



ECyT
UNSAM

PROYECTO FINAL INTEGRADOR - INGENIERÍA BIOMÉDICA

Prototipo de software para estimulación de funciones cognitivas básicas a distancia para adultos mayores sanos

ESTUDIANTE: Bompensieri Josefina

LEGAJO: CYT-6743

SUPERVISOR/A: Ing. Alejandro Flores

CO-SUPERVISOR/A: Lic. Juan José Aranda

LUGAR DE TRABAJO: Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM
en convenio con INVAP

FECHA: Mayo 2023



AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, a mi papá y a mis hermanas por estar siempre, por aguantarme y alentarme durante todo este proceso, por formarme como soy. Son muy importantes para mí. A Rocco y a Mora por la compañía.

A Tomy por ser mi compañero de clases, mi amigo y mi compañero de vida. Gracias por estar siempre a mi lado y ayudarme a responder todas mis preguntas.

A toda mi familia, también fueron y son un soporte muy importante. A los que están y a los que ya no, gracias por sus palabras de aliento.

A los amigos que me dio la Universidad y con quienes compartí largos días de estudio. Sin ellos todos estos años no hubieran sido lo mismo.

A Agustina Portu por sus palabras de aliento para seguir adelante en momentos de incertidumbre y por su paciencia infinita.

A la Universidad Nacional de San Martín por darme la posibilidad de cursar esta hermosa carrera y formarme académicamente. A Alejandro y a Juan José.

A todos los que aportaron su granito de arena para que este proyecto salga bien.

RESUMEN

Las funciones cognitivas son los procesos cerebrales que nos permiten procesar información y relacionarnos con nuestro entorno: nos permiten hablar, prestar atención, recordar lugares y personas, entre otras cosas. En general, se dividen en: la memoria, la atención, la percepción, el lenguaje, las praxias y las funciones ejecutivas. Todas ellas se componen de distintas fases o procesos y están asociadas a diversas áreas de la corteza cerebral. Cualquier alteración en la corteza cerebral perjudicará a la o las funciones cognitivas correspondientes al sector dañado.

A medida que envejecemos, los daños moleculares y celulares también afectan a las funciones cognitivas generando un deterioro en las mismas con efectos que varían de persona en persona. Durante el envejecimiento normal se identifica una disminución en la memoria, en la velocidad de procesamiento, en los procesos de la atención, en el lenguaje, en la habilidad viso-espacial y en la habilidad de resolver problemas nuevos. Sin embargo, estos cambios deben diferenciarse de las alteraciones que se producen durante un diagnóstico de demencia.

La estimulación cognitiva propone mejorar el rendimiento cognitivo utilizando el mecanismo de neuroplasticidad del cerebro, mediante el cual se crean nuevas conexiones neuronales. Los métodos más utilizados para la estimulación cognitiva son actividades que tienen en cuenta los procesos de las funciones cognitivas a estimular. Estas actividades suelen llevarse a cabo mediante juegos o rutinas que se registran en papel y las personas mayores deben asistir a una sesión con un profesional de salud como por ejemplo, un terapeuta ocupacional. Este método además, requiere que el profesional de salud observe a la persona para poder obtener respuestas sobre su desempeño. Si la persona realiza estas actividades fuera del consultorio, es casi imposible obtener esa información.

La constante innovación en tecnologías de la información y comunicación también ha sido aplicada al ámbito de la salud impulsando desarrollos para mejorar la calidad de vida de las personas. El uso de videojuegos para estimulación cognitiva supone varias ventajas comparado con el sistema utilizado actualmente, como son las mejoras en la motivación y adhesión de las personas a su uso. Los juegos que tienen otro propósito además del entretenimiento, son denominados juegos serios.

Este proyecto propone demostrar, a través de un prototipo, la posibilidad de generar un programa de estimulación cognitiva para personas mayores sanas mediante juegos serios que puedan ser utilizados de forma remota, accediendo desde una PC. Los juegos fueron desarrollados teniendo en cuenta las tres funciones cognitivas básicas: memoria, percepción y atención. Además, este programa cuenta con una

interfaz de usuario, también accesible desde PC, para que el profesional de salud pueda configurar los juegos de sus usuarios y extraer información sobre el desempeño que tuvieron durante sus sesiones de juego. Esto último permite que se ajusten los tratamientos a cada usuario en particular. Se proponen herramientas de evaluación de la usabilidad del programa para obtener realimentación directa acerca de su uso. Al mismo tiempo se plantea que sea un desarrollo abierto a la comunidad tanto para su uso de forma gratuita como para su futura expansión por parte de otros programadores que deseen colaborar con el mismo.

Palabras clave: Funciones cognitivas, Estimulación cognitiva, Juegos serios, Envejecimiento.

ÍNDICE

Agradecimientos	2
Resumen	3
Índice	5
1. Introducción	5
1.1. Funciones cognitivas	6
1.1.1. Memoria	7
1.1.2. Atención	8
1.1.3. Percepción	10
1.2. Envejecimiento y el deterioro de las funciones cognitivas	10
1.3. Estimulación cognitiva y juegos serios	11
1.4. Contexto	13
1.5. Revisión bibliográfica	16
2. Objetivos	19
2.1. Objetivo general.....	19
2.2. Objetivos específicos.....	19
3. Diseño y desarrollo: PyRehab para el jugador	20
3.1. Entorno de programación	20
3.2. Actividades	22
3.2.1. Memotest	24
3.2.2. Escalas.....	28
3.2.3. Siete diferencias	31
3.3. Versión final de PyRehab para el jugador	34
4. Diseño y desarrollo: PyRehab para el profesional	36
4.1. Entorno de programación	36
4.2. Flujo de trabajo	40
4.2.1. Registro de profesionales	41
4.2.2. Registro de jugadores.....	44
4.3. Versión final de PyRehab para el profesional de salud	48
5. Protocolo para un análisis de usabilidad	50
6. Discusión	54
7. Conclusiones	57
Referencias	58
Anexo I: Manual de usuario - Jugador	61
Anexo II: Manual de usuario – Profesional de salud	71

1. INTRODUCCIÓN

1.1. FUNCIONES COGNITIVAS

Constantemente recibimos estímulos desde el exterior y nos relacionamos con el entorno que nos rodea. Esto es posible gracias a las funciones cognitivas, que son procesos mentales que nos permiten recibir, seleccionar, almacenar, transformar, descubrir y recuperar toda esta información (Zhang, 2019). Si bien existen distintas líneas teóricas que clasifican las funciones cognitivas, se puede considerar que la atención, la percepción y la memoria son funciones cognitivas básicas mientras que el lenguaje, el pensamiento, las praxias y las funciones ejecutivas se consideran funciones cognitivas superiores (Gradior, 2021) (Brusco, 2018).

Estas funciones se encuentran relacionadas con la corteza cerebral y se han estudiado desde el siglo XIX (Paffen, 2015). En ese entonces, los frenólogos Gall y Spurzheim propusieron la teoría del localizacionismo que planteaba la activación de un área específica del cerebro para cada facultad mental (Enríquez de Valenzuela, 2014). Por otro lado, existía quienes defendían a la visión holista o globalista, completamente opuesta al localizacionismo, que se basaba en estudios experimentales estableciendo que todo el cerebro participaba de manera conjunta al momento de realizar una tarea cognitiva (Paffen, 2015) (Enríquez de Valenzuela, 2014). En la segunda mitad del siglo XIX, la convergencia de la neuroanatomía y la neurofisiología con la neurociencia cognitiva (formada por la neurociencia, la psicología cognitiva y las ciencias de la computación) dieron lugar a la postura actual que es una combinación del localizacionismo y el holismo: las funciones complejas no se encuentran localizadas en una región única pero, al mismo tiempo, estas funciones están compuestas por procesos simples que sí parecen estar localizados en regiones especializadas (Enríquez de Valenzuela, 2014).

Es por esto que las funciones cognitivas se deben entender como sistemas complejos y no como funciones aisladas. Distintos análisis, incluyendo imágenes de resonancia magnética funcional, han demostrado la activación de distintas áreas cerebrales que se involucran al momento de realizar una tarea (Paffen, 2015). Según la bibliografía, pueden relacionarse los lóbulos de la corteza cerebral con las funciones cognitivas de este modo: el área del lóbulo frontal se relaciona con la planificación, coordinación, control y ejecución de las conductas; el lóbulo parietal, con el procesamiento de la información sensorial; el lóbulo temporal con la memoria, aprendizaje, emociones y audición; y el lóbulo occipital con la visión (Brusco, 2018).

A continuación se describen las funciones cognitivas en las que se basa el proyecto: la memoria, la atención y la percepción visual.

1.1.1. MEMORIA

La memoria es un proceso con distintas fases que permiten codificar la información que proviene de los estímulos externos, almacenarla en un registro y luego recuperar esa información en el momento deseado (Muñoz Marrón, 2009). Permite utilizar las experiencias pasadas para determinar nuestras acciones y comportamiento actual (Zhang, 2019).

Los distintos modelos teóricos dieron origen a diferentes clasificaciones (Muñoz Marrón, 2009), como el Modelo Multialmacén (Figura 1) de los autores Atkinson y Shifrin que en 1968 propusieron la siguiente división, extraída del trabajo de Zhang (Zhang, 2019):

- Memoria sensorial: el registro es automático, involuntario y de escasa duración. Se divide en memoria icónica para el registro visual, y ecoica para el registro sonoro. Un estímulo recibido por los sentidos puede ser almacenado por menos de un segundo. Luego, la información se filtra debido al proceso de atención, y se almacena en la memoria a corto plazo aquella información que se considera relevante.
- Memoria a corto plazo: el almacenamiento es temporal y limitado, aunque mayor que la memoria sensorial. La información se codifica rápidamente para luego almacenarla en la memoria a largo plazo. Este proceso se lleva a cabo en diferentes partes del cerebro, como la corteza visual y el área de Broca, relacionada con el lenguaje.
- Memoria a largo plazo: es la gran “base de datos” donde se almacena toda la información proveniente de la memoria a corto plazo, a través de un proceso de consolidación basado en significados y asociación. Se divide en memoria declarativa y procedimental. La primera hace referencia a los conocimientos generales y personales y a su vez, está formada por la memoria semántica (información general desligada del contexto, conocimientos del mundo externo) y la memoria episódica (relacionada con parámetros espacio-temporales y autobiográficos). Por otro lado, la memoria procedimental hace referencia a cómo se llevan a cabo las cosas, los procedimientos. Es información que se adquiere por repetición y práctica, y se compone de comportamientos y movimientos automáticos.

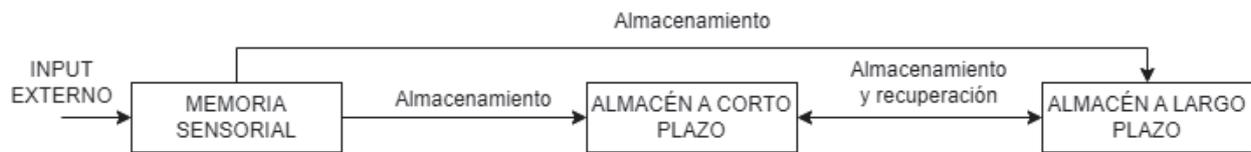


Figura 1. Representación mediante un esquema del Modelo Multialmacén. Extraído y adaptado de (Muñoz Marrón, 2009).

Existen más clasificaciones según otros autores, como la de Craik y Lokhart en el año 1972, que clasifica la memoria en función del nivel de procesamiento considerando que existe un único almacén pero el procesamiento puede ser superficial o de tipo I y profundo o de tipo II (Muñoz Marrón, 2009).

El modelo de Baddeley y Hitch en el año 1974 introduce el concepto de la memoria operativa dentro de la memoria a corto plazo definida por Atkinson y Shiffrin. Está compuesta por subsistemas donde se manipula por un lado la información verbal, por otro la información visoespacial y luego un sistema de control (Muñoz Marrón, 2009).

La memoria también se puede clasificar según la intencionalidad en implícita o explícita. La primera hace referencia a un almacenamiento y/o recuperación de la información de manera involuntaria mientras que en la segunda, estos procesos ocurren de forma voluntaria (Muñoz Marrón, 2009).

Por último, en función del tiempo se puede clasificar a la memoria en prospectiva (información de actividades a realizar en un futuro que es muy vulnerable al olvido) y retrospectiva (aquellos acontecimientos del pasado que son menos vulnerables al olvido) (Muñoz Marrón, 2009).

Las alteraciones en esta función cognitiva se denominan amnesias e implican dificultad al momento de la codificación, almacenamiento y/o recuperación de la información almacenada y puede ser causada por cualquier daño cerebral. Se puede distinguir entre amnesia anterógrada cuando la incapacidad está en la fijación de nueva información luego de la lesión, o retrógrada cuando se refiere a la información almacenada previa a la lesión (Muñoz Marrón, 2009).

1.1.2. ATENCIÓN

La atención se puede definir como “la habilidad mental de generar y mantener un estado de activación tal que permita un adecuado procesamiento de la información” (Muñoz Marrón, 2009). Es la función cognitiva que nos permite concentrarnos a partir de la selección del estímulo en el cual se hace foco. La atención junto con la percepción y la memoria son las funciones cognitivas que permiten la interacción con el entorno y la construcción de la conciencia (Brusco, 2018).

En la literatura se encuentran distintos modelos cognitivos de la atención como el de Norman y Shallice en 1986, que identifica tres subcomponentes: los esquemas de atención, la resolución de conflictos y el sistema atencional superior. El primero recibe los *inputs* de fuentes internas y externas que luego se evalúan y se definen las acciones a realizar según si la situación es conocida o novedosa, momento en el cual actúa el sistema atencional superior (Muñoz Marrón, 2009).

Posteriormente, el Modelo Clínico de la Atención de Sohlberg Y Mateer en 1987 y 1989 citado en (Muñoz Marrón, 2009), se nombran seis componentes de la atención que son los más comúnmente utilizados y a los que se hace referencia luego:

- i.** Arousal: mantiene el estado de alerta, es la activación general del organismo.
- ii.** Atención focal: para enfocar la atención en un estímulo determinado.
- iii.** Atención sostenida: permite mantener una respuesta consistentemente durante un período de tiempo prolongado.
- iv.** Atención selectiva: capacidad de seleccionar información relevante, inhibiendo otros estímulos.
- v.** Atención alternante: permite cambiar el foco entre tareas diferentes.
- vi.** Atención dividida: capacidad para seleccionar dos o más fuentes de información en simultáneo.

Otro modelo de la atención es el que exponen Posner y Petersen, en el año 1990, donde proponen tres redes neurales independientes, responsables de los procesos atencionales y que se encuentran distribuidas en la corteza cerebral. Estas redes son: i) la red de orientación, implicada en la selección de información sensorial; ii) la red de vigilancia, encargada de generar y mantener el estado de alerta; y iii) la red ejecutiva, para la inhibición, resolución de conflictos, detección de errores, la planificación y ejecución de nuevas conductas (Muñoz Marrón, 2009).

Por último, el Modelo de Control de la Atención de Corbetta y Shulman del año 2002 propone que existen dos redes cerebrales parcialmente independientes, uno relacionado a la selección voluntaria de estímulos y respuestas en función de un propósito; y la segunda, se especializa en detectar estímulos novedosos o relevantes, redirigiendo la atención hacia ellos (Muñoz Marrón, 2009).

La alteración de cualquiera de los componentes de la atención puede ocasionar impactos en la vida cotidiana de las personas, desde un estado de coma por una alteración de la atención arousal, variaciones en la velocidad de procesamiento y hasta distracciones por no lograr mantener la atención y/o inhibir otros estímulos (Muñoz Marrón, 2009).

1.1.3. PERCEPCIÓN

El cerebro codifica la información que recibimos a través de los sentidos. Los órganos sensoriales transforman la energía que reciben, ya sea a través de la absorción de rayos de luz en el ojo, moléculas o partículas aromáticas detectadas en la cavidad nasal u ondas de presión que llegan al oído, en actividad neuronal que se transmite y procesa en el cerebro (Zhang, 2019).

La percepción es la forma en la cual se interpreta y se comprende esa información sensorial (Muñoz Marrón, 2009). Es importante entender cómo se relaciona el estímulo con la activación neuronal desde la perspectiva fisiológica, así como también cómo la persona responde al estímulo desde la perspectiva psicofísica.

Centrándose en la percepción visual, existen distintos modelos teóricos para entender esta función cognitiva. El Modelo de Reconocimiento de Objetos propuesto en 1973 por Warrington y Taylor establece una etapa preatencional de análisis visual y otra de atención focalizada para la percepción de un objeto, y luego la comparación de esa percepción con la información almacenada en la memoria. De esta forma, la persona posee la capacidad de identificar un objeto independientemente de la orientación, distancia y luminosidad (Muñoz Marrón, 2009).

La Teoría Computacional de Marr (1982) permite obtener una representación en tercera dimensión de un objeto mediante la sucesión de bocetos elaborados a partir de la imagen captada en la retina, de forma similar a una computadora programada para percibir objetos (Muñoz Marrón, 2009).

Las alteraciones en la percepción visual afectan a la localización de objetos y la capacidad de búsqueda y rastreo visual, teniendo un efecto directo en las actividades de la vida diaria. Se denomina agnosia a las alteraciones que dificultan el reconocimiento de estímulos y la atribución de un significado, por ejemplo la incapacidad de reconocimiento de rostros familiares (Muñoz Marrón, 2009).

1.2. ENVEJECIMIENTO Y EL DETERIORO DE LAS FUNCIONES COGNITIVAS

A nivel biológico, los efectos de la acumulación de daños moleculares y celulares que se producen con el tiempo tienen como resultado lo que se denomina envejecimiento. Los cambios que se producen durante el envejecimiento no son lineales ni uniformes y dependen de diversos factores como son la herencia genética, los hábitos de la persona y su entorno (Organización Mundial de la Salud, 2015). Estos cambios inevitables reducen la capacidad física y mental de una persona. La Convención Interamericana

sobre Protección de los Derechos Humanos de las Personas Mayores considera que una persona es mayor a partir de los 60 años (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 2022).

Las funciones cognitivas involucradas generalmente en el deterioro por envejecimiento normal son la memoria y la atención. También la velocidad de procesamiento de la información, relacionada con el déficit de la memoria de trabajo, la atención selectiva y la memoria a largo plazo aunque los cambios que se producen en esta etapa no son los mismos para todas las personas (Palumbo & Paternò, 2020). Otras fuentes también consideran que hay una disminución en el lenguaje, la habilidad visoespacial y la inteligencia pero se tratan de cambios muy distintos a los que ocurren en casos de demencia (Organización Mundial de la Salud, 2015) (Ventura, 2004).

En cuanto a la atención, la focalización (atención sostenida) puede mantenerse con un buen desempeño en el adulto mayor; sin embargo se observan algunos cambios mínimos en la atención selectiva. En la memoria se observan mayores dificultades en la habilidad de mantener información mientras se procesan otras tareas y en almacenamiento y recuperación de cierta información de la memoria a largo plazo. Por último, referido a la percepción, la *performance* de las habilidades visoespaciales se ven disminuidas en las personas mayores. Otras funciones cognitivas que también presentan una declinación asociada al envejecimiento son el lenguaje y la inteligencia, relacionada con la habilidad de resolver problemas nuevos (Ventura, 2004) (Gerontologica, s.f.).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) demuestra que todos los países están experimentando un aumento de personas mayores en la población, lo que generará un cambio demográfico y tendrá repercusión en las políticas sociales y planes de salud para garantizar el derecho a una vida saludable (Organización Mundial de la Salud, 2021). De esta forma, se introduce el concepto de envejecimiento saludable que hace referencia a fomentar y mantener la capacidad funcional de las personas y garantizar su bienestar durante ese período (Organización Mundial de la Salud, 2015). En Argentina, en el año 2020 la población mayor a 60 años representó un 15,7% de la población total y se estima que para el año 2050 se incremente al 22% (Olivieri, 2020)

1.3. ESTIMULACIÓN COGNITIVA Y JUEGOS SERIOS

Cuando comenzó a estudiarse el cerebro, se consideraba que era una estructura rígida y que luego de la niñez ya no se formaban nuevas conexiones neurológicas. Luego de varios estudios e investigaciones, se logró identificar y comprender mecanismos que permiten la compensación cerebral ante una lesión, por ejemplo. Así nace el concepto de neuroplasticidad o plasticidad del cerebro. El mismo fue introducido por

el filósofo y psicólogo William James en el año 1890, sin embargo, no pudo ser estudiado experimentalmente hasta fines del siglo XX (Alcover & Mazo, 2012). Este proceso consiste en cambios estructurales y funcionales en el cerebro que le permiten reaccionar o ajustarse a cambios ambientales internos y externos bajo condiciones fisiológicas o patológicas. Existen distintos tipos de plasticidad neuronal según la edad, la patología y los sistemas afectados (López Roa, 2012).

La diferencia entre rehabilitación cognitiva y estimulación cognitiva es que la primera busca, a través de distintos métodos terapéuticos, compensar o mejorar el déficit cognitivo que presentan las personas debido a lesiones o enfermedades que afectan el funcionamiento óptimo del cerebro y aumentar su habilidad de realizar actividades de la vida diaria. En cambio, la estimulación cognitiva busca mejorar el rendimiento cognitivo (Muñoz Marrón, 2009). La estimulación cognitiva es considerada como un abordaje para el tratamiento no farmacológico del deterioro cognitivo (Pose & Manes, 2010).

Para la estimulación cognitiva de la memoria se debe tener en cuenta el funcionamiento y los procesos de almacenamiento, partiendo de una evaluación que permita conocer el estado actual de los sistemas y subsistemas. Algunas estrategias utilizadas para mejorar los procesos de codificación y recuperación son: i) las estrategias de repetición; ii) estrategias de centralización, para reducir la información a almacenar; iii) estrategias de organización, facilitando la retención de la información; y iv) las estrategias de elaboración, para asociar información nueva con datos conocidos previamente (Muñoz Marrón, 2009). Las actividades de estimulación de la memoria comprenden ejercicios para estimular los distintos tipos de memoria mencionados anteriormente, mediante el recuerdo de objetos recientemente presentados (memoria a corto plazo) o luego de un tiempo (memoria a largo plazo), orden de palabras alfabéticamente o realización de cálculos mentales (memoria operativa), entre otros (Muñoz Marrón, 2009).

Las estrategias de estimulación cognitiva de la atención se basan en actividades que buscan restaurar o compensar los distintos procesos atencionales (Muñoz Marrón, 2009). Algunas actividades utilizadas son ejercicios de cancelación de estímulos y rastreo visual, búsqueda de diferencias, lectura con interrupciones y laberintos con consignas, entre otros.

En cuanto a la estimulación cognitiva de la percepción, se debe tener en cuenta que está ligada también a la estimulación de la atención. De este modo, se plantean actividades utilizando distintos estímulos y tiempos de exposición en ejercicios de rastreo visual, localización espacial, comparación de figuras e identificación y descripción de objetos (Muñoz Marrón, 2009).

Diversos estudios sugieren que el entrenamiento aumenta el rendimiento cognitivo en personas mayores, incluso a través del uso de videojuegos (Keci, Tan, & Xhema, 2019). Los juegos que tienen otro propósito además del entretenimiento se definen como juegos serios. En los últimos años se ha observado que el uso de juegos serios para programas de entrenamiento tanto físico como cognitivo, pueden impactar positivamente en el deterioro de las personas mayores (Nguyen, y otros, 2017). Estos juegos serios pueden implementarse a través de diversas plataformas o dispositivos, como por ejemplo computadoras, consolas de juegos, *tablets* o celulares inteligentes. La estimulación a través de los videojuegos supone una ventaja en cuanto a la falta de motivación, monotonía y aburrimiento de la estimulación convencional, además de proveer un *feedback* del usuario.

Conocer el funcionamiento del cerebro y la neuroplasticidad permite incluirla en procesos de rehabilitación y estimulación cognitiva temprana creando conexiones neuronales aprovechando los mecanismos de aprendizaje del cerebro (López Roa, 2012). La implementación de programas de estimulación cognitiva en personas mayores puede servir para optimizar las funciones cognitivas en personas con deterioro cognitivo e incluso se puede considerar su contribución en un enlentecimiento del deterioro, causado por el envejecimiento (Belleville, 2008).

1.4. CONTEXTO

La aplicación de tecnologías de la información y la comunicación (TICs) en aspectos que afectan el cuidado de la salud, se define como salud digital (Ministerio de Salud, 2020). Este proyecto se enmarca en el concepto de salud digital ya que aplica la tecnología a la estimulación de funciones cognitivas y podría considerarse como una herramienta de prevención o tratamiento para problemas cognitivos asociados con el envejecimiento.

En Argentina es posible acceder a distintas plataformas de estimulación y/o rehabilitación cognitiva como por ejemplo:

- i. **Neuroactividad**¹: a través de su página web ofrece distintos paquetes de actividades de estimulación cognitiva. Está desarrollado por profesionales neurólogos, psicólogos y psicopedagogos para adultos mayores. Los paquetes son pagos e incluyen material para ejercitación escrita junto con una guía por video para funciones cognitivas como la memoria, atención, funciones ejecutivas y otros paquetes especializados para el deterioro cognitivo. Al momento de la realización de este informe, los costos varían entre \$2.300 y \$8.500 que deben abonarse por única vez. El material es accesible para cualquier

¹ Link de acceso: <https://www.neuroactividad.com.ar/>. Valores mencionados consultados en febrero del 2023.

persona interesada en realizar las actividades, no es necesario ser un profesional de la salud. Es un desarrollo nacional.

- ii. **NeuronUp**²: es una plataforma web de estimulación cognitiva para profesionales que ofrece soluciones digitales y en papel tanto para adultos como para niños. Contiene más de 10.000 ejercicios que están en constante desarrollo, clasificados en más de 40 procesos cognitivos y a su vez se dividen por edad y dificultad. También cuenta con un gestor de datos de los usuarios, guardando datos básicos y resultados de la terapia. Un paquete digital dirigido para adultos tiene un valor de USD 75 mensual aunque también existe la opción de acceder al paquete anual con un 20% de descuento. Luego, para que los usuarios puedan utilizarlo desde sus casas, cada profesional debe comprar una licencia con un costo adicional de USD 20 por cada usuario. No es un desarrollo nacional.
- iii. **Cognifit**³: es una herramienta que permite realizar diversos test para exploración neuropsicológica, además de la estimulación y rehabilitación cognitiva mediante actividades para 23 habilidades cognitivas diferentes. Se puede acceder a la plataforma mediante PC o descargar una aplicación en el celular. La empresa se encuentra en estado de validación de programas tratamientos cognitivos para diversas enfermedades como depresión y epilepsia, entre otros. Tiene la posibilidad de acceder a una licencia para entrenamiento propio del usuario pero, haciendo referencia al uso profesional, la licencia tiene un valor de EUR 20 por mes por usuario para un plan limitado a 20 juegos. En caso de querer un plan ilimitado con más de 60 juegos, el valor mensual es de USD 30. Hay promoción en caso de comprar la licencia anual. Las evaluaciones tienen un costo de USD 50 cada una. Tampoco es un desarrollo nacional. Es posible acceder a una versión limitada pero gratuita.

Por otro lado, en el momento que se planteó el proyecto el mundo estaba viviendo la pandemia por Sars Cov-2 y la principal medida que se tomó fue restringir la circulación de la población para evitar la propagación de la enfermedad. En Argentina, en marzo del 2020, el gobierno decretó el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) lo cual generó una transformación en la vida de todas las personas. Los centros de salud debieron reestructurar sus servicios y establecer protocolos para seguir brindando atención de manera segura. Sin embargo, gran parte de la población manifestó su miedo e inseguridad acerca de estos protocolos y prefirieron no asistir a los centros de salud por riesgo a enfermarse. Otro caso son las personas que pertenecen a los grupos de riesgo cuyas salidas no estaban recomendadas, y en consecuencia tuvieron que interrumpir su tratamiento. Fue en este contexto en el cual se empezó a definir

² Link de acceso: <https://www.neuronup.com/>. Valores mencionados consultados en febrero del 2023.

³ Link de acceso: <https://www.cognifit.com/es>. Valores mencionados consultados en febrero del 2023.

el alcance del proyecto y se optó por buscar una solución relacionada a la rehabilitación cognitiva remota debido al ASPO.

Para relevar información acerca del estado de la rehabilitación cognitiva durante la pandemia se realizó una encuesta anónima en donde se obtuvieron respuestas de 14 personas en total, donde 10 de ellos trabajan en una institución de salud ya sea pública o privada. De las 10 personas, 8 de ellos son terapeutas ocupacionales, un licenciado en psicología y un licenciado en fonoaudiología. Se consultó acerca del ASPO en relación a los tratamientos de rehabilitación cognitiva y todos los participantes coincidieron en que hubieron modificaciones, sin embargo el 70% mencionó que a pesar de los cambios, se continuaron los tratamientos. De todas formas, la mayoría manifestó que las consecuencias de este período fueron perjudiciales para las personas que realizaban rehabilitación cognitiva.

Algunos de los comentarios respecto a la modificación de los tratamientos de rehabilitación hacían alusión a la interrupción de los estímulos y la presencialidad, factores importantes para los adultos mayores que causan desmotivación y enlentecimiento en el proceso. También las limitaciones en la interacción virtual con las personas debido a la falta de accesibilidad a internet o dispositivos para continuar el tratamiento.

En cuanto al abandono en el tratamiento de rehabilitación cognitiva, todos los participantes coincidieron en que no todas las personas habían abandonado y, en otros casos, la totalidad de las personas abandonó su tratamiento. Las principales causas fueron miedo al contagio, el hecho de que las personas pertenecían a un grupo de riesgo y la imposibilidad de traslado sin la ayuda de un familiar. También se sumaron la falta de conocimiento sobre medidas de prevención de contagio, la falta de tiempo y espacio en la institución de salud por las restricciones en turnos y en un caso, la suspensión de la unidad neurocognitiva por seis meses.

Acercas del conocimiento de las plataformas de rehabilitación cognitiva a distancia, la mitad de las personas respondió conocer alguna de estas herramientas mientras que la otra mitad no conocía ninguna. Las plataformas mencionadas son Motmi⁴ y Neuroactividad. Hay que destacar que Motmi es un desarrollo nacional para rehabilitación de lesiones traumatológicas y neurológicas. Si bien tiene algunos videojuegos que contribuyen a la recuperación cognitiva, el objetivo está centrado en rehabilitación física mediante dispositivos con sensores de movimiento. Otros comentarios que se obtuvieron en esta encuesta hacían

⁴ Link de acceso: <https://www.motmi.rehab/es/>.

referencia al costo de mantenimiento de estas herramientas, las cuales son difíciles de acceder en un ambiente público, por ejemplo.

Los sistemas de rehabilitación y/o estimulación cognitiva a distancia presentan ventajas tanto para los usuarios como para los profesionales. Los usuarios pueden continuar con sus actividades desde sus casas, fortaleciendo el tratamiento y evitando que se desplacen en caso de algún problema de movilidad o necesidad de asistencia de algún familiar o cuidador. En cuanto a los profesionales, además de poder ampliar su rango de usuarios, la obtención de información del desempeño en las actividades hechas a distancia, les permite redefinir la terapia o futuros tratamientos.

1.5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A continuación se presentan los resultados de una revisión bibliográfica realizada en relación al uso de juegos serios para estimulación cognitiva de adultos mayores sanos. El objetivo de esta revisión es recopilar información a utilizar como base para el desarrollo del proyecto. Los buscadores utilizados fueron *Google Scholar* y *PubMed* y las palabras claves para la búsqueda fueron *older adults*, *cognitive stimulation* y *serious games* (adultos mayores, estimulación cognitiva y juegos serios, respectivamente). Se incluyeron estudios publicados en los últimos 10 años, aunque se mencionan dos estudios más antiguos para proporcionar contexto.

Según revisiones de estudios relacionados a la neuroplasticidad del cerebro, en casos de accidente cerebrovascular hay evidencia sobre la recuperación de funciones de las áreas dañadas del cerebro luego de sesiones de entrenamiento. Si bien es un área de investigación continua, parece claro que las personas mayores también podrían utilizar la plasticidad cerebral para mejorar el declive de las funciones cognitivas asociado al envejecimiento (Park & Bischof, 2013).

El concepto de intervenciones cognitivas para mantener o mejorar la salud del cerebro y la cognición de los adultos mayores no es nuevo. Una revisión sistemática⁵ y meta-análisis⁶ realizada por Paul Verhaeghen y su equipo en la Universidad de Leuven, Bélgica, en el año 1992 ha mostrado resultados sobre el uso de reglas mnemotécnicas para mejorar el rendimiento de la memoria de adultos mayores. Las reglas mnemotécnicas son técnicas que ayudan a mejorar la memoria mediante la asociación de información nueva con información previamente conocida. Los resultados de la revisión mostraron que esta técnica

⁵ Una revisión sistemática es un tipo de estudio científico que busca identificar, evaluar y sintetizar toda la literatura disponible sobre una pregunta de investigación específica.

⁶ El meta-análisis es una técnica estadística que se utiliza para combinar los resultados de varios estudios sobre el mismo tema. En un meta-análisis, se recopilan datos de múltiples estudios y se utilizan técnicas estadísticas para calcular un efecto general.

puede mejorar significativamente la memoria en los adultos mayores, especialmente en la memoria a corto plazo y en la memoria episódica (Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992). Si bien no está relacionado con el uso de juegos serios, sino más bien con una técnica que puede ser considerada convencional, los resultados del estudio de Verhaeghen sugieren que incluso el uso de reglas mnemotécnicas es una técnica eficaz para mejorar la memoria en los adultos mayores y que puede ser una herramienta útil para prevenir o retrasar el deterioro cognitivo asociado con la edad.

El ensayo aleatorio controlado⁷ desarrollado por la Universidad de Alabama en Birmingham por el Dr. Ball y sus colegas en 2002 describe el diseño, los métodos y los resultados de ACTIVE (por su sigla en inglés de Entrenamiento Cognitivo Avanzado para Mayores Independientes y Vitales) con el objetivo de mejorar el rendimiento cognitivo en adultos mayores en habilidades específicas como la memoria, la velocidad de procesamiento y la capacidad para resolver problemas. Estas habilidades son importantes para la vida diaria de los adultos mayores ya que les otorgan independencia, dignidad y una mejor calidad de vida. Basándose en la plasticidad neuronal, aplicaron entrenamientos cognitivos a tres grupos (uno para cada función cognitiva o habilidad: memoria, velocidad de procesamiento y razonamiento) y un grupo de control. Evaluaron el rendimiento cognitivo antes y después del entrenamiento, concluyendo que los grupos que entrenaron la velocidad de procesamiento y el razonamiento presentaron mejoras significativas mientras que para el grupo de memoria no lo fueron (Ball, y otros, 2002).

La importancia de ACTIVE radica en que es un estudio clínico controlado aleatorio de gran escala que proporcionó evidencia sólida sobre la efectividad de la estimulación cognitiva en la reducción del deterioro cognitivo en adultos mayores. También fue uno de los primeros estudios en demostrar que la estimulación cognitiva puede tener efectos duraderos en la cognición y en la calidad de vida de las personas mayores. Además, ACTIVE ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de programas de entrenamiento cognitivo y ha influenciado la manera en la que los profesionales de la salud abordan el cuidado de la salud cognitiva de los adultos mayores. El seguimiento de cinco años y de diez años de los participantes de ACTIVE demostraron la persistencia de los beneficios obtenidos en los tres grupos además de una disminución más lenta en las actividades instrumentales de la vida diaria comparado con el grupo de control (Shah, Weinborn, Verdile, Sohrabi, & Martins, 2017).

⁷ Un ensayo aleatorio controlado (RTC por sus siglas en inglés) es un tipo de estudio científico en el que se asigna aleatoriamente a los participantes a un grupo de tratamiento o a un grupo de control. El grupo de tratamiento recibe la intervención o tratamiento que se está evaluando, mientras que el grupo de control no lo recibe o recibe un tratamiento diferente. La asignación aleatoria ayuda a asegurar que los grupos de tratamiento y control sean similares en cuanto a características y otros factores importantes que podrían afectar los resultados del estudio.

El uso de juegos serios mediante tecnologías interactivas tiene potencial para ser una alternativa a las terapias tradicionales para la estimulación cognitiva de adultos mayores, generalmente basadas en soluciones de “lápiz y papel”, debido a la capacidad de aumento de compromiso con el tratamiento que se puede obtener (Palumbo & Paternò, 2020). Revisiones de estudios más recientes han encontrado que el entrenamiento cognitivo computarizado en adultos con deterioro cognitivo leve (fase intermedia entre los cambios cognitivos normales por la edad y los principios de demencia) proporcionan un aumento significativo pero pequeño en la función cognitiva global en comparación con la función cognitiva global de los grupos de control. Sin embargo, dadas las características de los estudios como tamaño de muestra y duración del tratamiento, sugieren que se necesitan más ensayos exhaustivos para cuantificar el impacto del entrenamiento cognitivo computarizado en el deterioro cognitivo y establecer si se debe recomendar su uso en la práctica clínica (Li, Geng, Yang, Ge, & Hesketh, 2022).

Sin embargo, otra revisión sistemática con meta-análisis actual concluye que los juegos serios no son superiores a ejercicios convencionales o a intervenciones pasivas⁸ para mejorar funciones ejecutivas en adultos mayores con deterioro cognitivo. En particular, para las funciones ejecutivas se encontró que fueron más efectivos los ejercicios convencionales antes que los juegos serios utilizados (Abd-alrazaq, Alhuwail, Ahmed, & Househ, 2022).

En cuanto a las tecnologías consideradas para este fin, la revisión sistemática de Palumbo y Paternò analizó 59 artículos y el uso de las tecnologías a través del tiempo, desde el año 2011 hasta el 2019. Las tecnologías más usadas fueron la Tablet, la PC, la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RV) y la realidad mixta (combinación de la RA y RV). Si bien la Tablet fue el dispositivo más utilizado en el periodo de tiempo, actualmente aumentó el uso de RA o RV. Sin embargo, el uso de la PC siempre fue considerado debido a que al ser la tecnología más antigua, probablemente, los adultos mayores se encontraban más cómodos o tenían más confianza con este tipo de tecnología (Palumbo & Paternò, 2020). Por otro lado, si bien los juegos en 3D pueden proporcionar un escenario más realista, los juegos en 2D pueden ser una solución para evitar interacciones complejas. Además, la bibliografía consultada en esta revisión sistemática demuestra que se utilizaron juegos 2D en PC para estimulación de memoria, atención, planificación, razonamiento, funciones ejecutivas, lenguaje e incluso rehabilitación cognitiva y física. En comparación con las funciones cognitivas que se evaluaron con Tablet, se puede considerar que son prácticamente las mismas aunque una Tablet puede ser más efectiva al momento de estimulación de la orientación y las funciones motoras debido a su capacidad de transportarse.

⁸ Con el término intervenciones pasivas se refieren a intervenciones que no tengan un efecto conocido en el resultado medido como por ejemplo leer el periódico, utilizar internet o ver un documental (Abd-alrazaq, Alhuwail, Ahmed, & Househ, 2022).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal es desarrollar un prototipo de plataforma de estimulación cognitiva accesible desde PC para prevenir el deterioro cognitivo propio del paso del tiempo, en personas mayores sanas que además cuentan con el apoyo de un profesional de salud que personaliza las sesiones de juego y recibe información sobre el desempeño del usuario para un correcto seguimiento.

El desarrollo se basa en la idea *open source* ya que presenta la ventaja de ser accesible y colaborativo para cualquier persona que lo quiera utilizar de forma gratuita y a su vez es escalable, con lo cual se pueden agregar juegos y/o hacer modificaciones sobre este proyecto.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El entregable se compone de las siguientes partes:

- i.** Un ejecutable para PC con actividades lúdicas o juegos al cual acceden los usuarios para realizar las sesiones de estimulación de funciones cognitivas como memoria, percepción y atención.
- ii.** Un ejecutable para la interfaz gráfica para PC donde el profesional de salud carga la información del usuario, selecciona el nivel de cada juego y puede extraer un archivo en formato Excel con información que resulta de cada sesión de juego.
- iii.** El manual de usuario, teniendo en cuenta los distintos perfiles que abarca el programa: jugador y profesional de salud.

3. DISEÑO Y DESARROLLO: PYREHAB PARA EL JUGADOR

En este capítulo se describirán las herramientas utilizadas para desarrollar el programa que contiene los juegos. Primero se discutirá el lenguaje de programación utilizado y el por qué, junto con los sitios web de donde se obtuvieron las imágenes e íconos para los juegos. También se mencionan los principales archivos de código, su rol en el programa y cómo están conectados. Luego, se detallarán las tres actividades desarrolladas: en qué consisten, cómo fueron creadas y con qué función/es cognitiva/s se relacionan.

3.1. ENTORNO DE PROGRAMACIÓN

Para el desarrollo de las actividades lúdicas o juegos se utilizó el lenguaje de programación *Python 3.9.6* y el paquete *pygame*⁹ *2.0.1* que está diseñado para la creación de videojuegos en este lenguaje. En un principio se consideró utilizar el motor de desarrollo de videojuegos *Unity* que es de los más utilizados y recomendados para desarrollos 2D y 3D. Sin embargo su uso se descartó ya que el lenguaje de programación era completamente nuevo y suponía un largo proceso de aprendizaje, los recursos de PC eran superiores a los que se tenían disponibles y la versión gratuita era limitada. En cambio, al utilizar *pygame* ya se contaba con alguna experiencia en la programación con *Python*, las herramientas de trabajo cumplían con los mínimos requisitos necesarios y permite la creación de proyectos *open source* (Shinners, s.f.). Se optó por utilizar *Visual Studio Code* como el entorno de desarrollo integrado (IDE) para la escritura del código ya que integra el sistema de control de versiones *Git* y pueden agregarse extensiones útiles para la programación como por ejemplo una que resalta las inconsistencias en la sintaxis.

Git es un sistema de control de versiones gratuito y *open source* diseñado para el manejo de proyectos colaborativos de forma eficiente (Git, s.f.). Si bien el proyecto no fue desarrollado en grupo, potencialmente en un futuro podría ser un proyecto colaborativo y resulta de gran ayuda tener un control de versiones. El proyecto está almacenado en la plataforma *GitLab* que se basa en *Git*, por lo tanto permite actualizar el repositorio¹⁰ con los cambios introducidos por todos los colaboradores desde cualquier lugar ya que el código está a disposición de otros usuarios de la plataforma.

Relacionado con la posibilidad de expansión del proyecto, se utilizó el paquete *abc* de *Python* para definir una clase de base abstracta. En esta clase se definen los métodos que son comunes a todos los juegos que se agreguen, como por ejemplo el método de configuración llamado *set_up*. Si se agrega un juego sin alguno de los métodos establecidos, al correr el programa aparecerá un error. Este recurso se utiliza

⁹ Creada por Pete Shinners en el año 2000 combinando *Python* con *SDL (Simple DirectMedia Layer)*.

¹⁰ Un repositorio contiene los archivos que conforman el proyecto y su historial de modificaciones (GitHub, Inc., s.f.)

para garantizar que todos los juegos que se adicionen al proyecto original hereden estos métodos de la clase abstracta *Plugin*, facilitando el proceso de integración.

Todos los íconos utilizados en el primer y segundo juego son del sitio web *freepik*¹¹ que permite acceder a una cantidad limitada de recursos gráficos de manera gratuita mediante la creación de una cuenta de registro. Para el tercer juego se utilizaron imágenes en formato vectorial obtenidas de forma gratuita del sitio web *Pixabay*¹² que luego se editaron para crear las diferencias con el editor web *Boxy SVG Editor*¹³ que también es gratuito y permite descargar los archivos en formato *.png* que fue el utilizado.

Los juegos se comunican con la base de datos para su configuración y la posterior extracción de datos relacionados con los resultados del desempeño del jugador, como son la cantidad de errores y el tiempo jugado por ejemplo. Para la gestión de base de datos se utilizó *MySQL* que será explicado en el siguiente capítulo junto con el diseño y desarrollo de la interfaz de usuario. En el diagrama (Figura 2) se puede ver cómo se relacionan los principales *scripts* o archivos de código que conforman al programa PyRehab para el jugador. A continuación, se describe la funcionalidad de estos archivos y cómo se complementan.

- ***pyrehab***: es el archivo principal que ejecuta el programa. El jugador interactúa con este archivo al momento del *Log In* donde ingresa su DNI y accede al menú de juegos configurados especialmente para ese usuario. Para ello, se conecta con el archivo *view* para la interfaz gráfica, menú y juegos, y con *model* para las funciones relacionadas a la base de datos y la configuración de los juegos.
- ***view***: contiene la clase con el mismo nombre que tendrá los métodos para la visualización de la pantalla de *Log In*, del menú y ejecutará los juegos con el volumen seleccionado. Para el menú se utiliza el paquete *pygame-menu*¹⁴ 4.1.6 creada especialmente para este fin (Pizarro R., 2017).
- ***model***: los métodos de la clase *model* se conectan con *pyrehab_sql* para saber si el DNI ingresado en el *Log In* está en la base de datos, configurar el nivel de los juegos y enviar los resultados extraídos para escribir en las tablas correspondientes.
- ***pyrehab_sql***: es el archivo que contiene la clase con los métodos para comunicarse directamente con la base de datos mediante consultas de *MySQL*. Es utilizado tanto en el programa del jugador como del profesional de salud.

¹¹ Link de acceso: <https://www.freepik.es/>

¹² Link de acceso: <https://pixabay.com/es/>

¹³ Link de acceso: <https://boxy-svg.com/>

¹⁴ Creada por Pablo Pizarro R. con licencia MIT *open source*.

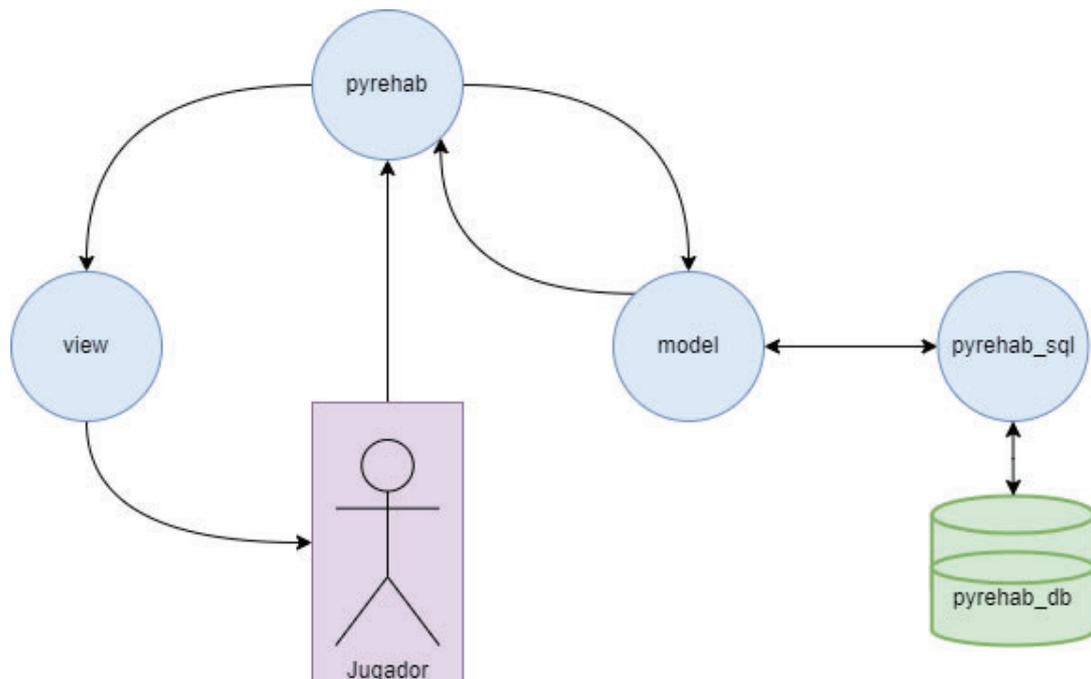


Figura 2. Diagrama de interacción de los principales archivos de PyRehab para el jugador.

3.2. ACTIVIDADES

Se realizó una encuesta sobre requerimientos de la aplicación o programa, donde participaron 11 personas de las cuales 7 eran terapeutas ocupacionales. En la misma se consultó acerca de la posible adopción de una plataforma de este estilo como complemento de los métodos actuales. Si bien algunos profesionales no conocen desarrollos similares, todos coincidieron que sí podrían utilizarla de ese modo.

En cuanto a los destinatarios de un programa de este tipo, se destaca la posibilidad del uso de una plataforma para adultos mayores y el envejecimiento normal fue uno de los casos elegidos (Figura 3). Para relevar requerimientos de la plataforma, se consultó acerca de la importancia del agregado de un menú e instrucciones. En la escala del 1 al 5 (donde el 1 es poco importante y el 5 es muy importante) se obtuvo que, si bien el menú se considera importante, es vital el agregado de instrucciones. También se consultó sobre la importancia del acceso mediante usuario y contraseña y se determinó que sí era importante para 6 personas mientras que 5 personas consideraron que no lo era.

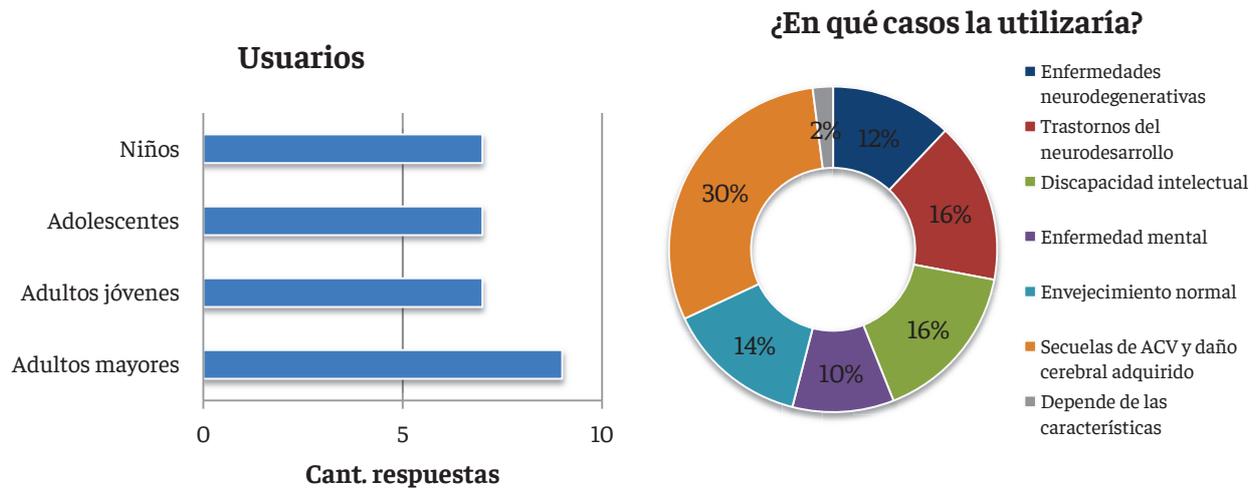


Figura 3. Relevamiento sobre los posibles usuarios de la plataforma y en qué casos se utilizaría.

En este apartado se describen las actividades realizadas para cada una de las funciones cognitivas seleccionadas. Se determinó que el usuario debe acceder mediante su número de DNI para una correcta personalización de las actividades, sin necesidad de ingresar con una contraseña. Una vez realizado el acceso correcto, se muestra el menú donde el usuario puede seleccionar la actividad a realizar y tiene la opción de modificar el volumen de la música de fondo y sonidos e incluso silenciar los juegos. También tiene la posibilidad de salir del programa si lo desea. Los botones que se muestran en pantalla ocupan todo el ancho de la misma, buscando así que sea más fácil hacer clic y la tipografía utilizada presenta letras claras y grandes, para que la lectura sea accesible.

El flujo de trabajo para todas las actividades es el que se describe en el diagrama (Figura 4). Al iniciar el juego se configura el nivel según lo ingresado en la tabla de usuario (*user_table*) que se encuentra en la base de datos y que fue seleccionado por el profesional de salud. Luego, aparece la pantalla con las instrucciones del juego que el usuario deberá leer antes de iniciarlo. Con un botón de inicio se ejecuta el juego, el cual va a aparecer en pantalla hasta que finalice. Por último, una vez finalizado el juego se extraerán los parámetros que permitirán al profesional de salud conocer el desempeño del jugador. Estos resultados se guardarán en la base de datos, en forma de tabla que llevará el nombre del juego y los valores de los parámetros estarán asociados al DNI del jugador. Los parámetros que se extraen asociados al juego son la cantidad de errores, la cantidad de aciertos (que permite conocer si el jugador finalizó el juego), el tiempo que demoró en la actividad, el nivel y la fecha en la cual jugó. Tanto el tiempo jugado como la cantidad de errores son resultados que se han mostrado en estudios que evaluaban a personas con deterioro cognitivo leve comparados con personas con la Enfermedad de Alzheimer (Palumbo & Paternò, 2020).

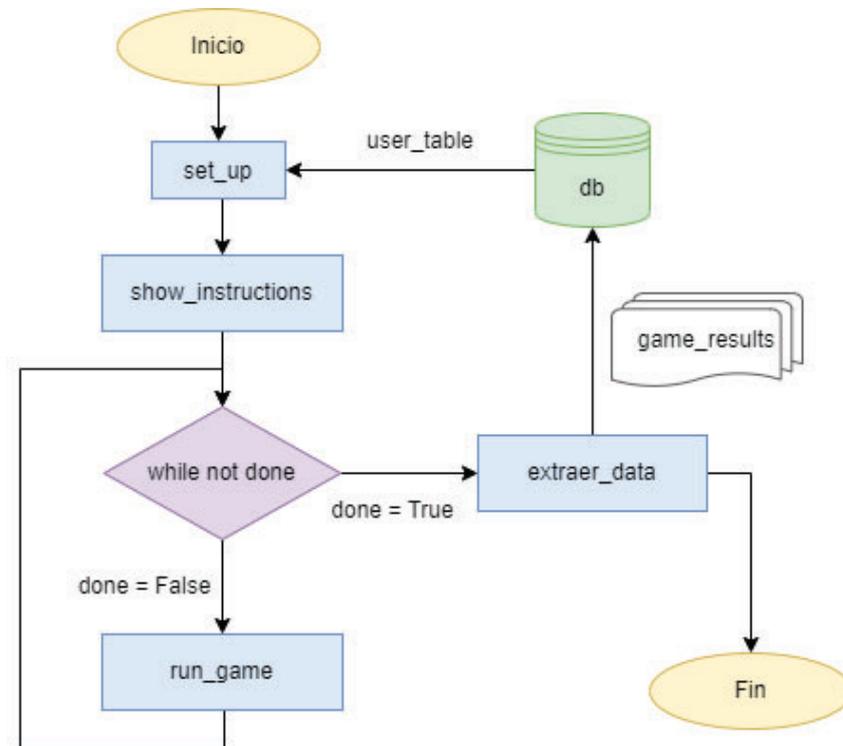


Figura 4. Diagrama en bloques del flujo de trabajo de los juegos. Todos respetan la misma estructura.

3.2.1. MEMOTEST

Para la estimulación de la memoria se optó por el clásico juego *Memotest* mediante el cual se presentan una cierta cantidad de figuras volteadas y mezcladas. El usuario debe seleccionarlas de a una, encontrando el par de figuras iguales. Si las mismas no coinciden, vuelven a voltearse y tendrá otro turno. El usuario debe recordar la posición de las figuras que volteó para encontrar finalmente el par de figuras repetidas. De esta forma, se busca estimular la memoria visoespacial a corto plazo y también la atención selectiva.

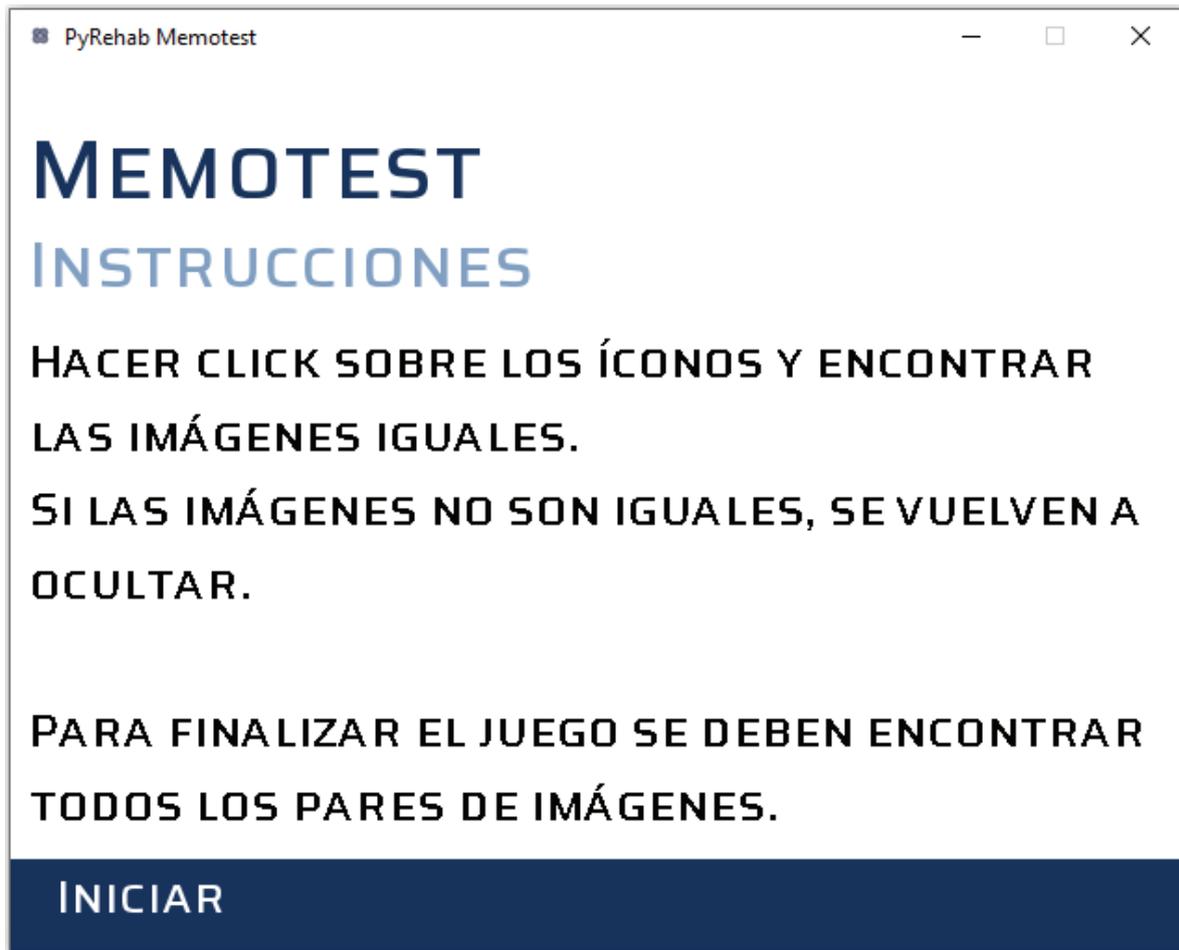


Figura 5. Pantalla de instrucciones para el juego Memotest.

Una vez que se selecciona el juego en el menú inicial, aparece una pantalla con las instrucciones del juego y un botón de inicio para comenzar el juego (Figura 5). Como se describe en el diagrama (Figura 6), al dar inicio al juego las imágenes aparecen ocultas y su ubicación es aleatoria, además de dar inicio al contador de tiempo. El jugador debe seleccionar dos figuras para voltearlas y así encontrar el par. Si las figuras coinciden se contabiliza un acierto mientras que si no son la misma figura, se contabiliza un error. Tanto errores como aciertos y tiempo de duración del juego son parámetros que se extraen para los informes de desempeño cuando el juego finaliza o el jugador decide cerrar el programa antes de completar el juego. El *Memotest* presenta tres niveles de dificultad, basados en el aumento de la cantidad de figuras a medida que aumenta la dificultad, y la similitud de las imágenes en niveles más avanzados (Figura 7).

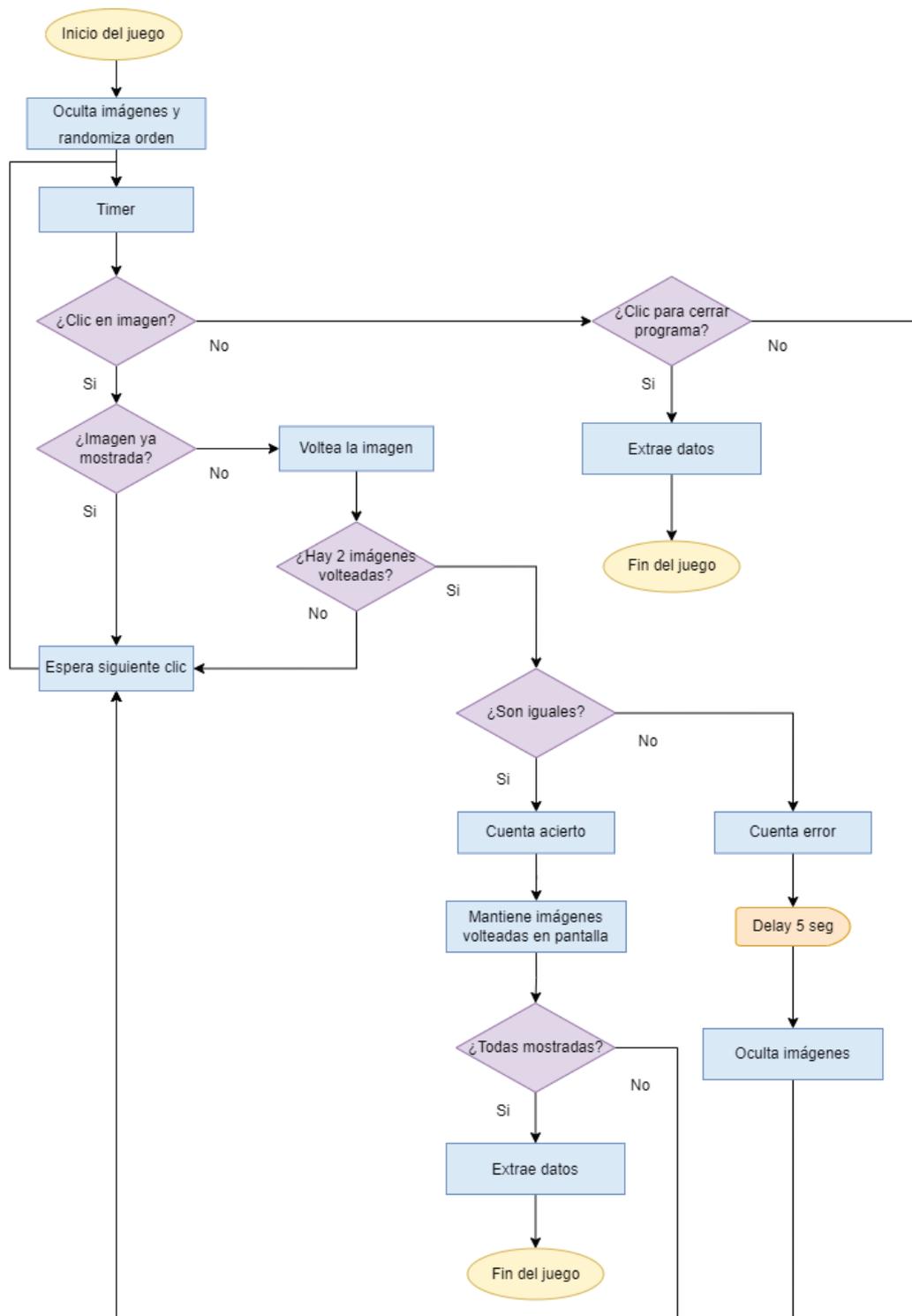


Figura 6. Diagrama en bloques del algoritmo del juego *Memotest*

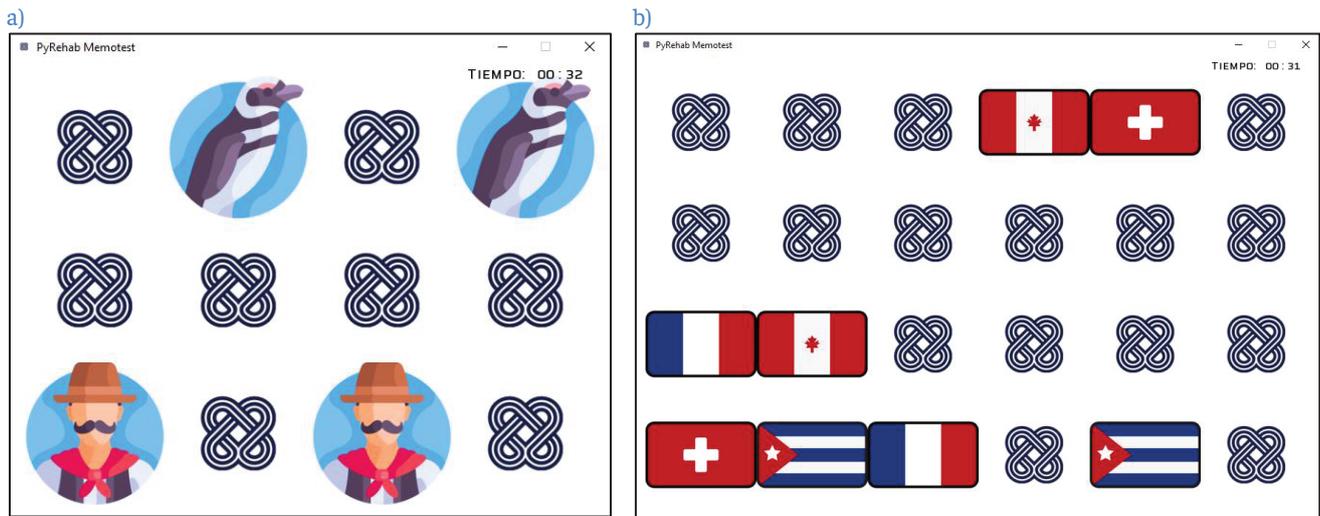


Figura 7. Pantalla del juego *Memotest* con algunas figuras volteadas. A) Corresponde al nivel inicial donde las imágenes no son tan similares. B) Corresponde al nivel avanzado donde las imágenes son similares.

En la Tabla I se pueden observar las especificaciones de cada nivel del juego. Como se mencionó anteriormente, los íconos utilizados fueron extraídos del sitio *freepik* del cual pueden descargarse gratuitamente. Se optó por disminuir el tamaño de los íconos a 150px, generando íconos cuadrados. Cada ícono se encuentra dentro de un objeto *rect*, propio del paquete *pygame*, que tiene el mismo tamaño. Cuando las figuras aparecen volteadas se muestra el logo creado para el programa con la página web *DesignEvo*¹⁵. La principal ventaja de trabajar con objetos tipo *rect* es que uno de sus atributos es el *colliedpoint* que permite saber si un punto está dentro del rectángulo y esto es útil para saber si la posición del clic del jugador corresponde a una imagen y a cuál. El mismo concepto se utiliza para los botones. Estos rectángulos que contienen a las imágenes son elementos de un diccionario que tiene además un *flag* o bandera para indicar si ese rectángulo se está mostrando en este turno o si ya fue descubierto en otro turno, es decir, ese rectángulo está fuera de juego en los turnos siguientes.

Tabla I. Especificaciones del juego *Memotest* por nivel.

	Nivel		
	1: Inicial	2: Medio	3: Avanzado
Cantidad de imágenes	12	20	24
Tamaño de las imágenes (px)	150 x 150	150 x 150	150 x 150
Temática de las imágenes	Íconos de la Argentina	Monumentos del mundo	Banderas del mundo
Tamaño de la pantalla (px)	480 x 630	630 x 780	630 x 930

¹⁵ Link de acceso: <https://www.designevo.com/es/logo-maker/>

3.2.2. ESCALAS

El juego *Escalas* está desarrollado para la estimulación de la percepción y rastreo visual. Consiste en una pantalla con imágenes distribuidas en filas y columnas donde el usuario debe seleccionar de cada fila la imagen que tiene el mismo tamaño que la de la primera columna.

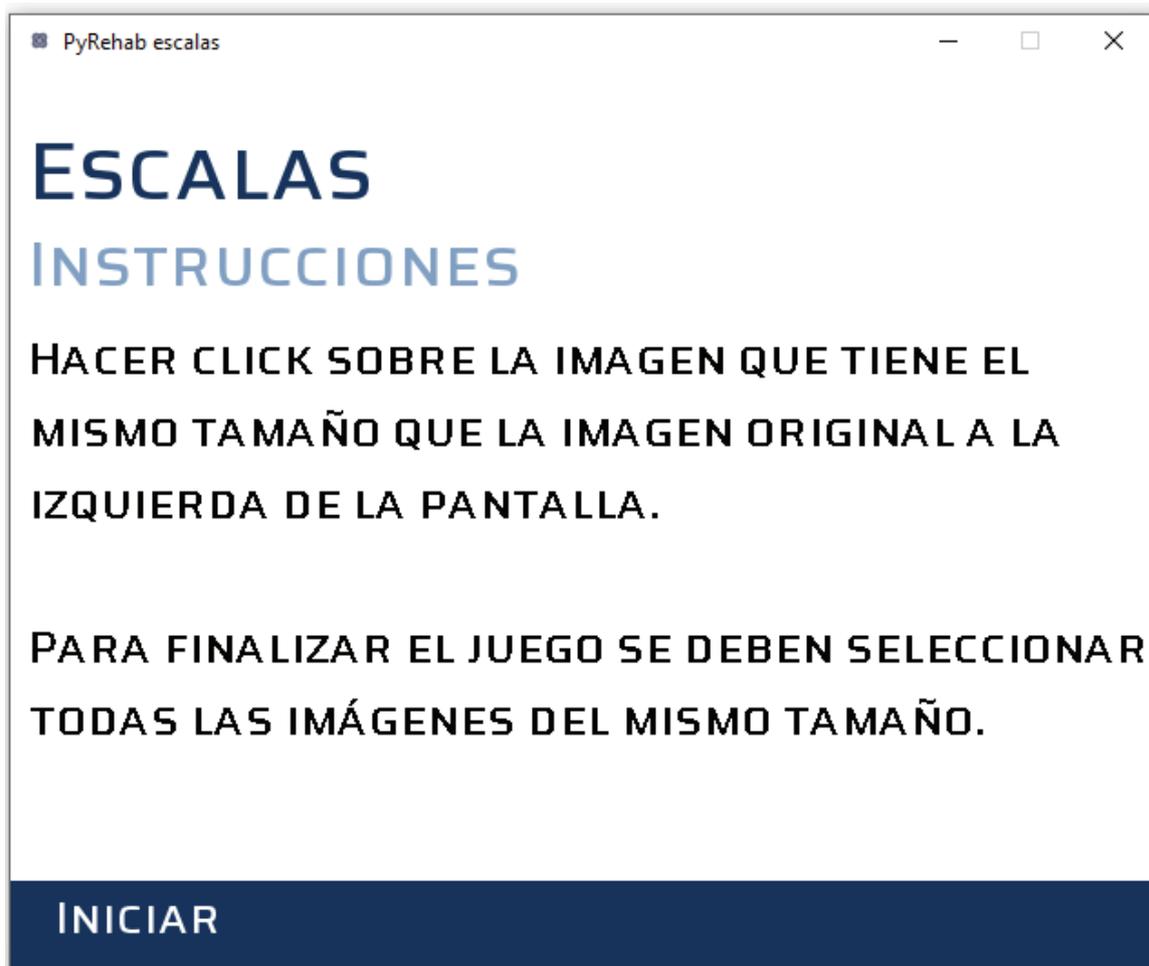


Figura 8. Pantalla de instrucciones para el juego *Escalas*.

De la misma forma que en el juego anterior, antes de iniciar aparece una pantalla con las instrucciones (Figura 8). Una vez que el usuario da clic en el botón de inicio, aparece la grilla con las imágenes y un contador. Al hacer clic en una de las imágenes, el algoritmo comprueba que el tamaño o escala de la imagen cliqueada sea el mismo que la imagen de la primera columna (Figura 9). Si efectivamente tienen el mismo tamaño, se contabiliza un acierto y la imagen queda recuadrada con un marco verde indicando que fue un acierto. En caso contrario, se contabiliza un error y el jugador puede continuar seleccionando imágenes hasta encontrar la correcta. En este juego también se extrae información sobre la cantidad de errores, aciertos y el tiempo de juego.

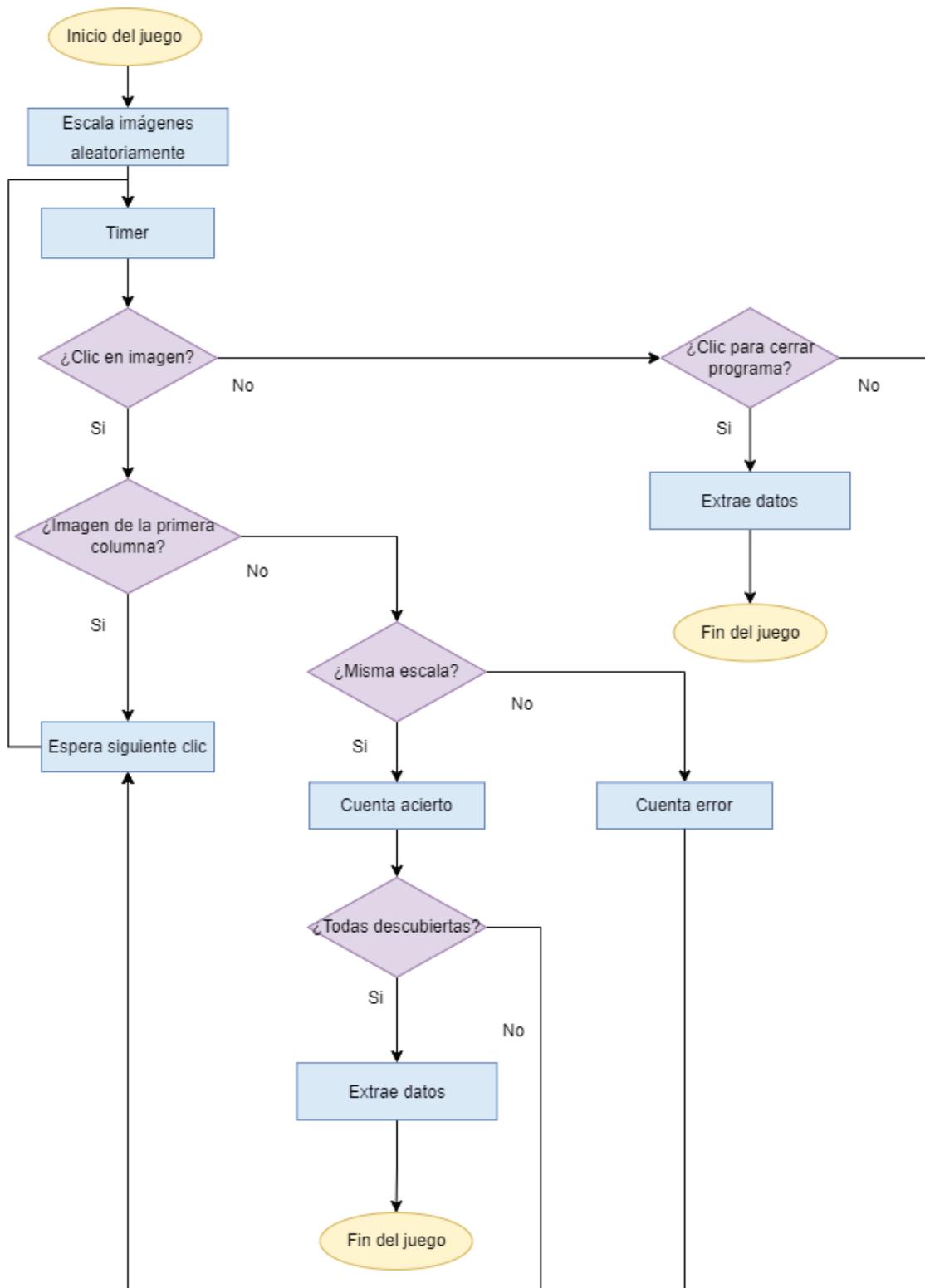


Figura 9. Diagrama en bloques del algoritmo del juego *Escalas*

Para agregar dificultad al juego, se incrementan la cantidad de filas y columnas para obtener más imágenes y a su vez el rango de escalas permitidas se va reduciendo a nivel que aumenta la dificultad así como también el margen de diferencia de tamaño o escala que puede haber entre las distintas imágenes (Figura 10). El rango de escala permite tener un valor que va a multiplicar al tamaño de la imagen, que es cuadrada, para modificar su tamaño o escalarla. Luego, ese factor de escala se resta a la escala original y esa diferencia, en valor absoluto, es la que se limita para que las imágenes sean más similares a medida que aumenta el nivel. De esta forma se generan imágenes con diferencias de tamaño más similares a la imagen original y entre ellas. Esto se describe en la Tabla II que contiene las especificaciones del juego para cada nivel.

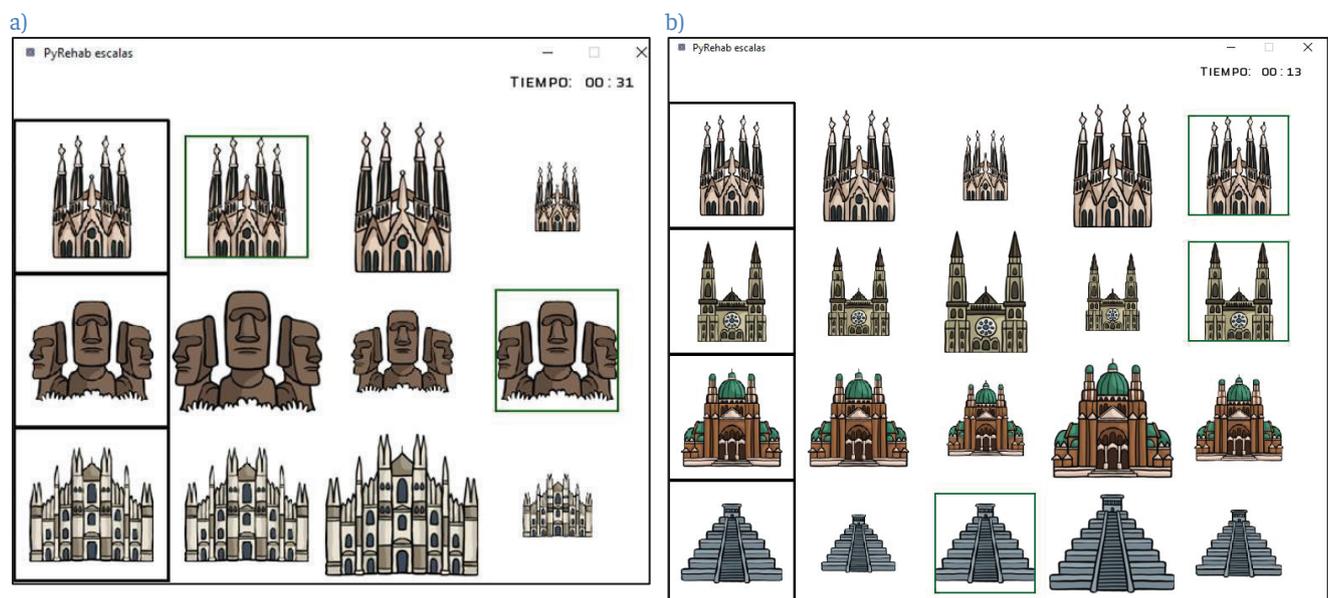


Figura 10. Pantalla del juego *Escalas* en distintos niveles. A) Corresponde al nivel inicial donde hay pocas imágenes y las escalas son más diferenciadas. B) Corresponde al nivel avanzado donde hay más imágenes y a su vez las escalas son más similares, aumentando la dificultad.

Tabla II. Especificaciones de los niveles del juego *Escalas*

	Nivel		
	1: Inicial	2: Medio	3: Avanzado
Cantidad de filas	3	4	4
Cantidad de columnas	4	4	5
Rango de escalas permitidas	30%-125%	40%-125%	70%-125%
Diferencia de escalas permitida	0.17	0.15	0.10
Temática de las imágenes	Monumentos del mundo		
Tamaño de la pantalla (px)	630 x 500	630 x 650	780 x 650

3.2.3. SIETE DIFERENCIAS

El juego consiste en encontrar las diferencias entre dos imágenes que a simple vista son iguales pero no lo son ya que en una de ellas se realizan modificaciones como por ejemplo, el agregado o el cambio de color de algún elemento. El usuario debe identificar las siete diferencias y seleccionadas haciendo clic sobre las mismas en cualquiera de las dos imágenes, como se indica en las instrucciones (Figura 11). Si la diferencia fue identificada correctamente, aparece un círculo en el área seleccionada tanto en la imagen de la derecha como en la de la izquierda (Figura 12).

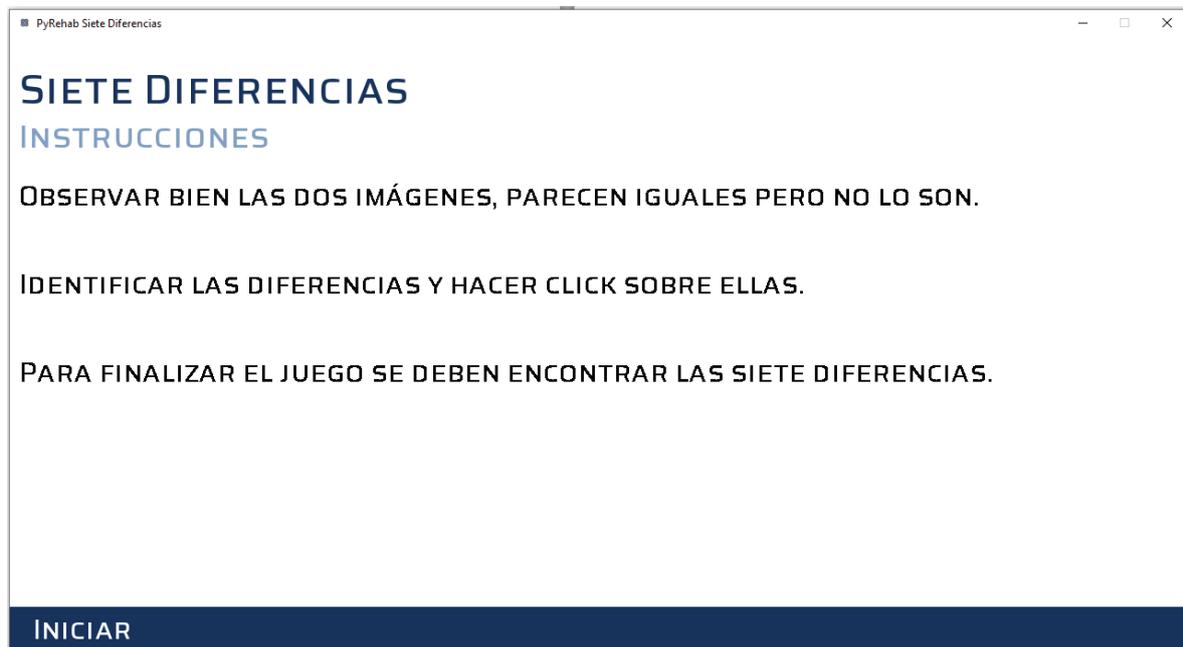


Figura 11. Pantalla de instrucciones para el juego *Siete Diferencias*.

Este juego se utiliza para estimulación de la atención ya que implica procesos de la atención sostenida, la búsqueda y rastreo visual, atención selectiva (implica encontrar detalles que están inmersos en una serie de estímulos irrelevantes y distractores) y también la memoria de trabajo (permite la concentración entre las dos imágenes, manteniendo activa la información de una mientras se observa la otra) (Muñoz Marrón, 2009).

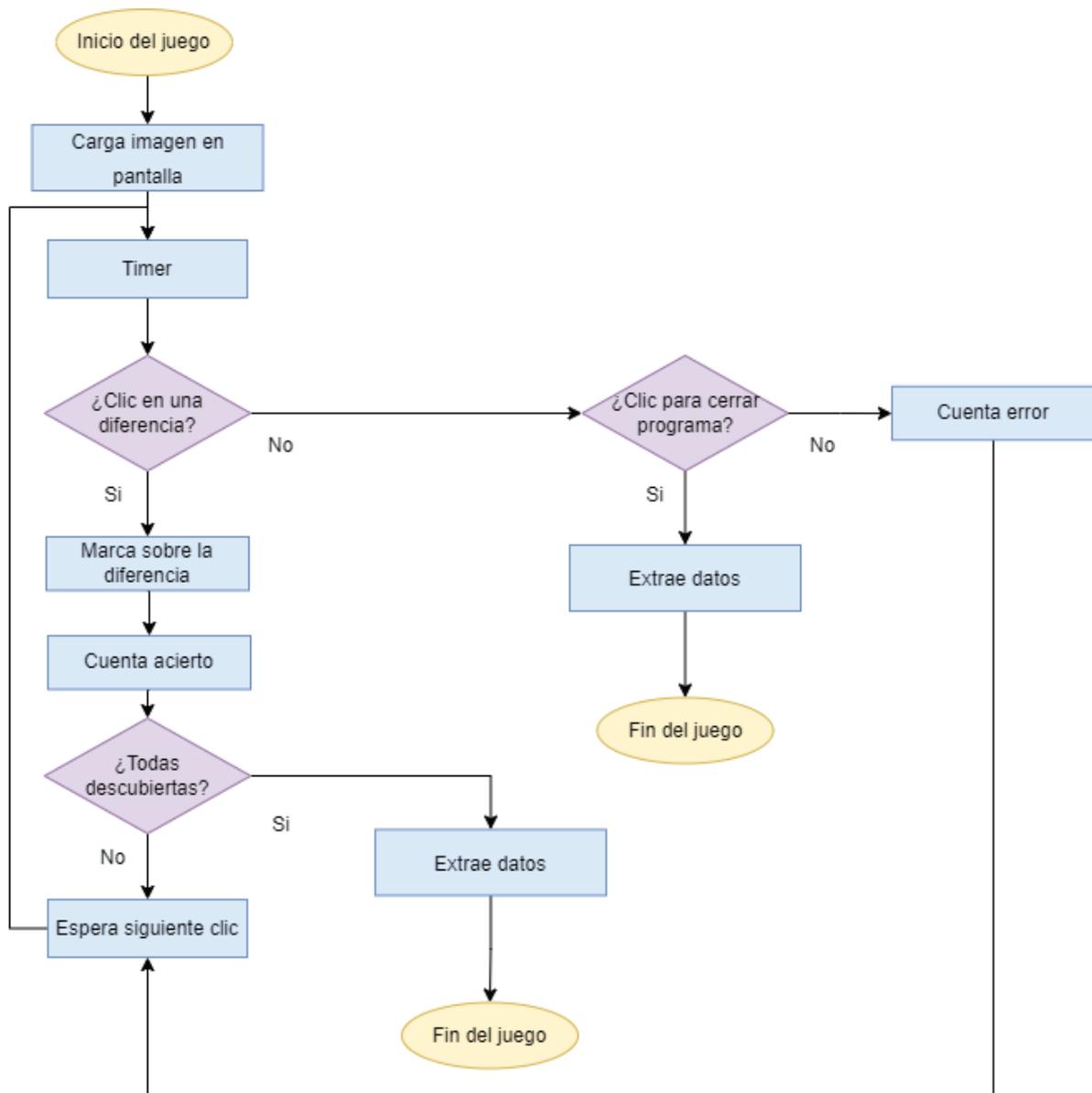


Figura 12. Diagrama en bloques del algoritmo del juego *Siete Diferencias*.

Se puede elegir entre tres niveles diferentes, donde todos tienen siete diferencias pero las imágenes son cada vez más complejas y los detalles modificados son más finos en un nivel avanzado (Figura 13). Todas las imágenes son de 1275 x 670 píxeles y se extrae información sobre la cantidad de errores, aciertos y tiempo que demoró el jugador en completar el juego.

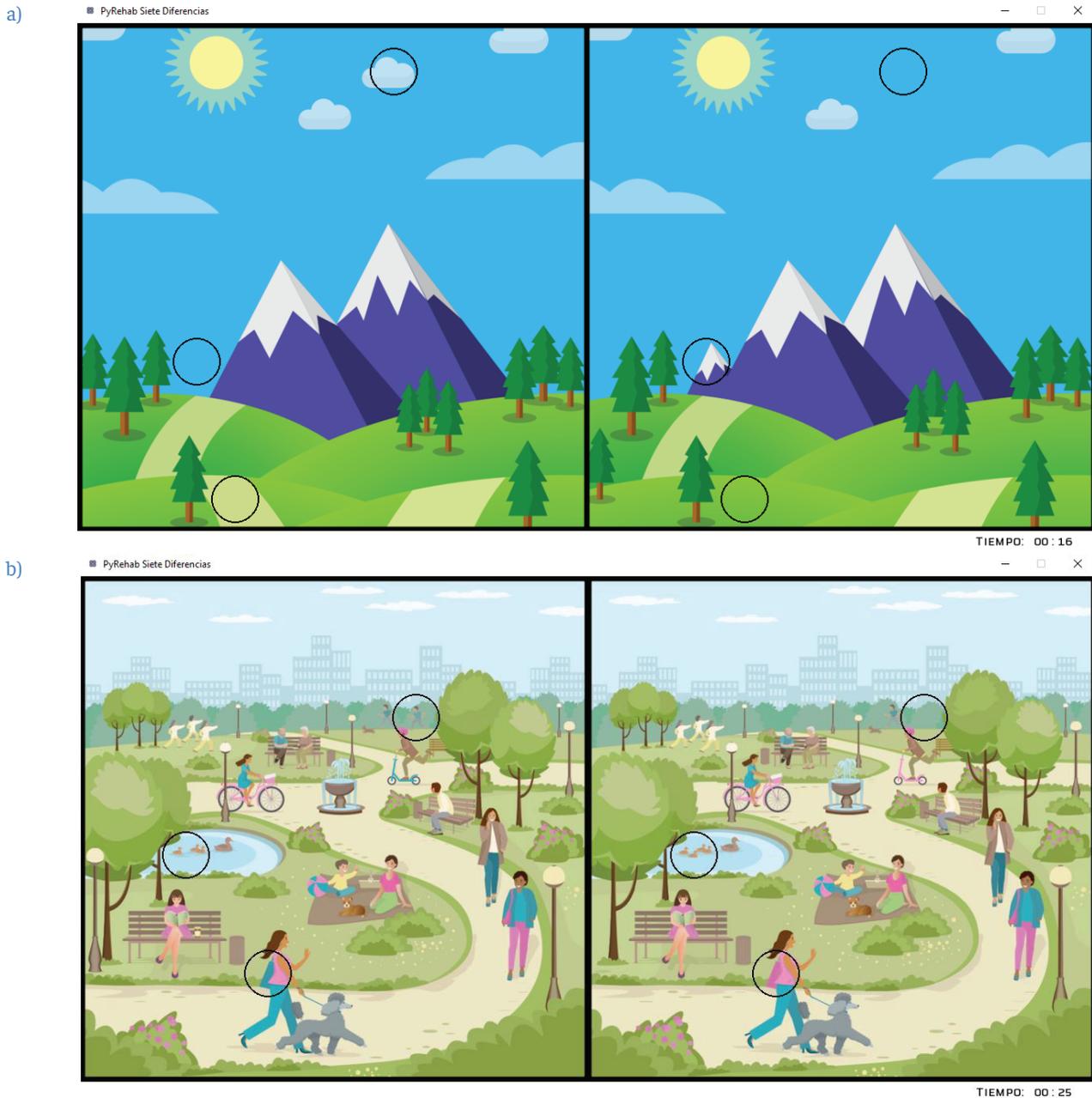


Figura 13. Pantalla del juego *Siete Diferencias* en distintos niveles. A) Corresponde al nivel inicial donde la imagen tiene menos detalles. B) Corresponde al nivel avanzado donde la imagen tiene más detalles y elementos de distracción, aumentando la dificultad.

Para la creación del juego se utilizó un *script* similar al que lo ejecuta, con la diferencia que sobre la imagen aparece una grilla de 16 x 16 cuadrados. Esta grilla nos va a permitir luego, conocer en qué cuadrados se encuentra una diferencia. Entonces, el programador debe seleccionar todos los cuadrados que contienen la diferencia para que esas coordenadas se guarden en un vector y, al ejecutar el juego, se pueda comparar la posición del clic hecho por el jugador con las posiciones indicadas como contenedoras de una diferencia. En la Figura 14 se puede observar la imagen con la grilla y las diferencias marcadas, indicando

qué coordenadas corresponden a cada una. Cuando el jugador haga clic sobre alguno de los cuadrados que contiene la diferencia, se marcará el círculo correspondiente indicando que acertó.

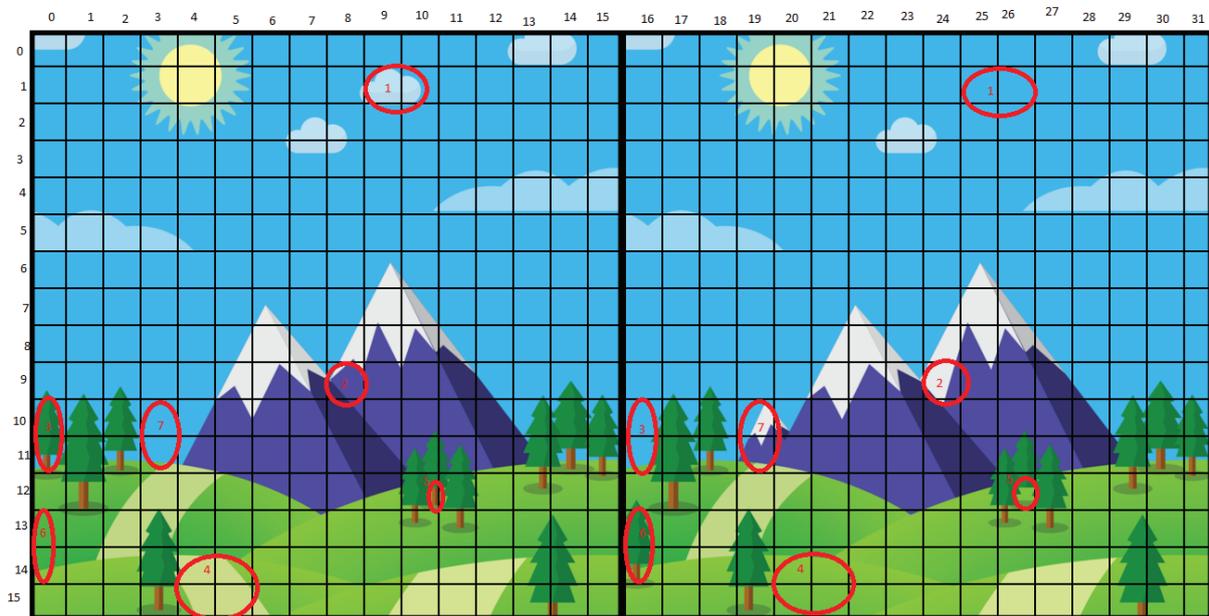


Figura 14. Pantalla que muestra el *script* para la creación del juego. Se seleccionan las diferencias y se guarda en un vector las coordenadas indicadas como contenedoras de una diferencia. Al ejecutar el juego, serán esas coordenadas las que se comparen con la posición del clic hecho por el jugador. De esa forma se determina si la jugada corresponde a un acierto o un error.

3.3. VERSIÓN FINAL DE PYREHAB PARA EL JUGADOR

El acceso al programa se realiza a través de un ejecutable, el cual se entrega al usuario en un archivo *.zip* que contiene todos los componentes necesarios para correr el programa en una PC con Windows. Al abrir el programa, el jugador debe ingresar su DNI en el espacio indicado, y hacer clic en el botón de “Entrar” (Figura 15). Al haber ingresado con su identificación personal, se configurarán los juegos en los niveles que sean los correspondientes a ese usuario. El menú principal tendrá disponible todos los juegos que estén agregados al desarrollo hasta el momento, además de un control de volumen con 4 niveles y un botón para salir de la aplicación (Figura 16).

PyRehab está conectado a la base de datos alojada en un servidor web, por lo tanto el usuario deberá contar con conexión a internet desde el inicio del programa. En caso que no tenga conexión, el programa no se ejecutará ya que no puede acceder a la información de configuración. Por otro lado, si un usuario no registrado en la base de datos desea ingresar, tampoco podrá hacerlo. El registro de jugadores en la base de datos se explicará en el próximo capítulo.

En cuanto a instrucciones y tutoriales, el usuario tendrá disponible un manual para jugador, en versión *pdf* a la cual se puede acceder desde el siguiente enlace: <https://gitlab.com/jbompensieri/pyrehab/-/wikis/home>. Allí también se podrá encontrar el enlace a videos tutoriales sobre el uso del programa y cómo jugar.



Figura 15. Pantalla de ingreso a PyRehab para el jugador. El recuadro verde oscuro en el centro de la pantalla es el espacio para ingresar el DNI. Con el botón “Entrar” se ingresa al menú principal.

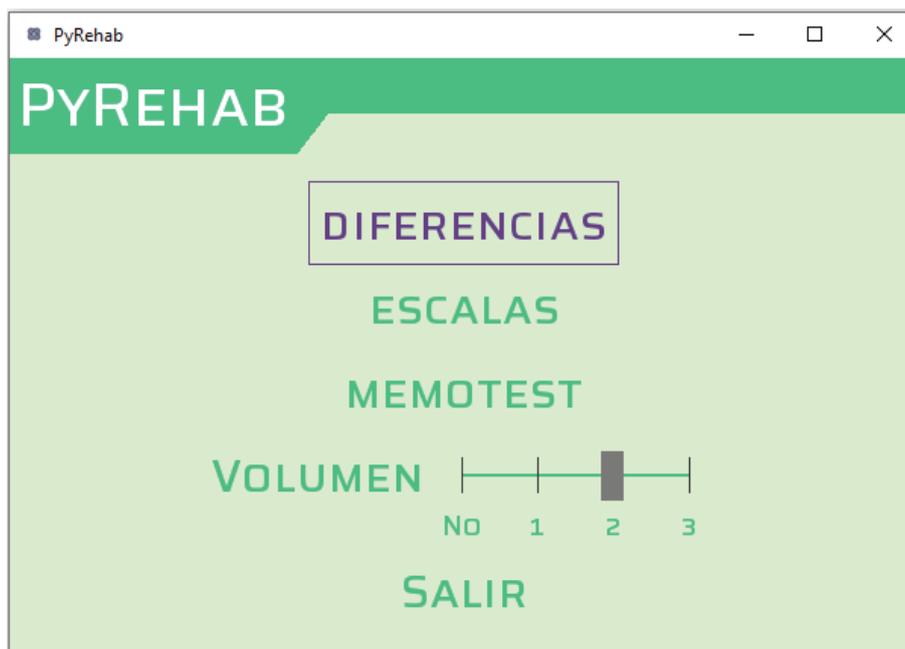


Figura 16. Menú principal de PyRehab para el jugador. Se observan los juegos disponibles, el control de volumen y el botón para salir del programa.

4. DISEÑO Y DESARROLLO: PYREHAB PARA EL PROFESIONAL

El presente capítulo, al igual que el anterior, describe las herramientas utilizadas para desarrollar la interfaz de usuario que será utilizada por profesionales de salud para gestionar la información de los jugadores e incluso de los otros profesionales con acceso al programa. En una primera sección se describe el entorno de programación y las herramientas para crear, acceder a la base de datos y cómo está formada. También se explica la función de cada uno de los archivos de código de este componente del programa. Por último, se describe el flujo de trabajo para el profesional, es decir, cómo debe proceder para utilizar el programa y las distintas opciones que le ofrece.

4.1. ENTORNO DE PROGRAMACIÓN

Otro perfil de usuarios interesados son los profesionales de salud que van a ingresar los datos de los jugadores para darlos de alta en la base de datos y para configurar los niveles de los juegos. Además tienen la posibilidad de editar los datos ya ingresados e incluso eliminar a un usuario.

La interfaz de usuario se programó en *Python 3.9.6* utilizando el paquete *PyQT5 5.15.6* que permite crear interfaces gráficas de forma rápida y sencilla. La interfaz fue diseñada para que cuente con una ventana principal de ingreso donde el profesional debe ingresar con su DNI y su contraseña. Esta ventana cuenta con botones para acceder a las distintas opciones que el profesional puede realizar en cuanto a gestión de la base de datos de usuarios o jugadores y también de los mismos profesionales. También cuenta con un botón de ayuda, el cual está conectado al *link* de *GitLab* donde se pueden encontrar los manuales de usuario en formato *pdf* y *links* a videos tutoriales en la plataforma *YouTube*.

Para almacenar los datos de los usuarios del programa, ya sean profesionales de salud o jugadores, se optó por utilizar *MySQL* para gestionar la base de datos. *MySQL* es un sistema de gestión de bases de datos *open source* respaldado por Oracle (*MySQL*, s.f.). El enfoque utilizado es denominado base de datos relacional ya que los datos se almacenan en tablas separadas en lugar de una única unidad de almacenamiento y está basado en un modelo cliente-servidor (*TechTarget*, s.f.). *MySQL* está disponible para Windows y posee comandos que pueden programarse con *Python* y/o también utilizar *MySQL Workbench* que es un software para visualizar el diseño de las bases de datos.

Para poder cumplir con el objetivo de ser un software a distancia y que se comuniquen tanto la interfaz de usuario del profesional como los juegos, la base de datos se debe almacenar en un servidor que permita conexiones remotas. Para ello, en esta tapa de prototipo se almacenó la base de datos en un servicio

gratuito de alojamiento web. Se optó por *FreeSQLDatabase* ya que es simple de utilizar, se puede obtener una cuenta gratuita para una base de datos de 5MB registrándose con una cuenta de correo y manteniendo el servicio con un acceso semanal al sitio (FreeSQLdatabase, 2013). Luego, con *MySQLWorkbench* se pueden administrar las distintas tablas creadas, que fueron las siguientes:

- i. **prof_table**: es la tabla que contiene la información de los profesionales de salud (DNI, nombre, apellido, la contraseña encriptada y un indicador de usuario administrador).

dni	nombre	apellido	password	is_admin
1234	admin	admin	gAAAAABjm5AQoktwbUJlpNi_m1Qu3FhIexveGgQwi9iItHEl3t4jchKvNNjdN9C2rVU-5WzIQ3f5UHKfnp1tsrJdugOKqV7KA==	1
12345678	Josefina	Bompensieri	gAAAAABjpcTcEWsuGusEWqBcBxYppDN3YaWVlbhplJLiic0azloO8aK5l9ebGyGK-aUePX6VvftVgiasMUMaELtHRFMh_o7-kQ==	1
87654321	Josefina	Bompensieri	gAAAAABjpekUUWJz3GkZgCo0NfDh7IAemEzTKtO2pKTGV16D5Ckxhf2kQuj-nwcjQJS8ma1dqimTYSb8Lmp22b07wQNUfsSFlg==	0
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 17. Vista de la tabla *prof_user* con *MySQL Workbench*. La columna *password* almacena la contraseña del usuario encriptada. La columna *is_admin* indica si el usuario tiene o no los permisos de administrador con un 1 o un 0 respectivamente.

La contraseña de los profesionales de salud, que se utiliza para el ingreso al programa, se almacena encriptada para mayor seguridad (Figura 17). Para ello, se utiliza el paquete *cryptophy.fernet 38.0.4* disponible para *Python* que genera una *key* o llave mediante la cual luego puede desencriptarse el dato y leerse. Esa *key* es exclusiva para ese proceso de encriptación y sin esta llave es imposible obtener el dato original. El archivo que genera la *key* se debe almacenar de forma segura una vez creado. Este método de encriptación se denomina criptografía simétrica y su seguridad se debe a que el dato solamente puede ser leído únicamente al obtener la *key* (Cryptography, s.f.).

- ii. **user_table**: es la tabla que contiene la información de los jugadores: DNI, nombre, apellido, fecha de nacimiento y los niveles de los juegos separados por columnas (Figura 18).

The screenshot shows a MySQL Workbench window titled 'user_table'. The SQL editor contains the query: `SELECT * FROM pyrehab_database.user_table;`. The 'Result Grid' shows the following data:

dni	nombre	apellido	fecha_nac	diferencias	escalas	memotest
11223344	María	Gonzalez	23/10/1958	1	1	1
12345678	Josefina	Bompensieri	18/05/1952	1	2	3
87654321	Tomás	Pérez	04/04/1954	3	2	1
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 18. Visualización de la tabla *user_table* con *MySQL Workbench*. Los niveles de los juegos se almacenan en su columna correspondiente.

iii. **memotest, escalas y diferencias:** por cada juego se crea una tabla que almacena los parámetros que demuestran el desempeño de los jugadores: DNI, nivel, cantidad de errores y aciertos, tiempo jugado y fecha en la que jugó (Figura 19, Figura 20 y Figura 21).

The screenshot shows a MySQL Workbench window with three tabs: 'memotest', 'escalas', and 'diferencias'. The 'memotest' tab is active, showing the query: `SELECT * FROM pyrehab_database.memotest;`. The 'Result Grid' shows the following data:

index	dni	nivel	cant_aciertos	cant_errores	tiempo	fecha
1	12345678	1	6	4	00:15:00	11/1/2023
2	87654321	1	6	5	00:19:00	11/1/2023
3	12345678	2	10	8	00:33:00	11/1/2023
4	12345678	2	10	13	00:44:00	11/1/2023
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 19. Tabla con los resultados de los usuarios que jugaron al *Memotest*. Vista desde *MySQL Workbench*.

The screenshot shows a MySQL Workbench window with the following data:

index	dni	nivel	cant_aciertos	cant_errores	tiempo	fecha
1	12345678	1	3	0	00:03:00	11/1/2023
2	87654321	2	4	1	00:09:00	11/1/2023
3	12345678	3	4	3	00:13:00	11/1/2023
4	12345678	3	4	0	00:08:00	11/1/2023
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 20. Tabla con los resultados de los usuarios que jugaron a Escalas. Vista desde *MySQL Workbench*.

The screenshot shows a MySQL Workbench window with the following data:

index	dni	nivel	cant_aciertos	cant_errores	tiempo	fecha
1	12345678	1	7	0	00:13:00	11/1/2023
2	87654321	3	7	3	00:18:00	11/1/2023
3	12345678	2	7	4	00:23:00	11/1/2023
4	12345678	2	7	0	00:12:00	11/1/2023
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 21. Tabla con los resultados de los usuarios que jugaron a Siete Diferencias. Vista desde *MySQL Workbench*.

Haciendo referencia a los principales archivos de PyRehab para profesionales se destacan los siguientes *scripts* que se relacionan según lo que se puede observar en el diagrama (Figura 22):

- **menu_prof**: es quien ejecuta la interfaz gráfica realizada en *PyQT5*. Muestra la ventana de inicio de sesión y comprueba que el usuario y contraseña correspondan a un valor válido de la base de datos, conectándose con los métodos de *doc_user*. Se conecta con los archivos que crean cada una de las ventanas, por ejemplo el archivo llamado *agregarwindow* muestra la ventana para el registro de un nuevo jugador.
- **doc_user**: contiene los métodos que se ejecutan desde la interfaz gráfica del profesional de salud. Por ejemplo, permite agregar a un usuario o a otro profesional de salud. En este archivo es donde se encriptan las contraseñas de los usuarios, utilizando los métodos del archivo *pyrehab_crypt* creado

exclusivamente para esta tarea. Para reflejar estas acciones en la base de datos, utiliza los métodos del archivo *pyrehab_sql*.

- **_window**: hace referencia a siete archivos que contienen las distintas ventanas que se abren al utilizar el programa. Todas están programadas en *PyQT5* y se comunican a su vez con métodos de *doc_user* para luego transferir o recibir información de la base de datos. Sus nombres hacen referencia a la ventana que describen, por ejemplo el archivo *eliminarwindow* contiene la clase y sus métodos que permiten generar la ventana de eliminación de usuario.
- **pyrehab_sql**: es el archivo que contiene la clase con los métodos para comunicarse directamente con la base de datos mediante consultas de *MySQL*. Es utilizado tanto en el programa del jugador como del profesional de salud.

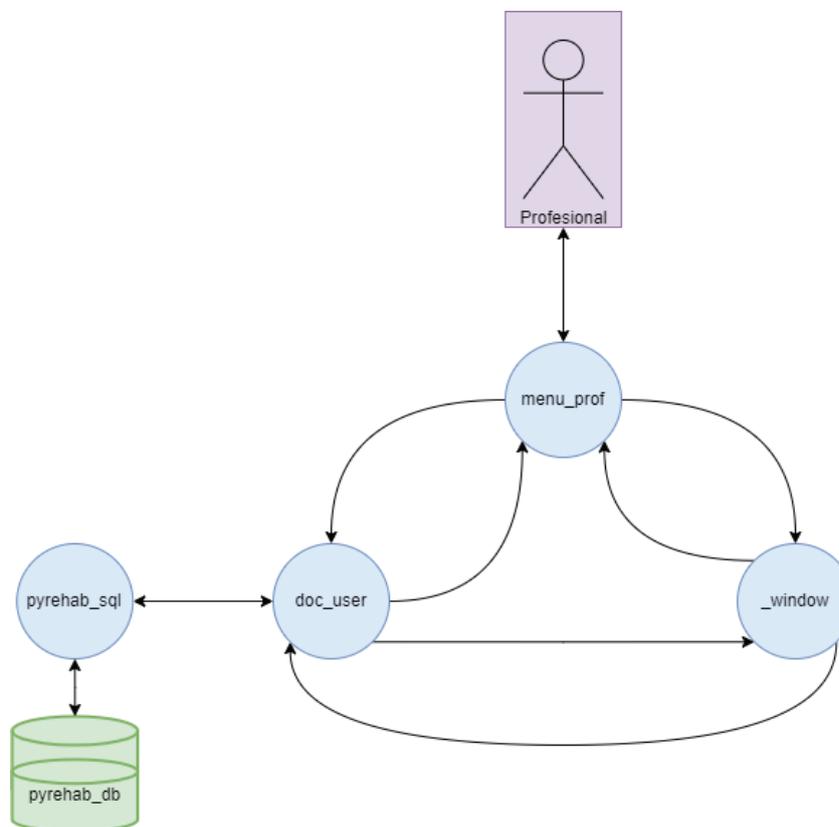


Figura 22. Diagrama de interacción de los principales archivos de PyRehab para profesionales de salud.

4.2. FLUJO DE TRABAJO

El flujo de trabajo comienza con un usuario administrador inicial cuyos datos de ingreso están determinados en el manual de usuario (Anexo II: Manual de usuario – Profesional de salud). Quienes tengan el permiso de administrador serán los únicos que, al ingresar en la ventana principal, tendrán habilitadas las opciones para registrar a los profesionales de salud que vayan a utilizar la plataforma. A su

vez, el usuario administrador puede cambiar sus datos de ingreso y otorgar a otros profesionales la oportunidad de ser administradores.

Ante cualquier consulta, la ventana principal también cuenta con un botón de ayuda (Figura 23) el cual abre la ubicación web del repositorio *Git* donde se tiene acceso a los manuales de usuario, tanto para el profesional de salud como para los jugadores, y a los videos tutoriales de uso del programa.

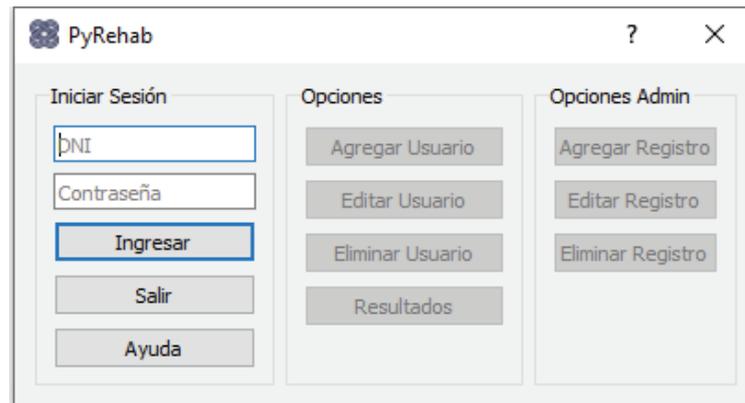


Figura 23. Ventana principal de ingreso de los profesionales de salud.

4.2.1. REGISTRO DE PROFESIONALES

Como se mencionó anteriormente, el usuario administrador es quien podrá registrar a los profesionales de salud, realizando el primer ingreso con los datos proporcionados en el manual de usuario (Figura 24). Las opciones que se habilitan son tanto las que permiten ingresar los datos de los usuarios o jugadores y las que permiten hacer el registro de los profesionales de salud, las cuales se detallarán en este apartado. En el diagrama (Figura 25) se muestra el flujo de trabajo esperado para esta sección y las ventanas a las cuales acceder en cuanto al registro de profesionales de salud.

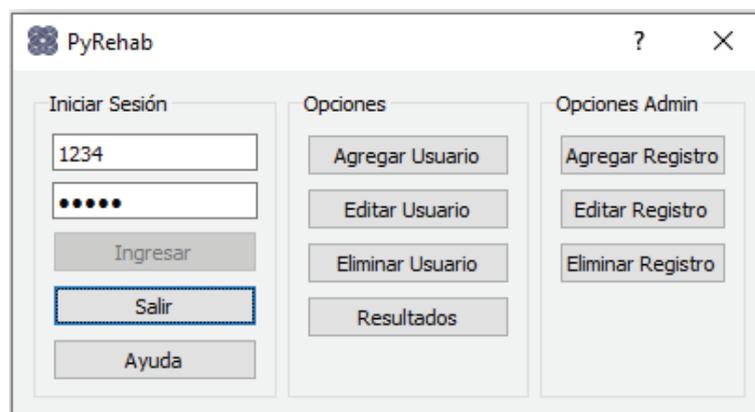


Figura 24. Ventana principal de ingreso. Ingreso con usuario administrador.

La primera opción es para agregar un registro a la base de datos de profesionales. Los detalles relacionados a las bases de datos se detallarán en el apartado correspondiente a la integración. Al hacer clic en “Agregar Registro” se abrirá una nueva ventana (Figura 26) donde se solicitarán los siguientes datos: DNI, nombre, apellido, la contraseña que se debe repetir a modo de seguridad y se podrá seleccionar si ese profesional de salud tendrá permiso de administrador. Para guardar el registro se debe hacer clic en el botón de “Aceptar” y deben estar completos los campos de DNI, nombre, apellido y ambas contraseñas ingresadas deben ser iguales. Si estas condiciones no se cumplen, aparecerá en pantalla un mensaje de error. Caso contrario, aparecerá un mensaje informando que el usuario fue agregado a la base de datos de forma exitosa.

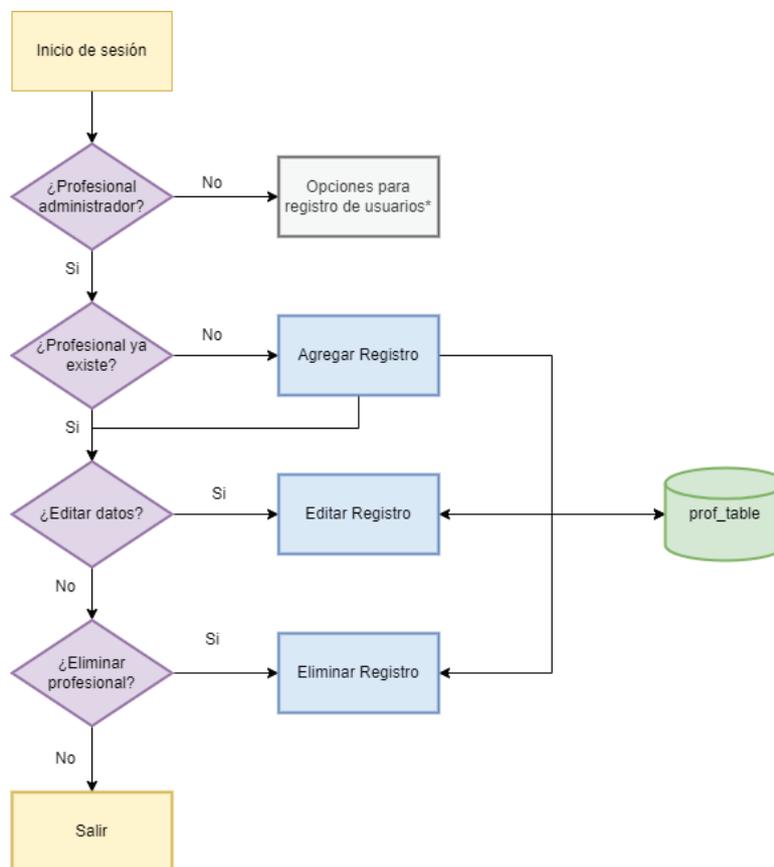


Figura 25. Diagrama en bloques del flujo de trabajo para el registro de profesionales de salud, accediendo con permisos de administrador. Las opciones para registro de usuarios se detallarán en el siguiente apartado.

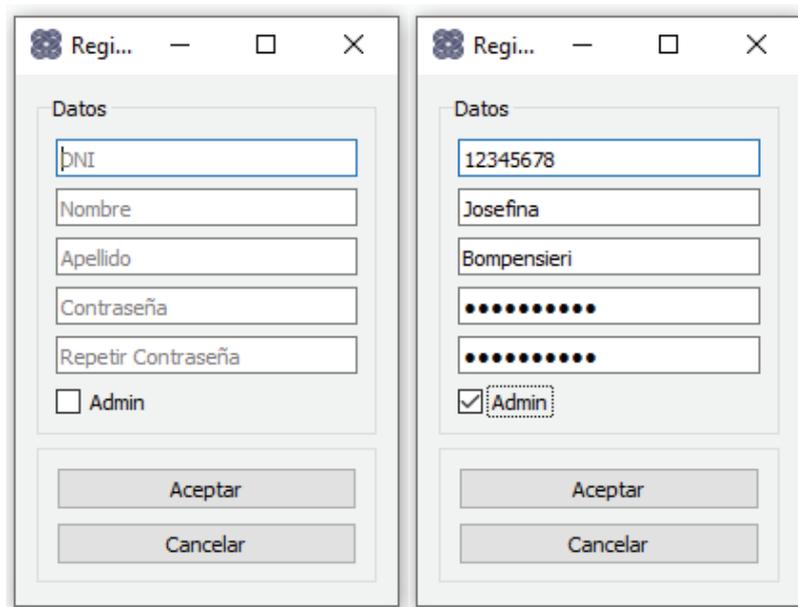


Figura 26. Ventana para registro de profesionales de salud. A la izquierda, se observa la ventana vacía. A la derecha, se observa la misma ventana con valores introducidos.

Cualquier modificación que quiera realizarse sobre estos registros, podrá hacerse desde la opción “Editar Registro”. Se abrirá otra ventana que pedirá el DNI del registro a modificar a modo de buscador. Si se encuentra el registro en la base de datos, se observarán los datos del profesional de salud registrado y se podrán modificar su nombre, apellido, contraseña y se le podrá asignar o quitar el permiso de administrador (Figura 27).

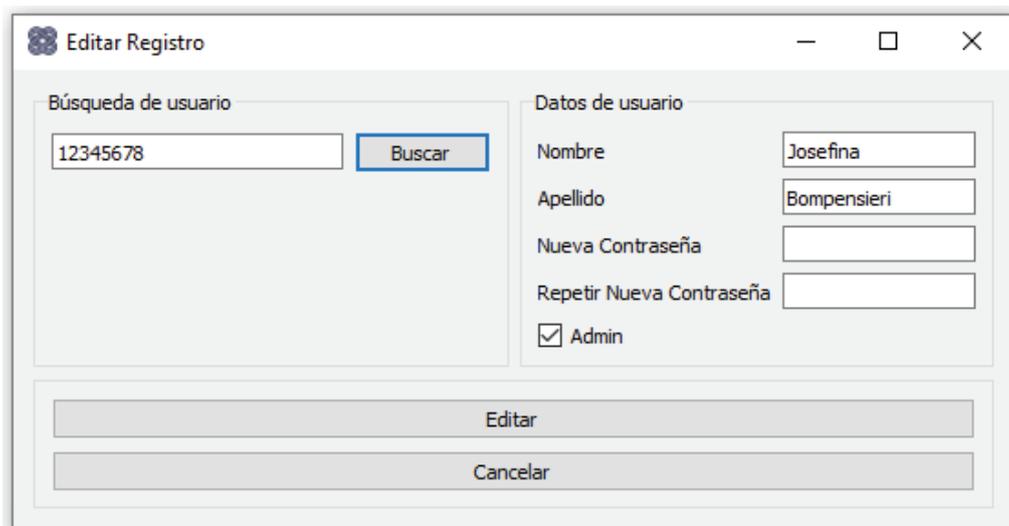


Figura 27. Ventana de edición de registro. Se ingresa el DNI para buscar el registro y se habilitan los campos de datos para modificar.

Por último, es posible eliminar un registro a través de la tercera opción disponible en la ventana principal. De la misma forma que en la opción anterior, se debe buscar el registro por DNI y aparecerá en

pantalla los datos del registro a eliminar (Figura 28). Mediante el botón “Eliminar” se procede a borrar ese registro de la base de datos, imposibilitando el acceso a la plataforma.

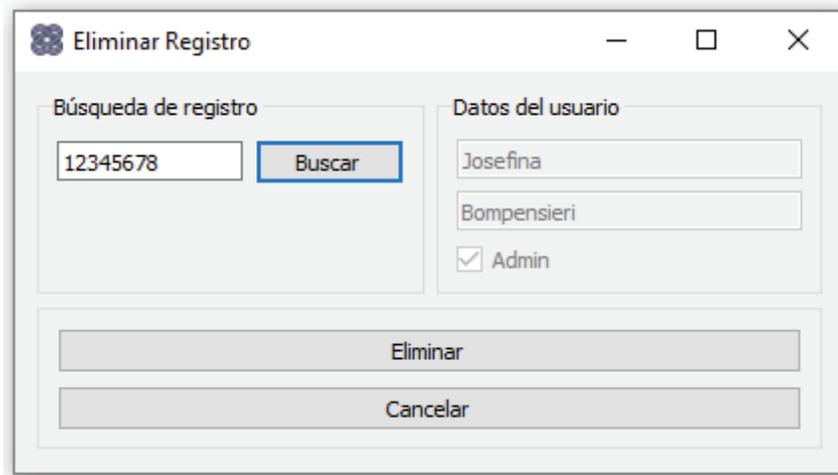


Figura 28. Ventana de eliminación de un registro. En la columna izquierda se ingresa el DNI a buscar y luego, en la columna derecha aparecen los datos correspondientes.

4.2.2. REGISTRO DE JUGADORES

Las opciones que tienen disponibles los profesionales de salud son las que corresponden a acciones relacionadas a los usuarios o jugadores. A estas opciones pueden acceder tanto los profesionales que sean administradores como los que no tienen ese permiso. De esta forma, una vez realizado el ingreso correctamente, se habilitarán los cuatro botones para agregar un usuario, editar su información, eliminar un usuario y extraer los resultados logrados en las actividades (Figura 29).

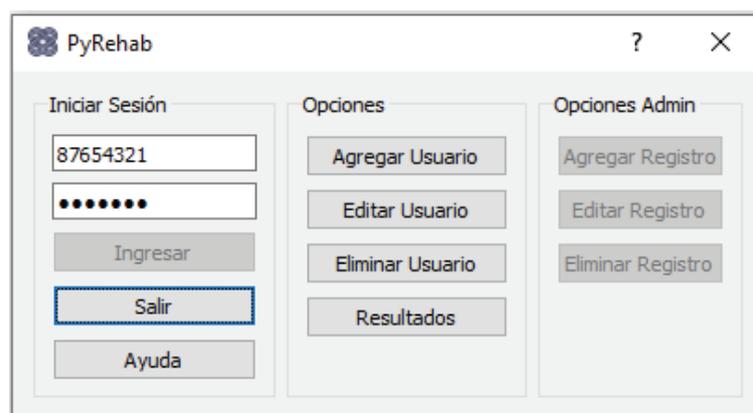


Figura 29. Ventana principal de ingreso para un profesional de salud que no tiene permisos de administrador.

La ventana de “Agregar Usuario” (Figura 30) permite ingresar los datos del usuario (DNI, nombre, apellido y fecha de nacimiento) y la configuración del nivel de los juegos entre 3 niveles: 1) inicial, 2) medio y 3) avanzado. El campo de DNI sólo permite ingresar números y el nombre y el apellido son campos

obligatorios a completar. Al aceptar, automáticamente se agrega el registro de usuario en la base de datos. También se puede cancelar la acción para no guardar el registro.

En caso de querer modificar algún dato del usuario o volver a configurar los niveles de los juegos, el profesional puede ingresar a la ventana de “Editar Usuario” (Figura 31). Desde dicha ventana podrá ingresar el número de DNI del usuario y obtener la información guardada en la base de datos. A partir de esa información, se puede modificar el nombre, el apellido, la fecha de nacimiento y los niveles de los juegos. Sólo podrá modificar los datos de un usuario que esté ingresado en la base de datos y una vez que el programa encuentra el registro, habilitará los botones de “Editar” y “Cancelar”.

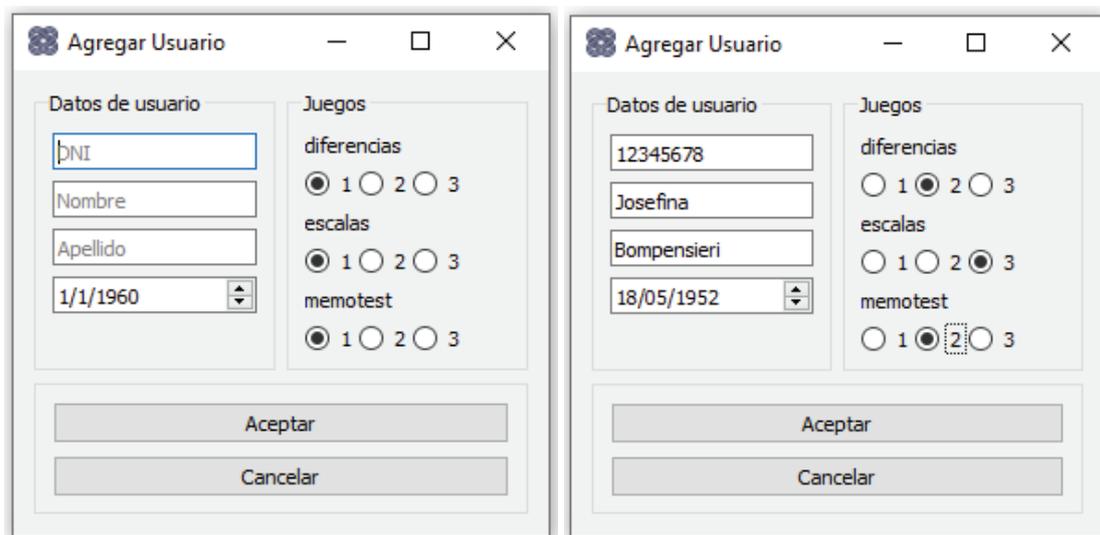


Figura 30. Ventana para agregar usuario. Se piden los datos del jugador que se dará de alta en la base de datos. A la derecha, se ve la ventana con los datos ingresados.

Para eliminar un usuario, desde la opción “Eliminar Usuario” el profesional podrá buscar por DNI el usuario que desee borrar de la base de datos por cualquier motivo. Una vez que ingresa el DNI, el programa le mostrará los datos del usuario que se encuentran almacenados y, en caso de ser los datos correctos, el profesional podrá proceder con la acción (Figura 32).

Figura 31. Ventana para editar usuario. La búsqueda se realiza por DNI del usuario y extrae los datos guardados en la base de datos. Los mismos se pueden modificar y volver a guardar en la base de datos.

Figura 32. Ventana para eliminar usuario. Busca el usuario por DNI y permite eliminarlo de la base de datos.

Por último, la opción “Resultados” permite extraer la información obtenida de los juegos en formato *.xlsx* para ser analizado por los profesionales de salud. La ventana cuenta con un buscador de usuario a través de su DNI, similar al de la ventana de eliminación de usuario (Figura 33). Si el DNI ingresado corresponde a uno almacenado en la base de datos, es decir el usuario existe, se habilita el botón para extraer el archivo. El mismo, se guarda en la PC utilizando el DNI como nombre del archivo y dándole al profesional de salud la posibilidad de elegir la ubicación del mismo. El archivo cuenta con una pestaña por cada juego y muestra el nivel, cantidad de aciertos, cantidad de errores, el tiempo en segundos y la fecha en la que se jugó (Figura 34).

Figura 33. Ventana para extraer los resultados obtenidos por los usuarios. Se realiza la búsqueda por DNI de usuario.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		dni	nivel	cant_aciertos	cant_errores	tiempo	fecha		
2	0	12345678	1	7	0	13	11/1/2023		
3	1	12345678	2	7	4	23	11/1/2023		
4	2	12345678	2	7	0	12	11/1/2023		
5	3	12345678	2	7	2	14	19/1/2023		
6	4	12345678	2	7	40	66	19/1/2023		
7	5	12345678	2	0	0	4	21/1/2023		
8	6	12345678	2	0	0	8	21/1/2023		
9	7	12345678	2	7	18	111	21/1/2023		
10	8	12345678	1	7	3	57	9/2/2023		
11	9	12345678	3	7	0	46	9/2/2023		
12									
13									
14									
15									

Figura 34. Vista del archivo Excel generado por PyRehab. Extrae la información correspondiente a los resultados de los juegos para el usuario indicado

A través del siguiente diagrama en bloques (Figura 35) se resume el flujo de trabajo esperado para esta sección, cuáles son las opciones que se deben utilizar para cada acción y las tablas de la base de datos con las que se relacionan.

El manual para los jugadores se detalla en el Anexo I: Manual de usuario - Jugador y también estará disponible en el sitio web al que pueden acceder los profesionales de salud. Podría ser de utilidad que, al momento de entrenar a los usuarios sobre el uso de PyRehab, el profesional a cargo les brinde una copia del manual.

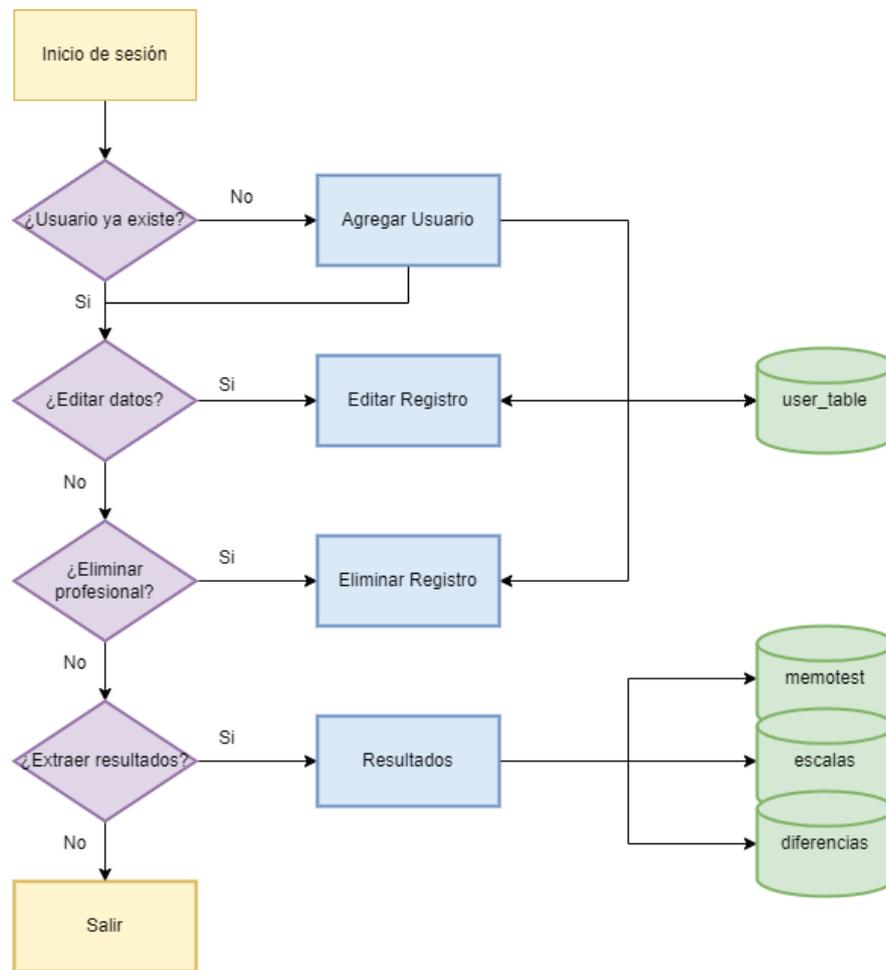


Figura 35. Diagrama en bloques del flujo de trabajo para el registro de usuarios o jugadores, no necesariamente accediendo como administrador.

4.3. VERSIÓN FINAL DE PYREHAB PARA EL PROFESIONAL DE SALUD

Al igual que para los jugadores, el acceso al programa se realiza a través de un ejecutable, el cual se entrega al usuario en un archivo .zip que contiene todos los componentes necesarios para correr el programa en una PC con *Windows*. Al abrir el programa, el profesional de salud se encontrará con la ventana principal donde deberá ingresar con su DNI y su contraseña. Luego, tendrá accesible las opciones descritas anteriormente, dependiendo si es o no un usuario con permisos de administrador.

Esta interfaz de PyRehab también está conectada a la base de datos alojada en un servidor web, por lo se deberá contar con conexión a internet desde el inicio del programa. En caso que no tenga conexión, el programa no se ejecutará ya que no puede acceder a la información de ingreso. Por otro lado, si un profesional de salud no registrado en la base de datos desea ingresar, tampoco podrá hacerlo.

En cuanto a instrucciones y tutoriales, el usuario tendrá disponible un manual para profesional de salud, en versión *pdf* a la cual se puede acceder desde el siguiente enlace: <https://gitlab.com/jbompensieri/pyrehab/-/wikis/home>. Allí también se podrá encontrar el enlace a videos tutoriales sobre el uso del programa y el manual del jugador.

5. PROTOCOLO PARA UN ANÁLISIS DE USABILIDAD

En este capítulo se brindan algunas consideraciones a tener en cuenta para llevar a cabo un análisis de usabilidad del programa PyRehab. El objetivo de un análisis de usabilidad es obtener información detallada sobre la interacción del usuario con un producto, su grado de satisfacción y eficiencia del mismo (Assistant Secretary for Public Affairs, s.f.). La norma ISO 9241-11 proporciona una guía para la evaluación de la usabilidad de sistemas interactivos, con el objetivo de mejorar la calidad de la interacción hombre-sistema y aumentar la satisfacción del usuario. Para ello, en las mediciones se deben tener en cuenta la eficacia (la capacidad de los usuarios para completar tareas usando el sistema y la calidad del resultado de las tareas), la eficiencia (el nivel de recursos utilizados) y la satisfacción del usuario al usar el sistema (Brooke, 1995).

A continuación se describen los pasos para evaluar la facilidad de uso del programa para un grupo de personas propuesto y obtener información para corregir problemas que puedan afectar la experiencia de usuario y mejorar la usabilidad del programa.

1. Selección de participantes: se debe elegir una muestra representativa de adultos mayores para participar de la prueba. Es importante considerar que este programa de estimulación cognitiva está desarrollado para adultos mayores cuyas funciones cognitivas solamente hayan sufrido un deterioro propio por el envejecimiento. Esto último es significativo para establecer los criterios de inclusión y exclusión del grupo de prueba. Para determinarlos, se debería contar con la ayuda de profesionales de salud con conocimientos en el área como terapeutas ocupacionales, especialistas en geriatría y/o neuropsicología, que puedan aplicar distintas evaluaciones de las funciones cognitivas previamente. También se debería determinar que, si bien los participantes son adultos, podrían necesitar la ayuda de un representante.

Por otra parte, el grupo de participantes debe tener acceso a una PC con internet para poder utilizar los juegos. Este acceso puede ser en sus casas, en la casa de algún familiar o en un centro de día.

2. Consentimiento informado: previo a realizar la prueba del programa, todos los participantes o sus representantes, tienen que firmar obligatoriamente un consentimiento informado donde se explica el propósito del estudio. De todas formas, no es una condición necesaria utilizar datos reales sobre la persona, solamente la edad.

3. Diseño de la prueba: junto con un profesional en el área se debe establecer la duración, el número y la frecuencia de sesiones. Podría considerarse también utilizar un grupo de control para comparar resultados.
4. Etapa de entrenamiento: puede ser conveniente dividir el análisis en etapas. En esta primera etapa se busca enseñar a todos los participantes el uso del programa, tanto los juegos como la interfaz gráfica del profesional de salud a cargo del grupo. Para ello, se tienen a disposición los manuales de usuario y videos tutoriales. Esta etapa es importante para lograr que el uso sea el indicado. Puede ser necesario adicionar un tutorial sobre el uso básico de la PC.
5. Etapa de juego: luego del entrenamiento de los participantes, se genera la base de datos con las tablas de jugadores, profesionales y resultados de los juegos. Dependiendo del criterio inicial determinado por un profesional, se determinan los niveles iniciales de cada juego. Por último se indica a los sujetos a realizar los juegos a modo de tratamiento de estimulación cognitiva.
6. Análisis de los resultados: una vez realizadas las sesiones de estimulación, consideradas necesarias por el profesional a cargo, se procede a obtener los resultados de los juegos. A partir de la información almacenada en las tablas correspondientes, los profesionales de salud pueden utilizar herramientas estadísticas para obtener conclusiones sobre el uso del programa y determinar su efectividad como un software de estimulación cognitiva de la memoria, la atención y la percepción visual. Además, pueden volver a realizar los test de evaluación cognitiva y determinar si hubo diferencias entre los resultados obtenidos luego del uso del programa respecto a los obtenidos previamente. Para ello, es importante tener bien definido el período de tiempo en el cual se va a dejar el programa a disposición de los participantes.
7. Realimentación de los participantes: si bien los resultados objetivos del programa son importantes, también lo es contar con la opinión de los participantes sobre la experiencia de juego, de uso del programa y qué podría mejorarse en futuras versiones. Para ello, se deben diseñar formularios que deben completar los participantes luego del uso del programa.

Existen varias herramientas y métodos de evaluación de usabilidad para programas de PC. Uno de ellos es la escala SUS (*System Usability Scale*). Fue creada en el año 1986 por John Brooke quien la describe como una herramienta simple y rápida que con sólo 10 preguntas brinda una visión global de las

evaluaciones subjetivas de la usabilidad. Es gratuita y ha demostrado ser robusta y confiable, siendo utilizada en una variedad de proyectos de investigación y evaluaciones industriales (Brooke, 1995) (Assistant Secretary for Public Affairs, s.f.).

Según lo que informa su autor, la escala SUS se utiliza generalmente luego de que el encuestado haya utilizado el sistema a evaluar pero antes de realizar algún informe o discusión. La respuesta de los encuestados debe ser registrada de forma inmediata, sin mucho tiempo de deliberación. En caso que el encuestado sienta que no puede responder a una pregunta, se debe marcar el punto central (Brooke, 1995). En cuanto al puntaje, se obtiene un único número que va entre el 0 y 100, que representa la usabilidad general del sistema. Primero, se deben sumar los puntajes de las preguntas, que tienen un valor entre 0 y 4 según la Escala de Likert (siendo 1 muy en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo). Para las preguntas impares (1, 3, 5, 7 y 9) se debe restar 1 al valor obtenido, mientras que para las preguntas pares (2, 4, 6, 8, y 10) se debe calcular 5 menos el valor marcado por el encuestado. De esta forma se obtiene un número que, multiplicado por 2.5, permite obtener el valor total de la escala (Brooke, 1995).

Las preguntas de la escala SUS traducidas y reemplazando “sistema” por PyRehab son las que se muestran en la Tabla III y se deben responder en los casilleros correspondientes, teniendo en cuenta que el 1 es muy en desacuerdo y el 5 es totalmente de acuerdo.

Tabla III. Preguntas de la escala SUS. Se han traducido al español de (Brooke, 1995) y se reemplazó la palabra “sistema” por el nombre del programa, PyRehab. La respuesta del encuestado debe marcarse en los casilleros del 1 al 5.

		1	2	3	4	5
1	Creo que me gustaría utilizar PyRehab frecuentemente.					
2	Encuentro que PyRehab es innecesariamente complejo.					
3	Pensé que PyRehab era fácil de utilizar.					
4	Creo que necesitaría el apoyo de un experto para utilizar PyRehab.					
5	Encontré que las diversas funciones de PyRehab están bien integradas.					
6	Pensé que había demasiada inconsistencia en PyRehab.					
7	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían muy rápidamente a utilizar PyRehab.					
8	Encontré que PyRehab era muy incómodo de usar.					
9	Me sentí muy confiado al utilizar PyRehab.					
10	Necesito aprender muchas cosas antes de manejar PyRehab.					

Si bien la escala SUS podría utilizarse para los dos grupos de usuarios de PyRehab (profesionales de salud y adultos mayores) se encontró que para personas mayores y personas con deterioro cognitivo

algunas preguntas pueden ser difíciles de entender, entonces se propone utilizar una simplificación (Holden, 2020). Entonces, las preguntas a realizar a los jugadores serían las que se muestran en la tabla 4, teniendo en cuenta también que el 1 es muy en desacuerdo y el 5 es totalmente de acuerdo y reemplazando “sistema” por PyRehab.

Tabla IV. Preguntas para la escala SUS simplificada. Se han traducido al español de (Holden, 2020) y se reemplazó la palabra “sistema” por el nombre del programa, PyRehab.

		1	2	3	4	5
1	Usaría PyRehab frecuentemente.					
2	PyRehab es muy complejo para mí.					
3	PyRehab fue fácil de usar.					
4	Realmente necesito ayuda para usar PyRehab.					
5	Las partes de PyRehab se encuentran bien integradas.					
6	PyRehab me resultó confuso.					
7	Aprender a usar PyRehab fue rápido para mí.					
8	PyRehab fue difícil de usar.					
9	Me sentí muy confiado al utilizar PyRehab.					
10	Necesito aprender muchas cosas antes de usar PyRehab.					

El SUS simplificado puede interpretarse de la misma forma que la mencionada anteriormente, ya que respeta el diseño original. De esta forma, utilizar ambos sistemas supone un único método de calificación (Holden, 2020).

6. DISCUSIÓN

A raíz de un contexto de pandemia, se diseñó y desarrolló un prototipo de software para estimulación cognitiva a distancia, que se denominó PyRehab. Si bien actualmente las condiciones en las que se encuentra el país respecto a la pandemia han cambiado, ya que la población no se encuentra aislada, la estructura de un software que permita ser utilizado a distancia sigue siendo beneficioso para ciertas poblaciones. En un principio se contempló la idea de hacer de este desarrollo un software para rehabilitación cognitiva. Sin embargo, tras consultar con terapeutas ocupacionales e investigando en la bibliografía, se modificó el alcance del mismo a estimulación debido a la complejidad que requiere un tratamiento de rehabilitación. Al momento de decidir la población que se iba a alcanzar y las funciones cognitivas a estimular, se consideró que, debido al aumento de población mayor como tendencia mundial, era un buen objetivo centrarse en personas mayores que sufrieran el deterioro cognitivo propio del paso del tiempo. Si bien se realizaron encuestas para relevar información actual y requerimientos del programa, al no haber obtenido un gran número de encuestados, no se pudo llevar a cabo un análisis estadístico. De todas formas, las respuestas obtenidas resultaron útiles para tener información cualitativa que permitió desarrollar el programa.

Por este motivo, se planteó un programa de estimulación cognitiva para adultos mayores sanos, quienes pueden realizar las actividades desde sus casas sin necesidad de traslados que muchas veces deben realizar con ayuda de algún familiar u otra persona. Además, se ha comprobado que el uso de videojuegos para objetivos que van más allá del entretenimiento, son beneficiosos para las personas en cuanto a su motivación y adhesión a tratamientos. También representa una ventaja para los profesionales de salud frente al método convencional de estimulación cognitiva, permitiendo obtener un *feedback* sobre el desempeño de los jugadores.

Este desarrollo implicó utilizar herramientas de programación en *Python* tanto para la interfaz de usuario, para las actividades y para la gestión de bases de datos en *MySQL*. Además, con el uso de *Git* se buscó que este proyecto sea abierto a la comunidad para que continúe expandiéndose y pueda ser utilizado por diversos profesionales de salud interesados.

Se acotó en tres la cantidad de funciones cognitivas con el objetivo de realizar una prueba de concepto entre las partes que componen al proyecto. Dado a que fue pensado como un desarrollo modular, a futuro podrían incorporarse nuevas actividades que completen un programa de estimulación cognitiva. Se pudo probar la conexión de ambas partes del programa a través de un servidor web gratuito donde se aloja la

base de datos que es el nexo entre las configuraciones realizadas por el profesional de salud y los resultados que se extraen de los juegos. En cuanto al alojamiento web de la base de datos utilizado, en una implementación futura del programa, debería analizarse una posibilidad de servidor que tenga más espacio de almacenamiento y no sea necesario un acceso semanal para mantener el servicio.

La revisión bibliográfica demuestra que hace tiempo se está investigando los efectos del entrenamiento cognitivo en adultos mayores para prevenir los efectos propios del envejecimiento. Los resultados obtenidos en diversos estudios sugieren que los juegos serios pueden ser una alternativa de estimulación de diversas funciones cognitivas a través de actividades que prometen ser más atractivas para las personas. Esto último es importante ya que se menciona que estas actividades deben ser realizadas periódicamente para obtener resultados positivos a lo largo del tiempo. Sin embargo, diversos autores mencionan que aún es un área a investigar, que la cantidad de estudios relacionados al tema son escasos y generalmente tienen un grupo de participantes reducido. Por lo tanto, aunque las conclusiones mayormente son positivas, siempre se recomienda que se estudie cada caso particular para la aplicación de un juego serio para estimulación cognitiva. Es muy importante que estas decisiones estén respaldadas por un profesional de salud que pueda adaptar los juegos serios a la persona y su contexto.

Por otro lado, a partir de la revisión bibliográfica pueden extraerse métodos de medición de resultados obtenidos con PyRehab para en un futuro analizar el impacto de la utilización del programa en un grupo de personas mayores. La mayoría de estos métodos son *tests* cognitivos que evalúan distintas funciones cognitivas. Otra información relevante que se puede obtener de esta revisión son los criterios de inclusión y exclusión para llevar a cabo el protocolo de análisis. Estos criterios suelen incluir resultados de *tests* cognitivos que indiquen que la persona se encuentra con un declive de sus funciones cognitivas relacionado exclusivamente al envejecimiento.

Si bien no se pudieron tener resultados sobre el uso del programa en un grupo de sujetos, se planteó un protocolo para llevar a cabo, en un futuro, un análisis de usabilidad del programa. Esto es realmente importante en este tipo de desarrollos, ya que permite obtener una realimentación de los usuarios y así mejorar el programa en una futura versión. Se propone utilizar la escala SUS ya que es una herramienta validada, confiable, enfocada en la experiencia de usuario, fácil de usar y rápida de administrar. Para el caso de los jugadores, al ser personas mayores, se encontró que hay una versión simplificada que puede utilizarse. Se basa en el mismo concepto pero modifica algunas preguntas para que sean más fáciles de entender y responder.

Según lo observado, sería interesante que este desarrollo pueda ser considerado para un estudio a largo plazo del uso de juegos serios para estimulación cognitiva. Con un protocolo de prueba aplicado y un correcto seguimiento de un grupo representativo de personas mayores, podrían obtenerse resultados que contribuyan al área de investigación. Además, obtener la realimentación por parte de los usuarios tanto jugadores como profesionales de salud, junto con que el desarrollo se caracteriza por ser abierto a la comunidad, permitiría lograr un programa más complejo y completo para evaluar otras funciones cognitivas que las que se plantean en este trabajo.

7. CONCLUSIONES

El rol de la ingeniería biomédica es el de interpretar una problemática actual que afecta a la salud de las personas y buscar una solución innovadora que pueda estar al servicio de la comunidad. Un desarrollo de este estilo es de importancia para el campo de la terapia e intervención cognitiva (la terapia ocupacional, neuropsicología, psicología y ciencia cognitiva, etc.) ya que permite acercar y potenciar el uso de videojuegos serios como estrategia innovadora en la estimulación cognitiva de adultos mayores sanos, incrementando su desempeño funcional en actividades de la vida diaria y en consecuencia, mejorando la calidad de vida de una población en constante aumento, fomentando el envejecimiento activo. Desde la ingeniería biomédica, se pueden aportar conocimientos y técnicas de diseño y programación para crear videojuegos serios efectivos y adaptados a las necesidades. También, cumple un rol importante en la evaluación de la efectividad de los juegos serios y en la usabilidad del programa, con foco en los usuarios.

A partir de este proyecto se han ampliado y puesto en práctica conocimientos y conceptos de desarrollo de *software* que han permitido realizar una prueba de concepto de una solución que puede ser aplicada a una problemática de salud actual. Se logró obtener un sistema que integra una interfaz de usuario destinada a profesionales de salud del área cognitiva, una interfaz de juego diseñada para personas mayores, y una base de datos que integra toda la información y permite su vinculación remota. El libre acceso al desarrollo y su modularidad, permitirán que en un futuro se complete la idea del proyecto, incluso con mejoras introducidas por profesionales en programación y diseño de videojuegos. Asimismo, la documentación necesaria para modificar los archivos de código también está disponible.

Dado que la estimulación cognitiva virtual ofrece varias ventajas frente a las terapias convencionales, aumenta la motivación de las personas, los entretiene y proporciona medidas objetivas sobre los resultados de las actividades que permiten el monitoreo de los profesionales de salud, se espera que PyRehab pueda contribuir a llevar a cabo este objetivo y sea de utilidad para seguir investigando en el área con una herramienta fácil de usar, gratuita y que puede adaptarse a las necesidades de los usuarios.

REFERENCIAS

1. Abd-alrazaq, A., Alhuwail, D., Ahmed, A., & Househ, M. (2022). Effectiveness of Serious Games for Improving Executive Functions Among Older Adults With Cognitive Impairment: Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR Serious Games*, 10(3).
2. Alcover, C.-M., & Mazo, R. (2012). Brain Plasticity and Habit in William James: an Antecedent for Social Neuroscience. *Psychologia Latina*, 1-9.
3. Assistant Secretary for Public Affairs. (s.f.). *System Usability Scale (SUS)*. Recuperado el 25 de Febrero de 2023, de [www.usability.gov](https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html): <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>
4. Assistant Secretary for Public Affairs. (s.f.). *What & Why of Usability*. Recuperado el 23 de Febrero de 2023, de Glossary: <https://www.usability.gov/what-and-why/glossary/u/index.html>
5. Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., y otros. (2002). Effects of Cognitive Training Interventions With Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *JAMA*, 2271-2281.
6. Belleville, S. (2008). Cognitive training for persons with mild. *International Psychogeriatrics*, (págs. 57-66).
7. Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189.
8. Brusco, L. I. (2018). SALUD MENTAL Y CEREBRO, FUNCIONES COGNITIVAS E INTELIGENCIA.
9. Cryptography. (s.f.). *The Recipes Layer*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2022, de Fernet (symmetric encryption): <https://cryptography.io/en/latest/fernet/>
10. de Gobbi Porto, F. H., Murphy Fox, A., Tusch, E. S., Sorond, F., Mohammed, A. H., & Daffner, K. R. (2015). In vivo evidence for neuroplasticity in older adults. *Brain Research Bulletin*, 56-61.
11. Enríquez de Valenzuela, P. (2014). Aproximación histórica a la Neurociencia Cognitiva. En P. E. Valenzuela, & E. S. Torres (Ed.), *Neurociencia cognitiva* (págs. 1-12). España: UNED.
12. FreeSQLdatabase. (2013). *Free MySQL database*. Recuperado el 31 de Enero de 2023, de FreeSQLdatabase: <https://www.freesqldatabase.com/>
13. Gerontologica. (s.f.). *Inteligencia en el adulto mayor*. Recuperado el 28 de Febrero de 2023, de Gerontologica.com: <https://www.gerontologica.com/articulo-interes/inteligencia-en-el-adulto-mayor#:~:text=Con%20la%20edad%2C%20en%20general,toca%20m%C3%A1s%20el%20factor%20cuantitativo.>
14. Git. (s.f.). *About*. Recuperado el Octubre de 2022, de git: <https://git-scm.com/about>
15. GitHub, Inc. (s.f.). *About Repositories*. Recuperado el 30 de Enero de 2023, de GitHub Docs: <https://docs.github.com/es/repositories/creating-and-managing-repositories/about-repositories>

16. Grador. (3 de Septiembre de 2021). *¿Qué son las funciones cognitivas?* Recuperado el 3 de Octubre de 2022, de Grador: <https://www.gradior.es/que-son-funciones-cognitivas/>
17. Holden, R. J. (2020). A Simplified System Usability Scale (SUS) for Cognitively Impaired and Older Adults. *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care*, (págs. 180-182).
18. Keci, A., Tan, K., & Xhema, J. (2019). Role of Rehabilitation in Neural Plasticity. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(9), 1540-1547.
19. Li, R., Geng, J., Yang, R., Ge, Y., & Hesketh, T. (2022). Effectiveness of a Computerized Cognitive Training Intervention for Individuals With Mild Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 24(10).
20. López Roa, L. M. (2012). Neuroplasticidad y sus implicaciones en la rehabilitación. *Universidad y salud*, 14(2), 197-204.
21. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (2022). *Protección de los derechos humanos de los adultos mayores*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2022, de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/justicia/derechofacil/leysimple/proteccion-de-los-derechos-humanos-de-los-adultos-mayores#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1ndo%20una%20persona%20es%20mayor,mayor%20a%20los%2065%20a%C3%B1os.>
22. Ministerio de Salud. (2020). *Argentina.gob.ar*. Recuperado el Octubre de 2022, de Preguntas frecuentes sobre Telesalud: <https://www.argentina.gob.ar/salud/telesalud/preguntasfrecuentes#1>
23. Muñoz Marrón, E. (2009). *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. Barcelona: Editorial UOC.
24. MySQL. (s.f.). *MySQL*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2022, de MySQL.com: <https://www.mysql.com/>
25. Nguyen, H., Ishmatovab, D., Tapanainenc, T., Liukkonend, T. N., Katajapuue, N., Makilad, T., y otros. (2017). *Impact of Serious Games on Health and Well-being of Elderly: A Systematic Review*. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.
26. Olivieri, M. L. (Noviembre de 2020). Envejecimiento y atención a la dependencia en Argentina. Banco Interamericano de Desarrollo.
27. Organización Mundial de la Salud. (2015). *Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud*. Ediciones de la OMS.
28. Organización Mundial de la Salud. (4 de Octubre de 2021). *Envejecimiento y salud*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2022, de who.int: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

29. Paffen, A. C. (2015). Neuropsicología y la localización de las funciones cerebrales superiores en estudios de resonancia magnética funcional con tareas. *Acta Neurológica Colombiana*, 92-100.
30. Palumbo, V., & Paternò, F. (2020). Serious Games to Cognitively Stimulate Older Adults: a Systematic Literature Review. *The 13th PErvasive Technologies Related to Assistive Environments Conference (PETRA '20)*, 199-208.
31. Park, D. C., & Bischof, G. N. (2013). The aging mind: neuroplasticity in response to cognitive training. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 15, 109-119.
32. Pizarro R., P. (2017). *pygame-menu*. Recuperado el 31 de Enero de 2023, de pygame-menu: <https://pygame-menu.readthedocs.io/en/4.3.6/>
33. Pose, M., & Manes, F. (2010). Deterioro cognitivo leve. *Acta Neurológica Colombiana*, 26, 7-12.
34. Shah, T. M., Weinborn, M., Verdile, G., Sohrabi, H. R., & Martins, R. N. (2017). Enhancing Cognitive Functioning in Healthy Older Adults: a Systematic Review of the Clinical Significance of Commercially Available Computerized Cognitive Training in Preventing Cognitive Decline. *Neuropsychol Review*, 27, 62-80.
35. Shinnars, P. (s.f.). *About*. Recuperado el Octubre de 2022, de Pygame: <https://www.pygame.org/wiki/about?parent=>
36. TechTarget. (s.f.). *ComputerWeekly.es*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2022, de Definition MySQL: <https://www.computerweekly.com/es/>
37. Ventura, R. L. (2004). Deterioro cognitivo en el envejecimiento normal. *Revista de psiquiatría y salud mental Hermilio Valdizan*, 2, 17-25.
38. Verhaeghen, P., Marcoen, A., & Goossens, L. (1992). Improving Memory Performance in the Aged Through Mnemonic Training: A Meta-Analytic Study. *Psychology and Aging*, 7, 242-251.
39. Zhang, J. (2019). *Cognitive Functions of the Brain: Perception, Attention and Memory*. IFM Lab Tutorial Series.

ANEXO I: MANUAL DE USUARIO - JUGADOR



PyRehab

Manual de Usuario para el jugador

V01-23

PyRehab – Manual de usuario para el jugador

Índice

Índice.....	1
1. Introducción.....	2
2. Resumen.....	2
3. Instrucciones.....	3
3.1. Instalación y acceso.....	3
3.2. Inicio de sesión.....	3
3.3. Tutoriales y configuraciones.....	4
3.3.1. ¿Cómo juego al memotest?.....	4
3.3.2. ¿Cómo juego a escalas?.....	6
3.3.3. ¿Cómo juego a diferencias?.....	7
3.3.4. Control de sonido.....	8

PyRehab – Manual de usuario para el jugador

1. Introducción

Este manual pretende ser una guía práctica para aquellos usuarios de **PyRehab** que vayan a utilizar los juegos. Este programa está previsto para ser utilizado desde una computadora personal (PC) por personas mayores a 60 años cuya indicación haya sido dada por un profesional de salud, con el objetivo de realizar sesiones de estimulación cognitiva de la memoria, atención y percepción visual¹.

A continuación se detallarán las instrucciones de uso para un usuario jugador, que tendrá acceso solamente a los juegos. La configuración de los mismos será establecida por un profesional de salud desde la interfaz de usuario correspondiente.

IMPORTANTE: Al momento de abrir y utilizar el programa asegúrese de tener conexión a internet. De lo contrario, el programa no funcionará y aparecerá un mensaje de error ya que no podrá establecerse la conexión con el servidor.

2. Resumen

En este apartado se muestra un resumen con las principales partes y botones de las pantallas de PyRehab para jugadores.

Pantalla de inicio:



Figura 1. Pantalla de inicio.

¹ Al momento de la versión V01-23 el programa cuenta con un total de 3 juegos, destinados a la estimulación cognitiva de la memoria, la atención y la percepción visual.

PyRehab – Manual de usuario para el jugador

Pantalla menú:

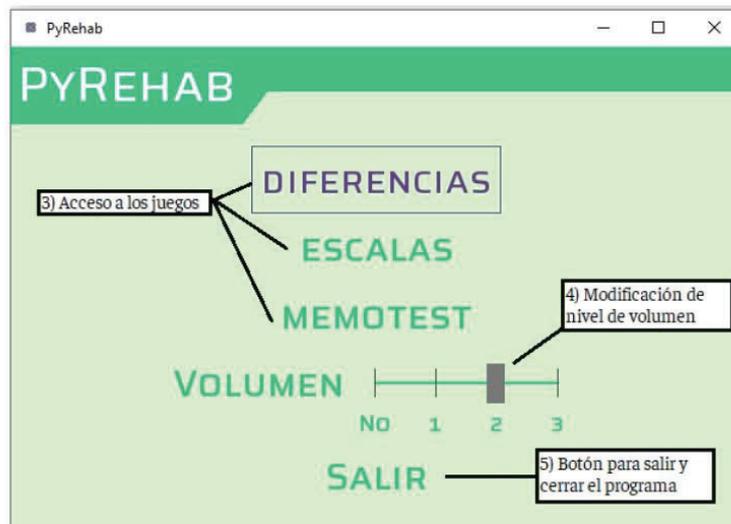


Figura 2. Pantalla de menú.

3. Instrucciones

3.1. Instalación y acceso

Recibirá el programa en una carpeta comprimida con el nombre de *pyrehab*. Extraiga el contenido de la carpeta en su computadora y luego busque el archivo *pyrehab.exe* que es el que ejecuta la aplicación. Puede generar un acceso directo al mismo para tener el ícono del programa en el escritorio y así facilitar el acceso.

3.2. Inicio de sesión

Al hacer clic sobre el ícono del programa, aparecerá la pantalla de inicio de sesión (figura). En el recuadro verde más oscuro el jugador deberá ingresar su número de DNI sin espacios ni puntos. Si su número corresponde a uno registrado por un profesional de salud, al hacer clic en el botón "Entrar" en la parte baja de la pantalla, podrá acceder al programa. En caso de error en el número de DNI o el mismo no está registrado en la base de datos, no podrá acceder al programa.

Si accede correctamente, aparecerá en pantalla el menú del programa (figura). Allí encontrará el listado de juegos disponibles, un botón para modificar el volumen de los juegos (tres niveles de volumen y silencio) y un botón para salir y cerrar el programa.

PyRehab – Manual de usuario para el jugador

IMPORTANTE: Al momento de abrir y utilizar el programa asegúrese de tener conexión a internet. De lo contrario, el programa no funcionará y aparecerá un mensaje de error ya que no podrá establecerse la conexión con el servidor.

3.3. Tutoriales y configuraciones

En este apartado se detallará cómo jugar a cada uno de los juegos y cómo configurar el volumen de los sonidos. De todas formas, antes del comienzo de cada juego, el programa muestra una pantalla con las instrucciones del mismo a modo de recordatorio.

3.3.1. ¿Cómo juego al memotest?

El objetivo del **memotest** es encontrar todos los pares de las fichas que se encuentran en pantalla. Hay tres niveles disponibles: fácil, medio y difícil. En cada nivel varía la cantidad de fichas y las imágenes que contienen.

En pantalla se disponen las fichas dadas vuelta, es decir, se verá la imagen del logo del programa (figura 3).

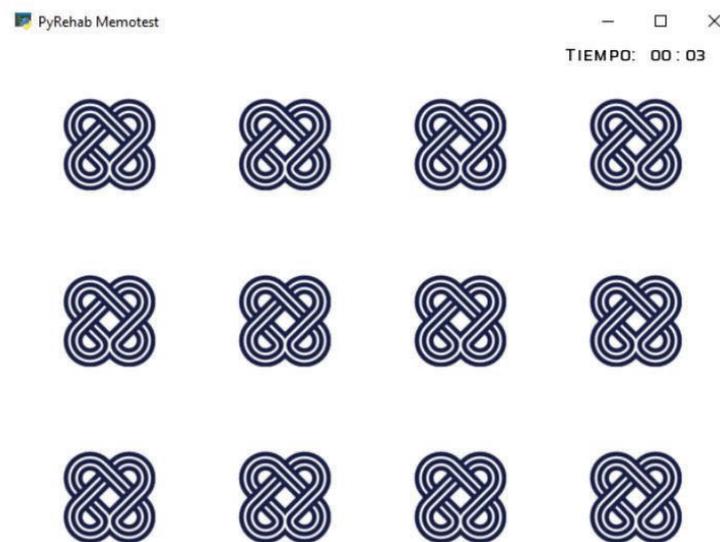


Figura 3. Vista de la pantalla del juego memotest al inicio (nivel fácil).

Para dar vuelta una ficha, se debe hacer clic sobre la misma y así se descubrirá la imagen correspondiente. Por turno se deben dar vuelta dos fichas. Si las fichas coinciden, se contará como acierto y permanecerán dadas vuelta en pantalla (figura 4). Si no coinciden, se volverán a dar vuelta y se procederá al próximo turno (figura 5).

PyRehab – Manual de usuario para el jugador

Para ganar el juego se deben encontrar todos los pares de fichas.

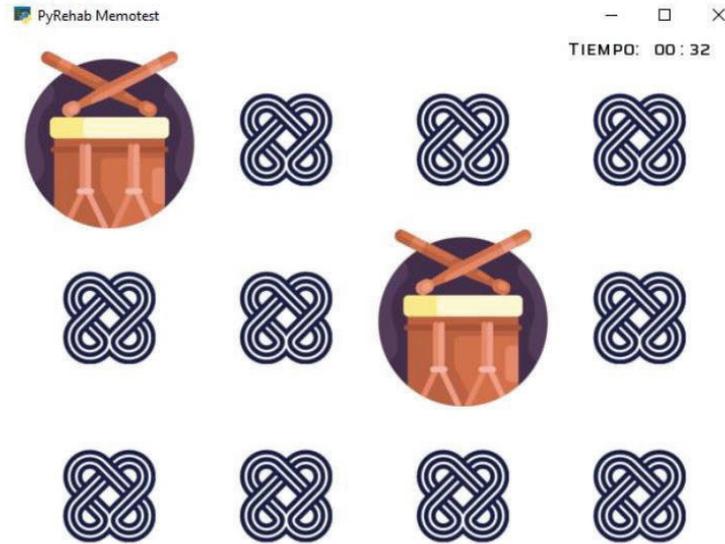


Figura 4. Vista de la pantalla del juego memotest cuando coinciden las fichas (nivel fácil).

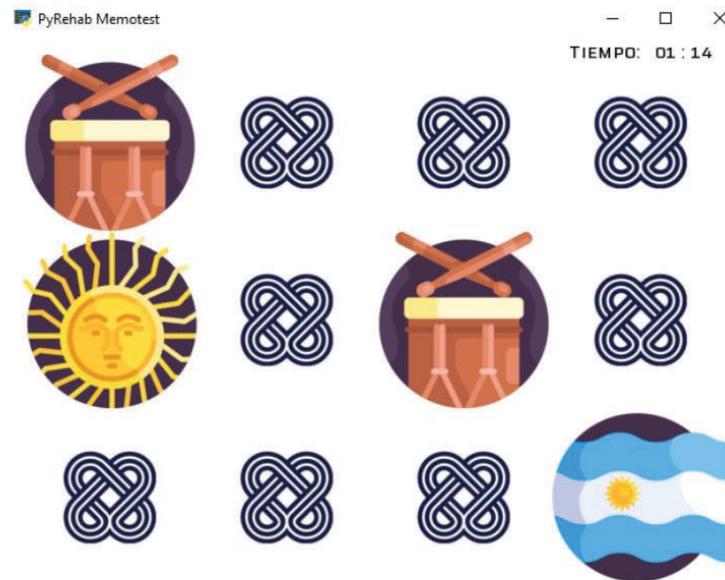


Figura 5. Vista de la pantalla del juego memotest cuando no coinciden las fichas (nivel fácil).

3.3.2. ¿Cómo juego a escalas?

El objetivo de **escalas** es seleccionar en cada fila la imagen que tiene el mismo tamaño que la imagen original, que se encuentra en la primera columna. Hay tres niveles disponibles: fácil, medio y difícil. En cada nivel varía la cantidad de filas y de imágenes con distintas escalas.

En pantalla se observa una primera columna donde están las imágenes originales y para cada fila, la imagen aparecerá con distintos tamaños (figura 6). Sólo una de esas imágenes por fila coincide en tamaño con la original. Para seleccionarla se debe hacer clic sobre la imagen y si es correcta, aparecerá un recuadro verde alrededor de la misma (figura 7). En caso contrario, se procederá al siguiente turno.

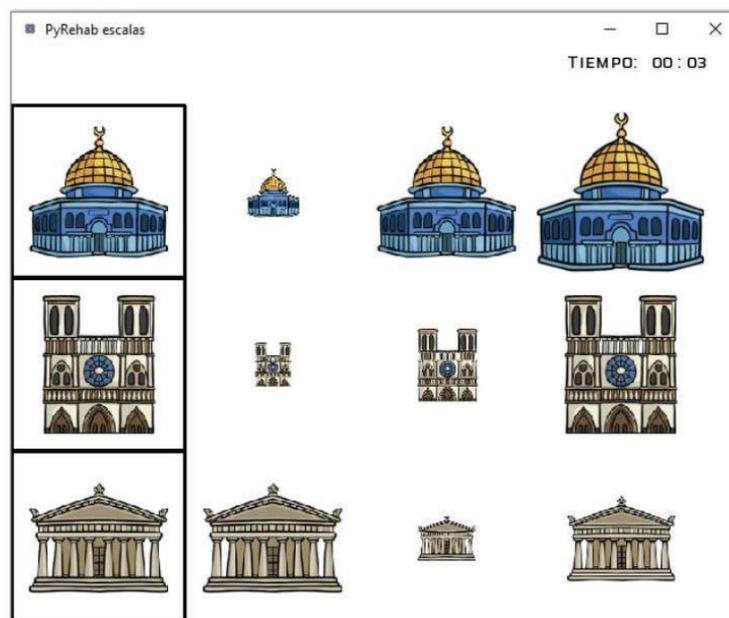


Figura 6. Vista de la pantalla del juego escalas al inicio (nivel fácil).

PyRehab – Manual de usuario para el jugador

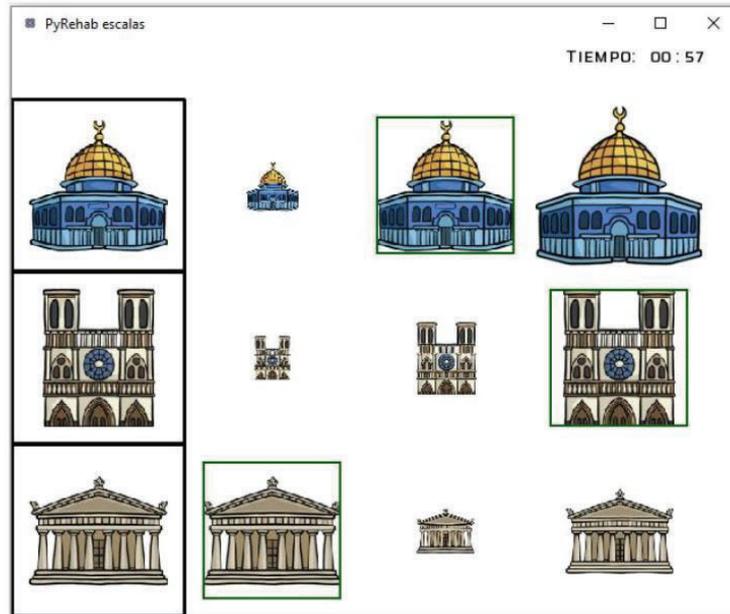


Figura 7. Vista de la pantalla del juego escalas al finalizar (nivel fácil).

El juego finaliza cuando se completan todas las filas.

3.3.3. ¿Cómo juego a diferencias?

El objetivo del juego es encontrar las **7 diferencias** entre las dos imágenes que se presentan en pantalla. Hay tres niveles disponibles: fácil, medio y difícil. En cada nivel las imágenes tienen más cantidad de detalles.

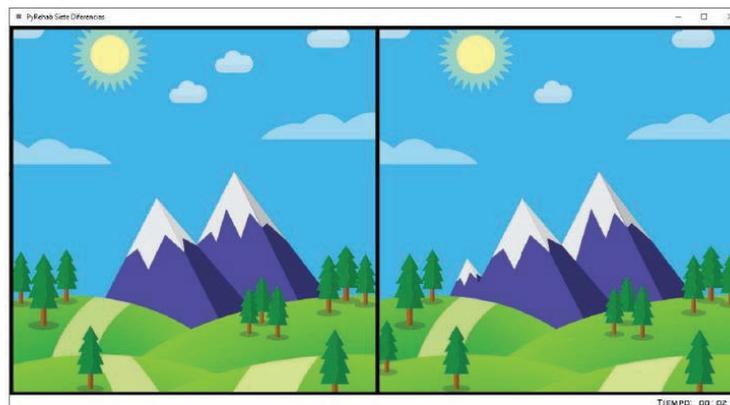


Figura 8. Vista de la pantalla del juego diferencias al inicio (nivel fácil).

PyRehab – Manual de usuario para el jugador

En la pantalla se ven dos imágenes que parecen iguales pero entre ellas hay 7 diferencias que pueden ser objetos que aparecen, desaparecen, cambian de color o de lugar. La imagen de la izquierda es la original y a la derecha se ve la imagen con las diferencias (figura 8). Se debe hacer clic sobre cada diferencia encontrada, en cualquiera de las dos imágenes (figura 9). Si efectivamente es una diferencia, se marcará con un círculo alrededor de la misma. Si no lo es, se escuchará un sonido de error y se debe proceder con el juego.

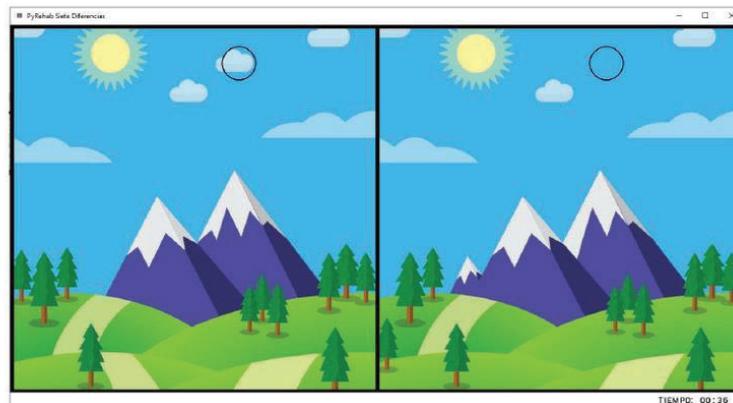


Figura 9. Vista de la pantalla del juego diferencias cuando se encuentra una diferencia (nivel fácil).

El juego finaliza cuando se encuentran las 7 diferencias.

3.3.4. Control de sonido

Como se mencionó anteriormente, el programa permite que se modifique el volumen de los sonidos de los juegos. Todos los juegos tienen música de fondo y sonidos que permiten saber si las acciones fueron correctas (aciertos) o no (errores).

Con el botón deslizable que se muestra en el menú se puede elegir entre 3 niveles de volumen, siendo 1 el más bajo y 3 el más alto. También se puede seleccionar la opción "No" que es para indicar que no habrá ningún sonido cuando se esté jugando (figura 10).

Esta configuración es para todas las actividades y puede cambiarse manualmente entre cada sesión de juego.

PyRehab – Manual de usuario para el jugador



Figura 10. Vista del menú con el control de volumen seleccionado.

ANEXO II: MANUAL DE USUARIO – PROFESIONAL DE SALUD



PyRehab

Manual de Usuario para el profesional de salud

V02-23

PyRehab – Manual de usuario para el profesional de salud

Índice

Índice.....	1
1. Introducción.....	2
2. Instrucciones.....	2
2.1. Instalación y acceso	2
2.2. Inicio de sesión.....	2
2.3. Opciones usuario administrador	3
2.3.1. Agregar registro	4
2.3.2. Editar registro	5
2.3.3. Eliminar registro.....	6
2.4. Opciones usuario no administrador.....	7
2.4.1. Agregar jugador	7
2.4.2. Editar jugador.....	7
2.4.3. Eliminar jugador.....	8
2.4.4. Resultados	9

PyRehab – Manual de usuario para el profesional de salud

1. Introducción

Este manual pretende ser una guía práctica para aquellos usuarios de **PyRehab** que vayan a utilizar el programa desde el acceso de profesional de salud. Este programa está previsto para ser utilizado desde una computadora personal (PC) con el objetivo de administrar datos de usuarios que deban realizar sesiones de estimulación cognitiva de la memoria, atención y percepción visual¹ así como también los perfiles de los usuarios profesionales.

A continuación se detallarán las instrucciones de uso para un usuario profesional, que tendrá acceso solamente a la interfaz gráfica de registro de usuarios y de otros profesionales. Desde las opciones de usuarios se podrán configurar los niveles de los juegos de estimulación cognitiva.

IMPORTANTE: Al momento de abrir y utilizar el programa asegúrese de tener conexión a internet. De lo contrario, el programa no funcionará ya que no podrá establecerse la conexión con el servidor.

2. Instrucciones

2.1. Instalación y acceso

Recibirá el programa en una carpeta comprimida con el nombre de *pyrehab_prof*. Extraiga el contenido de la carpeta en su computadora y luego busque el archivo *menú_prof.exe* que es el que ejecuta la aplicación. Puede generar un acceso directo al mismo para tener el ícono del programa en el escritorio y así facilitar el acceso.

2.2. Inicio de sesión

Al hacer clic sobre el ícono del programa, aparecerá la pantalla de inicio de sesión (figura 1). En la parte izquierda hay un recuadro que indica donde el profesional deberá ingresar su número de DNI sin espacios ni puntos y debajo la contraseña correspondiente. Luego, al hacer clic en el botón “Ingresar”, podrá acceder a las opciones del programa. En caso de error en el número de DNI o si el mismo no está registrado en la base de datos, no podrá acceder al programa.

¹ Al momento de la versión V01-23 el programa cuenta con un total de 3 juegos, destinados a la estimulación cognitiva de la memoria, la atención y la percepción visual.

PyRehab – Manual de usuario para el profesional de salud

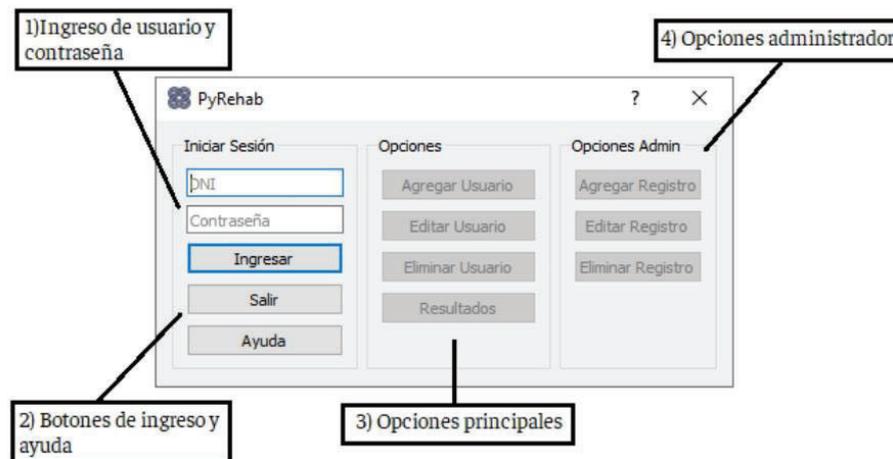


Figura 1. Pantalla de inicio de sesión o pantalla principal.

Si accede correctamente, se desbloquearán las opciones relacionadas a usuarios (jugadores). En caso de ser usuario administrador, también se habilitarán las opciones para agregar, editar y eliminar registros de otros profesionales de salud.

El botón “Ayuda” permite acceder a una página web donde encontrará este manual, el manual del jugador y videos tutoriales sobre el uso del programa.

IMPORTANTE: Al momento de abrir y utilizar el programa asegúrese de tener conexión a internet. De lo contrario, el programa no funcionará y aparecerá un mensaje de error ya que no podrá establecerse la conexión con el servidor.

2.3. Opciones usuario administrador

En este apartado se detallarán las opciones disponibles para un usuario administrador. Este usuario tiene como objetivo administrar la base de datos de profesionales de salud que tienen acceso al programa, así como también quiénes pueden tener este permiso de administrador.

Cuando ingresa el usuario administrador, se habilitan todas las opciones de la pantalla (figura 2).

PyRehab – Manual de usuario para el profesional de salud



Figura 2. Pantalla principal luego del acceso con un usuario profesional administrador.

IMPORTANTE: En caso de tratarse del primer acceso, deberá utilizarse el usuario administrador con los siguientes datos. Desde este usuario podrá agregar los registros de los profesionales que accederán al programa (ver **2.3.1**).

- DNI: 1234
- Contraseña: admin

2.3.1. Agregar registro

Para agregar a un profesional de salud a la base de datos y permitir su acceso al programa, deberá hacer clic en el botón "Agregar Registro" el cual abrirá una ventana donde deberá completar DNI (sin puntos ni espacios), nombre, apellido y la contraseña que deberá ingresar dos veces a modo de seguridad (figura 3). Además, tiene la posibilidad de darle a ese usuario el permiso de administrador.

PyRehab – Manual de usuario para el profesional de salud

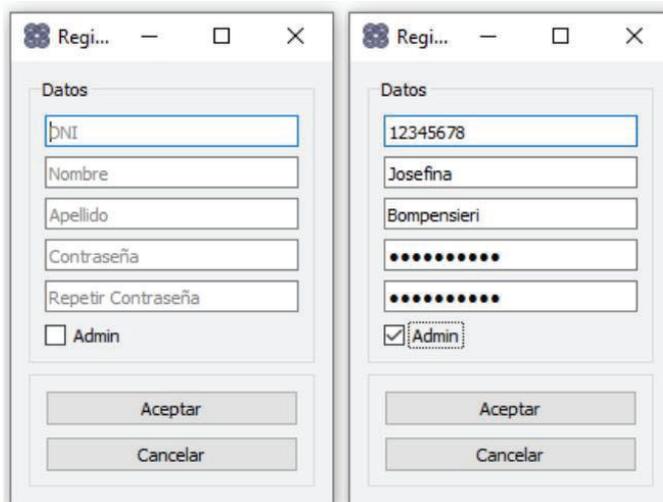


Figura 3. Pantalla para el agregado de un registro. Permite ingresar los datos del profesional de salud que tendrá acceso al programa.

Al hacer clic en el botón “Aceptar” se guarda el registro en la base de datos. Si algún dato no fuera ingresado correctamente, aparecerá en pantalla un mensaje de error y el registro no será almacenado. Tampoco se almacenarán los datos si hace clic sobre el botón “Cancelar”.

2.3.2. Editar registro

En caso de querer realizar alguna modificación en un registro ya ingresado en la base de datos, al hacer clic en el botón “Editar Registro” en la pantalla principal, accederá a una ventana donde puede buscar el registro por el DNI ingresado y recuperará los datos almacenados (figura 4). En esta ventana podrá modificar nombre, apellido, la contraseña y podrá agregar o quitar el permiso de administrador. En caso de no querer modificar la contraseña, ese campo puede quedar vacío.

PyRehab – Manual de usuario para el profesional de salud

Figura 4. Pantalla para edición de un registro de un profesional de salud. Permite modificar los datos personales del usuario así como su contraseña para el ingreso.

Al hacer clic en “Editar” se guardará el registro con las modificaciones realizadas. Para no hacer modificaciones, hacer clic en el botón “Cancelar”.

2.3.3. Eliminar registro

Para eliminar un registro de la base de datos y prohibir su acceso al programa, se debe hacer clic en el botón “Eliminar Registro” de la pantalla principal. A partir del DNI, se busca el registro correspondiente y se puede ver la información del profesional que se va a eliminar (figura 5). La acción se completa cuando se hace clic en el botón “Eliminar”.

Figura 5. Pantalla para eliminar un registro de un profesional de salud. Se debe buscar por DNI y al eliminarlo queda prohibido su ingreso al programa.

2.4. Opciones usuario no administrador

En este apartado se detallarán las opciones relacionadas a los datos de los usuarios jugadores. Estas opciones están accesibles tanto para usuarios administradores como no administradores.

2.4.1. Agregar jugador

Para agregar los datos de un nuevo jugador, se debe hacer clic en el botón “Agregar Usuario” en la pantalla principal.

Se abrirá una nueva ventana donde se podrá agregar la información del usuario: DNI (sin puntos ni espacios), nombre, apellido y fecha de nacimiento (figura 6). También se podrá elegir el nivel para cada juego disponible, siendo 1 el nivel más fácil y 3 el nivel más difícil. Por *default*, el nivel seleccionado es el 1.

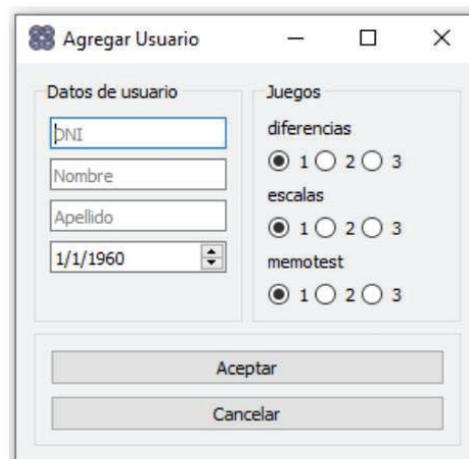


Figura 6. Pantalla para agregar jugador. Permite ingresar los datos personales del usuario y los niveles para configurar los juegos.

Al hacer clic en el botón “Aceptar” la información quedará guardada en la base de datos y permitirá al jugador ingresar al programa y realizar las actividades en los niveles seleccionados.

2.4.2. Editar jugador

En caso de querer modificar la información del jugador, se debe ingresar a la opción “Editar Usuario” en la pantalla principal. Se abrirá otra ventana donde se puede buscar al usuario por DNI y cambiar tanto los datos personales como los niveles de los juegos (figura 7).

PyRehab – Manual de usuario para el profesional de salud

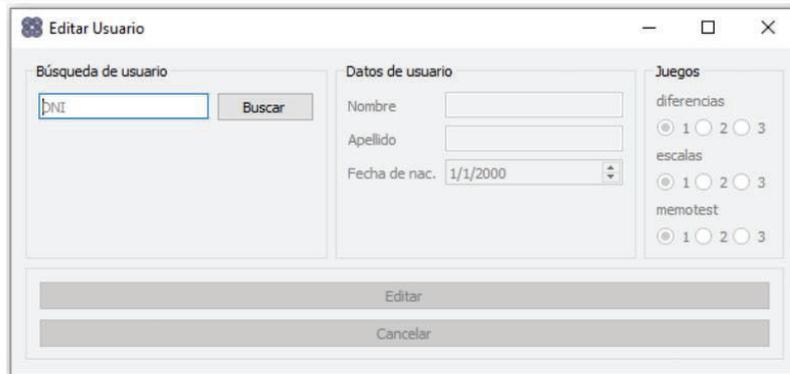


Figura 7. Pantalla para editar usuario. Permite modificar la información personal del jugador así como también los niveles de los juegos.

Al hacer clic en el botón “Editar” se guardarán los cambios introducidos. Con el botón “Cancelar” la base de datos no se verá modificada.

2.4.3. Eliminar jugador

Para eliminar un usuario y prohibir su acceso al programa de juegos, se debe ingresar en la opción “Eliminar usuario” de la pantalla principal.

Esta ventana permitirá buscar al usuario por DNI y eliminarlo, observando los datos que estén ingresados (figura 8).

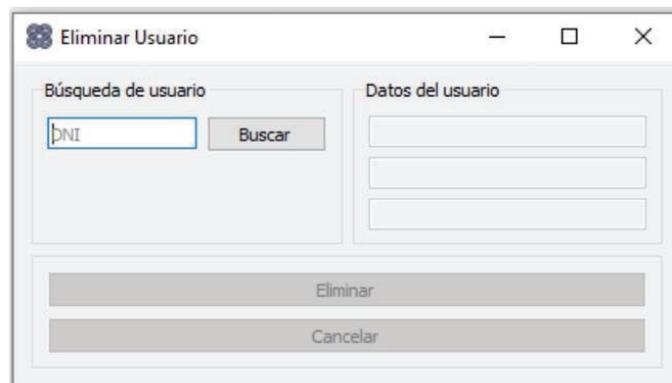


Figura 8. Pantalla para eliminar a un jugador. Se debe buscar por DNI y al eliminarlo queda prohibido su ingreso al programa.

2.4.4. Resultados

La opción “Resultados” permite extraer en un archivo en formato Excel, ciertos parámetros de los juegos realizados por un jugador en específico. Para eso, en la ventana que aparece al hacer clic en esa opción se debe buscar el jugador por DNI (figura 9).

Al hacer clic en “Extraer a archivo” se generará automáticamente una planilla Excel cuyo nombre es el DNI del jugador. Los datos que se extraen de cada sesión de juego son los siguientes: cantidad de aciertos, cantidad de errores, tiempo jugado y fecha en la que jugó. Cada hoja del archivo corresponde a un juego distinto.

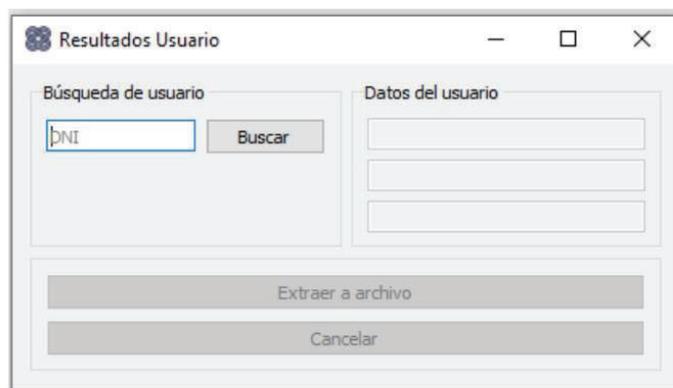


Figura 9. Pantalla para extraer los resultados de los juegos a un archivo Excel. Se debe buscar por DNI y automáticamente se generará el archivo con el mismo nombre.