



Diseño y Desarrollo de una Aplicación Para el Apoyo a la Rehabilitación de Personas que Hayan Sufrido un Accidente Cerebrovascular

Nicolas Schneider Montaña

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Ibagué, Colombia
2020

Diseño y Desarrollo de una Aplicación Para el Apoyo a la Rehabilitación de Personas que Hayan Sufrido un Accidente Cerebrovascular

Nicolas Schneider Montaña

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero electrónico

Director (a):
Msc. Ing. Jennifer Triana

Línea de Investigación:
Programación

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Ibagué, Colombia

2020

Agradecimientos

A mi madre y a mi hermana por apoyarme.

A la ingeniera Jennifer Triana por guiarme en el desarrollo de este trabajo.

A todos los ingenieros que fueron parte y aportaron a mi proceso de aprendizaje desde sus áreas.

Resumen

Luego de que una persona sufre un accidente cerebrovascular, puede padecer de discapacidad permanente o transitoria. (Association N. S., 2019)

Para ayudar a recobrar las capacidades funcionales perdidas gran parte de las personas necesitarán terapias de rehabilitación. Las terapias de rehabilitación son un conjunto de ejercicios físicos y mentales, los cuales dependerán de la afectación del paciente.

A menudo, la rehabilitación del paciente se da lugar en instalaciones médicas, esto de acuerdo a sus requerimientos, asistidos por profesionales de la salud, pero desde hace algunos años, gracias a la tecnología y al interés de flexibilizar y ampliar la atención primaria, se encuentra la posibilidad de que el paciente pueda acceder a dichos programas desde la comodidad de su hogar.

Con la materialización del proyecto se busca contribuir con el proceso de recuperación del afectado, mediante el uso de aplicaciones virtuales como juegos, que pondrán a prueba sus habilidades. Así mismo facilitará el acceso a las terapias, puesto que, considerando el nivel de afectación, no sería necesario que el paciente se dirija al centro de salud para la realización de sus ejercicios.

Palabras clave: Accidente cerebrovascular, terapias, rehabilitación, aplicaciones.

Abstract

After someone suffers a stroke, the person who suffer it will have any permanent disability or transitory disability.

For helping them to recover his functional capacities that were lost, the people need some therapy for his rehabilitation. The rehabilitation therapies are physical and mental exercises which will depend in the level of the patient affection.

Usually, the rehabilitation of the patient takes places in the medical facilities, that will depend of his requirements, assisted by healthcare professionals, but for some years, due to the technology and the interest of making flexible and expand the primary attention, there are possibilities where the patient can access to this program from his home.

With this project, I want to contribute with the process recovery of the affected, through the use of virtual apps like videogames, that will test their abilities. Likewise, it will make easier the access to these therapies, considering the level of affectation, it won't be necessary that the patient go to the medical center to perform his exercises.

Keywords: stroke, therapy, rehabilitation, apps.

Contenido

Marco teórico.....	5
1.1 Accidente Cerebrovascular	5
1.2 Rehabilitación luego de un accidente cerebrovascular	5
1.3 Programación orientada a objetos	6
1.4 Lenguaje C#.....	7
1.4 Visual Studio	8
1.5 Unity.....	8
1.6 Estado del arte	11
Metodología.....	12
1.2 Descripción del funcionamiento de cada juego.....	12
1.2.1 Completa las sumas	12
1.2.2 Seguir la secuencia	12
1.2.3 Lluvia de flechas.....	13
1.2.4 Buscar Palabras	13
1.2.5 Encuentra la Pareja	13
1.2.6 Memoriza la carta anterior	13
1.3 Diseño visual de los juegos	14
1.3.1 Pantalla de inicio.....	14
1.3.2 Pantallas de juego, panel de pausa y panel final	17
1.4 Escenas elementos de juego y animaciones	18
1.4.1 Completa las sumas	18
1.4.2 Seguir la secuencia	19
1.4.3 Lluvia de flechas.....	20
1.4.4 Buscar palabras.....	21
1.4.5 Encuentra la pareja.....	22
1.4.6 Memoriza la carta anterior	24
1.5 Diseño del software de cada juego.....	25
1.5.1 Completa las sumas	25
1.5.2 Seguir la secuencia	26
1.5.3 Lluvia de flechas.....	27
1.5.4 Buscar palabras.....	29
1.5.5 Encuentra la pareja.....	30
1.5.6 Memoriza la carta anterior	31
Pruebas y validaciones.....	32
1.6 Recopilación y análisis de resultados	34
1.6.1 Completa las sumas	34
1.6.2 Seguir la secuencia	35
1.6.3 Lluvia de flechas.....	36
1.6.4 Buscar palabras.....	37
1.6.5 Encuentra la pareja.....	38
1.6.6 Memoriza la carta anterior	39
1.7 Experiencia de juego.....	40
1.7.1 Experiencia Completa las sumas.....	40
1.7.2 Experiencia Sigue la secuencia	41

1.7.3	Experiencia Lluvia de flechas	42
1.7.4	Experiencia Buscar Palabras.....	43
1.7.5	Experiencia Encuentra la pareja.....	44
1.7.6	Experiencia Memoriza la carta anterior	45
Conclusiones y recomendaciones.....		46
1.8	Conclusiones	46
1.9	Recomendaciones	47

Lista de figuras

Figura 1-1: Entorno de desarrollo Visual Studio. Fuente [17]	8
Figura 1-2: Interfaz de Unity. Fuente [19].....	9
Figura 1-3: Vista general de los scripts de Unity. Fuente [18]	10
Figura 2-1: Modelo pantalla de inicio que utilizan los juegos. Fuente: el autor	14
Figura 2-2: Vista ventana Animation. Fuente: el autor	15
Figura 2-3: Antes y después de ejecutar la animación. Fuente: el autor	15
Figura 2-4: Vista en la ventana Animator animaciones. Fuente: el autor.....	16
Figura 2-5: Transición respuesta incorrecta. Fuente: el autor	16
Figura 2-6: Transición respuesta correcta. Fuente: el autor	16
Figura 2-7: Modelo de la pantalla de los niveles. Fuente: el autor.....	17
Figura 2-8: Panel de juego pausado. Fuente el autor	17
Figura 2-9: Panel de información final. Fuente: el autor	18
Figura 2-10: Escenas y objetos de Completa las sumas. Fuente: el autor	18
Figura 2-11: Tablero de respuestas de completa la suma. Fuente: el autor	19
Figura 2-12: Escenas y objetos de juego de sigue la secuencia. Fuente: el autor	19
Figura 2-13: Pantalla de juego Lluvia de flechas. Fuente: el autor	20
Figura 2-14: Objetos de lluvia de flechas. Fuente: el autor	20
Figura 2-15: Recopilación escenas Buscar Palabras. Fuente: el autor	21
Figura 2-16: Transición letra correcta. Fuente: el autor.....	21
Figura 2-17: Transición letra incorrecta. Fuente: el autor	22
Figura 2-18: Escenas de juego de Encuentra la pareja. Fuente: el autor	22
Figura 2-19: Transición de las cartas. Fuente: el autor	23
Figura 2-20: Transición carta correcta. Fuente: el autor.....	23
Figura 2-21: Todas las cartas de Encuentra la pareja. Fuente: el autor	23
Figura 2-22: Escenas de memoriza la carta anterior. Fuente: el autor	24
Figura 2-23: Cartas de Memoriza la carta. Fuente: el autor	24
Figura 2-24: Diagrama de flujo juego completa las sumas. Fuente: el autor	26
Figura 2-25: Diagrama de flujo juego Seguir la secuencia. Fuente: el autor.....	27
Figura 2-26: Diagrama de flujo lluvia de flechas. Fuente: el autor.....	28
Figura 2-27: Diagrama de flujo Buscar palabras. Fuente: el autor	29
Figura 2-28: Diagrama de flujo Encuentra la pareja. Fuente: el autor	30
Figura 2-29: Diagrama de flujo de Memoriza la carta anterior. Fuente: el autor	31
Figura 3-1: Jugador Juan Diego. Fuente: el autor. 32	
Figura 3-2: Jugador Juan Felipe. Fuente: el autor	33
Figura 3-3: Gráficas comparativa resultados Completa las sumas. Fuente: el autor	34
Figura 3-4: Gráficas comparativa resultados Sigue la secuencia. Fuente: el autor	35
Figura 3-5: Gráfica comparativa de resultados Lluvia de flechas. Fuente: el autor	36
Figura 3-6: Gráficas comparativas resultados Buscar palabras. Fuente: el autor.....	37
Figura 3-7: Gráficas comparativas resultados Encuentra la pareja. Fuente: el autor.....	38
Figura 3-8: Gráfica comparativa de resultados Memoriza la carta anterior. Fuente: el autor	39
Figura 3-9: Resultados encuesta completa las sumas. Fuente: el autor	40

Figura 3-10: Resultados encuesta Sigue la secuencia. Fuente: el autor	41
Figura 3-11: Resultados encuesta lluvia de flechas. Fuente: el autor	42
Figura 3-12: Resultado encuesta acerca de buscar palabras. Fuente: el autor	43
Figura 3-13: Resultados encuesta sobre Encuentra la pareja. Fuente: el autor.....	44
Figura 3-14: Resultados encuesta sobre Memoriza la carta anterior.....	45

Lista de tablas

Tabla 3-1: Resultados finales juego Completa las sumas. Fuente: el autor.....	34
Tabla 3-2: Resultados finales Sigue la secuencia. Fuente: el autor.....	35
Tabla 3-3: Resultados finales Lluvia de flechas. Fuente: el autor.....	36
Tabla 3-4: Resultados finales Buscar palabras. Fuente: el autor.....	37
Tabla 3-5: Resultados finales Encuentra la pareja. Fuente: el autor.....	38
Tabla 3-6: Resultados finales memoriza la carta anterior. Fuente: el autor.....	39

Introducción

El ACV es la tercera causa de discapacidades permanentes a nivel mundial (Walter Johnson, 2016), algunas de las afectaciones producidas pueden ser parálisis, déficits cognoscitivos, problemas del habla y dificultades emocionales (Stroke, s.f.), problemas que impactan de manera directa en el desarrollo de la vida cotidiana tanto la persona que sufrió esta enfermedad, como también la de su entorno familiar.

Luego del alta médica y con el fin de recuperar el daño causado por el ACV, el paciente es sometido al proceso de rehabilitación, tanto este proceso, como el sitio donde tendrá lugar van en función de las necesidades propias del paciente. (Federación Española de Daño Cerebral, s.f.)

En caso de que la persona no requiera estar internada, es remitida a rehabilitación ambulatoria, dónde el paciente se dirige al centro de salud correspondiente dónde llevará a cabo las rutinas de ejercicios propuestos por el personal de la salud. (Federación Española de Daño Cerebral, s.f.)

Desafortunadamente, no todos los tipos de centros de rehabilitación especializados están disponibles en todas las ciudades, puesto que, conforme a donde resida la persona, tendrá más o menos opciones para seguir su tratamiento (Association A. S., 2016), de modo que representa un problema grave en cuanto a su rehabilitación adecuada. Adicionalmente, las terapias en muchos casos no resultan ser entretenidas, por lo tanto, la motivación del paciente de hacer sus ejercicios tiende a ser baja, generando así, un avance ineficaz en el proceso de rehabilitación, teniendo en cuenta que, el proceso también involucra su estado emocional. (Pedro López-Dóriga Bonnardeauxa, 2016)

Los videojuegos se posicionan como una de las industrias de entretenimiento más influyentes en la actualidad, alrededor de 2.500 millones juega algún tipo de videojuego en las diferentes plataformas (Newzoo, 2019), entonces, gracias al auge de la industria, cada vez se desarrollan nuevas aplicaciones diferentes al ocio.

En el área de la salud, los videojuegos pueden facilitar los procesos de fisioterapias, terapias cognitivas, rehabilitación o simplemente, mejorar la estancia del paciente en el centro hospitalario. (Dra. M^a José Busto Martínez, 2012)

Por lo tanto, en este caso, se pueden aprovechar los beneficios que traen consigo las nuevas tecnologías, dónde los afectados por un ACV puedan entrar en contacto con las herramientas digitales, y de esta manera, hacer más didáctico e interactivo su proceso de recuperación, generando un mayor interés en las personas en atender y completar sus terapias.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar aplicaciones que sean de ayuda en los ejercicios de rehabilitación física y cognitiva en pacientes que hayan sufrido un accidente cerebrovascular (ACV).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar la documentación acerca de las actividades y/o técnicas existentes.
- Delimitar las actividades que se van a introducir a la aplicación, teniendo en cuenta las valoraciones tomadas por parte de un psicólogo.
- Diseñar la aplicación basándose en las técnicas más apropiadas de implementar de manera virtual.
- Implementar la aplicación integrando todos las técnicas y entornos necesarios.
- Prueba y validación de la aplicación.

1. Marco teórico

1.1 Accidente Cerebrovascular

Un accidente cerebrovascular tiene lugar cuando hay una hemorragia en el cerebro o en cualquiera de sus membranas circundantes, o cuando su flujo sanguíneo se bloquea súbitamente. (Association A. H., 2019)

Si algún área del cerebro llegase a no recibir la cantidad de oxígeno suficiente debido a un accidente cerebrovascular, la parte del cuerpo que es manejada por esta área tiene la posibilidad de verse perjudicada, por tal razón, los accidentes cerebrovasculares pueden generar incapacidades, ya sea momentáneas o definitivas. (Association A. H., 2019)

Existen dos tipos de accidente cerebrovascular; el accidente cerebrovascular hemorrágico, el cual ocurre al presentarse una hemorragia cerebral o al rededor y está el accidente cerebrovascular isquémico, que es cuando hay una obstrucción de un vaso sanguíneo que irriga al cerebro. (Association A. H., 2019) (Stroke)

1.2 Rehabilitación luego de un accidente cerebrovascular

La rehabilitación luego de que una persona sufre un accidente cerebrovascular es la manera en la que el afectado es apoyado para que logre recobrar las habilidades que se perdieron. Si bien tanto la complejidad de las afectaciones como las facultades de cada persona son propias de cada caso en específico, se ha evidenciado que las personas que se someten a algún proceso de rehabilitación logran tener mejores resultados en la mejora de sus capacidades a lo largo del tiempo, que aquellas que no lo hacen. [11]

El programa de rehabilitación que llegase a seguir un paciente va directamente ligado a la habilidad afectada, en una visión general, los ejercicios integran terapias físicas incluyendo ejercicios de movilidad, motricidad y equilibrio, con terapia cognitiva, que puede tratar capacidades afectadas, desde la memoria y razonamiento, hasta problemas psicológicos. Sea cual sea el procedimiento que vaya a seguir la persona afectada, va a estar en constante acompañamiento por un grupo de diferentes especialistas médicos, quienes a parte de acompañar, se encargan de que el proceso se siga de la mejor manera. (Stroke) (MayoClinic, 2019)

Existen varios factores que pueden determinar el resultado satisfactorio del proceso, entre los cuáles se pueden destacar, el grado del accidente y que tanta afectación hubo, la motivación de la persona hacia sus terapias y, por último, el respaldo de personas cercanas también resulta ser un componente importante que aporta al producto del proceso. El resultado de la recuperación es propio de cada paciente y resulta complejo realizar una

estimación exacta en cuanto a la cantidad de tiempo que tardará el proceso y adicionalmente, que habilidades se van a recuperar en ese intervalo de tiempo. (MayoClinic, 2019) (Assosiation, 2018)

Hay varias opciones dónde se llevan a cabo las terapias de rehabilitación, usualmente al poner en marcha la recuperación, tienen lugar en un hospital o clínica, pero conforme se va avanzando, los profesionales de la salud indicarán que sitio puede ser mejor, teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente. Se pueden dar como recuperación doméstica, es para personas que, debido a sus afectaciones, no pueden salir de casa, deben ser acompañadas suficientemente por sus allegados y normalmente no hay posibilidades de tener equipamientos especializados de recuperación. En cambio, la recuperación internada incluye programas más acelerados, por lo cual, requieren mayor acompañamiento médico, por otro lado, también se precisa que el paciente sea apto física y mentalmente para ello. (MayoClinic, 2019) (Assosiation, 2018) (Andrés Mauricio Álvarez P, 6)

Se presentan numerosas actividades que son apoyadas por la tecnología, donde se incluyen sistemas robóticos que asisten extremidades debilitadas, dispositivos electrónicos que aplican terapia muscular mediante pulsos eléctricos y adicionalmente, tecnologías informáticas como lo son los videojuegos, que permiten que el paciente interactúe con un dispositivo electrónico mientras realiza su proceso de recuperación. (Stroke) (MayoClinic, 2019)

1.3 Programación orientada a objetos

La programación orientada a objetos (POO) se define como un paradigma¹ de la programación, en dónde haciendo uso de objetos principalmente, se crean programas informáticos que satisfacen necesidades específicas. (Juan, 2015)

Un objeto se define como “una entidad que contiene en sí mismo, toda la información necesaria, misma que permite definirlo, identificarlo, y accederlo” (Ruiz,2011) (p.5) y posee tres características esenciales:

- Identidad: es un distintivo que hace que el objeto sea único entre los demás.
- Comportamiento: son las funciones que ejecuta cada objeto, y están determinadas por los métodos.
- Estado: son los valores que constituyen a las propiedades de un objeto.

¹ Paradigma: Teoría o conjunto de teorías cuyo núcleo central se acepta sin cuestionar y que suministra la base y modelo para resolver problemas y avanzar en el conocimiento.
REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es>>

Los métodos se definen como procesos que permiten que los objetos interactúen entre sí, formando de esta manera, un programa. (Juan, 2015) (Ruiz Rodríguez, 2011)

La programación orientada a objetos presenta unas características especiales que permiten distinguirla de otros métodos de programación:

- **Abstracción:** mediante la abstracción se pueden denominar las propiedades principales que se requieran de un objeto.
- **Polimorfismo:** los métodos o funciones pueden nombrarse de igual manera, pero cambian su resultado de acuerdo con el objeto con el cual estén interactuando.
- **Encapsulamiento:** si los objetos se contemplan como similares en alguna propiedad, se agrupan.
- **Modularidad:** la forma en la cual se puede fraccionar un programa en módulos, definidos como secciones menores autónomas de todo el programa.
- **Herencia:** según la clase a la cual el objeto sea miembro, así mismo va a heredar los atributos de la misma.
- **Principio de ocultación:** las propiedades de los objetos únicamente son accesibles por métodos locales propios de cada objeto. (Juan, 2015) (Ruiz Rodríguez, 2011)

1.4 Lenguaje C#

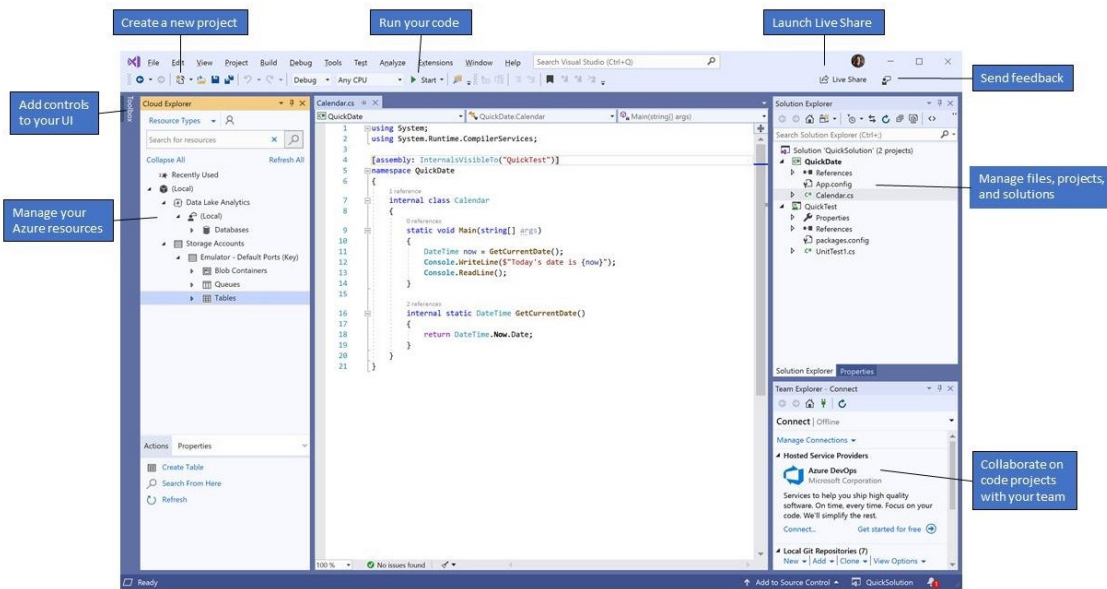
C# es un lenguaje diseñado por la empresa Microsoft sus bases son del lenguaje C. Es un lenguaje orientado a objetos, que permite ejecutar las características primordiales de la (POO) mencionadas en el punto anterior. (Microsoft)

Cada software realizado en el lenguaje C# se comprende de uno o múltiples ficheros, dónde cada fichero contiene espacios de nombres, dónde un espacio de nombres se define como la forma de ordenar las clases que se declaren dentro de cada programa. Al compilarse un programa, se organizan en ensamblados, que son archivos finales cuya extensión varía en función de si es una biblioteca o una aplicación. (Microsoft)

1.4 Visual Studio

Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado creado por Microsoft, utilizado como editor, depurador y compilador de código y adicionalmente, emitir una aplicación. Contiene amplias características provechosas en el desarrollo de programas computacionales. (Microsoft, <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019>) En la figura 1 se muestra una vista básica del entorno junto a sus ventanas de herramientas:

Figura 1-1: Entorno de desarrollo Visual Studio. Fuente (Microsoft, <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019>)



1.5 Unity

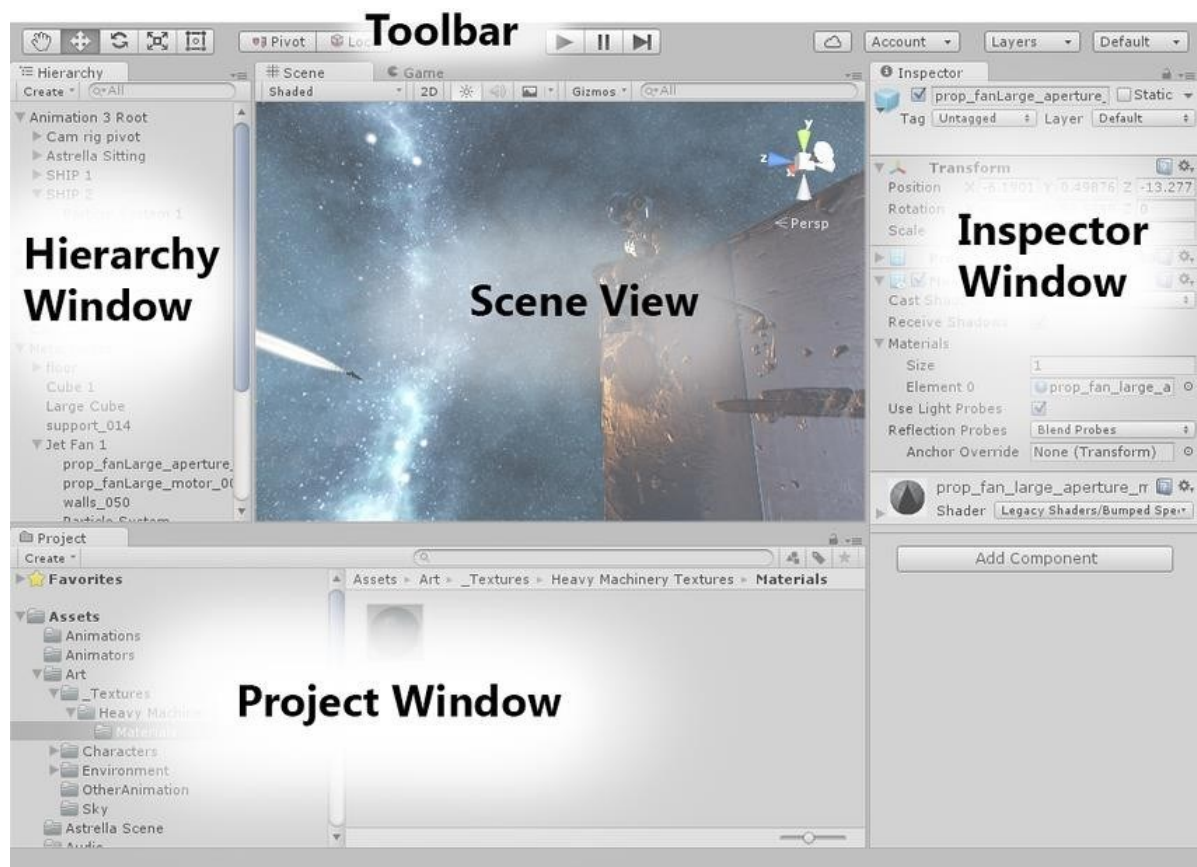
Unity es una plataforma de desarrollo multiplataforma, permite la creación de contenido audiovisual en 2D y 3D. Funciona como motor de videojuegos permitiendo la simulación de magnitudes físicas de manera sencilla.

Para el desarrollo de videojuegos, se emplean scripts, un script es un programa que va a describir el comportamiento de un objeto, los scripts se añaden como una componente del GameObject.

Unity soporta dos lenguajes orientados a objetos, C# y UnityScript². Válido para ambos lenguajes, los objetos se denominan GameObjects y cada GameObject contiene varios tipos de características denominadas componentes, que son manipuladas dentro de los scripts. (Unity)

En la Figura 1-2 se muestra la interfaz del entorno, junto a sus diferentes ventanas:

Figura 1-2: Interfaz de Unity. Fuente (Unity)



² UnityScript: un lenguaje diseñado específicamente para uso con Unity y modelado tras JavaScript. (Unity)

1.5.1 Estructura de los scripts

Los scripts se ven básicamente como en la Figura 3, donde se denotan dos funciones dentro de la clase principal *MainPlayer*³, la función *Start* y la función *Update*:

- La función *Start* se ejecuta al iniciarse la ejecución del programa y se ejecutará solo una vez.
- La función *Update* por el contrario, se va a ejecutar cada fotograma⁴ del juego, por lo cual, estará efectuándose siempre que el juego esté corriendo. (Unity)

Figura 1-3: Vista general de los scripts de Unity. Fuente (Unity)

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class MainPlayer : MonoBehaviour {

    // Use this for initialization
    void Start () {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {

    }

}
```

³ Nombre arbitrario dado para el ejemplo, la clase principal contiene todas las funciones.

⁴ Imagen cinematográfica considerada aisladamente, Oxford Languages

1.6 Estado del arte

Existen diferentes tipos de videojuegos y aplicativos digitales que pueden ayudar en la rehabilitación física, no sólo a afectados por accidentes cerebrovasculares, sino como herramienta de apoyo a la fisioterapia por lesiones físicas; tal como desarrolló Aguado (2015) (Aguado Fidalgo, 2015) en su trabajo llamado “Realidad virtual aplicada a la rehabilitación física” elabora un videojuego que asiste en el proceso de rehabilitación de una lesión en el hombro de una persona mediante ejercicios desarrollados usando un entorno de realidad virtual.

Guevara y Martínez (2018) realizaron un trabajo denominado “Diseño y desarrollo de un sistema inmersivo de reconocimiento y control de gestos, ostensible por medio de realidad virtual como método de ayuda en la rehabilitación de la capacidad motriz de las extremidades superiores en pacientes con accidente cerebrovascular” (Bryan & Azucena, 2018) dónde crean un sistema de realidad virtual y lo enfocan hacia la rehabilitación física de pacientes que sufrieron un ACV, el sistema está basado en modelos 3D y seguimiento de movimientos para guiar en los ejercicios de las terapias. Ambos tienen en común el uso de tecnología de realidad virtual, que, aunque son herramientas novedosas, requieren de dispositivos de cómputo sofisticados que soporten su ejecución.

En Colombia también se han desarrollado este tipo de videojuegos de apoyo, Muñoz, Henao y López (2013) crearon “Sistema de Rehabilitación basado en el Uso de Análisis Biomecánico y Videojuegos mediante el Sensor Kinect” (Muñoz-Cardona, Henao-Gallo, & Henao-Gallo, 2013) pero presentan el mismo problema detallado anteriormente, para poder hacer uso del sistema, es necesario tener equipos de alto rendimiento, que en muchos casos, no todas las personas o centros de rehabilitación los poseen.

2. Metodología

En este apartado se describe de manera detallada el proceso de diseño y desarrollo de las aplicaciones, en general, se hizo uso de la plataforma de desarrollo audiovisual Unity en su versión Personal, para el diseño de cada juego, junto a Visual Studio Community, software en el cual se crearon todos los códigos que se precisan.

Los juegos se basan en ambientes 2D y el jugador solamente utiliza el mouse del ordenador para interactuar con cada juego.

Cada juego incluye la generación de un reporte en formato CSV⁵ luego de que este finaliza, este reporte incluye el rendimiento general del jugador en determinado juego, también informa si se completó en su totalidad o quedó en algún nivel, junto a su nombre y su edad, por tal razón, al iniciar cada juego se pide que esto sea especificado. Este reporte puede servir de gran ayuda para que posteriormente los resultados sean interpretados por el encargado de aplicar las sesiones de juego.

2.1 Descripción del funcionamiento de cada juego

2.1.1 Completa las sumas

En este juego, el paciente deberá completar indicando que número hace falta a las sumas aleatorias que se le presentan en pantalla. Consta de tres niveles, conforme se vaya aumentando el nivel luego de que el jugador obtiene una cantidad de aciertos, la dificultad de las sumas incrementa. Mediante la realización de sumas se pone a prueba la capacidad de la persona de solucionar operaciones matemáticas sencillas. El jugador tiene 30 segundos para terminar cada suma, de lo contrario, el juego finalizará.

2.1.2 Seguir la secuencia

En Seguir la secuencia, el jugador tiene que seguir la secuencia numérica según como se indica en la pantalla, incorpora cuatro niveles distintos, al avanzarse en los niveles, la secuencia numérica tendrá mas números. La disposición de los números en pantalla siempre va a ser aleatoria, por lo cual, las sesiones no siempre serán iguales. Si cada secuencia no se logra señalar en 30 segundos, el juego se da por finalizado.

⁵ Tipo de archivo de valores separados por comas, sirve para representar datos de manera tabular en hojas de cálculo. (htt1)

2.1.3 Lluvia de flechas

Para Lluvia de flechas, el paciente ha de señalar la flecha que apunte en la dirección que se revela en pantalla al azar, cada cierto tiempo se cambia la dirección que debe señalar, Incluye 4 niveles, según se avance entre ellos, tanto el tiempo que tiene para señalar una cantidad de flechas, como el tiempo de cambio de dirección se van a reducir, a su vez, la velocidad con la que las flechas van a caer será mayor, de esta manera, la dificultad del juego aumenta. El objetivo del juego es apoyar al jugador a que ejercite su atención.

2.1.4 Buscar Palabras

Se visualiza una palabra y el jugador debe armarla letra por letra en orden, cada que oprime una letra correcta, la palabra se va armando en la parte superior de la pantalla. El juego inicia con palabras cortas, y a medida que se vayan completando, van a aparecer palabras más largas hasta completar 4 niveles. Cada palabra debe completarse en 30 segundos o el juego se termina. Con ese juego se busca ejercitar la atención focalizada⁶ del usuario.

2.1.5 Encuentra la Pareja

En encuentra la pareja se le muestra al jugador un conjunto par de cartas, donde cada carta está repetida dos veces, luego se voltean para ocultar su contenido, el orden de las cartas es completamente al azar. El objetivo es que el jugador recuerde donde estaba cada carta y logre encontrar cada pareja con el mínimo de errores. Se inicia con 6 cartas y con cada nivel que el usuario suba, la cantidad de cartas aumenta hasta tener un total de 14 cartas en la misma escena. Con este juego se busca ayudar a ejercitar la memoria espacial⁷ del jugador.

2.1.6 Memoriza la carta anterior

Al iniciar el juego se exhibe una carta con una figura geométrica aleatoria, pasado cierto tiempo, la carta desaparece y aparece otra, el jugador debe responder si la carta que apareció es igual o no a la anterior. De esta forma se desarrolla el juego, donde luego de 60 segundos, pasa al siguiente nivel. En cada nivel el tiempo que dura la carta en pantalla será menor, y la cantidad de figuras geométricas aumenta. La finalidad del juego es apoyar el entrenamiento de la capacidad de procesar información del jugador.

⁶ Capacidad de una persona de centrar su atención en un estímulo recibido. (Fundación CADAH)

⁷ Memoria que se encarga de grabar información acerca de la posición y la ubicación de un lugar u objeto. (Lomas)

2.2 Diseño visual de los juegos

En esta sección se precisa el proceso de diseño de las interfaces, escenas de juego, objetos y animaciones con los que el usuario interactúa en cada uno de los juegos implementados. Con el fin de que tanto las interfaces como la experiencia de juego resulte ser más interactiva y atractiva para el jugador, en todos los juegos se incluyeron sonidos de uso libre desarrollados por redbuttonaudio.co.uk. Adicionalmente todos los textos tienen un estilo pixel art⁸, la cual es de uso gratuito.

2.2.1 Pantalla de inicio

En la figura 2-1 se muestra el diseño general que tiene la pantalla de inicio de todos los juegos. Donde se destacan 4 elementos, el número 1 es el título del juego, el 2 son las cajas de texto donde el usuario va a ingresar su nombre y su edad, que posteriormente serán incluidos en el reporte, el número 3 es el botón que inicia la ejecución del juego y por último el 4, que es un botón que retorna a la pantalla inicial.

Figura 2-1: Modelo pantalla de inicio que utilizan los juegos. Fuente: el autor.



⁸ Arte digital creado modificando pixel a pixel. (htt)

Los dos botones descritos también incluyen animaciones para cuando el mouse está sobre ellos, para el proceso de creación de las animaciones, se utiliza la herramienta Animator, incluida en el editor Unity. Para esta animación se manipulan los componentes de escalado de ambos objetos como se evidencia en la figura 2-2. En la figura 2-3 se muestra el resultado.

Figura 2-2: Vista ventana Animation. Fuente: el autor

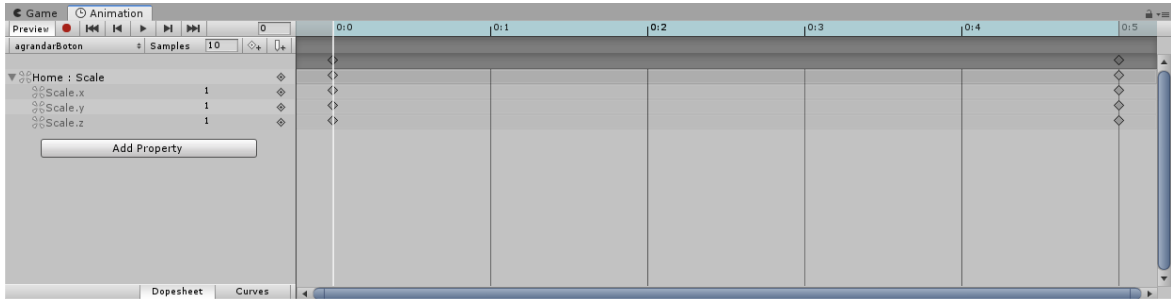
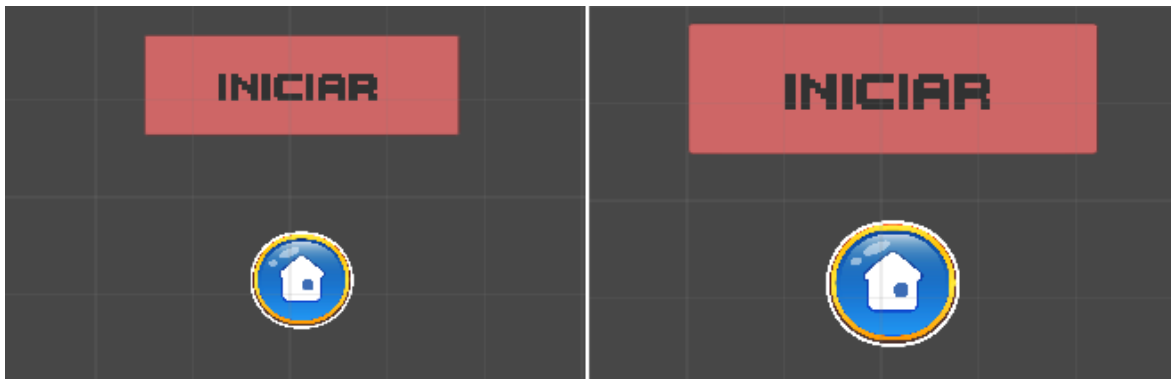
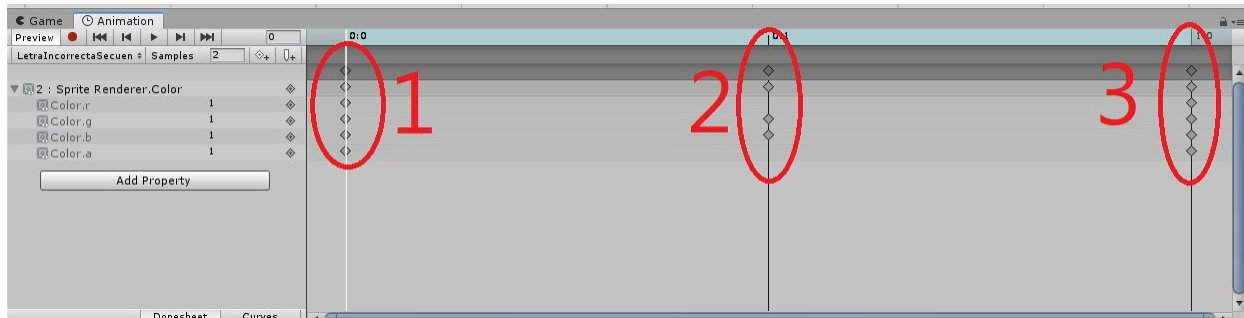


Figura 2-3: Antes y después de ejecutar la animación. Fuente: el autor



Animaciones según respuestas:

De acuerdo a si se oprimió un objeto incorrecto, se va a ejecutar una animación que indica que la respuesta fue incorrecta. Tal como la figura 2-4 lo enseña, la componente color del objeto número va a variar en cada uno de los 3 momentos señalados, cada momento equivale a un cuadro de la animación. En la figura 2-5 se muestra la transición. Si, por el contrario, se pulsó un objeto correcto y la respuesta es correcta, la transición será como la figura 2-6, la ventana del Animator se verá de la misma forma que la anterior, sino que, en este caso, el color no sería rojo sino verde. Estas animaciones descritas son válidas para los objetos de juego numéricos y letras en los juegos que los incluyan, esto es detallado en secciones posteriores.

Figura 2-4: Vista en la ventana Animator animaciones. Fuente: el autor**Figura 2-5:** Transición respuesta incorrecta. Fuente: el autor.**Figura 2-6:** Transición respuesta correcta. Fuente: el autor.

2.2.2 Pantallas de juego, panel de pausa y panel final

En la figura 2-7 es detallado el diseño de las pantallas de juego que se ven mientras el usuario está jugando. Cuentan con 4 elementos resaltados. El primer elemento muestra el nivel en el cual va la sesión de juego, el número 2 señala el tiempo restante que queda para completar la prueba, el componente 3 imprime en pantalla el conteo de errores y aciertos totales de la sesión hasta ese momento, el número 4 es el botón que, de ser oprimido, pausa la ejecución del juego y se muestra el panel de pausa (figura 2-8) donde se aprecia un único botón para reanudar el juego. Por último, el botón 5 detiene el juego y posteriormente lo finaliza.

Figura 2-7: Modelo de la pantalla de los niveles. Fuente: el autor

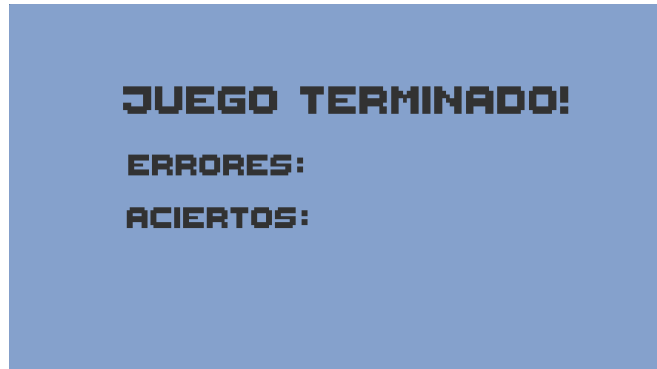


Figura 2-8: Panel de juego pausado. Fuente el autor.



Asimismo, cada que se termina el juego aparece un panel de información que indica que el juego ha terminado y la puntuación que obtuvo en esa sesión de juego. (Figura 2-8)

Figura 2-9: Panel de información final. Fuente: el autor



2.3 Escenas elementos de juego y animaciones

2.3.1 Completa las sumas

En la figura 2-9, se recopilan la escena de inicio junto a las escenas de cada uno de los niveles que tiene este juego, también se pueden apreciar los elementos de juego, en el recuadro rojo se encuentra resaltada la suma aleatoria que el jugador debe completar. En la figura 2-10 se amplía el tablero de respuestas de la parte inferior de la figura 2-9, en este se encuentran todas las opciones de respuesta que tiene el jugador para completar la suma, con cada uno de los objetos que se encuentran en este tablero puede interactuar. En el caso de las animaciones, dependiendo de la respuesta, se ejecutará alguna que ya fue descrita en el apartado 2.2.1, en la sección de *Animaciones según respuesta*.

Figura 2-10: Escenas y objetos de Completa las sumas. Fuente: el autor.

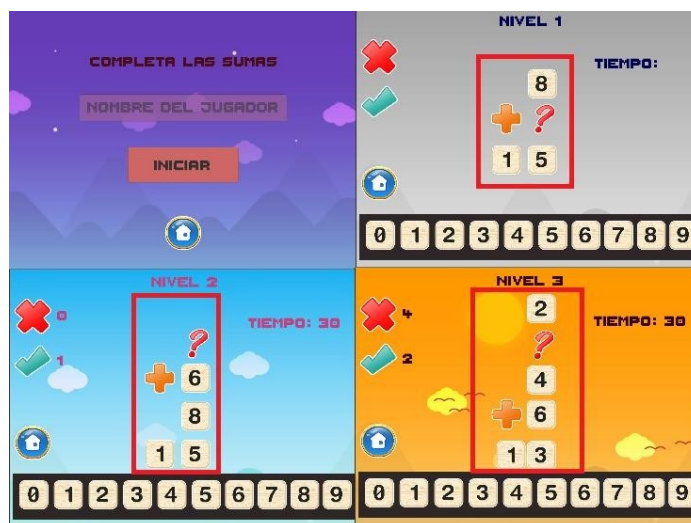


Figura 2-11: Tablero de respuestas de completa la suma. Fuente: el autor.



2.3.2 Seguir la secuencia

En este juego únicamente se interactúa con objetos de juego numéricos, como se denota en la figura 2-11, se resalta la posición en donde son instanciados a lazar para que el jugador posteriormente siga la secuencia según corresponda. Por otro lado, todos los niveles tienen colores de fondo diferentes, esto, para que el jugador no encuentre la experiencia de juego repetitiva. Las animaciones que se utilizan en este juego son las mismas que se mencionaron en la sección de *Animaciones* del apartado 2.2.1.

Figura 2-12: Escenas y objetos de juego de sigue la secuencia. Fuente: el autor



2.3.3 Lluvia de flechas

Los objetos de juego son flechas de diferentes colores y que apuntan en direcciones diferentes, en este juego no se incluyen cambios de escenario al cambiarse de nivel, las variaciones se dan en los elementos de juego y sus propiedades, ya sea en aumento de la velocidad de caída, aumento en la velocidad que una dirección de selección cambia o la cantidad de flechas que están presentes en la escena. En la figura 2-12 se muestra la pantalla de juego, de esta manera se visualizarán todos los niveles de este juego.

Cada vez que la dirección señalada en la parte superior cambia, se produce un sonido característico para hacérselo saber al jugador.

Figura 2-13: Pantalla de juego Lluvia de flechas. Fuente: el autor.



Las flechas con los que el jugador va a interactuar están ampliadas en la figura 2-14. En total son 16 flechas que son instanciadas cada cierto tiempo, hay 4 flechas por cada dirección. En este caso, en vez de hacer uso de animaciones para indicar si una respuesta es correcta o no, se emplean sonidos.

Figura 2-14: Objetos de lluvia de flechas. Fuente: el autor.



2.3.4 Buscar palabras

En la figura 2-14 están recopiladas todas las escenas de cada uno de los niveles de este juego junto a los elementos de juego que en este caso son letras, las zonas resaltadas con rojo son el lugar en el cual aparecen las palabras que el jugador debe encontrar, utilizando las letras que se encuentran señalizadas en los recuadros negros. El orden en el que aparecen las letras es aleatorio y, según sea la elección del usuario correcta o incorrecta, así mismo pasará a ser resaltada haciendo uso de las animaciones de cambio de color, como se ejemplifica en las figuras 2-15 y 2-16.

Figura 2-15: Recopilación escenas Buscar Palabras. Fuente: el autor.



Figura 2-16: Transición letra correcta. Fuente: el autor.



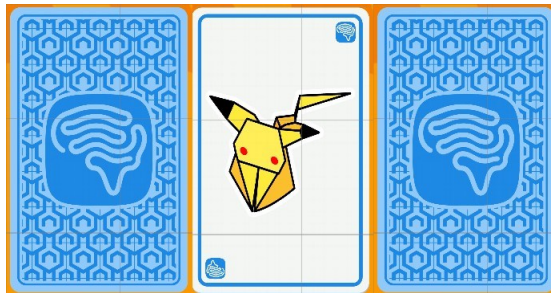
Figura 2-17: Transición letra incorrecta. Fuente: el autor.

2.3.5 Encuentra la pareja

En la figura 2-17 se agrupan todas las escenas de los niveles de este juego, además se visualizan los objetos de juego que en este juego son cartas, primero se muestran por el reverso, y luego, tal y como se aprecia en la figura 2-18, se hace una transición para que el jugador aprecie el contenido de la carta, lo memorice y luego se vuelven a voltear, con el fin de que el usuario pueda señalar las posiciones tal y como las recuerda. La animación descrita anteriormente se realiza manipulando las componentes de rotación y posición del objeto carta.

Figura 2-18: Escenas de juego de Encuentra la pareja. Fuente: el autor.

Figura 2-19: Transición de las cartas. Fuente: el autor.



Esto en cuanto a posiciones iniciales de cada nivel, para indicar que una carta es correcta la transición es como lo denota la figura 2-19, en caso contrario, al hacer clic con una carta incorrecta, la rutina sería la misma que en la figura 2-18.

Figura 2-20: Transición carta correcta. Fuente: el autor.



Las 8 cartas en total que pudiesen salir en cada nivel, y con las que el usuario interactúa son las que se indican en la figura 2-20.

Figura 2-21: Todas las cartas de Encuentra la pareja. Fuente: el autor.



2.3.6 Memoriza la carta anterior

Memorizar la carta anterior resulta ser un tanto distinto a los juegos anteriores, se desarrolla en un mismo ambiente y se responde únicamente si la carta actual es igual a la anterior, la única interacción que tiene el usuario con las cartas es visual para tratar de memorizarlas, la toma de decisiones se realiza utilizando los dos únicos botones de respuesta resaltados en el recuadro rojo de la figura 2-21, el objeto resaltado por el recuadro amarillo es la carta que el jugador va a ver y que va a cambiar cada que se responda la pregunta. La figura 2-22 expone todas las cartas que pueden aparecer en el juego.

Figura 2-22: Escenas de memoriza la carta anterior. Fuente: el autor.



Figura 2-23: Cartas de Memoriza la carta. Fuente: el autor.



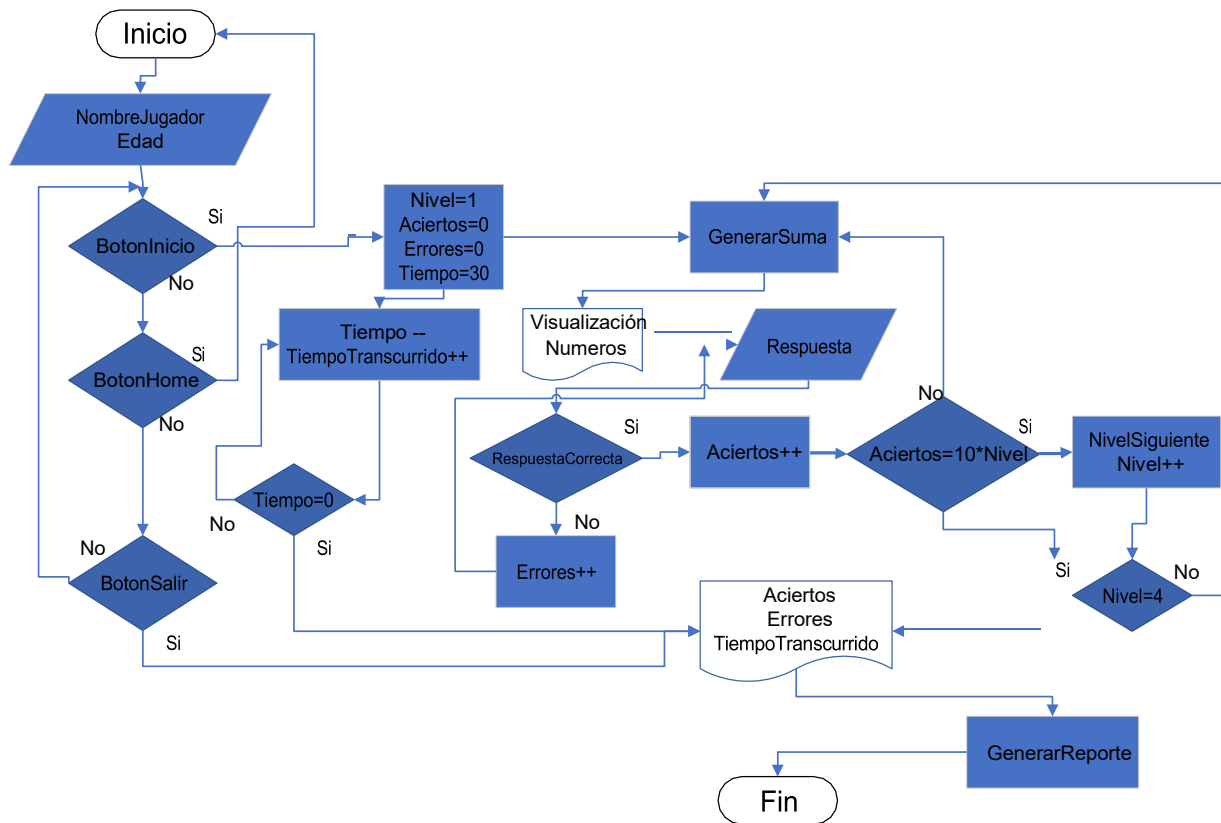
2.4 Diseño del software de cada juego

2.4.1 Completa las sumas

En la figura 2-23 está plasmado el diagrama de flujo del juego completa las sumas. El inicio de la ejecución del programa pide al usuario el nombre del jugador y queda a la espera de que se presione uno de los dos botones que hay en la pantalla de inicio. De no presionarse ninguno de los dos, no se presentan cambios y se ejecuta la misma escena hasta que se llegase a presionar alguno. Si se escoge el BotonHome, el sistema vuelve al inicio de la ejecución, pero si se selecciona BotonInicio, la escena de juego cambia y empieza el Nivel1.

Al comenzar la ejecución del Nivel1, todas las variables se inicializan y empieza la cuenta regresiva del nivel, posteriormente, se genera la suma que el jugador debe completar y se visualiza en pantalla. Al estar la suma ya en pantalla, las opciones de respuesta ya quedan habilitadas para que el usuario responda haciendo clic en el número que le parezca correcto. Si la respuesta es incorrecta, se incrementa la variable errores y se vuelve a preguntar por la respuesta, en caso contrario, se incrementa la variable aciertos. Si la variable aciertos alcanza el valor de 10, se aumenta el nivel. Al aumentarse el nivel se repite el proceso mencionado anteriormente hasta que la variable nivel alcance el valor de 5.

Las formas para que la ejecución del juego termine, es que la variable tiempo llegue al valor de 0, que la variable nivel llegue a 5 (esto indica que el juego se completó) y, por último, que se presione directamente el botón de salida. Antes de finalizar la ejecución del programa, se muestran en pantalla las variables aciertos, errores y el tiempo transcurrido, adicionalmente, se ejecuta el proceso GenerarReporte.

Figura 2-24: Diagrama de flujo juego completa las sumas. Fuente: el autor.

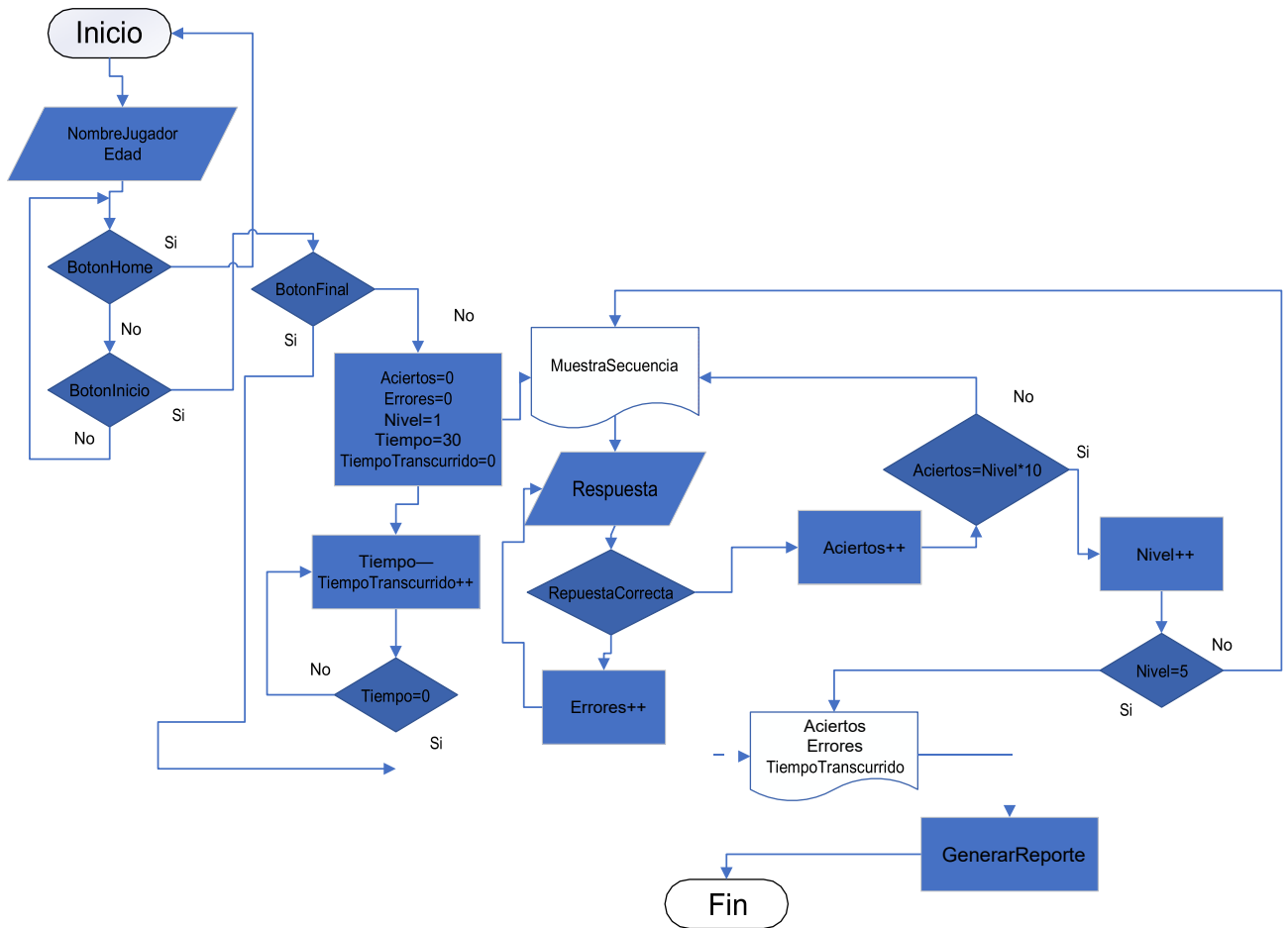
2.4.2 Seguir la secuencia

En la figura 2-24 se muestra el diagrama de flujo del juego, al iniciar la ejecución se presenta la escena de inicio, en la cual el jugador debe ingresar la variable NombreJugador mediante el teclado, luego se espera si este oprime uno de los dos botones que hay. De oprimir BotonHome, se recarga la escena inicial, si, por el contrario, se oprime botón inicio, se pasa a ejecutar la escena de juego y se inicializan las variables. Siempre que las escenas de juego entren en ejecución, se preguntará si BotonFinal ha sido presionado, puesto de que, si se oprime, el juego terminará.

Luego de la inicialización de las variables del juego, se inicia la cuenta regresiva y se muestra en pantalla la secuencia a seguir, desde ese punto, el usuario ya debe empezar a seleccionar los números que percibe como correctos, en caso de ser incorrectos, se realiza un incremento a la variable Errores y se vuelve a preguntar hasta que la respuesta sea correcta. Cuando la respuesta es correcta, se incrementa la variable aciertos, y si aciertos llegase a igualar el valor de la variable nivel*10, se pasa al siguiente nivel, y se repite el proceso anterior aumentando la dificultad. Si por el contrario, la variable no llegase a ese valor, se repite el proceso sin aumentar la dificultad hasta que el valor sea el esperado.

Para culminar el juego existen tres formas, presionando BotonFinal, que la variable tiempo llegue a 0 o que la variable nivel alcance el valor de 5, esto indicaría que el juego se culminó. En cualquiera de los casos mencionados, antes de llegar al fin del juego, se muestran en pantalla las variables aciertos, errores y tiempoTranscurrido, y se realiza el proceso de GeneraReporte.

Figura 2-25: Diagrama de flujo juego Seguir la secuencia. Fuente: el autor.



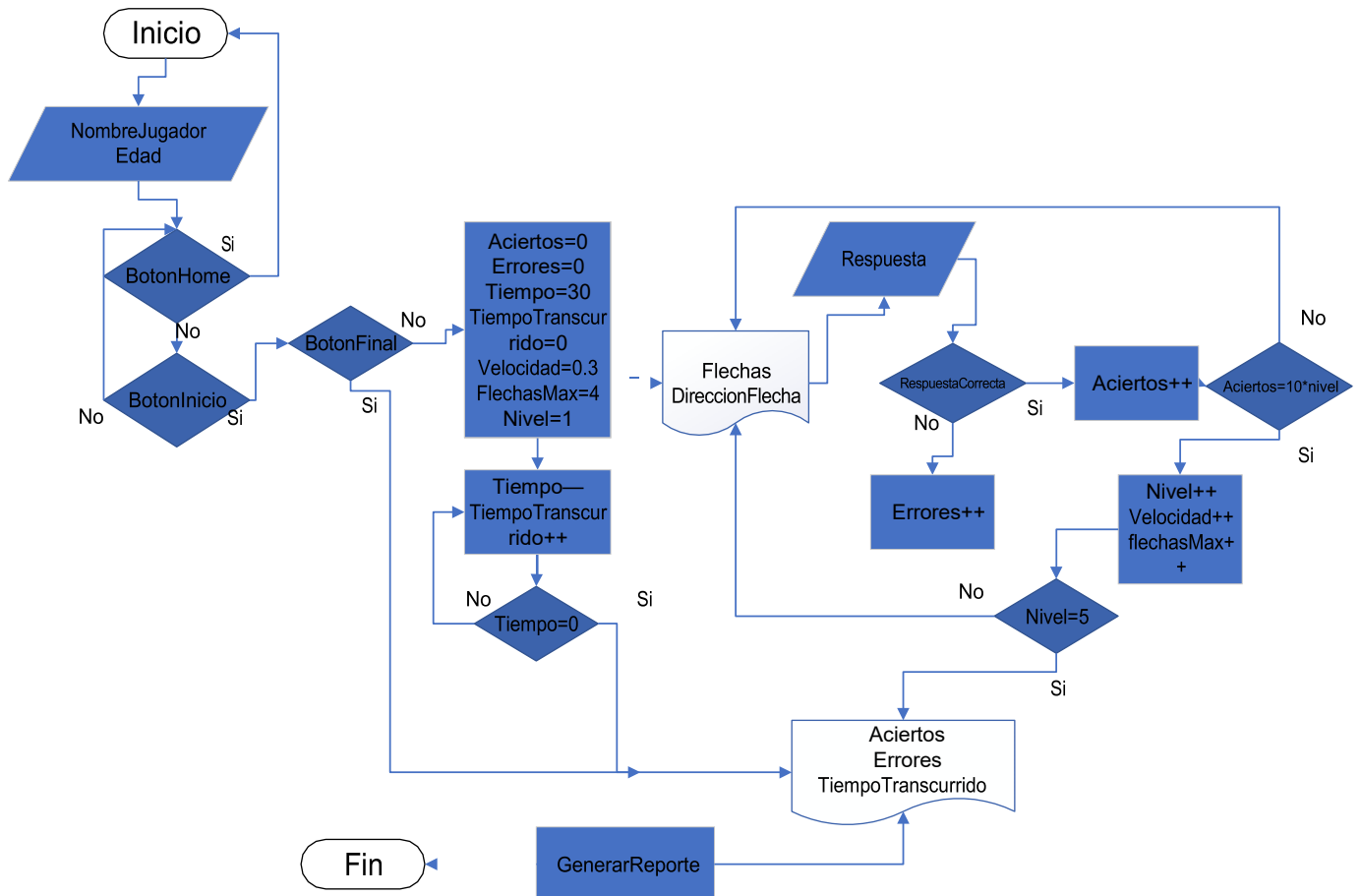
2.4.3 Lluvia de flechas

El diagrama de flujo de Lluvia de flechas se muestra en la figura 2-25, tal como se expresa, al iniciar el programa se aparece la pantalla de inicio, en la cual se pide el ingreso de el dato NombreJugador, posteriormente, se aguarda a que el jugador oprima alguno de los dos botones presentes en la escena, de oprimir BotonHome, se retorna a la pantalla de inicio, en cambio, si oprime BotonInicio, el sistema procede a presentar la escena de juego y a inicializar las variables. Luego de eso, se inicializa la cuenta regresiva reduciendo la

variable tiempo y a su vez, se visualizan en pantalla los objetos de juego flechas y la variable DireccionFlecha, ambas cosas son de vital importancia para lo que sigue del juego; escoger cual flecha es correcta haciendo clic sobre ella. Para esto, solo existen dos opciones, si es incorrecta, se incrementa la variable errores y se retorna a esperar la respuesta. Por otro lado, si es correcta, se incrementa la variable aciertos, y se pregunta por la condición para el cambio de nivel, que, de ser cierta, hace que se incrementen las variables de nivel, velocidad y flechasMax, haciendo que se aumente la dificultad de juego. Si no se cumpliera la condición de cambio de nivel, se repite el proceso hasta que se cumpla.

El juego finaliza cuando se oprime el BotonFinal, el valor de nivel llega a 5 o cuando el tiempo decrementa hasta ser igual a 0, no sin antes exponerle al jugador las variables aciertos, errores, tiempoTranscurrido y se llama al proceso GenerarReporte.

Figura 2-26: Diagrama de flujo lluvia de flechas. Fuente: el autor.



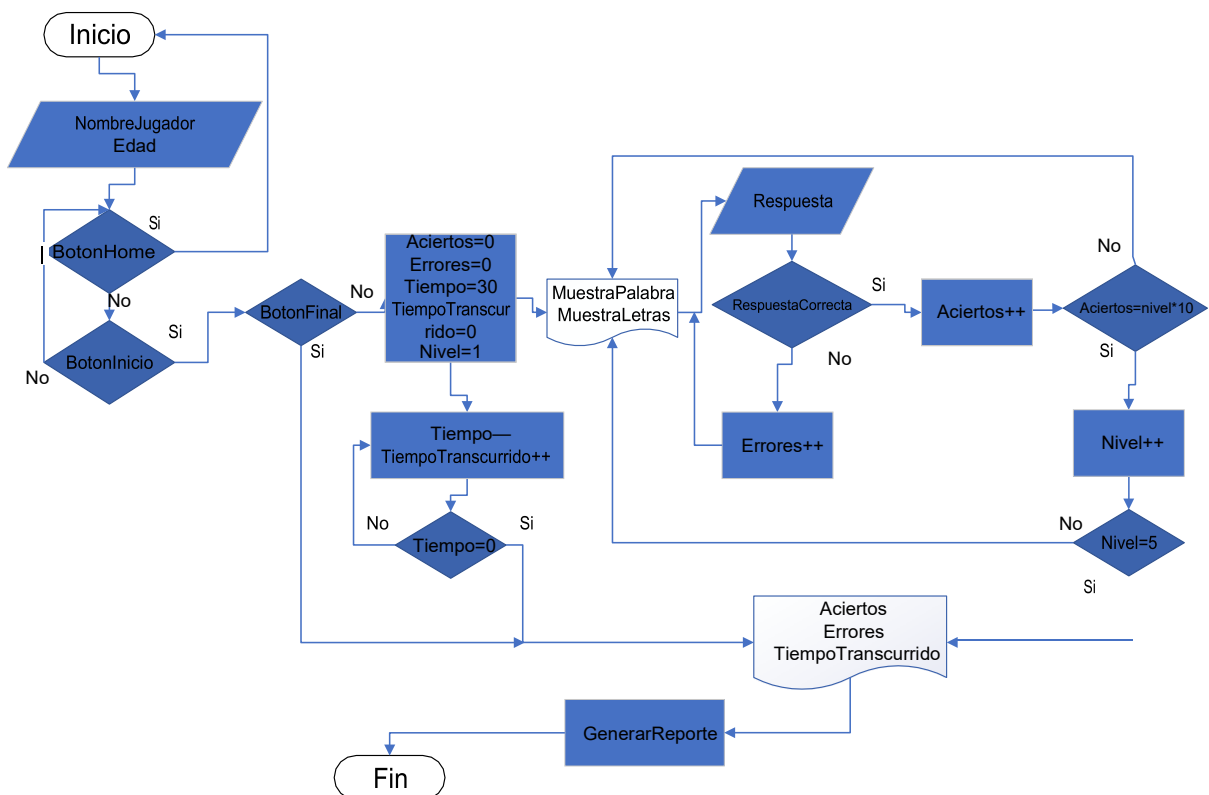
2.4.4 Buscar palabras

El diagrama de la figura 2-26 muestra el funcionamiento del programa, al iniciarlo, se muestra la pantalla de inicio y se pide ingreso de el dato NombreJugador, luego, el sistema espera a que se oprima alguno de los dos botones BotonHome o BotonInicio. Si se oprime el primero, se retorna al inicio de la ejecución del programa, si se oprime BotonInicio, comienza el juego. Al comenzarse el juego, se inicializan las variables, y a continuación se imprime en pantalla la variable MuestraPalabra y los objetos de juego Letras, además, se procede con la cuenta regresiva disminuyendo la variable tiempo.

Una vez inicializadas variables y luego de imprimir en pantalla, se espera a que eljugador responda haciendo clic sobre los objetos de juego Letras. Si la respuesta es incorrecta se incrementan los errores y se vuelve a preguntar, si por el contrario, la respuesta es correcta, se incrementa la variable aciertos y procede a evaluarse si el nivel culminó preguntando si la variable aciertos alcanzó el valor requerido. De no alcanzarlo, se repite el procedimiento hasta que lo alcance, si ya lo alcanzó, se aumenta el nivel y se repite el procedimiento aumentando la dificultad.

El juego llega a su fin si se oprime BotonFinal, si la variable juego llega a ser 5 o si la cuenta regresiva hace que la variable tiempo sea 0. Antes de culminar con la ejecución del juego se refleja en la pantalla de juego las variables aciertos, errores, tiempoTranscurrido y se llama al proceso GenerarReporte.

Figura 2-27: Diagrama de flujo Buscar palabras. Fuente: el autor.

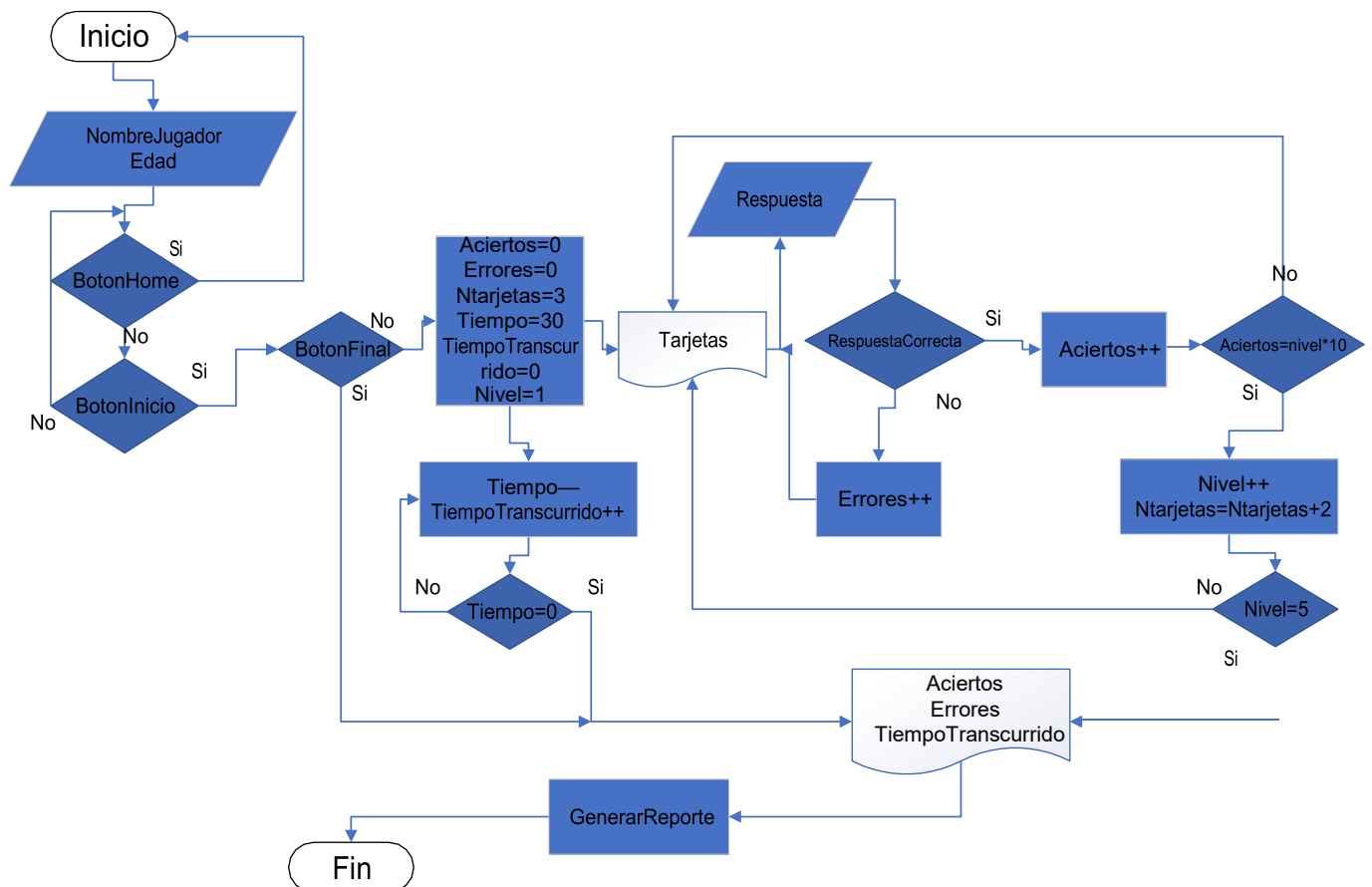


2.4.5 Encuentra la pareja

La figura 2-27 indica el diagrama de flujo con el cual fue diseñado el programa del juego, en la pantalla inicial se requiere al jugador para que ingrese el dato NombreJugador, luego, que oprima alguno de los dos botones que están en la escena inicial. Si se oprime BotonHome se retorna al inicio del programa, si, en contraste, se oprime BotonInicio, comienza la ejecución del juego. Al iniciar la ejecución del juego se inicializan las variables y se pasa a poner en marcha la cuenta atrás reduciendo la variable tiempo junto a revelar los objetos de juego Tarjetas. Luego de que los objetos Tarjetas está en pantalla, se espera la respuesta del jugador, de ser incorrecta se aumenta la variable errores y se vuelve a preguntar por la respuesta. Por otra parte, si la respuesta resultase correcta, se incrementa la variable aciertos, si aciertos llega a alcanzar el valor de cambio de nivel se aumenta la variable nivel y la variable Ntarjetas dos veces, de otro modo, se repite el proceso hasta que la variable aciertos alcance el valor requerido.

Previamente a la finalización del juego debiéndose a que el jugador oprimió el BotonFinal, la variable tiempo llegó a 0 o simplemente se concluya el juego por haberse completado, el jugador visualiza en pantalla las variables aciertos, errores, tiempoTranscurrido y y se llama al proceso GenerarReporte.

Figura 2-28: Diagrama de flujo Encuentra la pareja. Fuente: el autor.

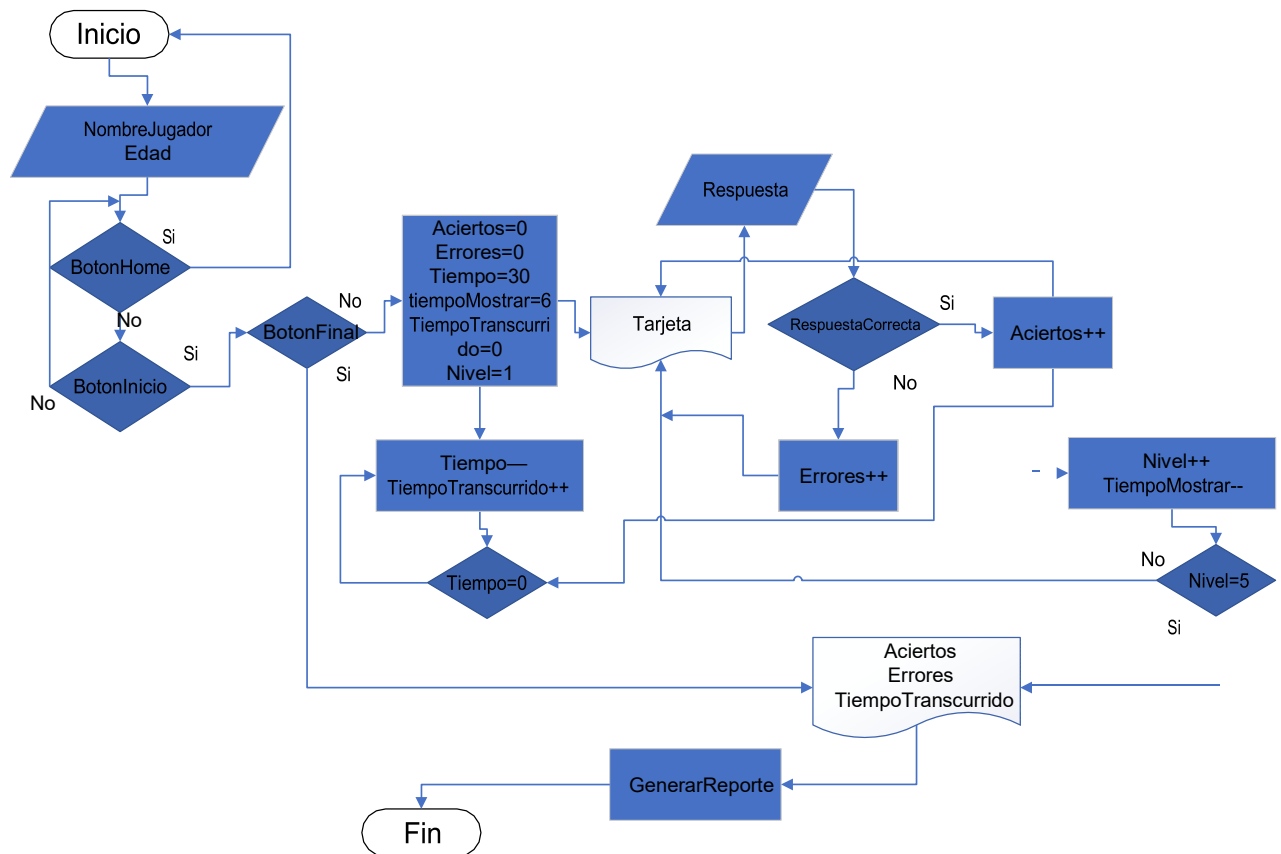


2.4.6 Memoriza la carta anterior

El diagrama de este juego se precisa en la figura 2-28, cuando se inicia el programa el usuario debe ingresar la variable NombreJugador, seguidamente, debe presionar alguno de los dos botones BotonHome o BotonInicio, al presionar BotonHome se vuelve al inicio del programa, presionando BotonInicio se pone en marcha el juego, haciendo que se inicialicen las variables, a diferencia del juego de cartas anterior, en este únicamente se visualiza un objeto de juego denominado Tarjeta, y como se aprecia en el diagrama, no importa si la respuesta que da el usuario es correcta o incorrecta, se va a visualizar una diferente cada que se responde, ahora, si la respuesta es correcta se incrementa la variable aciertos, si no lo es, se incrementa la variable errores. El cambio de nivel en este juego se realiza cuando la cuenta regresiva que hace que tiempo decremente llega a 0, al hacerlo, la variable tiempoMostrar se reduce. Mientras la variable nivel no sea igual a 5, el juego seguirá ejecutándose.

Para finalizar el juego únicamente hay dos opciones, que el jugador oprima BotonFinal o que culmine todos sus niveles. Antes de terminarlo, se imprimen en pantalla las variables aciertos, errores, tiempoTranscurrido y se llama al proceso GenerarReporte.

Figura 2-29: Diagrama de flujo de Memoriza la carta anterior. Fuente: el autor.



3.Pruebas y validaciones

Se realizó la prueba de los juegos en 8 personas que no han sido afectadas por un accidente cerebrovascular, de las cuales, 6 personas están en el rango de edad de 20 a los 35 años, las otras 2 personas restantes, tienen 60 y 65 años. Luego de cada sesión de juego, se procedió a clasificar los reportes de los jugadores por juego, con el fin de dar una comparativa más acertada del rendimiento de cada uno.

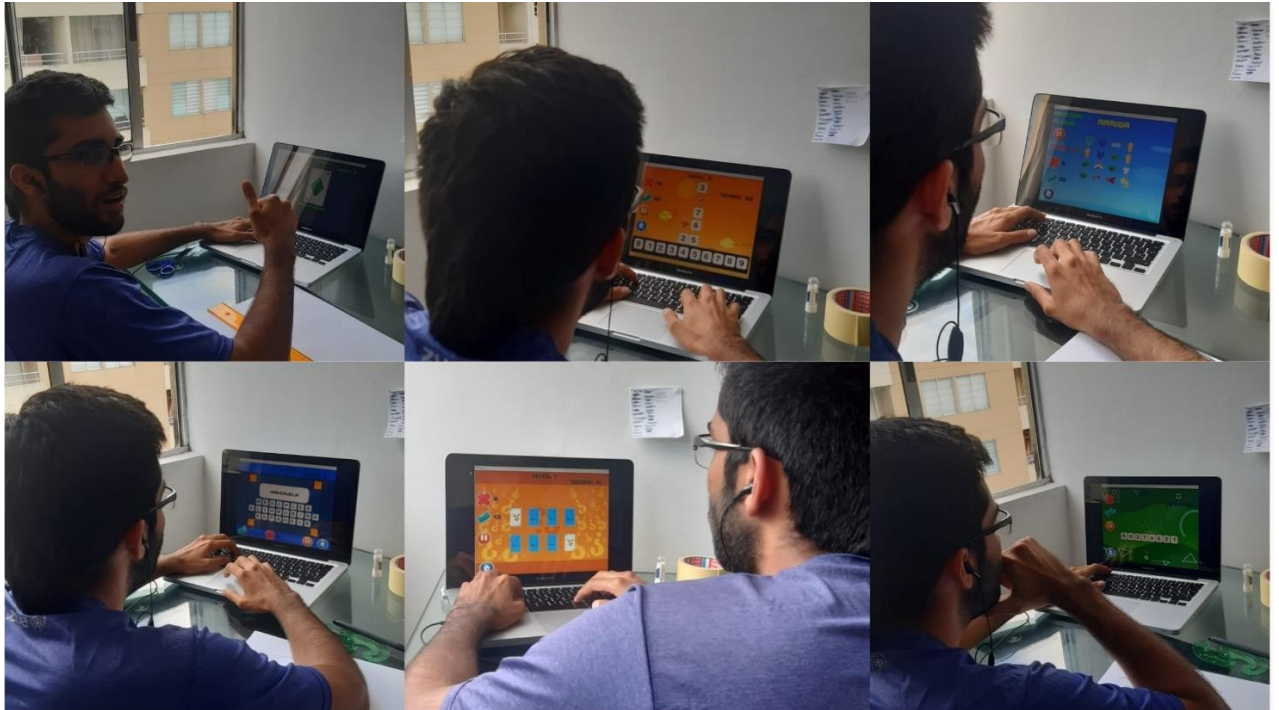
La figura 3-1 muestra al jugador Juan Diego realizando todas las actividades, se llevaron a cabo en su residencia, con un tiempo aproximado de 30 minutos, el computador utilizado fue un MacBook pro Mid 2012, con el sistema operativo Windows 10 instalado.

Figura 3-1: Jugador Juan Diego. Fuente: el autor.



En la figura 3-2 está la recopilación del desarrollo de las actividades por parte del jugador Juan Felipe, de igual forma, fueron efectuadas en su casa, el dispositivo que se empleó para ejecutar los juegos es un MacBook pro 2017 con el sistema operativo Windows 10.

Figura 3-2: Jugador Juan Felipe. Fuente: el autor.



3.1 Recopilación y análisis de resultados

En esta sección se van a reunir los resultados obtenidos por cada jugador clasificados por cada juego.

3.1.1 Completa las sumas

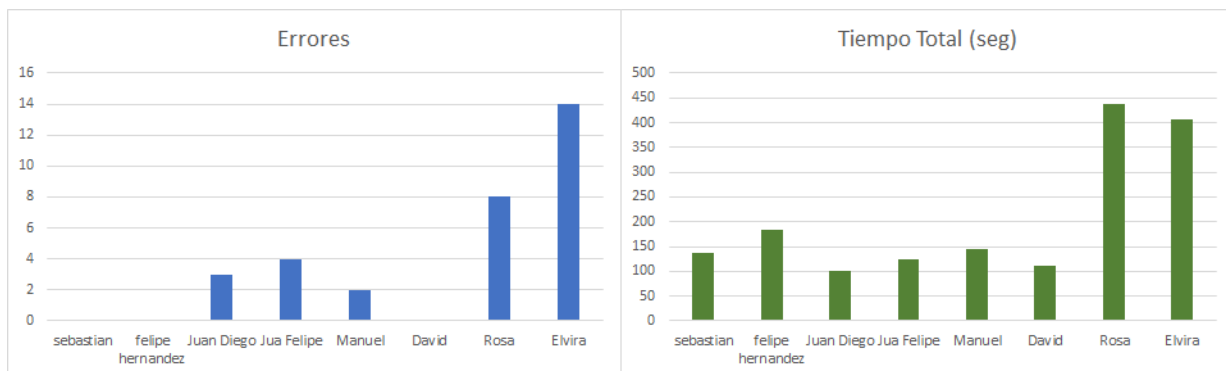
En la tabla 3-1 están consignados los resultados finales que obtuvieron todos los jugadores, en este caso, se evidencia que la cantidad de aciertos es la misma para todas, esto es porque el juego se completa cuando se alcanzan 30 aciertos y todos los jugadores culminaron el juego en su totalidad.

No se perciben diferencias significativas entre el rendimiento de los jugadores además del tiempo, que, en las dos personas mayores de 60 años, fue un tanto mayor. En la figura 3-3 se aprecian los resultados en cuanto a tiempo y errores comparados en gráficas de barras. Los aciertos no son comparables puesto que, debido a lo explicado anteriormente, son iguales.

Tabla 3-1: Resultados finales juego Completa las sumas. Fuente: el autor.

Nombre	Edad	Aciertos	Errores	Tiempo Total (seg)	Juego Completado
sebastian	24	30	0	137	Si
felipe hernandez	24	30	0	183	Si
Juan Diego	22	30	3	101	Si
Jua Felipe	21	30	4	125	Si
Manuel	35	30	2	146	Si
David	21	30	0	112	Si
Rosa	60	30	8	438	Si
Elvira	65	30	14	406	Si

Figura 3-3: Gráficas comparativa resultados Completa las sumas. Fuente: el autor.



3.1.2 Seguir la secuencia

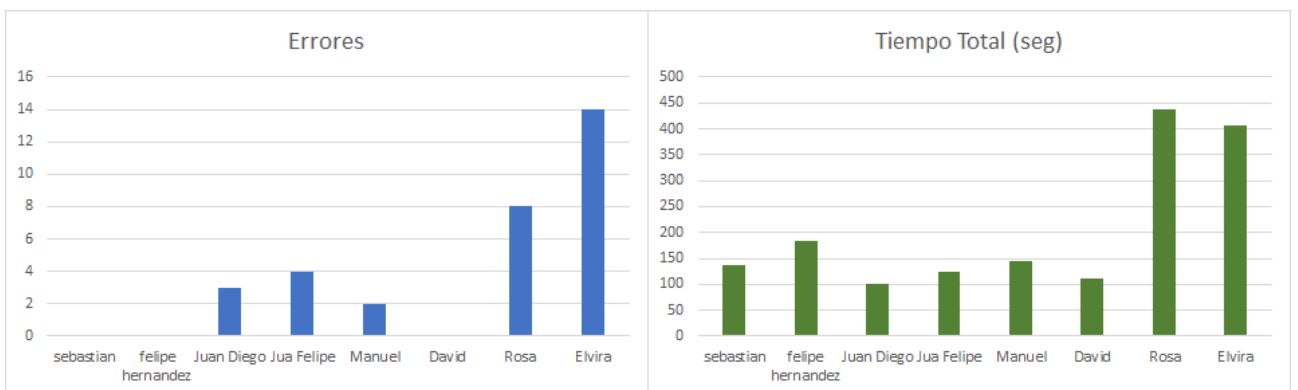
Los resultados de esta actividad están recopilados en la tabla 3-2, todos los jugadores obtuvieron el mismo puntaje (480) porque todos terminaron el juego por completo, ya que el juego se termina cuando el usuario llega a 480 aciertos. En este caso, los jugadores mayores de 60 años tuvieron una mayor dificultad para completar la actividad, muestra de ello la cantidad de errores y el tiempo total que les tomó.

En la figura 3-4 están los gráficos de comparación entre los jugadores y sus rendimientos en cuanto errores y tiempo, una vez más, la variable aciertos no es válida para compararse.

Tabla 3-2: Resultados finales Sigue la secuencia. Fuente: el autor.

Nombre	Edad	Aciertos	Errores	Tiempo Total (seg)	Juego Completado
sebastian	24	480	3	281	Si
felipe hernandez	24	480	1	360	Si
Juan diego	22	480	4	293	Si
juan felipe	21	480	6	302	Si
Manuel	35	480	4	286	Si
david	21	480	7	275	Si
rosa	60	480	24	603	Si
elvira	65	480	32	715	Si

Figura 3-4: Gráficas comparativa resultados Sigue la secuencia. Fuente: el autor.



3.1.3 Lluvia de flechas

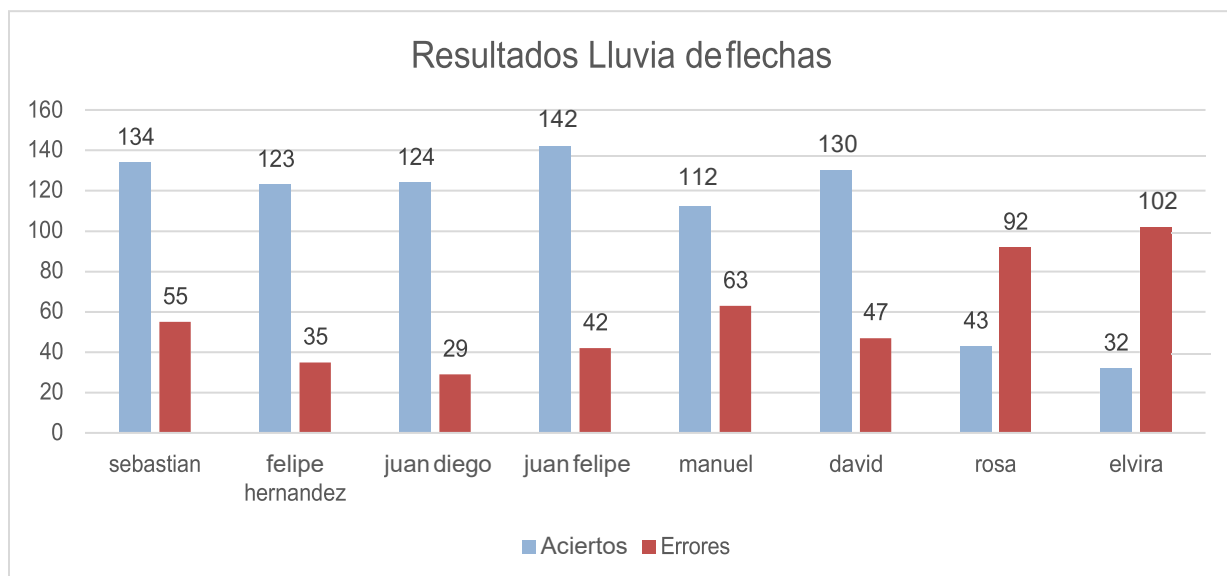
A diferencia de los dos juegos anteriores, el juego lluvia de flechas se culmina una vez se acaba el tiempo que tiene el jugador para realizar la actividad. En este caso, como lo muestra la tabla 3-3, todos completaron el juego, por lo tanto, no se van a comparar los resultados de tiempo al ser todos iguales.

En la figura 3-5 se muestra la gráfica de comparación de resultados. Este juego mostró una dificultad mayor para el jugador, razón por la cual se ve una cantidad de errores elevada en contraste con las actividades anteriores, las personas en el rango de 20 a 35 años tuvieron rendimientos similares entre ellos y muy distintos a las del rango mayor a 60, a quienes les costó un poco más por como se evidencia

Tabla 3-3: Resultados finales Lluvia de flechas. Fuente: el autor.

Nombre	Edad	Aciertos	Errores	Tiempo Total (seg)	Juego Completado
sebastian	24	134	55	244	Si
felipe hernandez	24	123	35	244	Si
juan diego	22	124	29	244	Si
juan felipe	21	142	42	244	Si
manuel	35	112	63	244	Si
david	21	130	47	244	Si
rosa	60	43	92	244	Si
elvira	65	32	102	244	Si

Figura 3-5: Gráfica comparativa de resultados Lluvia de flechas. Fuente: el autor.



3.1.4 Buscar palabras

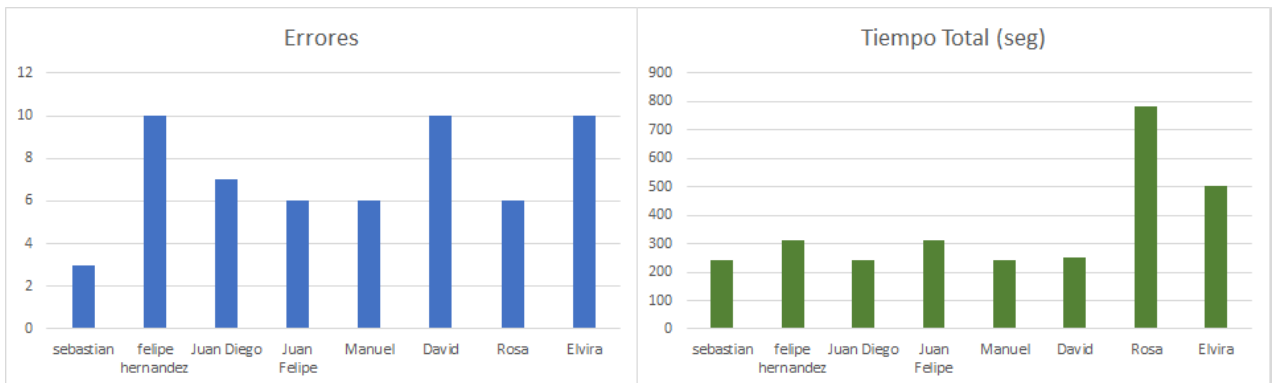
Los resultados de los jugadores se encuentran plasmados en la tabla 3-4, en esta actividad se sigue empleando la mecánica de que el juego se termina exitosamente si el jugador acierta una cantidad de veces, en este caso 40 veces. Como los jugadores terminaron el juego por completo, la variable aciertos no es tenida en cuenta para valorar su rendimiento.

Cómo se aprecia en la gráfica de errores en la figura 3-6, todos los jugadores tuvieron un desempeño similar, no se encuentra una diferencia de peso entre las edades. No siendo así, el tiempo total si encuentra una disparidad entre los jugadores de 20 a 35 años y los dos jugadores de 60 a 65, a éstos últimos les costó un poco más completar la actividad en menos tiempo.

Tabla 3-4: Resultados finales Buscar palabras. Fuente: el autor.

Nombre	Edad	Aciertos	Errores	Tiempo Total (seg)	Juego Completado
sebastian	24	40	3	243	Si
felipe hernandez	24	40	10	310	Si
Juan Diego	22	40	7	243	Si
Juan Felipe	21	40	6	310	Si
Manuel	35	40	6	243	Si
David	21	40	10	251	Si
Rosa	60	40	6	783	Si
Elvira	65	40	10	504	Si

Figura 3-6: Gráficas comparativas resultados Buscar palabras. Fuente: el autor.



3.1.5 Encuentra la pareja

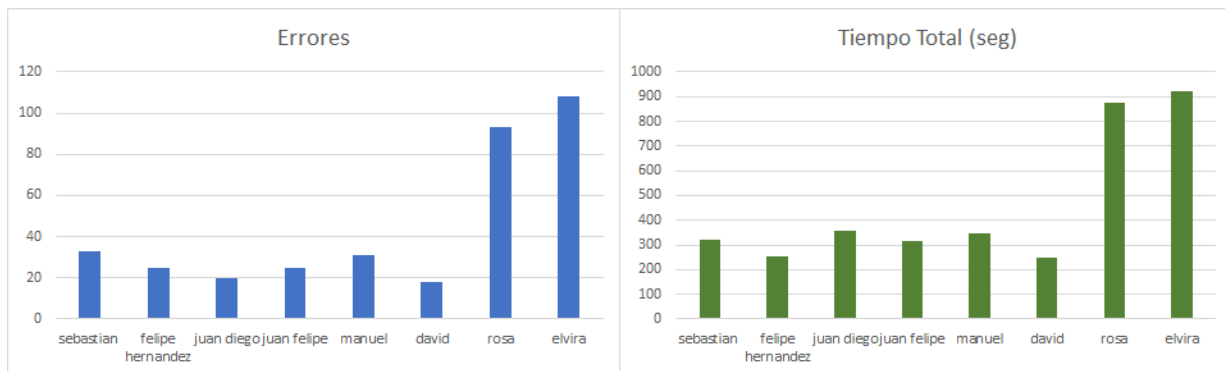
La tabla 3-5 refleja el desempeño de los jugadores en esta actividad, al igual que la actividad anterior *Buscar Palabras*, la variable aciertos no es tomada en cuenta para evaluar resultados ya que, todas son iguales debido a que el juego se termina si el jugador acierta 220 veces y evidentemente todos terminaron el juego por completo.

En la figura 3-7 están consignadas las gráficas de errores y tiempo total por cada jugador, y se nota que el juego fue más difícil para los usuarios, haciendo que tuviesen una cantidad de errores considerable. De igual manera, los jugadores de grupos de edad similares muestran rendimientos parecidos, dejando que, los dos jugadores mayores de 60 años reflejen mayor dificultad aún para completar el juego en corto periodo de tiempo.

Tabla 3-5: Resultados finales Encuentra la pareja. Fuente: el autor.

Nombre	Edad	Aciertos	Errores	Tiempo Total (seg)	Juego Completado
sebastian	24	220	33	323	Si
felipe hernandez	24	220	25	251	si
juan diego	22	220	20	356	Si
juan felipe	21	220	25	314	Si
manuel	35	220	31	348	Si
david	21	220	18	246	Si
rosa	60	220	93	873	Si
elvira	65	220	108	924	Si

Figura 3-7: Gráficas comparativas resultados Encuentra la pareja. Fuente: el autor



3.1.6 Memoriza la carta anterior

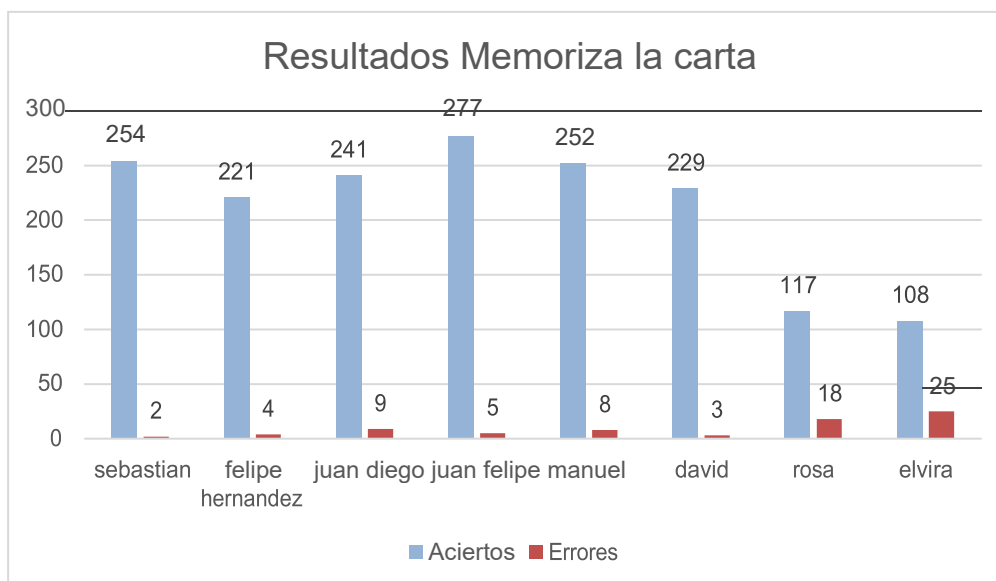
La tabla 3-6 muestra el rendimiento de los jugadores en la actividad Memoriza la carta anterior, ésta última actividad se da por terminada cuando se alcanza un tiempo de juego, por lo que, como en este caso todos los jugadores completaron el juego, la variable de tiempo de juego no va a ser tenida en cuenta para valorar sus rendimientos.

En la figura 3-8 se indica el gráfico de comparación de rendimientos entre jugadores, los jugadores del grupo de edad de 20 a 35 años obtienen resultados similares, que llegan a ser superiores a los de las personas del grupo de 60 a 65 años, a quienes se les nota una dificultad según lo reflejado tanto en su cantidad de aciertos menor y un número mayor de errores.

Tabla 3-6: Resultados finales memoriza la carta anterior. Fuente: el autor.

Nombre	Edad	Aciertos	Errores	Tiempo Total (seg)	Juego Completado
sebastian	24	254	2	244	Si
felipe hernandez	24	221	4	244	Si
juan diego	22	241	9	244	Si
juan felipe	21	277	5	244	Si
manuel	35	252	8	244	Si
david	21	229	3	244	Si
rosa	60	117	18	244	Si
elvira	65	108	25	244	Si

Figura 3-8: Gráfica comparativa de resultados Memoriza la carta anterior. Fuente: el autor



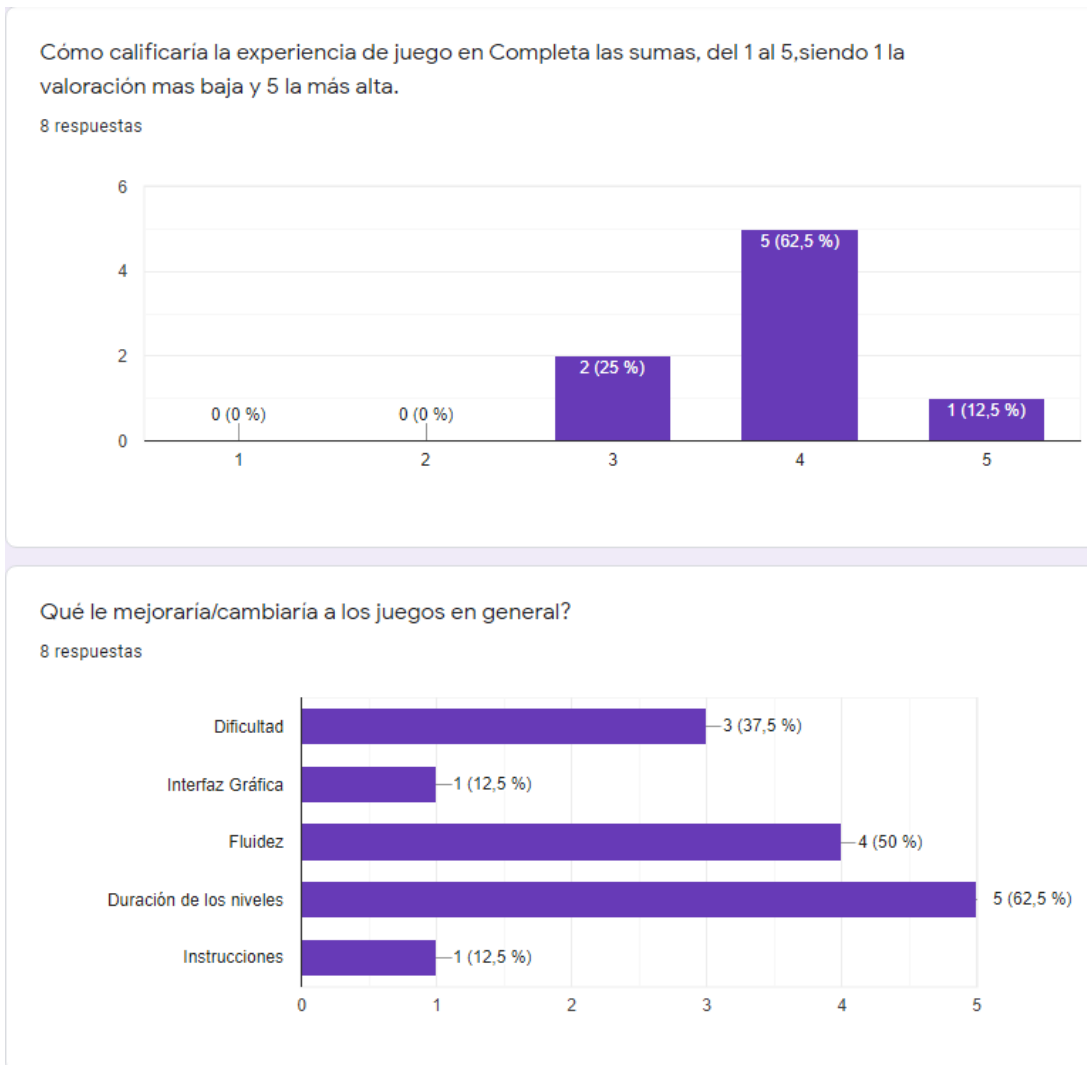
3.2 Experiencia de juego

En este apartado se muestran los resultados de las encuestas que se le realizaron a cada uno de los jugadores luego de que terminaban cada una de las actividades, los resultados se recopilan por juego. La encuesta busca consultar la valoración que tiene el jugador de cada juego y, que le gustaría cambiar o agregar a cada uno.

3.2.1 Experiencia Completa las sumas

En la figura 3-9 están los resultados de la encuesta realizada luego de que los participantes jugaran Completa las sumas, como se puede ver, consideran que la duración de los niveles y la fluidez del juego podrían no ser adecuadas, obtuvo una calificación de 4 por más de la mitad de los jugadores.

Figura 3-9: Resultados encuesta completa las sumas. Fuente: el autor.



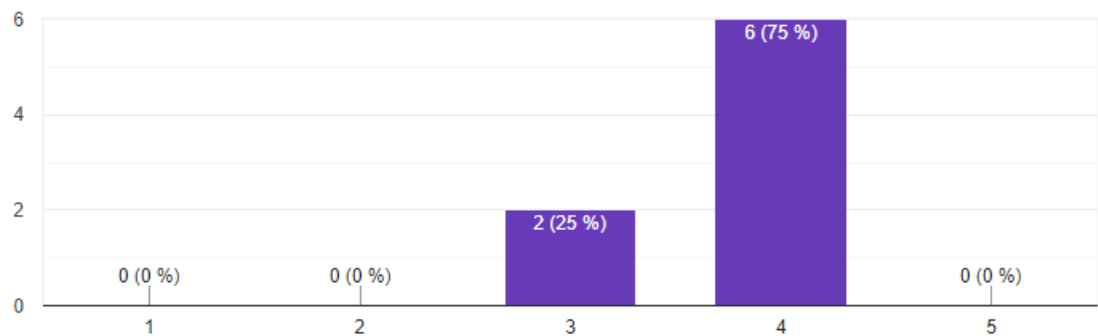
3.2.2 Experiencia Sigue la secuencia

Los jugadores en Sigue la secuencia consideran que el juego merece una calificación de 4, pero que la duración de los niveles y su dificultad podrían cambiarse, tal como lo muestra la figura 3-10.

Figura 3-10: Resultados encuesta Sigue la secuencia. Fuente: el autor.

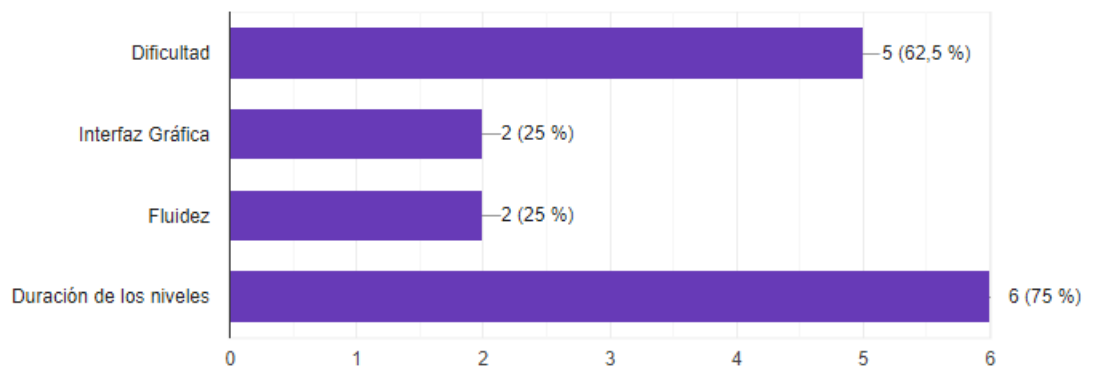
Cómo calificaría la experiencia de juego en Sigue las secuencias, del 1 al 5, siendo 1 la valoración mas baja y 5 la más alta.

8 respuestas



Qué le mejoraría/cambiaría a los juegos en general?

8 respuestas



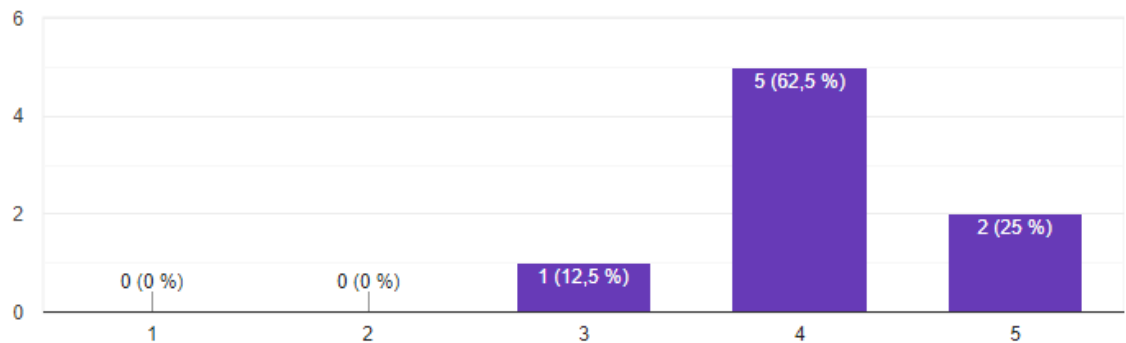
3.2.3 Experiencia Lluvia de flechas

El resultado de la encuesta aplicada a los jugadores acerca de lluvia de flechas ilustrado en la figura 3-11 demuestra que este juego fue mejor valorado, aunque algún usuario plantea la necesidad de modificar la velocidad de las flechas, en general, los jugadores pueden indicar que la dificultad y la duración de los niveles podría ser mejor.

Figura 3-11: Resultados encuesta lluvia de flechas. Fuente: el autor.

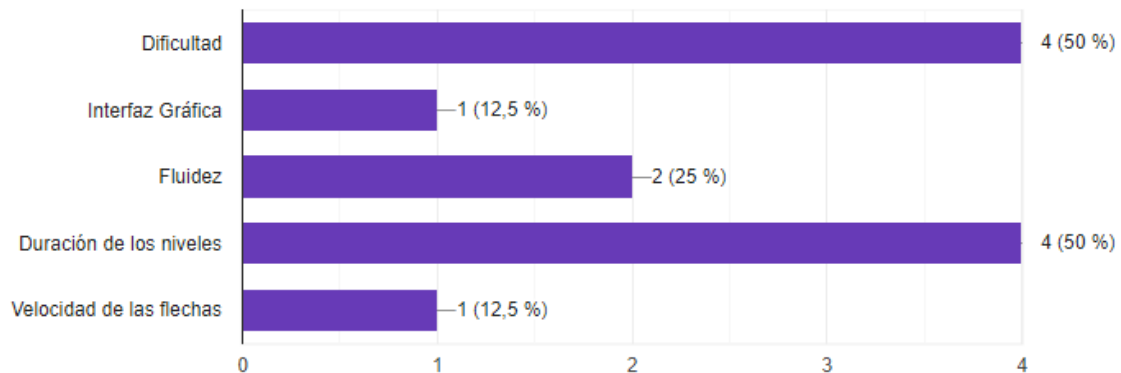
Cómo calificaría la experiencia de juego en Lluvia de flechas, del 1 al 5, siendo 1 la valoración mas baja y 5 la más alta.

8 respuestas



Qué le mejoraría/cambiaría a los juegos en general?

8 respuestas



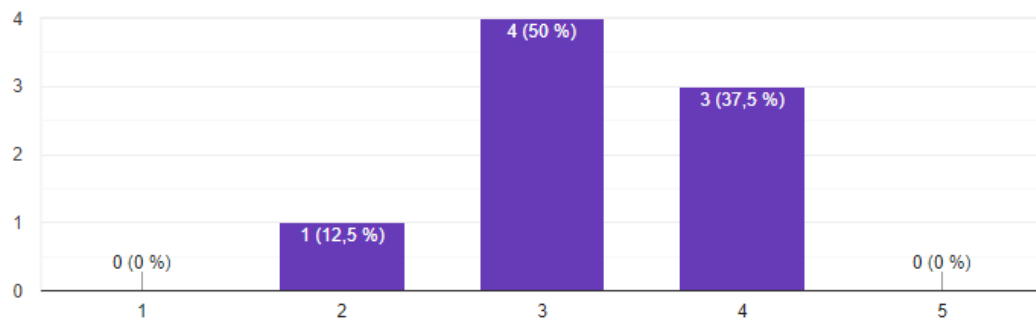
3.2.4 Experiencia Buscar Palabras

Tal como lo indica la figura 3-12, los resultados de la encuesta sobre la actividad Buscar Palabras fue el juego con la valoración más baja, esto sumado a que los jugadores considerarían modificar la dificultad y la duración de los niveles, indicaría que el juego resulta poco atractivo para llamar la atención del jugador.

Figura 3-12: Resultado encuesta acerca de buscar palabras. Fuente: el autor.

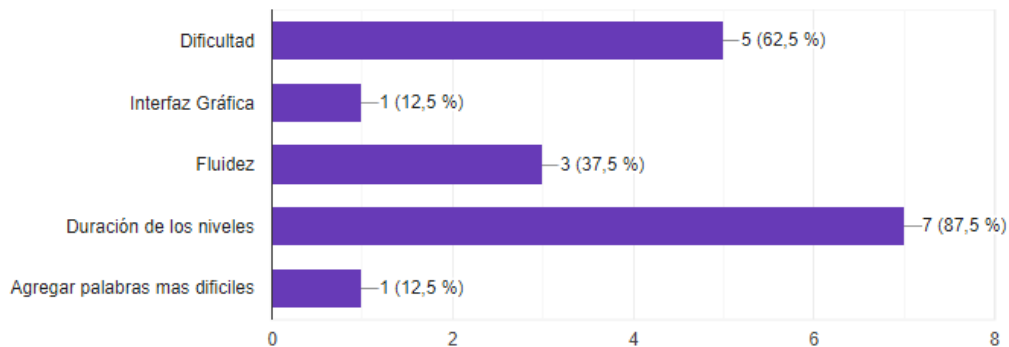
Cómo calificaría la experiencia de juego en Buscar palabras, del 1 al 5, siendo 1 la valoración mas baja y 5 la más alta.

8 respuestas



Qué le mejoraría/cambiaría a los juegos en general?

8 respuestas



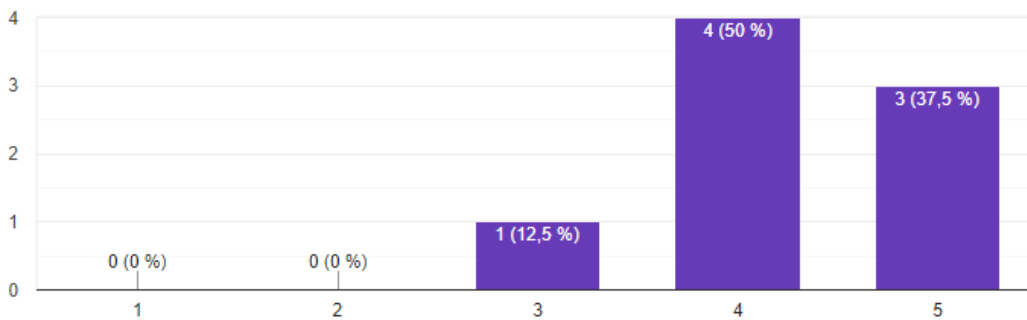
3.2.5 Experiencia Encuentra la pareja

Según se puede visualizar en la figura 3-13, la actividad mejor valorada de todas resultó ser Encuentra la pareja, alcanzó el mayor porcentaje de valoración que las demás, aunque como consideración se refleja que los jugadores modificarían tanto la duración de los niveles como la dificultad de cada uno.

Figura 3-13: Resultados encuesta sobre Encuentra la pareja. Fuente: el autor.

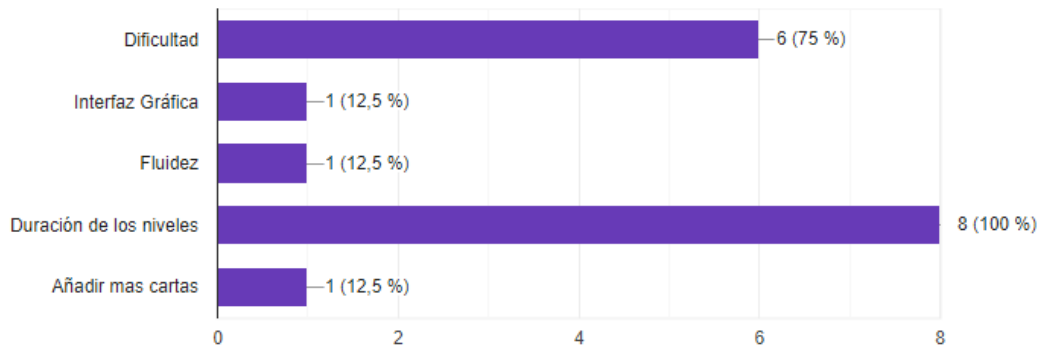
Cómo calificaría la experiencia de juego en Encuentra la pareja, del 1 al 5, siendo 1 la valoración mas baja y 5 la más alta.

8 respuestas



Qué le mejoraría/cambiaría a los juegos en general?

8 respuestas



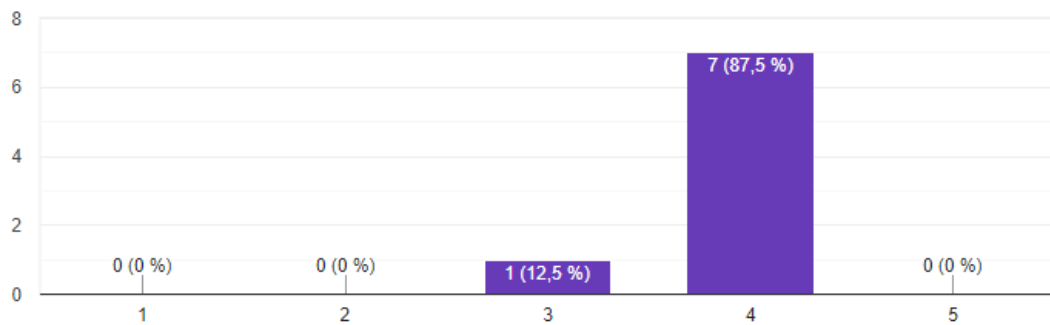
3.2.6 Experiencia Memoriza la carta anterior

Conforme a lo expresado por los jugadores, en los resultados mostrados en la figura 3-14, esta actividad debería obtener mejoras en casi todos sus aspectos, consideran mayormente que la dificultad del juego podría no ser acorde, y en igual manera, que tanto la interfaz, como la fluidez y la duración podrían modificarse. En contraste con las consideraciones anteriores, el juego resultó con una buena valoración, por lo que se podría inferir que los detalles a mejorar son menores.

Figura 3-14: Resultados encuesta sobre Memoriza la carta anterior

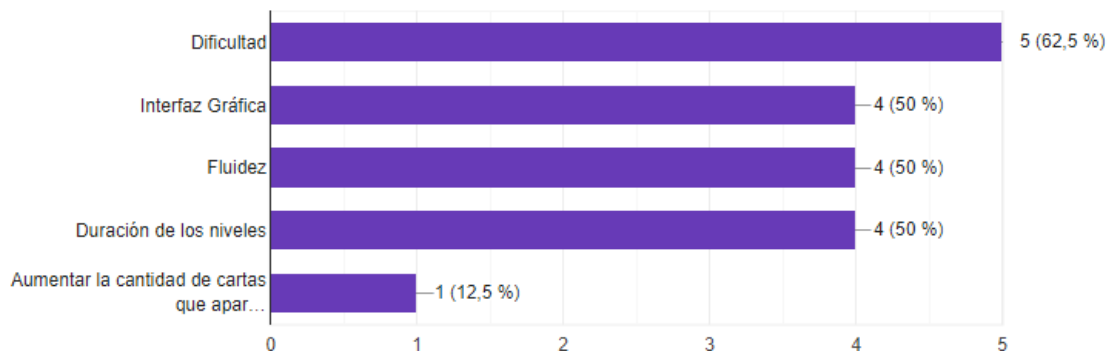
Cómo calificaría la experiencia de juego en Memoriza la carta anterior, del 1 al 5, siendo 1 la valoración mas baja y 5 la más alta.

8 respuestas



Qué le mejoraría/cambiaría a los juegos en general?

8 respuestas



4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- En función de las opciones analizadas desde el estado del arte en cuanto a desarrollos enfocados a videojuegos dentro del contexto de apoyo a la rehabilitación de personas, se indica que el entorno de desarrollo Unity resulta ser una alternativa óptima debido a que es una plataforma versátil, tanto el manejo de la interfaz cómo de sus herramientas y componentes se logran aprender en corto tiempo.
- La manera en la que fueron diseñados los juegos, (en 2D y con únicamente un elemento de interacción que es el mouse del ordenador) hacen que los requerimientos técnicos del dispositivo que va a ejecutarlos sean bajos, característica que permite que sean más accesibles.
- Se desarrollaron varios juegos para computador cuya concepción es el apoyo al desarrollo o rehabilitación de capacidades de memoria, razonamiento matemático, y atención, totalmente funcionales con posibilidades de añadir niveles de dificultad y de ampliar su funcionalidad hacia otras plataformas.
- Los resultados que arrojaron las pruebas preliminares que se realizaron en el grupo de 8 personas pueden sugerir que las edades de las personas que van a hacer uso de los juegos influyen directamente en el desarrollo de las mismas, por lo que sus resultados solo deberían ser comparables entre grupos de personas con edades similares.
- Con la finalidad de que todo el trabajo desarrollado obtenga una validación adecuada, se requiere de un equipo multidisciplinario, que aporte desde sus diferentes campos de acción.

4.2 Recomendaciones

Con el fin de dar continuación del proceso de diseño y desarrollo de juegos interactivos de apoyo a la rehabilitación de personas que sufrieron un accidente cerebrovascular, se sugiere:

- Desarrollos multiplataforma, los dispositivos como celulares o tabletas son de uso prácticamente cotidiano, esto ofrecería una disposición más amplia hacia más personas que lo requieran.
- Incluir ambientes y objetos de juego más llamativos y variados, para que el usuario se motive aún más a realizar las actividades propuestas.
- Reforzar las actividades de memoria y de atención, puesto que, según los resultados obtenidos en las pruebas y validaciones, estos juegos obtuvieron desempeños menores.

Bibliografía

(s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Pixel_art

(s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Valores_separados_por_comas

Aguado Fidalgo, C. A. (2015). *Realidad virtual aplicada a la rehabilitación física*. Recuperado el 17 de Marzo de 2020, de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23049/TFG_Carlos-Andres_Aguado_Fidalgo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Andrés Mauricio Álvarez P, S. M. (6). Accidente cerebrovascular - revisión de la literatura: etiología, diagnóstico, tratamiento general y análisis pediátrico. *Revista Colombiana de Enfermería*, 6, 102-120.

Association, A. H. (14 de 05 de 2019). *American Stroke Association*. Recuperado el 2020, de <https://www.stroke.org/en/about-stroke/stroke-symptoms/que-es-un-accidente-cerebrovascular>

Association, A. S. (2016). *La vida tras un ataque cerebral*.

Association, N. S. (2019). *Explicando el Ataque Cerebrovascular*. Recuperado el 2020, de https://www.stroke.org/-/media/stroke-files/spanish-resources/explainingstroke_spanish_6-26-19_brochure_spanish.pdf?la=en&hash=C56BFA69E0E5E2ABE0348536C2DC5E30797625CF

Association, A. S. (2018). *La vida tras un ataque cerebral*.

Bryan, G., & Azucena, M. A. (2018). *Diseño y desarrollo de un sistema inmersivo de reconocimiento y control de gestos, ostensible por medio de realidad virtual como método de ayuda en la rehabilitación de la capacidad motriz de las extremidades superiores en pacientes con acv*. Recuperado el 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14928/2/ESPEL-MEC-0137-P.pdf>

Dra. M^a José Busto Martínez, J. P. (2012). Uso de los videojuegos en el tratamiento contra el dolor. *Revista de estudios de juventud*(98), 91-100.

Española, R. A. (s.f.). Obtenido de <https://dle.rae.es/paradigma>

Federación Española de Daño Cerebral. (s.f.). Obtenido de https://fedace.org/recursos_rehabilitacion.html

Fundación CADAH. (s.f.). Obtenido de <http://www.fundacioncadah.org/web/printPDF.php?idweb=1&account=j289eghfd7511986&contenido=los-sistemas-atencionales-cerebrales-implicados-en-el-trastorno-por-deficit-de-atencion>

- Juan, M. P. (2015). *Programación Orientada a Objetos* .
- Lomas, D. d. (s.f.). Obtenido de <https://hospitalesangeles.com/lomas/neuroespacio/memoria-espacial/>
- MayoClinic, E. M. (17 de Mayo de 2019). *Mayo Clinic*. Recuperado el 2020, de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/stroke/in-depth/stroke-rehabilitation/art-20045172>
- Microsoft. (s.f.). Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework>
- Microsoft. (s.f.). <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019>.
- Muñoz-Cardona, J. E., Henao-Gallo, O. A., & Henao-Gallo, O. A. (2013). *Sistema de Rehabilitación basado en el uso de análisis biomecánico y videojuegos mediante le sensor Kinect*. Recuperado el 2020, de <https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/20.500.12622/671/1/386-Manuscrito-552-1-10-20170217.pdf>
- Newzoo. (2019). *Global Games Market Report*. Obtenido de <https://newzoo.com/insights/articles/the-global-games-market-will-generate-152-1-billion-in-2019-as-the-u-s-overtakes-china-as-the-biggest-market/>
- Pedro López-Dóriga Bonnardeauxa, N. A. (2016). Apatía postictus. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*(51), 164-169.
- Ruiz Rodríguez, R. (2011). *Fundamentos De La Programación Orientada a Objetos*.
- Stroke, N. I. (s.f.). Obtenido de <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Hope-Through-Research/Stroke-Hope-Through-Research>
- Stroke, N. I. (s.f.). Recuperado el 2020, de https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/accidente_cerebrovascular.htm
- Unity. (s.f.). Obtenido de <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/CreatingAndUsingScripts.html>
- Unity. (s.f.). Obtenido de <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/UnityManual.html>
- Walter Johnson, O. O. (2016). *Stroke: a global response is needed*. Obtenido de <https://www.who.int/bulletin/volumes/94/9/16-181636.pdf>

ANEXOS

- Hoja de cálculo: Resultados Finales
Documento donde se recopilieron todos los reportes de juego de todos los jugadores, adicionalmente incluye tablas y gráficas de los resultados.
- Documento: Manual de juego
Este documento incluye el manual de uso de cada juego.

MANUAL DE JUEGO

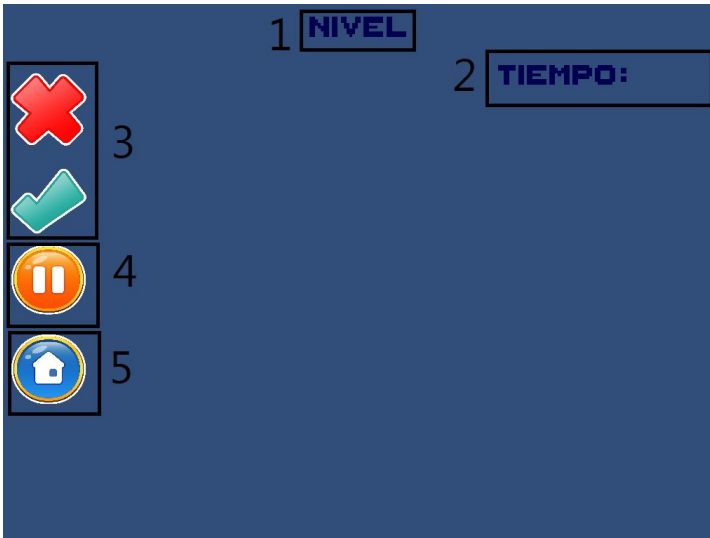
Pantalla principal de todos los juegos

En todos los juegos hay una pantalla de inicio donde el jugador deberá poner su nombre y su edad en las cajas de texto marcadas con el número 2 y dos botones, uno para Iniciar el juego (3) y el otro para volver a la pantalla de inicio (4). El botón 4 estará presente en todos los juegos y siempre que se presione el juego terminará y volverá a la pantalla de inicio.

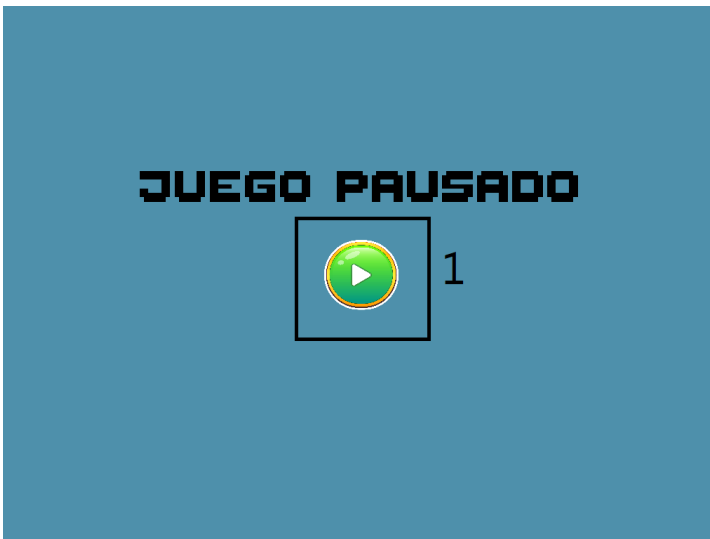


Pantallas de juego

Todos los juegos incluyen elementos visuales para indicarle al jugador su puntuación, el nivel en el que va, y el tiempo de juego. Adicionalmente se incluyen dos botones en cada juego, el 4 para poderlo pausar en cualquier momento y el 5 para volver al inicio.



La pantalla de pausa incluye un único botón para darle continuar al juego.



Reporte Final

Los juegos incluyen un reporte final que será generado en la misma carpeta donde ese encuentre guardado cada uno, el nombre será "reporte+Juego+NombreDelJugador.csv" el cual es un formato de tabla que puede ser leído utilizando hojas de cálculo. El reporte incluye 5 columnas como se muestra en el ejemplo:

Nombre	Edad	Aciertos	Errores	Tiempo total (seg)
nicolas	21	1	1	1

Llego hasta el nivel: 5

1. Completa las sumas

Resumen del juego

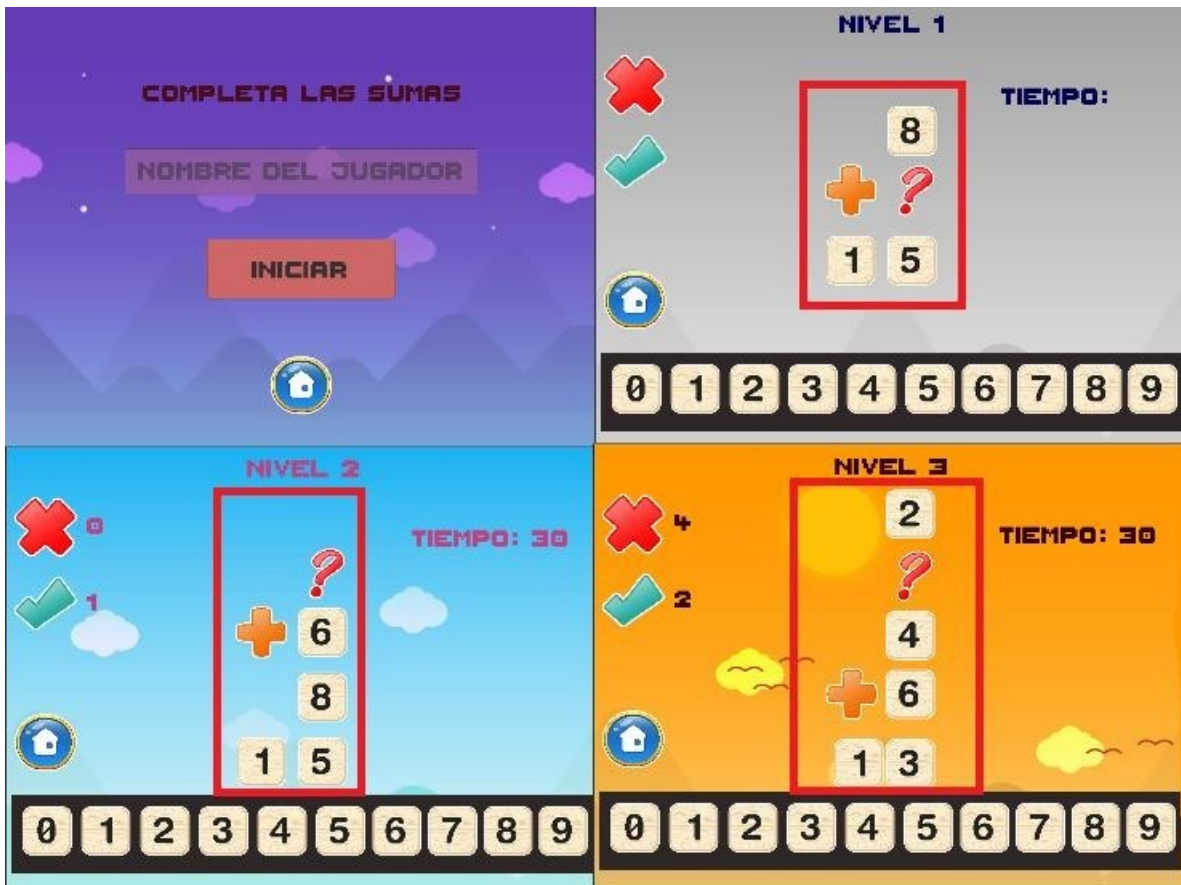
El jugador debe completar las sumas que son aleatorias utilizando los números de respuesta que aparecen en la parte inferior de la pantalla, cada nivel está compuesto por 10 subniveles, conforme se vaya subiendo de nivel, la dificultad de las sumas va a aumentar añadiéndole un dígito a cada una. En total son 3 niveles.

Controles

Se utiliza el mouse para buscar entre los números del tablero inferior y dar clic en el número que el jugador considere correcto.

Elementos de juego y escenarios

Pantalla de inicio y niveles:



Elementos de juego:



2. Sigue la secuencia

Resumen del juego:

El jugador debe seguir las secuencias clicando en el número que sigue según como se le presente en cada nivel, son 10 subniveles por cada nivel. Los números que aparecen en medio de la pantalla para que el jugador complete la secuencia siempre van a aparecer en posiciones al azar.

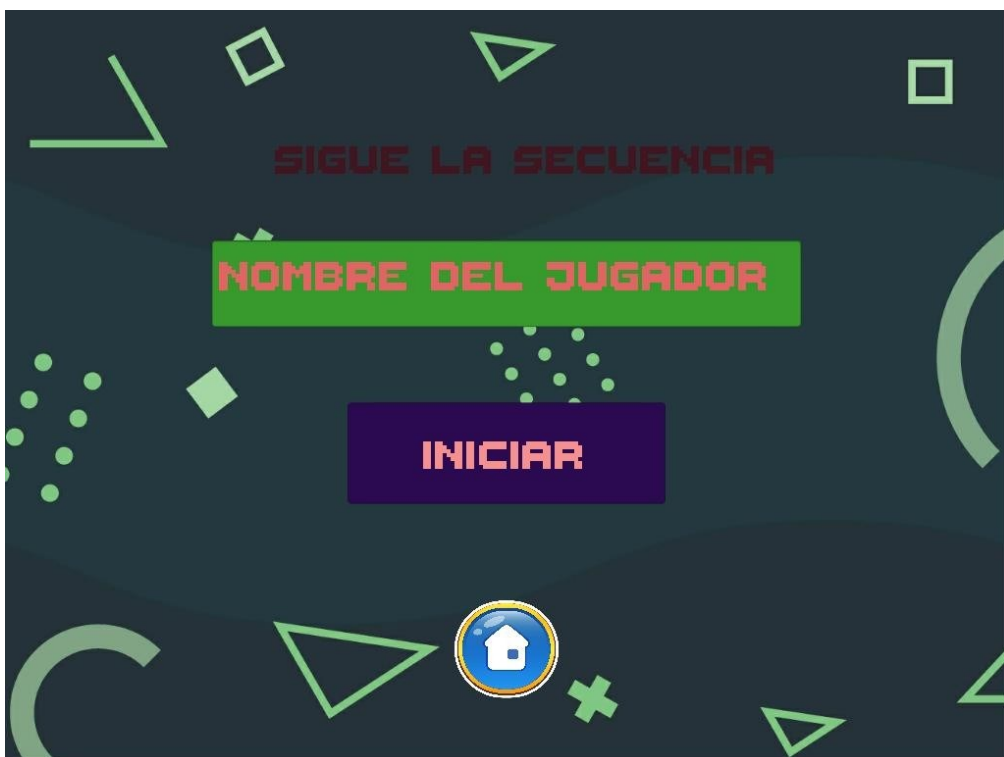
- Nivel 1: secuencias ascendentes del 0 al 7.
- Nivel 2: secuencias descendentes del 7 al 0.
- Nivel 3: secuencias ascendentes del 0 al 15.
- Nivel 4: secuencias descendentes del 15 al 0.

Controles:

El jugador utiliza el mouse para buscar y dar clic en el número que considere que sigue en la secuencia según corresponda.

Elementos de juego y escenarios

Pantalla de inicio



Escenarios y elementos de juego:



3. Lluvia de flechas

Resumen del juego

Van a aparecer una cantidad de flechas en la parte superior de la pantalla de manera aleatoria y van a ir cayendo conforme pase el tiempo. El jugador tiene que darle clic a las flechas que apunten hacia la dirección que se muestra en la parte superior de la pantalla. Son 4 niveles controlados por el temporizador, cada uno dura 60 segundos y se trata que el jugador obtenga la mayor cantidad de aciertos en todos los niveles. En cada nivel la velocidad con la que bajan las flechas va a aumentar junto a la velocidad con la que la dirección de flechas que se le pide al jugador va a cambiar, adicionalmente, aumentan la cantidad de flechas que van a caer.

Controles:

El jugador utiliza el mouse para buscar y dar clic en la flecha que apunte en la dirección que corresponda.

Elementos de juego y escenario

Escenario de juego



Elementos de juego



4. Buscar Palabras

Resumen

En este juego el usuario debe buscar las letras para armar las palabras que se le indiquen en la parte superior de la pantalla, son 10 palabras por nivel y son 4 niveles. En cada nivel las palabras van a ser más complejas incluyendo mayor cantidad de letras. El jugador gana cuando completa todas las palabras de todos los niveles. Las opciones de respuesta de la parte inferior están ordenadas de manera aleatoria.

Controles:

El jugador utiliza el mouse para buscar y dar clic en la letra de la palabra que considere que sigue.

Elementos de juego y escenario

En rojo se resaltan las palabras a armar y en negro las opciones de respuesta que hay en cada nivel.



5. Encuentra la pareja

Resumen

En este caso al jugador se le van a mostrar unas cartas en posiciones aleatorias, él debe recordar la posición y encontrar la pareja de la carta que elija, de ser incorrecta su elección, la carta se volteará de nuevo. Son 4 niveles en total y cada nivel incluye una cantidad par de cartas que irá aumentando, iniciando con 6 y termina con 14.

Controles:

El jugador utiliza el mouse para buscar y dar clic en la carta que considere que sea la pareja de la carta anterior.

Elementos de juego y escenario

Escenarios



Elementos de juego



6. Memoriza la carta anterior

Resumen

Una vez al usuario se le muestre la primera carta del nivel, se le va a mostrar una siguiente de forma aleatoria y se preguntará si esta nueva es igual a la anterior. Luego que responda, ésta desaparece y aparecerá otra con la que tendrá que responder la misma pregunta, y así seguidamente hasta que se cumpla el minuto de juego por nivel. En total son 4 niveles, donde en cada uno disminuye la cantidad de tiempo que se queda la carta para que el usuario la memorice y se aumenta la cantidad de cartas que le pueden salir.

Controles:

El jugador utiliza el mouse para dar clic en la respuesta que considere correcta, el jugador solo interactúa con los dos botones de respuesta.

Elementos de juego y escenario

Escenario

Ejemplo de como se ve el juego luego de que inicia.



Elementos de juego

Todas las posibles cartas que le pueden salir al jugador

