuego propuesto implementa diferentes ejercicios basados en matrices de memoria, *test* tomados del acápite destinado a la memoria del cuaderno Estimulación Cognitiva para Adultos. Además se implementó un ejercicio adicional identificado a partir del estudio de aplicaciones homólogas existentes, que toman como enfoque la ejercitación del área cognitiva del cerebro, dando cumplimiento al objetivo propuesto. Por otra parte, se concluye que:

- El videojuego desarrollado permite realizar el tratamiento independientemente del lugar donde se encuentre el paciente, lo que facilita la continuidad de la rehabilitación fuera de las consultas.
- La gestión de usuarios implementada permite al especialista dar seguimiento a varios pacientes desde un mismo dispositivo. La integración con la plataforma Medicando ofrece una alternativa para monitorear la evolución de los pacientes.

---

## Recomendaciones

---

Para una posterior versión del prototipo obtenido se recomienda:

- Implementar nuevos ejercicios que se utilicen para la rehabilitación cognitiva de la memoria.
- Mejorar la interfaz de usuario, atendiendo a la usabilidad en el sistema operativo Android.
- Implementar un módulo de configuración, que permita a los especialistas modificar elementos de los ejercicios de forma dinámica.

**CASE** Ingeniería de Software Asistida por Computación. 15, 30

**GOF** Gang of Four. 34

**GRASP** General Responsibility Assignment Software Patterns. 33, 34

**IDE** Ambiente de desarrollo integrado. 16, 30

**ISG** Índice de Satisfacción Grupal. 43

**JSON** Notación de objetos JavaScript. 13, 14, 17, 19, 30, 32

**MSDN** Microsoft Developer Network. 16

**NC** No Conformidades. 40, 41

**RAE** Real Academia Española. 4

**SPAICTM** Servicio Provincial de Atención Integral Comunitaria a los Trastornos de Memoria. 1, 2

**UI** Interfaz de Usuario. 16

**UML** Lenguaje Unificado de Modelado. 15

**Vertex** Entornos Interactivos 3D. 1, 13, 14, 40

---

## Referencias bibliográficas

---

- [1] Pilar Lacasa. *Los videojuegos*. Ediciones Morata, 2011 (vid. pág. 1).
- [2] Begoña González. *Rehabilitar con Videojuegos, tipo @ONLINE*. 2012. URL: <http://xn--daocerebral-2db.es/rehabilitacion-cognitiva-mediante-juegos-interactivos/> (vid. págs. 1, 9).
- [3] *Diccionario de la lengua española*. URL: <http://dle.rae.es/> (vid. pág. 4).
- [4] Indira Jahana y Cornejo Rugel. «Centro de medicina física y rehabilitación para el adulto mayor». En: (2015) (vid. pág. 4).
- [5] Y Ginarte-Arias. «Rehabilitación cognitiva. Aspectos teóricos y metodológicos». En: *Revista de Neurología* 34.9 (2002), págs. 870-876 (vid. págs. 4, 5).
- [6] P Moreno-Gea. «Rehabilitación de funciones cerebrales por ordenador». En: *Palma de Mallorca: Hospital Universitario Son Dureta* (2001) (vid. pág. 4).
- [7] Catherine Mateer. «Introducción a la rehabilitación cognitiva». En: *Avances en psicología clínica latinoamericana* 21.10 (2003) (vid. pág. 5).
- [8] FEGGY Ostrosky-Solís y A Lozano-Gutiérrez. «Rehabilitación de la memoria en condiciones normales y patológicas». En: *Avances en psicología clínica latinoamericana* 21 (2003), págs. 39-51 (vid. págs. 5, 6).
- [9] David De Noreña y col. «Efectividad de la rehabilitación neuropsicológica en el daño cerebral adquirido (I): atención, velocidad de procesamiento, memoria y lenguaje». En: *Rev Neurol* 51.11 (2010), págs. 687-98 (vid. pág. 6).
- [10] A Sardinero. *Colección: Estimulación cognitiva para adultos*. 2010 (vid. pág. 6).
- [11] Andrés Sardinero Peña. *Estimulación cognitiva para adultos*. 2010 (vid. págs. 6, 18).
- [12] Félix Etxeberría. «Videojuegos y educación». En: (2001) (vid. pág. 8).
- [13] Beatriz Marcano. «Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital». En: *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información* 9.3 (2008) (vid. pág. 8).
- [14] *Lumosity*. URL: <https://www.lumosity.com/> (vid. pág. 9).
- [15] *Brain Wars*. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.translimit.brainwars&hl=en> (vid. pág. 10).

- [16] *Elevate*. URL: <https://www.elevateapp.com/> (vid. pág. 10).
- [17] *Fit Brains Trainer*. URL: <http://www.fitbrains.com/> (vid. pág. 11).
- [18] *A Clockwork Brain*. URL: <http://www.aclockworkbrain.com/> (vid. págs. 11, 12).
- [19] *Entrenador cerebral*. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.raghu.braingame&hl=es> (vid. págs. 12, 13).
- [20] P Hernández, T Pérez, M Correa y col. «Marco de trabajo ingenieril para el proceso de desarrollo de videojuegos.» En: *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales 7.1* (2017) (vid. págs. 14, 15, 20).
- [21] Daniel Flores Puerto. «Instrumentos de Recolección de Datos». En: (2015) (vid. pág. 16).
- [22] Jordi Joan Linares Pellicer, Juan Vicente Martínez Pérez y Arturo Candela Moltó. «Gráficos a la máxima potencia: Una comparativa entre motores de juegos». En: *3c Tic. 2. Area de Innovación y Desarrollo SL*. 2012, págs. 51-65 (vid. pág. 16).
- [23] Anders Hejlsberg, Scott Wiltamuth y Peter Golde. *C# language specification*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2003 (vid. pág. 16).
- [24] Mark Mamone. «Introducing development tools and MonoDevelop». En: *Practical Mono* (2006), págs. 21-40 (vid. pág. 16).
- [25] MSC Grethel Naranjo Rondón y Ernesto Gutierrez Ramos. «KEYLAXYEYES: VIDEOJUEGO SERIO PARA EL TRATAMIENTO DE NIÑOS CON DEFICIENCIAS DEL CAMPO VISUAL.» En: () (vid. pág. 17).
- [26] Ana Ma Manrubia Pereira. «El proceso productivo del videojuego: fases de producción/The production process of the game: production phases». En: *Historia y Comunicación Social 19* (2014), pág. 791 (vid. pág. 20).
- [27] P Hernández, T Pérez y col. «Criterios para verificar y validar mecanismos en el desarrollo de videojuegos.» En: *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales 7.1* (2017) (vid. pág. 25).
- [28] Cesar de la Torre Llorente y col. *Guía de Arquitectura N-Capas orientada al Dominio con .NET*. 2010 (vid. pág. 31).
- [29] Erich Gamma. *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Pearson Education India, 1995 (vid. pág. 33).
- [30] Carlos A Guerrero, Johanna M Suárez y Luz E Gutiérrez. «Patrones de Diseño GOF (The Gang of Four) en el contexto de Procesos de Desarrollo de Aplicaciones Orientadas a la Web». En: *Información tecnológica 24.3* (2013), págs. 103-114 (vid. pág. 34).
- [31] Graham Bath y Judy McKay. *The Software Test Engineer's Handbook: A Study Guide for the ISTQB Test Analyst and Technical Test Analyst Advanced Level Certificates 2012*. Rocky Nook, Inc., 2014 (vid. pág. 40).

- [32] Roger S Pressman. *Software engineering: a practitioner's approach*. Palgrave Macmillan, 2005 (vid. pág. 40).

# Apéndices

### **A.1. Cartas de aceptación**

El prototipo de videojuego fue probado por la especialista Msc. Miriam Antúnez Alorca y algunas de las personas que se encuentran en el hogar del adulto mayor José Manuel Lazo de la Vega del municipio La Lisa, obteniendo la aprobación de la especialista en cuanto a dificultad y elementos relacionados a la rehabilitación, además se recibió la aprobación de la dirección del hogar del adulto mayor.

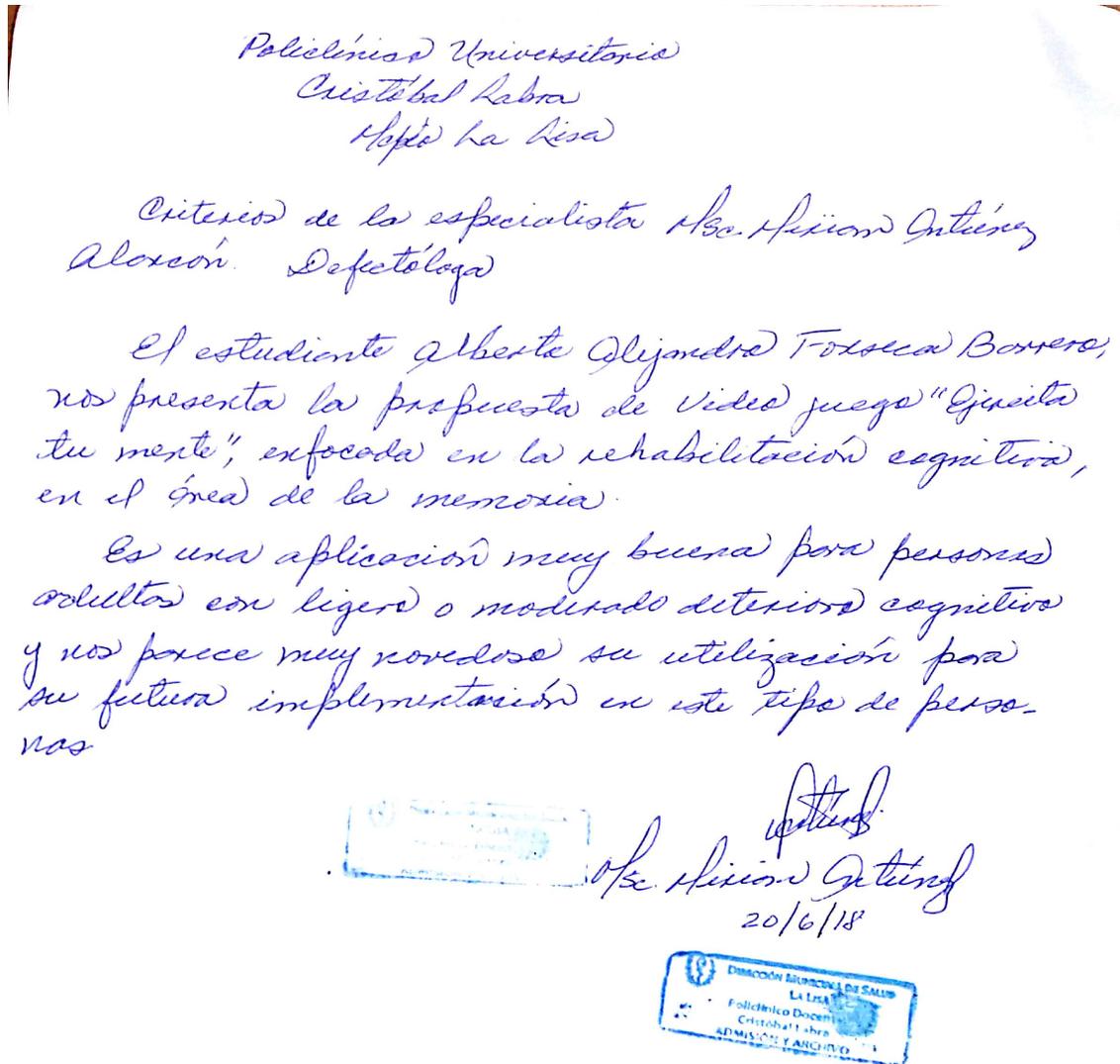


Figura A.1. Carta de aceptación.

Hogar de Adulto Mayor.  
 Hago de la Vega.-  
 Municipio La Vega.

Carta de la Dra. Nevelia Carrero Alfaro  
 Directora del Hogar, sobre los estudiantes

Alberto Alejandro Fonseca con la propuesta  
 de Video Juegos "García tu mente"

Lionel Vazquez Nuora: con la propuesta  
 Video Juegos Rehabilitación Cognitiva, enfocado  
 en el pensamiento.

Fernando Bernabey Roquez: propuesta de  
 Estimulación Cognitiva con título: Ejercite  
 y Juega.

Considero que todos son propuestas muy novedosas  
 que pueden implementarse en el Hogar para los  
 pacientes con deterioro cognitivo.

DIRECCIÓN MUNICIPAL DE SALUD  
 LA LISA  
 Hogar del Adulto Mayor  
 José Manuel Lazo de la Vega  
 DIRECCIÓN

Dra. Carole Alfaro Alfaro  
 2019

Figura A.2. Carta de aceptación casa del adulto mayor.