

Sistema de clasificación híbrido entre feedforward neural network y self organize map para identificar dificultades de expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad en jóvenes con discapacidad cognitiva a través de kinect y un videojuego

TESIS DE MAESTRÍA

Tesis presentada en cumplimiento de los requisitos para optar al título de Máster en Ingeniería Computacional

AUTOR

Ing. Daniel Fernando Arteaga Fajardo

DIRECTOR

MG. Jairo Iván Vélez Bedoya

UNIVERSIDAD DE CALDAS - FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA COMPUTACIONAL CONVENIO UNIVERSIDAD  
CESMAG  
PASTO - NARIÑO  
2021

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi madre, a mi hermana y a mi familia quienes me han apoyado en este camino, gracias a esto e podido aprender mucho más, superando todas las barreras que se me han presentado.

## Agradecimiento

Agradezco infinitamente a mi asesor Jairo Iván Vélez Bedoya, quien me enseñó y me guió en todo el desarrollo de la investigación, de igual manera me brindó mucho de su tiempo para llegar a la conclusión de este trabajo.

De igual manera agradezco a mis amigos Mayerlin Yandar y Gustavo Sánchez quienes me brindaron su ayuda y apoyo cuando lo necesite.

Agradezco a las instituciones centro especializado San Nicolás y centro pedagógico maría de la paz por abrirme sus puertas para poder realizar mi investigación, a los padres de familia de todos los niños por darme el consentimiento para realizar las pruebas.

## Contenido

1.	Introducción	10
1.1	Campo temático	10
1.2	Planteamiento del problema	12
1.3	Justificación	14
1.4	Objetivos	15
	Objetivo general	15
	Objetivos específicos	15
1.5	Estructura del documento	16
2.	Revisión Bibliográfica	17
2.1	Videojuego serio	17
2.2	Expresión corporal	17
2.3	Orientación espacial	17
2.7	Redes neuronales	19
2.7.1	Función de entrada (input function)	19
2.7.2	Función de activación	20
2.7.2.1	Función de activación rectificante (RELU)	20
2.7.2.2	Función sigmoide	21
2.7.2.3	Tangente hiperbólica (Tanh)	21
2.7.3	Aprendizaje supervisado	21
2.7.4	Aprendizaje no supervisado	22
2.7.5	Clasificación de redes neuronales	22
2.7.5.1	Redes neuronales monocapas	22
2.7.5.2	Redes neuronales multicapas	22
2.7.5.2.1	Epochs	22
2.7.5.2.2	Batch Size	23
2.7.5.3	Redes neuronales no recurrentes	23
2.7.5.4	Redes neuronales recurrentes	23
2.7.5.5	Redes neuronales totalmente conectadas	23
2.7.5.6	Redes parcialmente conectadas	23
2.7.5.7	Redes neuronales convolucionales	23

2.7.5.8	Redes neuronales de base radial	24
2.8	Computación basada en gestos	24
2.9	Sensor Kinect	24
2.10	Webservice	25
2.11	Muestreo	25
2.11.1	Tipos de muestreo	25
2.11.1.1	Muestreo probabilístico	25
2.11.1.2	Muestreo aleatorio simple	26
2.11.1.3	Muestreo aleatorio sistemático	26
2.11.1.4	Muestreo aleatorio estratificado	26
2.11.1.5	Muestreo aleatorio por conglomerados	27
2.12	Estado del arte	27
2.12.1	Las Tecnologías de la información y comunicación (TIC)	30
2.12.2	Gamificación	31
2.12.3	Realidad Aumentada	32
2.12.4	Computación Basada en Gestos	33
2.12.5	Inteligencia Artificial (IA)	36
2.12.6	Casos de éxito en educación de aplicación de redes neuronales	36
2.11.7	Mapas auto organizados (SOM)	38
3.	Metodología y Descripción detallada del proceso	40
3.1	Materiales y Métodos	40
3.1.1	Elementos físicos	40
3.1.2	Elementos de software	40
3.2	Diseño de la solución	41
3.2.1	Toma de contacto	41
3.2.2	Diseño de formatos	41
3.2.3	Metodología de investigación	41
3.2.4	Diseño arquitectónico de la solución	42
3.2.5	Implementación del video juego	43
3.2.6	Diseño del sistema de clasificación	46
3.2.6.1	Sistema de clasificación con aprendizaje no supervisado	46

3.2.6.1.1	Experimento 1	46
3.2.6.1.2	Experimento 2	47
3.2.6.1.3	Experimento 3	48
3.2.6.2	Sistema de clasificación con aprendizaje supervisado	50
3.2.6.2.1	Aproximación 1	50
3.2.6.2.1.1	Experimento 1	50
3.2.6.2.1.2	Experimento 2	51
3.2.6.2.1.3	Experimento 3	52
3.2.6.2.2	Aproximación 2	54
3.2.6.2.2.1	Experimento 1	54
3.2.6.2.2.2	Experimento 2	55
3.2.6.2.2.3	Experimento 3	55
3.2.7	Implementación web del sistema de puente entre el video juego y el sistema de clasificación	56
3.3	Detalles de aplicación implementación y validación	57
3.3.1	Proceso	58
3.3.1.1	Prueba diagnóstica previa	58
3.3.1.2	Interacción con el videojuego (recolección de datos)	58
3.3.1.3	Clasificación del desempeño	59
4.	Análisis de resultados	60
4.1	Encuesta pretest	60
4.2	Prueba con el juego	60
4.3	Prueba de clasificación	61
4.4	Análisis cuantitativo	62
4.4.1	Análisis de datos	62
4.4.1.1	Resultados significativos	62
5.	Conclusiones	74
6.	Trabajo futuro	75
	Bibliografía	76
	ANEXOS	1
	ANEXO A – Cartas de solicitud	1

ANEXO B - Formato de autorización manejo de datos personales y publicación de fotos	3
ANEXO C - Formatos para consignar resultados	4
ANEXO D - Arquitectura de software	6
ANEXO E - Game desing document (GDD)	19
ANEXO F - Test de orientación derecha - izquierda	24

## Tabla de ilustraciones

Gráfica 1 - Función RELU fuente: <a href="https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/">https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/</a> ...	20
Gráfica 2 - Función sigmoide fuente: <a href="https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/">https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/</a> .....	21
Gráfica 3 -Función Tangente hiperbólica fuente: <a href="https://ichi.pro/es/redes-neuronales-funciones-de-activacion-250075010520831">https://ichi.pro/es/redes-neuronales-funciones-de-activacion-250075010520831</a> .....	21
Gráfica 4 - Vista panorámica escenarios videojuego fuente: propia.....	43
Gráfica 5 - Modelo 3d del personaje principal fuente: propia.....	44
Gráfica 6 - Kinect integración con usuarios .....	45
Gráfica 7 - GUI videojuego V0 fuente: propia .....	45
Gráfica 8 - GUI videojuego V1 fuente: propia .....	45
Gráfica 9 - Clasificación SOM para Experimento 1. fuente: propia.....	47
Gráfica 10 - Clasificación SOM para Experimento 2. fuente: propia.....	48
Gráfica 11 - Clasificación SOM para Experimento 3. fuente: propia.....	49
Gráfica 12 - Comparativa perdida de datos, epoch experimento 1 fuente: propia.....	51
Gráfica 13 - Comparativa perdida de datos, epoch experimento 2 fuente: propia.....	52
Gráfica 14 - Comparativa perdida de datos, epoch experimento 3 fuente: propia.....	53
Gráfica 15 - Comparación experimentos 1, experimento 2 y experimento 3 fuente: propia .....	54
Gráfica 16 - GUI plataforma web fuente: propia .....	57
Gráfica 17 - Diagrama de robustes fuente: propia.....	59
Gráfica 18 - Pretest Fuente: propia .....	60
Gráfica 19 - Prueba con el juego fuente: propia .....	61
Gráfica 20 - Posprueba juego fuente: propia.....	62
Gráfica 21 - Resultado entrenamiento SOM fuente: propia .....	66
Gráfica 22 - comparativa de modelos fuente: propia.....	66
Gráfica 23 - Comparativa Pretest – Videojuego fuente: propia .....	67
Gráfica 24 - Comparativa Pretest – Videojuego fuente: propia .....	68
Gráfica 25 – Diagrama circular pregunta número uno, encuesta dirigida a docentes fuente: propia .....	70
Gráfica 26 - Diagrama circular pregunta número dos, encuesta dirigida a docentes fuente: propia .....	70
Gráfica 27 - Diagrama circular pregunta número cuatro, encuesta dirigida a docentes fuente: propia .....	71
Gráfica 28 - Diagrama circular pregunta número cinco, encuesta dirigida a docentes fuente: propia .....	72
Gráfica 29 - Diagrama circular pregunta número siete, encuesta dirigida a docentes fuente: propia .....	72
Gráfica 30 - Diagrama circular pregunta número ocho, encuesta dirigida a docentes fuente: propia .....	73



Gráfica 31 - Diagrama circular pregunta número nueve, encuesta dirigida a docentes fuente: propia .....	73
Gráfica 32 - Diagrama de casos de uso fuente: propia.....	10
Gráfica 33 - Diagrama de clases fuente: propia.....	11
Gráfica 34 - Información sitio web fuente: propia.....	12
Gráfica 35 - Crear cuenta fuente: propia .....	12
Gráfica 36 - Login fuente: propia.....	13
Gráfica 37 - Juego fuente: propia.....	13
Gráfica 38 - Almacenar datos fuente: propia.....	14
Gráfica 39 - Información sitio fuente: propia.....	14
Gráfica 40 - Crear cuenta fuente: propia .....	15
Gráfica 41 - login fuente: propia .....	15
Gráfica 42 - Juego fuente: propia.....	16
Gráfica 43 - almacenar datos fuente: propia.....	16
Gráfica 44 - Diagrama de componentes fuente: propia.....	17
Gráfica 45 - diagrama de despliegue fuente: propia.....	18

## 1. Introducción

La presente investigación plantea un sistema de clasificación que utiliza redes neuronales que permita identificar dificultades relacionadas con la expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad para niños, niñas, adolescentes y jóvenes con discapacidad cognitiva, lo anterior se hace implementando un videojuego serio que usa sensores de movimiento.

El video juego serio plantea actividades lúdicas para jóvenes con discapacidad cognitiva, que resultan entretenidas y fáciles de desarrollar. El videojuego se encarga de almacenar los datos de movimientos de los jóvenes utilizando el sensor de movimientos Kinect, estos son insumo que se procesan en un modelo de red neuronal híbrido que clasifica los diferentes resultados permitiendo una posterior interpretación de los resultados obtenidos por los jugadores.

La implementación de esta investigación se realizó en el centro especializado San Nicolás y centro pedagógico maría de la paz, con un grupo de jóvenes con discapacidad cognitiva, para verificar el nivel de certeza de aprendizaje y usabilidad.

### 1.1 Campo temático

Los jóvenes pueden presentar diferencias en sus ritmos de aprendizaje y de desarrollo, por ejemplo: pueden estar avanzados en lenguaje y tener dificultades en motricidad; debido a factores biológicos, sociales o culturales. Lo importante es reconocer que existen particularidades que fundamentan las diferencias individuales (Venezuela, 2004), con base en esto la investigación se debe enfocar en tratar de identificar dificultades relacionadas con la expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad de jóvenes con discapacidad cognitiva.

El concepto de discapacidad cognitiva ha cambiado a través del tiempo transformándose desde una visión individual, hacia una visión social que tiene en cuenta la relación de los jóvenes con el contexto. Es así como se han generado

diferentes conceptos relacionados como retraso mental, discapacidad intelectual, y discapacidad mental. (Forero Hernández et al., 2010)

En este caso y en el documento se utilizará el término discapacidad cognitiva por considerar que engloba las características fundamentales tales como comunicación, habilidades sociales, habilidades académicas funcionales, etc., además existen tres elementos claves de la discapacidad cognitiva: capacidades, entorno y funcionamiento, los cuales guardan estrecha relación. (Forero Hernández et al., 2010)

La inclusión de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en varios aspectos de nuestra vida cotidiana ha llevado a facilitar diversos tipos de tareas, es así como estas han ido incursionando en varios ámbitos como la educación, la medicina, la contabilidad, etc., siendo de suma importancia la educación para la sociedad, esta investigación muestra cómo la inclusión de las TIC puede ayudar a identificar dificultades relacionadas con la expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad a través de tecnologías emergentes, algoritmos de clasificación y predicción.

Esta investigación pretende incluir a las TIC en el campo de la expresión corporal, en poblaciones que poseen una discapacidad del tipo cognitivo, se pretende implementar un videojuego serio que según (Marcano, 2008) son aquellos juegos que se usan para educar, entrenar e informar se pretende tener una metodología didáctica y lúdica que permita asimilar el conocimiento de mejor manera (Marcano, 2008), los datos obtenidos serán categorizados en un mapa autoorganizado (SOM) que según (Kaski 2011) define el mapa autoorganizado (SOM), o mapa de Kohonen, como un método de análisis de datos computacional que produce asignaciones no lineales de datos a dimensiones inferiores. Alternativamente, el SOM puede verse como un algoritmo de clasificación que produce un conjunto de agrupaciones organizadas en una cuadrícula regular y redes neuronales que según (Pérez y Fernández, 2007) las define como la capacidad que tienen las máquinas para realizar

tareas que en el momento son realizadas por seres humanos. para lograr identificar patrones en jóvenes con discapacidad cognitiva utilizando las técnicas mencionadas.

## 1.2 Planteamiento del problema

La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con las demás (MINSALUD). Según el (Dane, 2010) existen más de 2,2 millones de personas que presentan discapacidad en Colombia de los cuales aproximadamente 58.564 se encuentran en Nariño., esta es una población creciente que constituye aproximadamente en un 4% de la población colombiana lo cual la convierte en una minoría que tiene derechos y merece tener calidad de vida igual que todos los demás colombianos, actualmente el gobierno nacional ha implementado políticas que aseguran una adecuada inclusión de dichas personas a la sociedad sin vulnerar sus derechos básicos. Pero, ¿qué tan efectivas son dichas políticas?, según la (Unesco, 2017) uno de los grupos más excluidos en el área de la educación son los grupos con discapacidad cognitiva puede ser debido a la falta de infraestructura física, poco conocimiento, limitantes económicos, etc.

Según (Stanton et al., 2007) definen a la comunicación como “la transmisión verbal o no verbal de información entre alguien que quiere expresar una idea y quien espera captarla o se espera que la capten”, pero según (Birdwhistell, 2013) define la comunicación como “proceso de transferencia y comprensión de conocimientos dentro de un marco de una búsqueda común; siendo ésta la generación y creación de conocimiento”, por ende podemos concluir que la comunicación es un ítem importante para el desarrollo del ser humano ya que permite la expresión de ideas y sentimientos, la comunicación no verbal o expresión corporal hace referencia al conjunto de signos (movimientos, olores, expresiones del resto...) más complejos que el lenguaje humano. Birdwhistell et al. (1979). Estas características son de vital

importancia potenciarlas en niños a temprana edad ya que sin prestarle el debido interés se puede evitar que el niño se exprese de una manera más acertada y concisa.

Según (Madrona et al., 2012) la expresión corporal puede potenciar la correcta inclusión de niños a la sociedad, pero en personas con discapacidad cognitiva puede ser un primer paso ya que según la (Unesco, 2017) aún existe mucha discriminación en la sociedad debido a su diferente percepción del mundo.

Es ahí donde el gobierno de Colombia plantea planes y guías para facilitar la inclusión de dichas personas en la sociedad (Social, 2017); sin embargo, es poca la atención que se le presta a áreas de desarrollo como la expresión corporal en estos jóvenes, por esta razón, estos jóvenes carecen de herramientas que les permitan una facilidad comunicacional o expresar de manera clara sus ideas y sentimientos.

Según (Isabel Margarita et al., 2004) existen varios factores que pueden hacer que los niños tengan dificultades de aprendizaje, entre ellos: los ambientales, sociales, culturales, etc. Uno de ellos puede ser la lejanía de sitios especializados o los costos de las terapias lo cual redundaría en que esta comunidad o sus familias declinen los tratamientos en centros especializados, Así que es posible asumir que muchos de estos factores pueden presentarse en jóvenes con discapacidad cognitiva impidiendo su adecuada educación y comunicación.

Se han llevado diferentes estudios científicos sobre la discapacidad cognitiva como (González Hernández, 2011) quien realizó la investigación sobre “Diseño de productos para la habilitación integral de niños y jóvenes con discapacidad cognitiva”, (Gómez-Puerta et al., 2018) realizó la investigación sobre “El método de lectura fácil como estrategia de accesibilidad cognitiva al lenguaje escrito en alumnado con discapacidad intelectual” y sobre la expresión corporal como (Palomo Segura et al., 2011) “Juegos de expresión corporal para estimular la coordinación dinámica general de los niños de 4-5 años”, de igual manera de proyectos de TI como (Kugelmann et al., 2018) el cual crea un espejo de realidad aumentada para anatomía macroscópica el cual es destinado para preparar a estudiantes de medicina; en el trabajo de

(Alhumaidan et al., 2017) el cual desarrolla un libro en realidad aumentada para niños de escuela primaria que involucra a los niños de primaria para dicho desarrollo, en el trabajo de (Bauer et al., 2017) desarrolla un espejo de realidad aumentada que es capaz de seguir los movimientos de los clientes de una tienda de productos, sin embargo para propósitos específicos son muy pocas las aplicaciones que existen en el mercado o en investigaciones de tal manera que atiendan de manera puntual la necesidad de los jóvenes con discapacidad cognitiva en la dimensión espacial y direccionalidad de expresión corporal.

De lo anterior se puede concluir que existe la falta de inclusión de herramientas computacionales de fácil acceso para identificar dificultades relacionadas con la expresión corporal en la dimensión espacial y direccional en jóvenes con discapacidad cognitiva, lo cual hace que se planteen las siguientes preguntas:

- ¿Cómo puede automatizarse la clasificación del desempeño en individuos con discapacidad cognitiva que resuelven retos relacionados con la expresión corporal en la dimensión espacial y la direccionalidad?
- ¿De qué manera puede plantearse un sistema atractivo, para los jóvenes con discapacidad cognitiva, que permita obtener los datos propios de los resultados de un conjunto de retos asociados a la expresión corporal en la dimensión espacial y la direccionalidad?

### **1.3 Justificación**

En la investigación de (Kwon y Lee, 2016) se demuestra que los videojuegos serios pueden desarrollar habilidades simples en personas con discapacidades para llevar a cabo una tarea simple en el trabajo; en la investigación de (Alaribe, 2015) se enseña a jóvenes con discapacidad cognitiva a utilizar el transporte público de manera adecuada, se puede concluir que los videojuegos serios ayudan a potenciar el aprendizaje en personas con discapacidad cognitiva a través de la repetición y la retroalimentación en el desarrollo de sus actividades, (Castagnola Maria Eugenia, 2015) desarrolló un videojuego serio aplicado a niños con discapacidad.

Con la implementación de redes neuronales y SOM se determinan patrones clave que afectan a un individuo en particular, más la implementación de un videojuego serio con sensores de movimiento se logra una facilidad en la clasificación individual de dificultades relacionadas con la expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad, ya que logra la motivación y facilita la realización de actividades y es así como esto aplicado a la discapacidad cognitiva en la dimensión espacial y direccionalidad de expresión corporal podría arrojar resultados valiosos para la investigación.

De igual manera el uso de las TIC en la educación proporciona herramientas de mayor accesibilidad para dichas comunidades vulnerables, ahorrando consultas costosas y tiempo de desplazamiento. Lo que se pretende con esta investigación, siguiendo la línea de (Madrona et al., 2012) es darles la posibilidad a los jóvenes, con discapacidad cognitiva, de mejorar habilidades motoras básicas en la dimensión espacial y direccionalidad.

## 1.4 Objetivos

### Objetivo general

Desarrollar un sistema de clasificación que mediante redes neuronales permita identificar dificultades relacionadas con la expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad en jóvenes con discapacidad cognitiva, a través de la implementación de un videojuego serio que usa sensores de movimiento.

### Objetivos específicos

- Adoptar el modelo arquitectónico 4+1 y el patrón de diseño MVT (model view template) para diseñar la solución computacional que permita la interacción del individuo con el sistema a través de un sensor de movimiento y un motor de desarrollo de videojuegos.

- Implementar un videojuego serio, por medio de un motor de desarrollo de videojuegos, para plantear retos relacionados con actividades motrices en la dimensión espacial y direccionalidad de un individuo.
- Construir una red neuronal para clasificar el desempeño de un individuo cuando resuelve retos relacionados con actividades motrices en la dimensión espacial y direccionalidad, a través de la hibridación de una red de tipo perceptrón multicapa y un mapa auto organizado (SOM)
- Validar el desempeño de la red neuronal y la jugabilidad para verificar el nivel de certeza de aprendizaje y la usabilidad, a través de la aplicación de un test previo y su comparación con los resultados obtenidos en la interacción del individuo con el videojuego.

### **1.5 Estructura del documento**

Este documento está dividido en ocho secciones incluyendo la introducción, en la que se presenta el campo temático, planteamiento del problema, la justificación, el marco teórico y antecedentes que soportan el estudio, los objetivos y la metodología a utilizar.

En la segunda parte se describe la revisión bibliográfica que incluye el marco teórico y el estado del arte o antecedentes relacionados con la materia, mientras que el capítulo 3 describe el proceso detallado para establecer la solución de software e implementación.

En la sección 4 se desarrolla el análisis de resultados, en el cual se compara los resultados obtenidos en el pretest, datos recolectados con el videojuego serio, el entrenamiento de la red neuronal y un test de experiencia del videojuego serio.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones, las recomendaciones en el capítulo 6 y anexos en el capítulo 7, los cuales incluyen los diseños de las pruebas, arquitectura de software y game design document. Finalmente, el punto 8 contiene la relación de referencias en las que se basan las premisas utilizadas.



## 2. Revisión Bibliográfica

### 2.1 Videojuego serio

Los juegos han constituido una poderosa herramienta de aprendizaje de conductas y actitudes necesarias para el eficiente desempeño sociocultural. En la actual sociedad digital ese papel lo desempeñan los videojuegos. Estos proveen a los videojugadores de habilidades y destrezas propias de la época y facilitan el aprendizaje de procesos complejos con eficacia. Estos beneficios de los videojuegos se han querido aprovechar para hacer más efectivos los procesos educativos, de entrenamiento e información. Al grupo de videojuegos destinados a cumplir dichos objetivos se les denomina juegos serios. (Marcano Lárez 2008).

### 2.2 Expresión corporal

La Expresión corporal (EC) parte del hecho de que todo ser humano, de una manera consciente o inconsciente, se manifiesta mediante su cuerpo y utiliza su cuerpo como un instrumento irremplazable de expresión que le permite ponerse en contacto con el medio y con los demás. El cuerpo se convierte en una forma de expresión que el individuo emplea en su comunicación habitual pero que puede aprender a utilizar mejor adquiriendo instrumentos que le permitan enriquecer su expresividad, creatividad y sensibilidad estética. (García Sánchez, Pérez Ordás, and Calvo Lluch 2015)

### 2.3 Orientación espacial

La orientación espacial es la capacidad de procesar información relacionada con la posición en el espacio. Forma parte de un conjunto de habilidades denominadas visuoespaciales, entre las que se encuentran la estructuración espacial y la Visio percepción. Es una de las capacidades cognitivas básicas y está implicada en aprendizajes posteriores como la escritura, la lectura o el cálculo. (Jarque 2017)

## **2.4 Orientación derecha - izquierda**

La orientación derecha-izquierda es un aspecto concreto de la orientación espacial que consiste en identificar estas posiciones tomando el propio cuerpo como referencia. En la edad de educación infantil implica reconocer en el propio cuerpo las partes derecha e izquierda y seguir estas direcciones en el espacio. (Jarque 2017)

## **2.5 Discapacidad cognitiva**

Se habla de discapacidad cognitiva cuando el alumno muestra serias limitaciones o retraso en sus capacidades intelectuales y en la ejecución de conductas adaptativas al entorno que le rodea. Estas deficiencias cognitivas, a su vez, dificultan seriamente el aprendizaje de competencias y, por tanto, el desarrollo integral del niño.

Las capacidades intelectuales afectadas en la discapacidad cognitiva son aquellas que intervienen en la adquisición de conocimientos: la atención, percepción, memoria... Además, el alumno tiene dificultades en tareas de razonamiento y de solución de problemas, problemas en el desarrollo de habilidades sociales y comunicativas y es menos autónomo que un niño de su misma edad. (Fundación Universia n.d.)

## **2.6 Mapas autoorganizados (SOM)**

Los Mapas Autoorganizados (SOM, del inglés Self Organizing Maps) son redes neuronales competitivas basadas en el paradigma de entrenamiento no supervisado. Una vez entrenados, los SOM generan un mapeo del espacio de datos coherente con su función densidad de probabilidad, que permite generar prototipos de clases representativos del espacio de patrones. Los SOM han demostrado ser una herramienta válida para el análisis de la distribución de patrones y permiten extraer conocimiento y establecer relaciones entre las variables que componen los vectores de datos. (Comas et al. 2012)

## 2.7 Redes neuronales

Una red neuronal artificial es un procesador distribuido en paralelo de forma masiva que tiene una tendencia natural para almacenar conocimiento de forma experimental y lo hace disponible para su uso.

Se parece al cerebro humano en dos aspectos:

- El conocimiento es adquirido por la red a través de un proceso de aprendizaje.
- Los pesos sinápticos o fuerza con que están interconectadas las neuronas se utilizan para almacenar la información.

Otras definiciones son:

- Una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos.
- Un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles.
- Un sistema de computación hecho por un gran número de elementos simples, elementos de proceso interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas.
- Redes neuronales artificiales son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico.

(Aldabas Rubira 2002)

### 2.7.1 Función de entrada (input function)

La neurona trata a muchos valores de entrada como si fueran uno solo; esto recibe el nombre de entrada global. Por lo tanto, ahora nos enfrentamos al problema de cómo se pueden combinar estas simples entradas ( $in_{i1}$ ,  $in_{i2}$ , ...) dentro de la entrada global,  $g_{in_i}$ . Esto se logra a través de la función de entrada, la cual se calcula a partir del vector entrada. La función de entrada puede describirse como sigue:

$$\text{Input}_i = (in_{i1} \bullet w_{i1}) * (in_{i2} \bullet w_{i2}) * \dots (in_{in} \bullet w_{in})$$

donde: \* representa al operador apropiado (por ejemplo: máximo, sumatoria, productoria, etc.),  $n$  al número de entradas a la neurona  $N_i$  y  $w_i$  al peso.

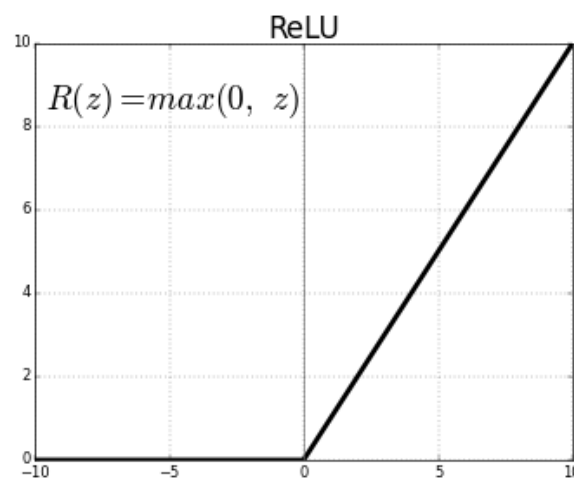
Los valores de entrada se multiplican por los pesos anteriormente ingresados a la neurona. Por consiguiente, los pesos que generalmente no están restringidos cambian la medida de influencia que tienen los valores de entrada. Es decir, que permiten que un gran valor de entrada tenga solamente una pequeña influencia, si estos son lo suficientemente pequeños. (Alberto Ruiz Marta Susana Basualdo Autor and Jorge Matich 2001)

## 2.7.2 Función de activación

La función activación calcula el estado de actividad de una neurona; transformando la entrada global (menos el umbral,  $\Theta_i$ ) en un valor (estado) de activación, cuyo rango normalmente va de (0 a 1) o de (-1 a 1). Esto es así, porque una neurona puede estar totalmente inactiva (0 o -1) o activa (1). (Alberto Ruiz Marta Susana Basualdo Autor and Jorge Matich 2001)

### 2.7.2.1 Función de activación rectificante (ReLU)

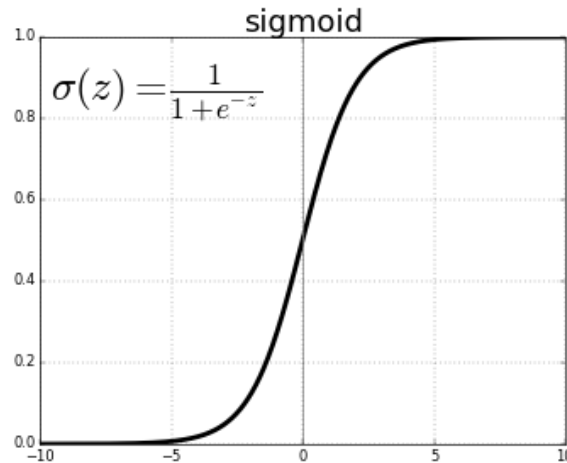
La función de activación ReLU aplica una transformación no lineal muy simple, activa la neurona solo si el *input* está por encima de cero. Mientras el valor de entrada está por debajo de cero, el valor de salida es cero, pero cuando es superior de cero, el valor de salida aumenta de forma lineal con el de entrada. (Amat 2021).



Gráfica 1 - Función ReLU fuente: [https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural\\_networks/](https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/)

### 2.7.2.2 Función sigmoide

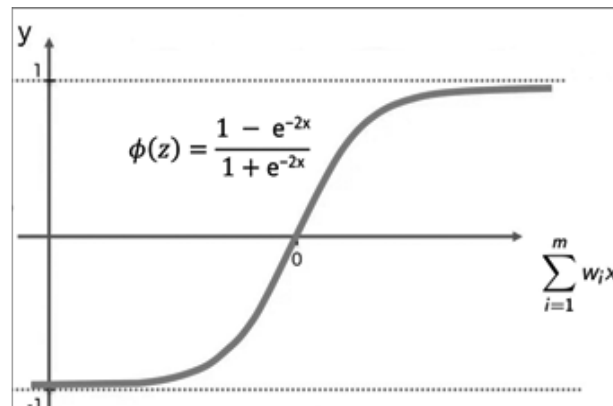
La función sigmoide transforma valores en el rango de  $(-\infty, +\infty)$  a valores en el rango  $(0, 1)$ . (Amat 2021).



Gráfica 2 - Función sigmoide fuente: [https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural\\_networks/](https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/)

### 2.7.2.3 Tangente hiperbólica (Tanh)

La función de activación Tanh, se comporta de forma similar a la función sigmoide, pero su salida está acotada en el rango  $(-1, 1)$ . (Amat 2021).



Gráfica 3 -Función Tangente hiperbólica fuente: <https://ichi.pro/es/redes-neuronales-funciones-de-activacion-250075010520831>

## 2.7.3 Aprendizaje supervisado

El aprendizaje supervisado consiste en entrenar la red a partir de un conjunto de datos o patrones de entrenamiento compuesto por patrones de entrada y salida. El

objetivo del algoritmo de aprendizaje es ajustar los pesos de la red  $w$  de manera tal que la salida generada por la ANN sea lo más cercanamente posible a la verdadera salida dada una cierta entrada. Es decir, la red neuronal trata de encontrar un modelo al proceso desconocido que generó la salida  $y$ . Este aprendizaje se llama supervisado pues se conoce el patrón de salida el cual hace el papel de supervisor de la red. (Miranda n.d.)

#### **2.7.4 Aprendizaje no supervisado**

En cambio, en el aprendizaje no supervisado se presenta sólo un conjunto de patrones a la ANN, y el objetivo del algoritmo de aprendizaje es ajustar los pesos de la red de manera tal que la red encuentre alguna estructura o configuración presente en los datos. (Miranda n.d.)

#### **2.7.5 Clasificación de redes neuronales**

##### **2.7.5.1 Redes neuronales monocapas**

Es la forma más sencilla de red neuronal, consta de una sola capa cuya función es proyectar la capa de entrada a una capa de salida en la cual se realizan los cálculos necesarios. Se utiliza generalmente para eliminar distorsiones de señal. (Montaño 2002)

##### **2.7.5.2 Redes neuronales multicapas**

Es una generalización de la anterior existiendo un conjunto de capas intermedias entre la entrada y la salida (capas ocultas). Este tipo de red puede estar total o parcialmente conectada (Montaño 2002)

###### **2.7.5.2.1 Epochs**

Una época consiste en una pasada completa de entrenamiento sobre todo el conjunto de datos. Para ser más específicos, una época es equivalente a un pase hacia adelante más una retropropagación sobre todo el conjunto de datos de

entrenamiento. Por lo tanto, una época consistiría en  $n$  número de (paso hacia adelante + retropropagación) donde  $n$  denota el número de lotes. (Pattanayak 2017)

#### **2.7.5.2.2 Batch Size**

El batch size determina el número de puntos de datos de entrenamiento en cada mini batch. El batch size debe elegirse de tal manera que dé una buena estimación del gradiente para el entrenamiento completo del dataset y al mismo tiempo minimizar el ruido de una mala interpretación que no proporciona una buena generalización. (Pattanayak 2017)

#### **2.7.5.3 Redes neuronales no recurrentes**

En este tipo de redes no existe retroalimentación de ningún tipo dado que se mueven únicamente hacia adelante. (Montaño 2002)

#### **2.7.5.4 Redes neuronales recurrentes**

Las redes neuronales recurrentes permiten retroalimentación mediante el uso de lazos, los mismos que pueden ser neuronas de capas distintas o de la misma. (Montaño 2002)

#### **2.7.5.5 Redes neuronales totalmente conectadas**

En este tipo de redes se conectan todas las neuronas con las capas anteriores o siguientes, constituyendo de esta manera redes concurrentes o no concurrentes. (Montaño 2002)

#### **2.7.5.6 Redes parcialmente conectadas**

Son aquellas redes donde no se llega a una conexión total, sino parcial únicamente, en paralelo o de manera jerárquica. (Montaño 2002)

#### **2.7.5.7 Redes neuronales convolucionales**

La mayor ventaja de las redes neuronales convolucionales, respecto a otros tipos de redes neuronales como las multicapas comunes, es que diferentes partes de la red

neuronal se pueden entrenar para tareas diversas. Con esto se consigue aumentar la velocidad de entrenamiento e identificar patrones de una forma más avanzada. Gracias al uso de algoritmos para redes convolucionales, se reduce el número de conexiones y de parámetros, por lo que requiere de menor entrenamiento. Algunos de los cálculos que se utilizan en este tipo de redes neuronales son: sigmoide RLU, Maxout y Leaky ReLu.

#### **2.7.5.8 Redes neuronales de base radial**

En la Inteligencia Artificial y matemáticas se les denomina a las redes neuronales de base radiales, a las que aplican funciones de base radial como funciones de activación. La salida de la red es una combinación lineal de funciones de base radial y parámetros neuronales. Las aplicaciones son diversas, como por ejemplo la aproximación de funciones, la predicción de series de tiempo y la clasificación. Esto no quita que también se pueda aplicar para otros casos de uso.

### **2.8 Computación basada en gestos**

En el área de la interacción humano computador (HCI) se investiga la utilización de gestos como medio de comunicación con dispositivos de cómputo, en las que el cuerpo es un agente principal en la comunicación. Adicionalmente, en algunas ocasiones se utiliza para evaluar la experiencia del usuario al enfrentarse a ciertas interacciones; por ejemplo, para estimar las emociones que genera una interacción de acuerdo con los gestos que hace el usuario. (Cortés-Rico and Piedrahita-Solórzano 2019).

### **2.9 Sensor Kinect**

El dispositivo denominado Kinect es un sensor capaz de controlar e interactuar con la consola sin la necesidad de tener un contacto físico con un control tradicional, lo que hace que el cuerpo humano sea el controlador real al detectar e identificar diferentes segmentos corporales, además del reconocimiento de voz; estas características



convierten la participación física, mental y emocional de los jugadores pasivos en un proceso activo, atractivo y auto constructivo. (Muñoz, 2014)

## **2.10 Webservice**

Un webservice facilita un servicio a través de Internet: se trata de una interfaz mediante la que dos máquinas (o aplicaciones) se comunican entre sí. (Desarrollo-web 2020)

## **2.11 Muestreo**

El muestreo es por lo tanto una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicha población que son importantes para la investigación. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, es decir ejemplificar las características de ésta. (Universidad de Sonora 2016)

### **2.11.1 Tipos de muestreo**

#### **2.11.1.1 Muestreo probabilístico**

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas. Sólo estos métodos de muestreo probabilísticos nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y son, por tanto, los más recomendables. (Universidad de Sonora 2016)

### **2.11.1.2 Muestreo aleatorio simple**

El procedimiento empleado es el siguiente: uno se asigna un número a cada individuo de la población y dos a través de algún medio mecánico (bolas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados con una calculadora u ordenador, etc.) se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido. Este procedimiento, atractivo por su simpleza, tiene poca o nula utilidad práctica cuando la población que estamos manejando es muy grande. (Universidad de Sonora 2016)

### **2.11.1.3 Muestreo aleatorio sistemático**

Este procedimiento exige, como el anterior, numerar todos los elementos de la población, pero en lugar de extraer  $n$  números aleatorios sólo se extrae uno. Se parte de ese número aleatorio  $i$ , que es un número elegido al azar, y los elementos que integran la muestra son los que ocupa los lugares  $i, i+k, i+2k, i+3k, \dots, i+(n-1)k$ , es decir se toman los individuos de  $k$  en  $k$ , siendo  $k$  el resultado de dividir el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra:  $k= N/n$ . El número  $i$  que empleamos como punto de partida será un número al azar entre 1 y  $k$ . (Universidad de Sonora 2016)

### **2.11.1.4 Muestreo aleatorio estratificado**

Trata de obviar las dificultades que presentan los anteriores ya que simplifican los procesos y suelen reducir el error muestral para un tamaño dado de la muestra. Consiste en considerar categorías típicas diferentes entre sí (estratos) que poseen gran homogeneidad respecto a alguna característica (se puede estratificar, por ejemplo, según la profesión, el municipio de residencia, el sexo, el estado civil, etc.). Lo que se pretende con este tipo de muestreo es asegurarse de que todos los estratos de interés estarán representados adecuadamente en la muestra. Cada estrato funciona independientemente, pudiendo aplicarse dentro de ellos el muestreo aleatorio simple o el estratificado para elegir los elementos concretos que formarán parte de la muestra. En ocasiones las dificultades que plantean son demasiado grandes, pues exige un conocimiento detallado de la población. (Tamaño geográfico,

sexos, edades,). La distribución de la muestra en función de los diferentes estratos se denomina afijación, y puede ser de diferentes tipos: Afijación Simple: A cada estrato le corresponde igual número de elementos muestrales. Afijación Proporcional: La distribución se hace de acuerdo con el peso (tamaño) de la población en cada estrato. Afijación Óptima: Se tiene en cuenta la previsible dispersión de los resultados, de modo que se considera la proporción y la desviación típica. Tiene poca aplicación ya que no se suele conocer la desviación. (Universidad de Sonora 2016)

#### **2.11.1.5 Muestreo aleatorio por conglomerados**

Los métodos presentados hasta ahora están pensados para seleccionar directamente los elementos de la población, es decir, que las unidades muestrales son los elementos de la población. En el muestreo por conglomerados la unidad muestral es un grupo de elementos de la población que forman una unidad, a la que llamamos conglomerado. Las unidades hospitalarias, los departamentos universitarios, una caja de determinado producto, etc., son conglomerados naturales. En otras ocasiones se pueden utilizar conglomerados no naturales como, por ejemplo, las urnas electorales. Cuando los conglomerados son áreas geográficas suele hablarse de "muestreo por áreas". El muestreo por conglomerados consiste en seleccionar aleatoriamente un cierto número de conglomerados (el necesario para alcanzar el tamaño muestral establecido) y en investigar después todos los elementos pertenecientes a los conglomerados elegidos. (Universidad de Sonora 2016)

### **2.12 Estado del arte**

La comunicación es algo indispensable para cada ser humano ya que de esta manera expresamos las ideas a los demás, es tanto así que todo ser vivo puede comunicarse con otros a su alrededor, según (Birdwhistell et al., 1979) existen 2 tipos de comunicaciones la verbal y la no verbal para el desarrollo de esta guía se hablará de la no verbal.

Birdwhistell et al. (1979) define la comunicación no verbal como un conjunto de signos (movimientos, olores, expresiones del rostro...) mucho más complejos que el

lenguaje humano y con mayor contenido en cuanto a lo que expresamos tanto voluntaria como involuntariamente. Es decir, todo lo que hace referencia al cómo se dice: gestos, expresiones faciales, movimientos corporales, el espacio que nos separa del otro, Comunicación a través de la forma en que vestimos, en cómo nos mostramos -alegres o triste-, en cómo nos sentamos, si miramos o no a la cara, si hablamos despacio o deprisa, todo ello son signos que permiten a la persona que nos escucha hacerse una idea de quiénes y cómo somos. A lo anterior se le conoce como expresión corporal ya que todos los gestos que realizamos día a día son el conjunto de signos que queremos mostrar a las demás personas.

La expresión corporal es importante desarrollarla en etapas tempranas de los niños ya que de esta manera desarrollan habilidades de comunicación no verbal según (M<sup>a</sup> Ángeles Cáceres, 2010) Una educación rica en Expresión corporal, o una expresión corporal rica en valores educativos va a preparar al niño para muchas más cosas que para poder expresarse y captar mensajes a través del lenguaje corporal. La interiorización, la conciencia de sí mismo, la aceptación del propio cuerpo y del compañero, etc., sentarán las bases de un individuo crítico y autónomo, capaz de integrarse en la sociedad sin ser tragado y deshumanizado por ella. Se puede concluir que la expresión corporal es importante ya que con esta no solo se aprende a desarrollar habilidades de comunicación verbal sino que se desarrollan otro tipo de habilidades sociales de gran importancia para un ser que debe adaptarse a una sociedad, en el artículo de (Madrona et al., 2012) se definen tres tipos de habilidades sociales que están relacionadas con la expresión corporal los cuales son: cognitivos, instrumentales y sociales, para el desarrollo de esta guía nos enfocaremos en el tipo de habilidad cognitivo que se pueden definir de la siguiente manera: Son las facilitadoras del conocimiento, aquellas que operan directamente sobre la información: recogiendo, analizando, comprendiendo, procesando y guardando información en la memoria, para, posteriormente, poder recuperarla y utilizarla dónde, cuándo y cómo convenga. En general, son las siguientes:

- Atención: Exploración, fragmentación, selección y contradictorias.

- Comprensión (técnicas o habilidades de trabajo intelectual): Captación de ideas, subrayado, traducción a lenguaje propio y resumen, gráficos, redes, esquemas y mapas conceptuales. A través del manejo del lenguaje oral y escrito (velocidad, exactitud, comprensión).
- Elaboración: Preguntas, metáforas, analogías, organizadores, apuntes y mnemotecnias.
- Memorización/Recuperación (técnicas o habilidades de estudio): Codificación y generación de respuestas. Como ejemplo clásico y básico, el método 3R: Leer, recitar y revisar (read, recite, review). (Herrera Clavero, 2013).

Pero como se pueden potenciar las habilidades sociales cognitivas a través de la expresión corporal, en la investigación desarrollada por (Madrona et al., 2012) se demostró que estas habilidades se pueden incrementar a través de la danza y movimientos simples que potenciaban habilidades sociales y comunicacionales de niños. Pero cómo pueden potenciar en jóvenes con discapacidad cognitiva, para esto se tendrá en cuenta que la discapacidad según (Organización Mundial de la y Banco, 2011) es la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y el entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás; por consecuencia la discapacidad no permite una plena interacción de algunas personas con la sociedad pero aun así que es la discapacidad cognitiva el concepto de discapacidad cognitiva ha cambiado a través del tiempo transformándose desde una visión individual, hacia una visión social que tiene en cuenta la relación del niño o niña con el contexto. Es así como se han generado diferentes conceptos relacionados como retraso mental, discapacidad intelectual, y discapacidad mental (Forero Hernández et al., 2010). En este caso y durante el desarrollo de esta guía se utilizará el término discapacidad cognitiva por considerar que engloba las características fundamentales tales como comunicación, habilidades sociales, habilidades académicas funcionales, etc.

Existen tres elementos claves, que guardan entre si estrecha relación, en la definición de la discapacidad cognitiva:

- capacidades
- entorno
- funcionamiento

Los niños pueden presentar diferencias en sus ritmos de aprendizaje y de desarrollo, por ejemplo: pueden estar avanzados en lenguaje y tener dificultades en motricidad; debido a factores biológicos, sociales o culturales. Lo importante es reconocer que existen particularidades que fundamentan las diferencias individuales. (Isabel Margarita et al., 2004) y Según (Villagra, 1992) muchas de las características y necesidades de los discapacitados cognitivos podrían ser desarrolladas con mejores resultados desde y con la expresión corporal en base a esto nace la necesidad de una investigación que se debe enfocar en tratar de potenciar las habilidades motrices y cognitivas de jóvenes con discapacidad cognitivas.

### **2.12.1 Las Tecnologías de la información y comunicación (TIC)**

Las tecnologías de la información y comunicación (Cabero, 1998) la define como: En líneas generales podríamos decir que las nuevas tecnologías de la información y comunicación son las que giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; pero giran, no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconexionadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas. (Belloch, 2012), y de igual manera (Belloch, 2012) define Existen múltiples instrumentos electrónicos que se encuadran dentro del concepto de TIC, la televisión, el teléfono, el video, el ordenador. Pero sin lugar a duda, los medios más representativos de la sociedad actual son los ordenadores que nos permiten utilizar diferentes aplicaciones informáticas (presentaciones, aplicaciones multimedia, programas ofimáticos,) y más específicamente las redes de comunicación, en concreto Internet, para poder potenciar la expresión corporal en jóvenes con discapacidad cognitiva partimos con las técnicas TIC que se utilizaran en el desarrollo de esta guía para proponer una herramienta de mejora.

Durante el desarrollo de esta guía se propone como metodología pedagógica la de gamificación o ludificación.

### 2.12.2 Gamificación

Según (Gallego y Molina, 2014) Gamificación (o ludificación) es el uso de estrategias, modelos, dinámicas, mecánicas y elementos propios de los juegos en contextos ajenos a éstos, con el propósito de transmitir un mensaje o unos contenidos o de cambiar un comportamiento, a través de una experiencia lúdica que propicie la motivación, la implicación y la diversión. Y según (Borrás Gené, 2015) Elementos en común con los videojuegos son: avatares, reputación, rankings, niveles, sistemas de realimentación, reglas, etc.

Elementos de los juegos que aplicamos a la gamificación:

- Voluntario: alguien obligado a jugar no juega
- Aprender o resolver un problema
- Balance entre estructura y libertad (explorar).

Gamificación no es convertir todo en un juego, no son mundos virtuales en 3D o juegos en el lugar de trabajo, no son simulaciones o juegos serios. Tampoco se trata de poner badges o insignias, puntos o recompensas porque sí, ni funciona para todos los contextos o es fácil aplicarla. De esta manera podemos entender que la gamificación es una propuesta pedagógica que intenta mezclar la lúdica con el aprendizaje haciendo que el aprendizaje sea más interactivo y menos tedioso. En cuanto a propuestas de gamificación aplicadas a la educación encontramos la de (Kayımbaşıoğlu et al., 2016) que en su investigación se pudo concluir que la gamificación acelera el aprendizaje y mantiene el enfoque en los estudiantes, también (Urh et al., 2015) el cual en su proyecto puede concluir que el aprendizaje electrónico en un futuro se verá más influenciado por la gamificación para de esta manera ajustar las plataformas pedagógicas a las necesidades de cada estudiante. De esta manera se puede definir que la gamificación puede ser una gran metodología para desarrollar la expresión corporal en jóvenes con discapacidad cognitiva pero aun así es difícil captar la atención de dicha población así que por tal motivo también se utilizara la realidad

aumentada como medio de aprendizaje para captar la atención de los jóvenes con discapacidad cognitiva.

### **2.12.3 Realidad Aumentada**

Según (Lizbeth y Lara, 2004) La realidad aumentada es una tecnología que integra señales captadas del mundo real (típicamente video y audio) con señales generadas por computadores (objetos gráficos tridimensionales); las hace corresponder para construir nuevos mundos coherentes, complementados y enriquecidos – hace coexistir objetos del mundo real y objetos del mundo virtual en el ciberespacio-. Mientras que según (Pombo, 2010) Debido al avance de esta tecnología y gracias a que los dispositivos móviles disponen de mayor capacidad de procesamiento e incluyen cámaras digitales, sensores de última generación y sistemas de localización global, ha sido posible desarrollar sistemas más precisos y asequibles de realidad aumentada. Esta tecnología permite algo que hasta hace bien poco era impensable, mezclar información digital con escenarios reales. Actualmente, y cada vez más, es habitual encontrar aplicaciones que funcionan en teléfonos móviles y que son capaces de mezclar lugares de interés con información digital relevante, visualizar contenidos adicionales en museos, tales como reconstrucciones, y un largo etcétera de ejemplos.

En la actualidad la realidad aumentada ha sido una solución novedosa en la educación ya que ha tenido una gran acogida en cuanto a una mejor enseñanza para los estudiantes, ya que esta es una herramienta nueva con la cual ellos pueden interactuar, obtienen una mayor motivación para seguir con los estudios y así poder aprender de forma diferente, practica y fácil. Por lo cual se han desarrollado diferentes investigaciones de realidad aumentada orientada a la educaciones de los cuales podemos encontrar los siguientes: el trabajo de (Kugelmann et al., 2018) el cual crea un espejo de realidad aumentada para anatomía macroscópica el cual es destinado para preparar a estudiantes de medicina, en el trabajo de (Alhumaidan et al., 2017) el cual desarrolla un libro en realidad aumentada para niños de escuela primaria el cual involucra a los niños de primaria para dicho desarrollo, en el trabajo



de (Bauer et al., 2017) desarrolla un espejo de realidad aumentada que es capaz de seguir los movimientos de los clientes de una tienda de productos, en el trabajo de (Aebersold et al., 2018) se crea un simulador de anatomía para estudiantes de enfermería en el cual tuvieron un entrenamiento visualizando órganos internos. Sin embargo la realidad aumentada en la educación también tiene algunas desventajas según (Akçayır y Akçayır, 2017) en su revisión sistemática concluye que la realidad aumentada disminuye la carga cognitiva otros demuestran que aumentan la carga cognitiva, pero aun así estos errores pueden darse por el uso de interfaces inadecuadas, errores en la programación, mal empleo de la herramienta, es así como la realidad aumentada si puede convertirse en una buena herramienta para mejorar la expresión corporal en jóvenes con discapacidad.

#### **2.12.4 Computación Basada en Gestos**

Entre las herramientas que pueden potenciar la expresión corporal en jóvenes con discapacidad cognitiva se encuentra la llamada Computación basada en gestos o computación gestual, hace referencia a cómo las computadoras comienzan a entender el lenguaje corporal humano y crean un puente más rico de información entre el humano y la máquina. Los dispositivos de control de gestos reconocen e interpretan movimientos del cuerpo humano, lo que permite a los usuarios interactuar con un sistema informático. (Birmingham, 2016), según (De castro Lozano, 2012) Las aplicaciones y herramientas informáticas basada en gestos están cambiando nuestra forma de interactuar con los ordenadores y con otros dispositivos como la IPTV o los sistemas inteligentes en coches, y ya están empezando la proliferación de este tipo de tecnologías. En los últimos años los sistemas de juego han incorporado cada vez más la tecnología basada en gestos. Xbox Kinect y Nintendo Wii reconocen e interpretan patrones y conductas en movimientos motores del cuerpo, así como en expresiones faciales. Lo que hace a la Informática basada en gestos en especial interesante actualmente es, por un lado: cada vez más fiel la interpretación de los gestos que hacen los dispositivos. Y, por otro, la convergencia de esta tecnología con el reconocimiento de la voz, permitiendo

a los usuarios comunicar al dispositivo sus intenciones por medio de los gestos, como de la voz, pudiéndose integrar estas dos tecnologías en los Smartphone, tabletas e IPTV. Así que la computación gestual puede ser una gran herramienta para potenciar la expresión corporal ya que permite al usuario moverse de manera libre y un algoritmo deberá interpretar sus movimientos para posteriormente traducirlos y convertirlos en lenguaje máquina pero para lograr esto un dispositivo hardware debe ser el mediador entre los gestos que realizamos y la computadora, para el desarrollo de esta guía nos enfocaremos en el dispositivo Kinect v2.0 diseñado por Microsoft según (Murillo, 2016) en su sitio web de desarrolladores de Kinect define el dispositivo como Un dispositivo, inicialmente pensado como un simple controlador de juego, que gracias a los componentes que lo integran: sensor de profundidad, cámara RGB, array de micrófonos y sensor de infrarrojos (emisor y receptor), es capaz de capturar el esqueleto humano, reconocerlo y posicionarlo en el plano. Gracias a toda la información que captura este dispositivo, los desarrolladores de software pueden hacer uso de él para programar toda una serie de aplicativos cuyo activo principal es la interacción con los elementos “virtuales” a través de los distintos movimientos del cuerpo humano. Es ahí donde entra en juego el SDK para Kinect, que Microsoft ha puesto al alcance de los desarrolladores de todo el mundo. Utilizando este hardware se han llevado a cabo diversos desarrollos de software entre los cuales encontramos el trabajo de (Boutsika, 2014) en el cual se sugiere el uso de videojuegos que implementan Kinect para el aprendizaje de niños con autismo, en el trabajo de (Bravo et al., 2017) se implementa un software para mejorar las habilidades motoras a través de actividades de arte en pacientes con discapacidad cognitiva que se niegan a realizar terapias fisioterapeuta, en el trabajo de (Pedraza-Hueso et al., 2015) se crea un software para la rehabilitación física y cognitiva utilizando una interfaz de usuario natural basada en Kinect y realidad virtual, en el trabajo de (Cabrera et al., 2017) se realiza un estudio preliminar de cómo Kinect puede ayudar a personas con parálisis cerebral, en el trabajo de (Evangelista de Lima et al. 2021) titulado Efectos del entrenamiento físico de Xbox Kinect sobre la calidad del sueño, la ansiedad y la capacidad funcional en adultos mayores en el cual

examinaron los efectos de un programa de ejercicios Xbox Kinect sobre la calidad del sueño o el proyecto de (Çubukçu et al. 2020) titulado Análisis de confiabilidad y validez del sistema de medición basado en Kinect V2 para movimientos del hombro donde consideraron un sistema de medición basado en Kinect One Sensor (Kinect V2) para los movimientos del hombro como un método alternativo, en ambas investigaciones se evidencia que kinect es un sensor que ofrece un potencial para la detección del movimiento siendo así la razón por la cual en la presente investigación se utiliza dicho sensor, este sensor permitirá capturar los movimientos de los jóvenes con discapacidad cognitiva que serán interpretados en el video juego serio.

Con esto se puede suponer que Kinect es un dispositivo apropiado para la captura de movimientos que permita un desarrollo de un software de computación gestual que permite categorizar a jóvenes con discapacidad cognitiva ya que este es un hardware que permite convertir los movimientos de los usuarios a lenguaje máquina, hemos planteado la gamificación como estrategia pedagógica pero como se puede acoplar la gamificación a pacientes con discapacidad cognitiva teniendo en cuenta que ellos aprenden a su propio ritmo, en el decreto 1421 de 2017 del ministerio de Educación Nacional de Colombia Por el cual se reglamenta en el marco de la educación inclusiva la atención educativa a la población con discapacidad (Ministerio de Educación, 2017), se definen los derechos primordiales que tiene esta población en cuanto a su educación y (Guerrero Rojas, 2008) dice Las Necesidades Educativas y la concepción de la persona con Necesidades Educativas se plantea en la actualidad como una alternativa efectiva tanto para la comprensión del desempeño en el aprendizaje en todos los estudiantes, como para la oferta de servicios de carácter educativo y social, lo cual contribuye de manera significativa a la construcción de una cultura de atención a la diversidad. así que es necesario la inclusión de las TIC en este tipo de población en el trabajo de (Lancheros-Cuesta y Carrillo-Ramos, 2012) desarrollan un ambiente virtual adaptativo en el que los estudiantes con discapacidad pueden interactuar con actividades y someterse a procesos de evaluación teniendo en cuenta sus características, necesidades y dificultades, (Rodríguez Correa y Arroyo González, 2014) afirman que Las TIC se perfilan como instrumentos idóneos para dar

respuesta a las necesidades educativas para las personas con barreras de aprendizaje, es así como se puede dar una validez de la inclusión de las TIC en jóvenes con discapacidad otros trabajos que aportan la validez de esto son: (Antón et al., 2017) quienes proponen un software de telerehabilitación utilizando Kinect con transmisión en tiempo real, (Chang et al., 2011) proponen en su trabajo un software para rehabilitar a dos jóvenes con discapacidades motoras utilizando un sistema basado en Kinect, (Cassola et al., 2014) propone en su trabajo un software de gimnasio 3d que utiliza Kinect para ayudar a usuarios a practicar la gimnasia, (González-Ortega et al., 2014) en su trabajo proponen un sistema basado en Kinect para la supervisión de ejercicios de rehabilitación cognitiva, aun así después de demostrar la validez de la inclusión de las TIC en la educación de personas con discapacidad se necesita una herramienta software capaz de adaptarse a las necesidades de cada usuario ya que como se ha mencionado antes cada persona aprende a un ritmo diferente por ello se utilizara Inteligencia artificial.

#### **2.12.5 Inteligencia Artificial (IA)**

Es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano. Sin embargo, a diferencia de las personas, los dispositivos basados en IA no necesitan descansar y pueden analizar grandes volúmenes de información a la vez. Asimismo, la proporción de errores es significativamente menor en las máquinas que realizan las mismas tareas que sus contrapartes humanas. (Lasse 2018)

#### **2.12.6 Casos de éxito en educación de aplicación de redes neuronales**

(Manngård et al., 2018) en su investigación proponen la optimización de un algoritmo de aprendizaje de una red neuronal, (Zhou et al., 2018) en su investigación propone una red neuronal para optimizar el ancho de banda y mejorar la capacidad de fibra óptica, (Lins et al., 2017) en su investigación propone una red neuronal para seleccionar los parámetros para el diagnóstico de un deterioro cognitivo leve y la demencia en individuos de edad avanzada. De esta manera se puede concluir que las

redes neuronales bien utilizadas pueden aprender y diagnosticar patrones que presenten los jóvenes con discapacidad cognitiva en el ámbito de su expresión corporal. ¿Pueden las redes neuronales adaptarse a la gamificación y a la computación basada en gestos?, (Llorens-Largo et al., 2016) tiene el mejor ejemplo de esto donde crea una plataforma llamada LudifyME la cual funciona a través de gamificación y redes neuronales lo cual la convierte en un modelo adaptativo para los usuarios, (Yavşan y Uçar, 2016) también tienen un ejemplo similar donde desarrollan un robot capaz de imitar y aprender movimientos realizados por el ser humano a través de un algoritmo de conversión y el sensor Kinect, (Castillo et al., 2014) desarrollaron robots que son capaces de aprender durante la ejecución de un juego hasta la terminación de la ejecución de este, (Castillo et al., 2015) desarrollan una arquitectura cognitiva consciente para videojuegos (Lerma Sánchez et al. 2021) titulado “Comparación y selección de técnicas de inteligencia artificial para pronosticar las producciones de leche bovina” en el cual utilizando técnicas de Árboles de Decisión y Máquinas de Soporte Vectorial obtuvieron resultados precisos de manera óptima y constituyeron los criterios de selección más relevantes para evaluar las técnicas de inteligencia artificial aplicadas al pronóstico de las producciones de leche. De igual manera el proyecto de (Acosta-Gonzaga and Ramirez-Arellano 2020) titulado “Estudio comparativo de técnicas de analítica del aprendizaje para predecir el rendimiento académico de los estudiantes de educación superior” en el cual demostraron que el modelo de regresión lineal jerárquico (RL) y el modelo de máquinas de vector soporte (SVM) pronostican igualmente el desempeño académico de los estudiantes. En el proyecto de (Bedregal-Alpaca, Tupacyupanqui-Jaén, and Cornejo-Aparicio 2020) titulado “Análisis del rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, posibilidades de deserción y propuestas para su retención” demuestran que el rendimiento total influye la relación entre el número de asignaturas aprobadas por el estudiante y el número de asignaturas aprobadas por el grupo. Luego, a la hora de analizar el rendimiento académico de un estudiante es importante ir más allá de las calificaciones obtenidas

y considerar su comportamiento académico, su rendimiento en relación con su cohorte y el ritmo de avance en la aprobación de las asignaturas.

### **2.11.7 Mapas auto organizados (SOM)**

Según (Marín 1982) Este tipo de red posee un aprendizaje no supervisado competitivo. No existe ningún maestro externo que indique si la red neuronal está operando correcta o incorrectamente porque no se dispone de ninguna salida objetivo hacia la cual la red neuronal deba tender. La red autoorganizada debe descubrir rasgos comunes, regularidades, correlaciones o categorías en los datos de entrada, e incorporarlos a su estructura interna de conexiones. Siendo estas redes de aprendizaje no supervisada es una herramienta que sirve para la toma de decisiones como en el proyecto de (Muñoz and García 2014) titulado “Análisis de las relaciones semánticas a través de una tarea de libre asociación en español con mapas auto-organizados” donde se demuestra la efectividad de mapas auto organizados en la relación de semánticas, o el proyecto de (Orozco-Duque and Bustamante 2014) titulado “Clasificación de latidos de contracción ventricular prematura basados en métodos de aprendizaje no supervisado” en el cual se concluye que son apropiados para encontrar anomalías en la señal cardiaca, razón por la cual son muy implementados en aplicaciones como *holters*. O en el proyecto de (Cabada and Estrada 2011) titulado “Herramienta de autor para la identificación de estilos de aprendizaje utilizando mapas auto-organizados en dispositivos móviles” en cual concluyen que esta técnica es capaz de identificar estilos de aprendizaje en el contexto de otras teorías pedagógicas diferentes. La evaluación de los productos de la herramienta de autor actualmente está en fase de experimentación.

Gracias a la categorización que brindan las redes neuronales se puede suponer que la expresión corporal se puede clasificar en jóvenes con discapacidad cognitiva ya que se implementa de igual manera la computación basada en gestos, realidad aumentada y gamificación.

Según el Dane (2010) existen más de 5000 jóvenes que presentan discapacidad en Nariño, y lo convierte en un buen municipio para el despliegue de dicha aplicación,

según (Consejo Privado de y Rosario, 2016) Nariño se encuentra ubicado en el puesto 19 de los 32 departamentos de Colombia es un puesto equilibrado pero aun así existe márgenes de mejora y con la ejecución de este tipo de iniciativas se puede aumentar esta escala ya que se posee un déficit en la educación básica y media, además se puede mejorar la innovación del departamento, manteniendo siempre la ingeniería de software para así lograr calidad en el desarrollo (S. Pressman, 2010) define:

- Definición 1: Ingeniería de Software es el estudio de los principios y metodologías para desarrollo y mantenimiento de sistemas de software.
- Definición 2: Ingeniería del Software es la aplicación práctica del conocimiento científico en el diseño y construcción de programas de computadora y la documentación asociada requerida para desarrollar, operar (funcionar) y mantenerlos. Se conoce también como desarrollo de software o producción de software.

Es así como Nariño aún tiene un margen de mejora y es un departamento apto para la implementación de dicho software.

### 3. Metodología y Descripción detallada del proceso

#### 3.1 Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este proyecto se contaron con materiales que están enmarcados en distintas categorías.

##### 3.1.1 Elementos físicos

Para el desarrollo del proyecto se contó con elementos de hardware como: Kinect el cual se conecta utilizando un adaptador a un equipo de cómputo que tiene las siguientes características: procesador Intel Core i5, memoria RAM de 12 GB, disco duro de estado sólido de 512 GB. De igual manera formatos de autorizaciones como solicitud de permisos a instituciones Anexo A, formato de autorización de manejo de datos personales Anexo B y test de orientación aplicados en el pretest Anexo F.

##### 3.1.2 Elementos de software

Para el desarrollo del software se aplicó la metodología ICONIX. Para la fase de requerimientos se aplicaron las técnicas de entrevista y lluvia de ideas, para el refinamiento y análisis de información se utilizó el modelo arquitectónico 4+1 y un Game Desing Document.

El desarrollo del videojuego se llevó a cabo en la plataforma Unity3d, para que esta plataforma reconozca el hardware de Kinect se utiliza la librería Kinect v2 Examples with MS-SDK, el sistema de clasificación se desarrolló en lenguaje Python en la suite Anaconda navigator donde se utilizaron librerías propias de Python como numpy, matplotlib, pandas, sklearn, Minisom, pylab y keras.

El aplicativo web que sirve como puente, fue desarrollado de igual manera con el lenguaje Python y el framework Django implementando el patrón model view template (MVT) y un Object Relational Mapping (ORM) sobre una base de datos de mysql.



## **3.2 Diseño de la solución**

### **3.2.1 Toma de contacto**

El desarrollo de la solución computacional se inició realizando entrevistas y lluvias de ideas junto a un experto docente en educación física de la universidad CESMAG. Estas entrevistas se llevaron a cabo en sesiones de una hora, cada ocho días durante un mes. En las reuniones se definieron actividades de expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad, además se recomendó la revisión de literatura relacionada con actividades físicas que se consideraron apropiadas para el diseño de los retos a los que se iban a enfrentar los individuos del estudio.

### **3.2.2 Diseño de formatos**

Para realizar las gestiones relacionadas con los permisos a instituciones se realizaron dos solicitudes (ANEXO A), para que los sujetos pudieran realizar las pruebas era requisito el consentimiento informado, aprobado por los padres de familia, para lo cual se creó un formato de autorización de datos personales (ANEXO B). Para recolectar los datos resultados de pretest se elaboró un formato para consignar el resultado de las pruebas (ANEXO C).

### **3.2.3 Metodología de investigación**

Desde el punto de vista epistemológico y metodológico el paradigma que orienta la investigación cuantitativa es el positivismo puesto que se basa en la unión de la corriente racionalista, es decir, lo que se deduce a partir de la investigación y la corriente empirista que es aquella que parte de la experiencia al tratar un objeto de investigación.

Así las cosas, para el desarrollo de esta investigación se adoptó el modelo positivista, el enfoque que se le dio fue cualitativo y orientado a la resolución de la hipótesis a la que dan lugar las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo puede automatizarse la clasificación del desempeño en individuos con discapacidad cognitiva que resuelven retos relacionados con la expresión corporal en la dimensión espacial y la direccionalidad?
- ¿De qué manera puede plantearse un sistema atractivo, para los jóvenes con discapacidad cognitiva, que permita obtener los datos propios de los resultados de un conjunto de retos asociados a la expresión corporal en la dimensión espacial y la direccionalidad?

### 3.2.4 Diseño arquitectónico de la solución

Para tener claridad del desarrollo de la solución se adoptó la metodología ICONIX, en sus fases de análisis de requerimientos, análisis y diseño, se implementó el modelo arquitectónico 4+1.

Para realizar un análisis detallado, se creó la vista de escenarios para describir la interacción y secuencia de los objetos y procesos, como resultado de este paso se obtiene un diagrama de casos de uso como se mira en la gráfica 32. Posteriormente, al tener la claridad en la vista de escenarios se diseña la vista lógica con el fin de describir la estructura y funcionalidad del sistema se generan los diagramas:

- Diagrama de clases con un nivel medio de abstracción gráfica 33.
- Diagrama de secuencia para describir la interacción entre objetos en el sistema. Ver gráficos 34 a 39.

En la vista de proceso se busca explicar cada proceso del sistema y como se comunican entre sí, así como el comportamiento del sistema en tiempo de ejecución, como resultado se obtiene el diagrama de actividades que permite entender el flujo de trabajo del sistema ver gráficos 40 a 43.

La vista de desarrollo se crea para tener la perspectiva del programador y enfocarlo en la administración del software, se genera el diagrama de componentes que representa cómo el software es dividido en componentes y la dependencia que existe entre ellos citar ver gráfico 44.

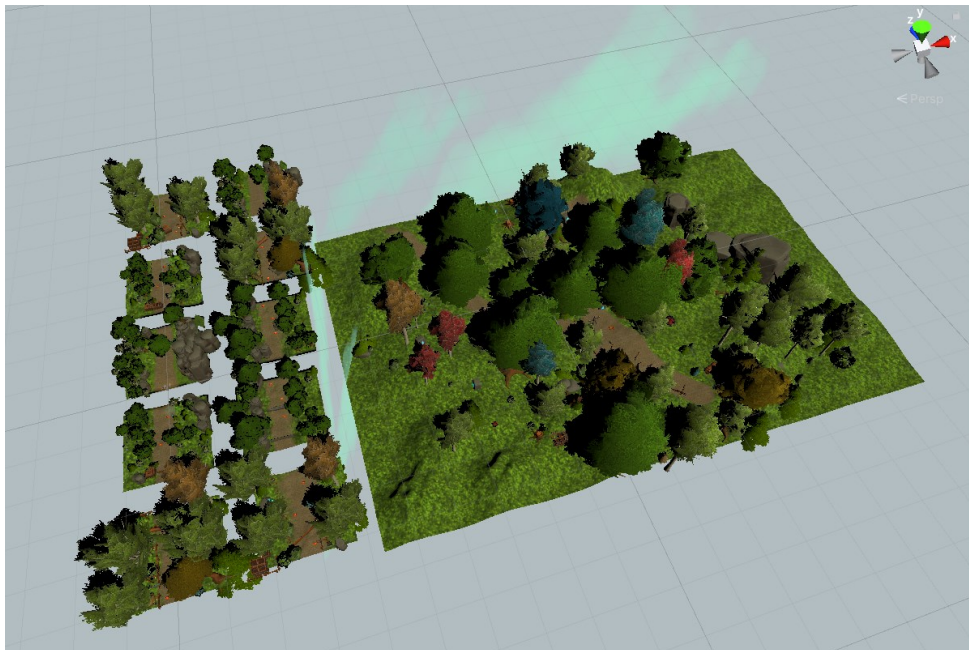
La vista física se diseñó para tener una relación entre los componentes de software en la capa física, así como las conexiones entre estos, de esta etapa se obtiene el diagrama de despliegue para modelar la disposición física del software en nodos ver gráfica 45.

Al concluir esta etapa se tuvo como resultado el levantamiento de requerimientos y los diagramas ya mencionados para el desarrollo del sistema de clasificación.

El diseño del videojuego serio fue elaborado en un Game Design Document (GDD), el cual aporta la visión general, el tema, las plataformas, una descripción completa, las diferencias y mecánicas del videojuego a desarrollar.

### 3.2.5 Implementación del video juego

Con base en lo establecido en el Game Design Document, se configuró el entorno de desarrollo de videojuegos Unity 3d, integrando el hardware Kinect por medio del SDK de Kinect y las librerías para unity “Kinect v2 Examples with MS-SDK”. Posteriormente se diseñan el personaje principal y los escenarios. La gráfica 4 muestra una vista panorámica de los escenarios diseñados.



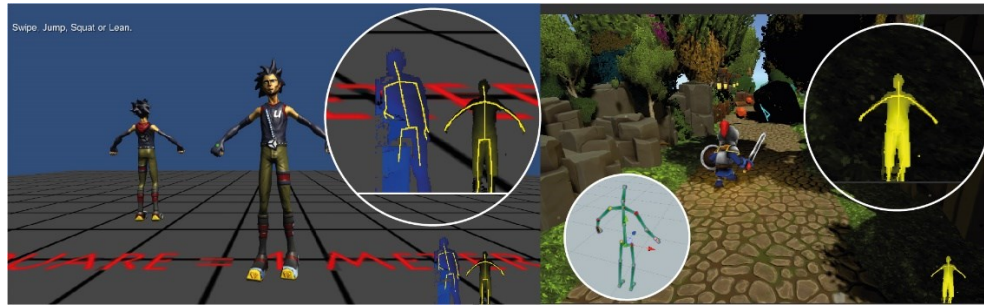
Gráfica 4 - Vista panorámica escenarios videojuego fuente: propia

Con el propósito de brindar un personaje amigable y que genere empatía con el jugador, se optó por reutilizar el personaje “RPG Hero PBR HP Polyart” de la Unity asset store , se eligió el diseño de guerrero medieval, que encaja con la temática del juego, este personaje pose una paleta de colores brillante y un estilo de arte low poly (malla de polígonos) que lo hacen llamativo visualmente para los jugadores, además el diseño cuenta con una serie de animaciones que asegura una mejor interactividad. La gráfica 5 muestra las características del personaje principal.



*Gráfica 5 - Modelo 3d del personaje principal fuente: propia*

Con la integración de estos elementos (Escenarios, personaje principal y Kinect) se desarrolla la detección de movimientos, para que el personaje principal del juego pueda reproducir los movimientos del jugador, generando los datos relacionados con su desempeño que posteriormente serán tomados como insumo para la clasificación de la expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad. La gráfica 6 (izquierda) muestra la integración de Kinect con el entorno del videojuego, y la gráfica 6 (derecha) muestra el personaje controlado a través de la sensorica de Kinect.



Gráfica 6 - Kinect integración con usuarios

El diseño de interfaces gráficas para el videojuego busca ser llamativo, atractivo y fácil de utilizar, logrando crear una conexión del arte del videojuego con los jugadores, así es como se realiza un versionado de interfaces gráficas partiendo de una versión inicial como lo muestra la gráfica 7 y alcanzando la versión final de las interfaces que puede verse en la gráfica 8.



Gráfica 7 - GUI videojuego V0 fuente: propia



Gráfica 8 - GUI videojuego V1 fuente: propia

### **3.2.6 Diseño del sistema de clasificación**

Para el desarrollo de la red neuronal o sistema de clasificación se utilizó la suite de desarrollo anaconda navigator con la versión de Python 3.6, además se incluyen las librerías de numpy que sirve para el manejo de matrices y datos, matplotlib para generar gráficos estadísticos utilizados para la comparación entre entrenamientos, pandas que permite importar y manipular matrices de datos, Sklearn que permite realizar preprocesamiento de datos, escalado de características entre otras operaciones con los datos antes de entrenar la red neuronal. Para el entrenamiento de modelos enmarcados en el aprendizaje no supervisado se utilizó la librería Minisom, PyLab que permite generación de gráficos a partir de listas en arreglos de datos y Keras que permite la creación y entrenamiento de redes neuronales. La técnica escogida para el aprendizaje no supervisado fue un modelo de aprendizaje automático SOM que clasifica a los sujetos de acuerdo con su desempeño en el videojuego serio, dando como resultado los datos de entrada para el proceso de hibridación con una red neuronal de tipo feedforward o perceptrón multicapa.

#### **3.2.6.1 Sistema de clasificación con aprendizaje no supervisado**

Una de las razones que justifica la hibridación como estrategia de solución del problema de clasificación es que, si se basa la solución únicamente en una red neuronal feedforward, se evidencia que el modelo no es óptimo ya que no cuenta con un esquema de variables dependientes. Por tal motivo, se utiliza un mapa autoorganizado (SOM) que detecta los datos generados por el videojuego serio, agrupando diferentes características identificando un patrón entre los jugadores, la clasificación producto del SOM (output) se utiliza como input para el aprendizaje de la red neuronal feedforward.

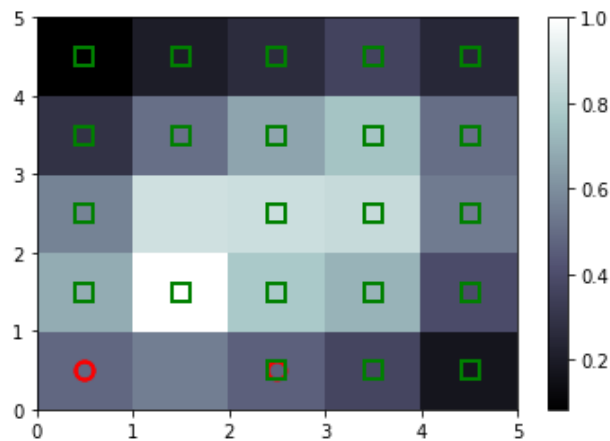
##### **3.2.6.1.1 Experimento 1**

En este experimento se planteó una primera aproximación del SOM con las características de técnica, el número de input, tamaño de matriz, ajuste de aprendizaje y número de iteraciones que se detallan en la tabla 1, además, en la

gráfica 9 se aprecia la clasificación de los individuos siendo el símbolo de cuadrado los sujetos con discapacidad cognitiva y los círculos las personas sin discapacidad cognitiva, en la gama de colores se puede apreciar la relación directa entre el color y la dificultad de expresión corporal en la dimensión espacial y direccional, significando el color blanco la dificultad más leve y el negro la dificultad más alta.

Tabla 1, características del experimento 1

CARACTERISTICAS	VALORES
Técnica	Mapa autoorganizado
input	4
Tamaño matriz cuadrática	5
Ajuste tasa de aprendizaje	50%
Iteraciones	100



Gráfica 9 - Clasificación SOM para Experimento 1. fuente: propia

### 3.2.6.1.2 Experimento 2

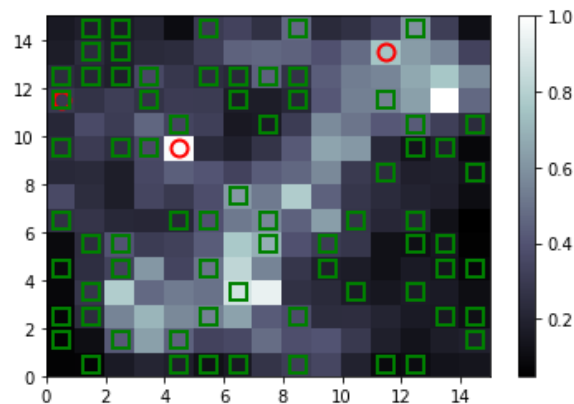
En este experimento se planteó una segunda aproximación del SOM con las características de técnica, el número de input, tamaño de matriz, ajuste de aprendizaje y número de iteraciones que se detallan en la tabla 2, la diferencia que se presentó con el experimento uno fue: al aumentar el tamaño de la matriz se da lugar



a una clasificación más detallada de los sujetos como se observa en la gráfica 10, se aprecia la clasificación de los individuos siendo el símbolo de cuadrado los sujetos con discapacidad cognitiva y los círculos las personas sin discapacidad cognitiva, en la gama de colores se puede apreciar la relación directa entre el color y la dificultad de expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad, significando el color blanco la dificultad más leve y el negro la dificultad más alta.

Tabla 2, características del experimento 2

CARACTERISTICAS	VALORES
Técnica	Mapa autoorganizado
Input	4
Tamaño matriz cuadrática	15
Ajuste tasa de aprendizaje	50%
Iteraciones	100



Gráfica 10 - Clasificación SOM para Experimento 2. fuente: propia

### 3.2.6.1.3 Experimento 3

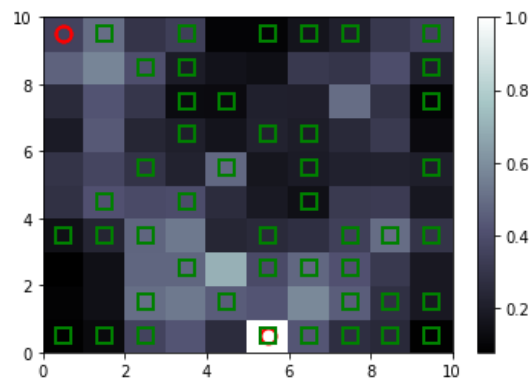
En este experimento se planteó una tercera aproximación del SOM con las características de técnica, el número de input, tamaño de matriz, ajuste de aprendizaje y número de iteraciones que se detallan en la tabla 3, la diferencia con respecto al experimento dos fue: al tomar un tamaño intermedio entre el



experimento uno y el experimento dos, en la clasificación resultante, los datos no se encuentran dispersos como puede visualizarse en la gráfica 11 con la clasificación de los individuos siendo el símbolo de cuadrado los sujetos con discapacidad cognitiva y los círculos las personas sin discapacidad cognitiva, en la gama de colores se puede apreciar la relación directa entre el color y la dificultad de expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad, significando el color blanco la dificultad más leve y el negro la dificultad más alta.

Tabla 3, características del experimento 3

CARACTERISTICAS	VALORES
Técnica	Mapa autoorganizado
Input	4
Tamaño matriz cuadrática	10
Ajuste tasa de aprendizaje	50%
Iteraciones	100



Gráfica 11 - Clasificación SOM para Experimento 3. fuente: propia

En conclusión, para el aprendizaje no supervisado se tomó la configuración del experimento tres debido a que se busca una clasificación media, que no sea muy pequeña con muy pocos elementos ni muy grande con demasiados elementos dispersos, por ende, la configuración tres es la que se ajusta a una clasificación óptima para este estudio.

### **3.2.6.2 Sistema de clasificación con aprendizaje supervisado**

El objetivo que se traza con este sistema es clasificar los sujetos de acuerdo con su desempeño en el videojuego serio, es decir, si poseen dificultades asociadas a la dimensión espacial y direccionalidad.

La técnica adoptada para este proceso corresponde a feedforward neural network, la cual está formada por múltiples capas, siendo la más apropiada debido a que el problema que se quiere modelar tiene la característica de no ser separable linealmente. Se hicieron dos aproximaciones, en la primera aproximación se modelaron tres redes neuronales con aprendizaje supervisado, obteniendo márgenes de error satisfactorios en la tasa de aprendizaje. No obstante, al carecer de una variable dependiente se hace necesaria una segunda aproximación en la que se hibridan los modelos de aprendizaje no supervisado (SOM) con los modelos obtenidos en el aprendizaje supervisado y ello da pie a tres experimentos que reflejan que esta aproximación a la solución arroja resultados satisfactorios en concordancia con los esperados.

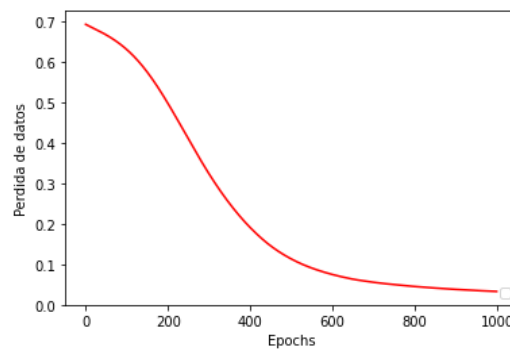
#### **3.2.6.2.1 Aproximación 1**

##### **3.2.6.2.1.1 Experimento 1**

En esta aproximación se plantea un feedforward neural network que recibe entradas de datos obtenidos en el videojuego, el experimento uno cuenta con las características mostradas en la tabla 4, su curva de aprendizaje se observa en la gráfica 12 donde se enfrentan el número de épocas y la pérdida de datos, mostrando como a medida que las épocas van aumentando la pérdida de datos se hace menor ajustando la certeza de su aprendizaje.

Tabla 4, características del experimento 1 feedforward

CARACTERISTICAS	VALORES		
Técnica	Feedforward		
Input	4		
Output	1		
Topología red	Entradas	Capa oculta 1	Salida
Cantidad de neuronas	4	4	1
Función de activación	Relu	Relu	Sigmoid
Pérdida	0.0425		
Precisión	0.9886		



Gráfica 12 - Comparativa pérdida de datos, epoch experimento 1 fuente: propia

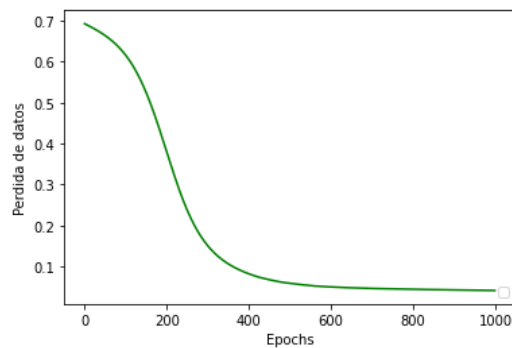
Como resultado este experimento arroja un entrenamiento óptimo de un feedforward neural network, con una pérdida de datos de 0.0425 y una precisión de 0.9886 y la curva de aprendizaje es bastante ajustada.

### 3.2.6.2.1.2 Experimento 2

El experimento dos plantea un feedforward neural network que recibe entradas de datos obtenidos en el videojuego, el experimento dos cuenta con las características mostradas en la tabla 5, su curva de aprendizaje se observa en la gráfica 13 donde se enfrentan el número de épocas y la pérdida de datos, mostrando como a medida que las épocas van aumentando la pérdida de datos se hace menor ajustando la certeza de su aprendizaje.

Tabla 5, características del experimento 2 feedforward

CARACTERISTICAS	VALORES			
Técnica	Feedforward			
Input	4			
Output	1			
Topología red	Entradas	Capa oculta 1	Capa oculta 2	Salida
Cantidad de neuronas	4	4	4	1
Función de activación	Relu	Relu	Relu	Sigmoid
Pérdida	0.0194			
Precisión	0.9886			



Gráfica 13 - Comparativa pérdida de datos, epoch experimento 2 fuente: propia

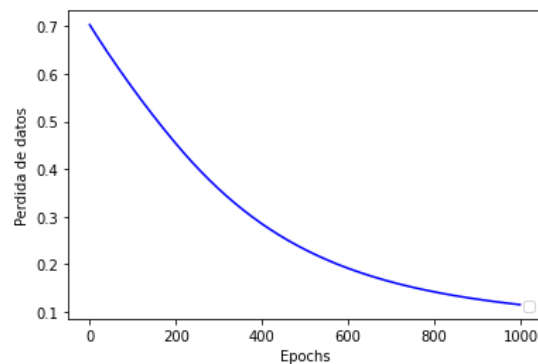
Como resultado este experimento arroja un entrenamiento aún mejor que el anterior el feedforward neural network tiene una pérdida de datos de 0.0194 y una precisión de 0.9886 y la curva de aprendizaje se ajusta mejor que en el experimento anterior.

### 3.2.6.2.1.3 Experimento 3

El experimento tres plantea un feedforward neural network que recibe entradas de datos obtenidos en el videojuego, el experimento tres cuenta con las características mostradas en la tabla 6, su curva de aprendizaje se observa en la gráfica 14 donde se enfrentan el número de épocas y la pérdida de datos, mostrando como a medida que las épocas van aumentando la pérdida de datos se hace menor ajustando la certeza de su aprendizaje.

Tabla 6, características del experimento 3 feedforward

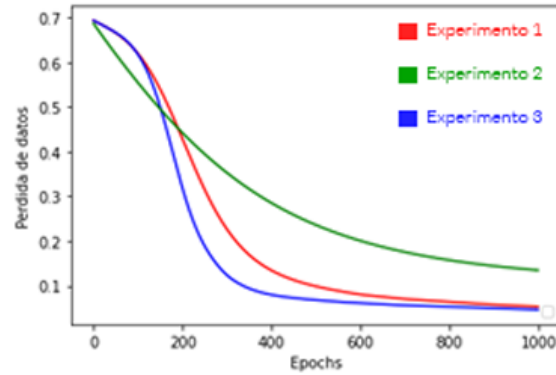
DETALLE	VALORES			
Técnica	Feedforward			
Input	4			
Output	1			
Topología red	Entradas	Capa oculta 1	Capa oculta 2	Salida
Cantidad de neuronas	4	4	4	1
Función de activación	Relu	Relu	Sigmoid	Sigmoid
Pérdida	0.1131			
Precisión	0.9773			



Gráfica 14 - Comparativa pérdida de datos, epoch experimento 3 fuente: propia

Como resultado este experimento arroja un entrenamiento que no es mejor en comparación a los anteriores el feedforward neural network tiene una pérdida de datos de 0.1131 y una precisión de 0.9773 y la curva de aprendizaje no es tan ajustada como en los experimentos anteriores.

La grafica 15 muestra la comparación de los acercamientos anteriormente mencionados, la aproximación uno no es viable ya que en estos experimentos no se cuenta con un esquema de variable dependiente, que permitan realizar una predicción clara de la dificultad de expresión corporal en la dimensión espacial y direccionalidad.



Gráfica 15 - Comparación experimentos 1, experimento 2 y experimento 3 fuente: propia

### 3.2.6.2.2 Aproximación 2

A partir de este experimento se plantea que el feedforward neural network reciba como entrada un esquema de clasificación SOM, en esta aproximación se realizaron 3 experimentos, las Aproximaciones se entrenaron con una iteración de cien veces y con un número de entrenamiento por registro de tres mil veces.

#### 3.2.6.2.2.1 Experimento 1

Este esquema cuenta con las características que se describen en la tabla 7

Tabla 7, características del experimento 1 feedforward input SOM

CARACTERÍSTICAS	VALORES		
Técnica	Feedforward		
Input	SOM		
Output	1		
Topología red	Entradas	Capa oculta 1	Salida
Cantidad de neuronas	1	1	1
Función de activación	Relu	Sigmoid	Relu
Pérdida	0.2573		
Precisión	0.9099		

Como resultado este experimento arroja un entrenamiento que recibe como entrada un SOM y el feedforward neural network resultante tiene una pérdida de datos de

0.2573 y una precisión de 0.9099 lo cual lo convierte en un modelo ajustado para ser utilizado en la investigación.

### 3.2.6.2.2 Experimento 2

El modelo se ajusta, y se plantea un nuevo esquema de feedforward neural network como se describe en la tabla 8

Tabla 8, características del experimento 3 feedforward input SOM

CARACTERISTICAS	VALORES			
Técnica	Feedforward			
Input	4			
Output	1			
Topología red	Entradas	Capa oculta 1	Capa oculta 2	Salida
Cantidad de neuronas	4	4	4	1
Función de activación	Relu	Relu	Sigmoid	Sigmoid
Pérdida	0.2573			
Precisión	0.9099			

Como resultado este experimento arroja un entrenamiento que recibe como entrada un SOM y el feedforward neural network resultante tiene una pérdida de datos de 0.2573 y una precisión de 0.9099 este experimento arroja datos convenientes para ser utilizado en la investigación, sin embargo, los resultados son iguales a los del experimento anterior.

### 3.2.6.2.3 Experimento 3

El modelo se vuelve a ajustar para obtener una mejor predicción como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9, características del experimento 3 feedforward input SOM

CARACTERISTICAS	VALORES				
Técnica	feedforward				
Input	4				
Output	1				
Topología red	Entradas	Capa oculta 1	Capa oculta 2	Capa oculta 3	Salida
Cantidad de neuronas	4	4	4	4	1
Función de activación	Relu	Relu	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid
Pérdida	0.2665				
Precisión	0.9099				

Como resultado este experimento arroja un entrenamiento que recibe como entrada un SOM y el feedforward neural network resultante tiene una pérdida de datos de 0.2665 y una precisión de 0.9099 este experimento arroja datos de precisión convenientes para ser utilizado en la investigación, sin embargo, la pérdida es superior a los experimentos anteriores.

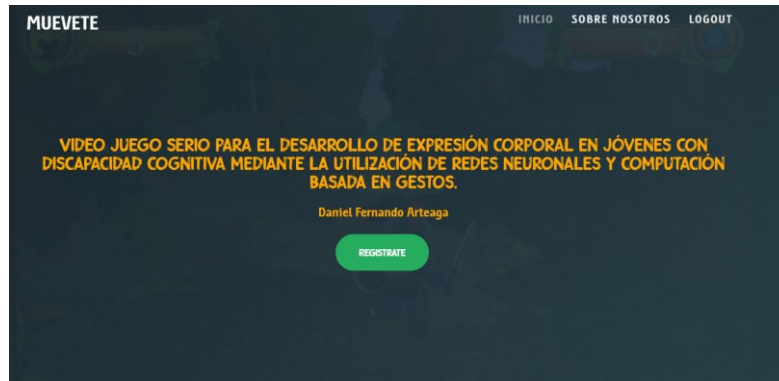
Como conclusión se toma el experimento uno de la aproximación dos, debido a que este recibe como entrada el SOM y es el que menos pérdida de datos posee y el que tiene mayor precisión para ser utilizado en este estudio. La cantidad de datos de entrenamiento es un factor determinante en la proporción que indican tanto la pérdida como la precisión (a una mayor cantidad de datos podría apreciarse un mejor aprendizaje).

### 3.2.7 Implementación web del sistema de puente entre el video juego y el sistema de clasificación

El sistema se desarrolló en lenguaje Python, utilizando el framework django para administrar las características de la web, estética y creación de usuarios del sistema, para lo cual se implementa un patrón de diseño model view template (MVT) y un esquema de object relation mapping (ORM) para la base de datos en el motor de mysql.



El propósito de esta plataforma es contar con una usabilidad simple para los docentes ver ANEXO D. En la gráfica 16 se muestra la GUI diseño de interfaz gráfica.



*Gráfica 16 - GUI plataforma web fuente: propia*

Además de lo anterior, el propósito del módulo web es crear un puente entre el videojuego serio y el sistema de clasificación a través del estándar Json para almacenar la información generada en una base de datos y posterior análisis de esta.

### **3.3 Detalles de aplicación implementación y validación**

Para el desarrollo de pruebas se tuvo en cuenta una población de quince jóvenes con discapacidad cognitiva e inscritos en las instituciones educativas San Nicolás y el Centro Pedagógico María de la Paz; estas instituciones son especializadas en el manejo de discapacidad cognitiva y ambas están ubicadas en la ciudad de Pasto, Nariño, Colombia.

Con base en las técnicas de muestreo se realizó un muestreo aleatorio simple de diez jóvenes para realizar pretest, e interacción con videojuego; los datos resultantes de la interacción conformaron el conjunto de datos de entrenamiento para el modelo de clasificación. los cinco jóvenes restantes fueron seleccionados para probar el sistema de clasificación.

### **3.3.1 Proceso**

#### **3.3.1.1 Prueba diagnóstica previa**

Inició con una prueba diagnóstica pretest del autor (Jarque 2017) en el ANEXO C se encuentra el diseño de la prueba. El pretest trata de identificar el esquema corporal del individuo, la capacidad de orientarse en el espacio tomando como referencia el propio cuerpo además permite medir el tiempo que tarda el individuo en realizar las actividades indicadas, la cantidad de aciertos que tuvo al identificar sus partes del cuerpo, en la actividad de ubicación espacial se tiene en cuenta como el niño es capaz de identificar las instrucciones para cumplirlas además del tiempo y aciertos.

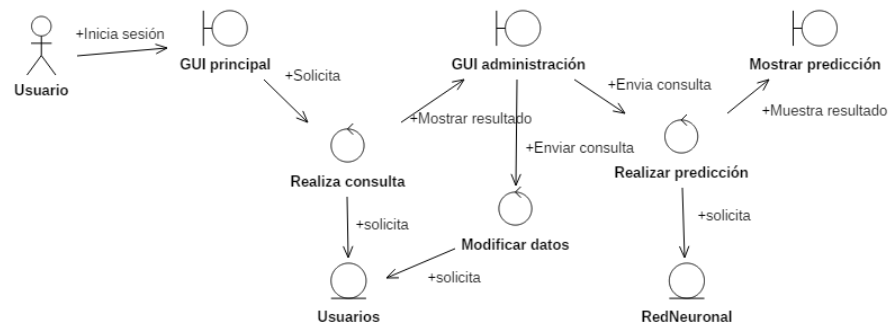
#### **3.3.1.2 Interacción con el videojuego (recolección de datos)**

Los jugadores deben iniciar sesión dentro del videojuego para que la información de jugabilidad pueda ser almacenada, sin embargo, los jugadores podrán jugar sin necesidad de iniciar sesión, pero sus datos no serán evaluados, cuando el docente inicia el videojuego al jugador se le presenta una interfaz donde se le solicita que retroceda a una distancia correcta para iniciar el videojuego. Posteriormente el videojuego inicia un conteo para iniciar la actividad de posición lateral, en la que el video jugador debe esquivar los obstáculos y recolectar gemas, en el mayor tiempo posible. En esta unidad se obtienen el tiempo que duro el jugador, los movimientos que realizó (derecha/izquierda), el número de gemas que recolectó y objetos esquivados.

Concluida la actividad anterior, el videojuego muestra la siguiente actividad, el objetivo es que el jugador esquive el mayor número de obstáculos (arriba/abajo), de igual manera recolecte el mayor número de gemas en el mayor tiempo posible. En esta actividad se obtienen el tiempo que duró el jugador, los movimientos que realizó (arriba/abajo), el número de gemas que recolectó y objetos esquivados.

### 3.3.1.3 Clasificación del desempeño

En el momento que los jugadores terminan de realizar las actividades en el videojuego, el docente puede acceder a la plataforma web y selecciona la opción de predicción donde el sistema evalúa los datos de su último juego para realizar la predicción, estos datos son tomados de la base de datos y muestra en pantalla el resultado del sistema de clasificación, esto muestra el porcentaje de la dificultad del jugador en la dimensión espacial y direccionalidad de jóvenes con discapacidad cognitiva. En la gráfica 17 se observa el diagrama de robustez que detalla el proceso de clasificación de la plataforma web y el feedforward neural network.



Gráfica 17 - Diagrama de robustez fuente: propia

#### 4. Análisis de resultados

Este capítulo aborda el análisis de los resultados de las pruebas que se realizaron en el transcurso de la investigación, el test practico antes del inicio del videojuego, una bitácora de observación durante el desarrollo del software y finalmente la prueba de clasificación del sistema.

##### 4.1 Encuesta pretest

Se realiza para verificar el estado de las competencias espaciales de los individuos con discapacidad cognitiva, y el estado de sus aptitudes motoras antes de jugar. En la gráfica 18, por ejemplo, se observa a uno de los sujetos desarrollando una de las actividades propuesta, utilizando material didáctico, el objetivo de la actividad vista en la gráfica 18 es la de esquivar un obstáculo (arriba/abajo).



*Gráfica 18 - Pretest Fuente: propia*

##### 4.2 Prueba con el juego

Se elabora en un salón de clase, iniciando con el montaje de los equipos especializados, donde los sujetos son registrados en la plataforma y posteriormente se les instruye para interactuar con el videojuego, en la gráfica 19 se muestra el

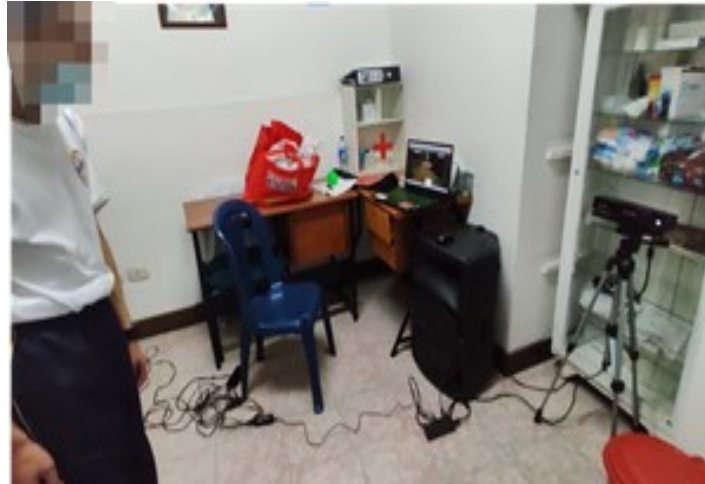
montaje de quipos y un sujeto de la institución educativa San Nicolas desarrollando las actividades propuestas en el videojuego.



*Gráfica 19 - Prueba con el juego fuente: propia*

#### **4.3 Prueba de clasificación**

Como se mencionó en el capítulo 3.3.1.3 clasificación del desempeño, esta se llevó a cabo después del entrenamiento de la red neuronal, y verifica la certeza del aprendizaje de esta; se utilizan otros individuos de prueba que no han tenido interacción con el aplicativo, además se elabora una entrevista dirigida a docentes colaboradores enfocada en la impresión del desempeño de los sujetos y la dificultad del videojuego. En la gráfica 20 se observa la aplicación del postest en el Centro Pedagógico María de la Paz



*Gráfica 20 - Posprueba juego fuente: propia*

#### **4.4 Análisis cuantitativo**

Se realiza la comparación de datos obtenidos en las pruebas elaboradas con el pretest, en las que se evalúa las competencias motoras básicas, su aptitud para desarrollar la actividad en el videojuego, de igual manera el aprendizaje de la red neuronal, curvas de entrenamiento.

La prueba de clasificación mide la efectividad del aprendizaje de la red neuronal y opiniones acerca del videojuego. Para finalmente realizar las conclusiones a partir del análisis y verificación del videojuego.

##### **4.4.1 Análisis de datos**

De acuerdo con los objetivos planteados en la investigación se realizaron los siguientes hallazgos:

##### **4.4.1.1 Resultados significativos**

El Pretest de orientación arroja datos sobre las aptitudes motoras de los niños ver tabla 10, estas muestran que los sujetos presentan dificultad en identificar sus hombros, sin embargo, cuando realizan la actividad vendados lo identifican de manera correcta, el ojo derecho es la parte del cuerpo que tardan más tiempo en identificar.

Tabla 10, Pretest orientación derecha - izquierda

Parte del cuerpo	Vendado	Hemisferio	Aciertos positivos	Tiempo Promedio en Segundos
Mano	No	Derecho	7	5,67
Hombro	No	Derecho	5	5,07
Pierna	No	Derecho	7	4,69
Oreja	No	Derecho	8	5,38
Ojo	No	Derecho	7	6,04
Pie	No	Derecho	5	5,61
Rodilla	No	Derecho	8	5,07
Mano	No	Izquierdo	8	4,29
Hombro	No	Izquierdo	5	5,23
Pierna	No	Izquierdo	9	4,28
Oreja	No	Izquierdo	8	5,08
Ojo	No	Izquierdo	7	5,33
Pie	No	Izquierdo	6	4,68
Rodilla	No	Izquierdo	9	4,28
Mano	No	Derecho/Izquierdo	7	5,98
Hombro	No	Derecho/Izquierdo	6	4,94
Pierna	No	Derecho/Izquierdo	8	5,17
Oreja	No	Derecho/Izquierdo	7	4,3
Ojo	No	Derecho/Izquierdo	7	5,1
Pie	No	Derecho/Izquierdo	9	4,63
Rodilla	No	Derecho/Izquierdo	7	4,17
Mano	Si	Derecho/Izquierdo	9	4,78
Hombro	Si	Derecho/Izquierdo	7	4,02
Pierna	Si	Derecho/Izquierdo	8	4,98
Oreja	Si	Derecho/Izquierdo	8	4,89
Ojo	Si	Derecho/Izquierdo	6	5,55
Pie	Si	Derecho/Izquierdo	8	4,6
Rodilla	Si	Derecho/Izquierdo	8	4,27

El pretest de seguimiento de trayectoria ver tabla 11, muestra que la mayoría de los sujetos presenta una dificultad para identificar una trayectoria y esquivar el objeto, en ocasiones los sujetos esquivaban el objeto, pero de manera distinta a la que se les solicitó en la prueba, debido al tipo de actividad los tiempos de reacción son más rápidos que en la actividad anterior.

Los datos muestran que los sujetos del experimento presentan dificultades en sus aptitudes motoras básicas en su competencia de ubicación en el espacio debido a que no reconocen y no siguen una trayectoria de manera correcta.

Tabla 11, Pretest seguimiento de trayectoria

Direccionalidad	Promedio aciertos positivos	Tiempo Promedio en Segundos
Izquierda	4	3,87
Izquierda	3	4,8
Derecha	4	4,76
Izquierda	4	6,64
Derecha	5	5,44
Arriba	6	5,68
Abajo	1	4,4
Arriba	3	5,71
Arriba	6	4,91
Abajo	5	5,27

Los resultados relevantes de la unidad “lateral” del videojuego ver tabla 12 muestran que gran parte de los sujetos tienen un score promedio menor o igual a 10, la anterior medida se obtiene por cada segundo que se realiza la actividad en el juego, el promedio de gemas es de 2, se obtienen al pasar sobre ellas en el mapa, y es voluntario el capturarlas, el valor más alto de movimientos laterales es de 743.25, se obtiene de cada movimiento lateral que realizan los sujetos.



Tabla 12, Resultados promedio unidad lateral videojuego

<b>Usuario</b>	<b>Score promedio</b>	<b>Gemas promedio</b>	<b>Movimientos promedio</b>
Usuario 1	6,92	1,58	743,25
Usuario 2	6,63	2,13	379,88
Usuario 3	7,78	2,44	674,33
Usuario 4	8,53	1,47	679,06
Usuario 5	5,56	2,13	602,88
Usuario 6	9,5	2,13	413,13
Usuario 7	8	1,8	507,73
Usuario 8	10	1,42	703,08
Usuario 9	6,91	1,73	416,36

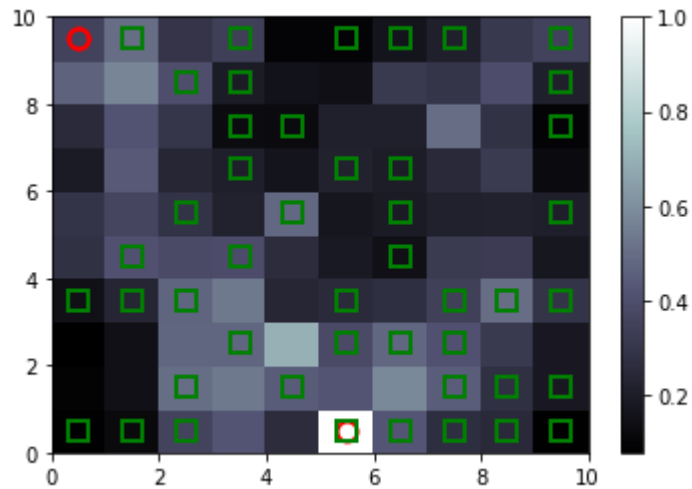
Los resultados relevantes de la unidad “arriba abajo” del videojuego ver tabla 13, muestra que los niños tienen dificultad para saltar y agacharse a diferencia de la unidad “lateral”, el score máximo que obtienen los niños es de 9.13, en esta unidad la recolección de gemas es inferior a la unidad anterior, y los movimientos de saltos son menores a los laterales.

Tabla 13, Resultados promedio videojuego unidad arriba abajo

<b>Usuario</b>	<b>Score promedio</b>	<b>Gemas promedio</b>	<b>Movimientos promedio</b>
Usuario 1	2,58	1,41	366,48
Usuario 2	5,13	0,96	346,94
Usuario 3	5,44	1,82	341,68
Usuario 4	5,47	0,17	371,77
Usuario 5	4,13	1,1	378,76
Usuario 6	9,13	0,16	321,3
Usuario 7	4,8	0,94	382,06
Usuario 8	6,42	1,66	370,34
Usuario 9	6,73	0,12	348,4

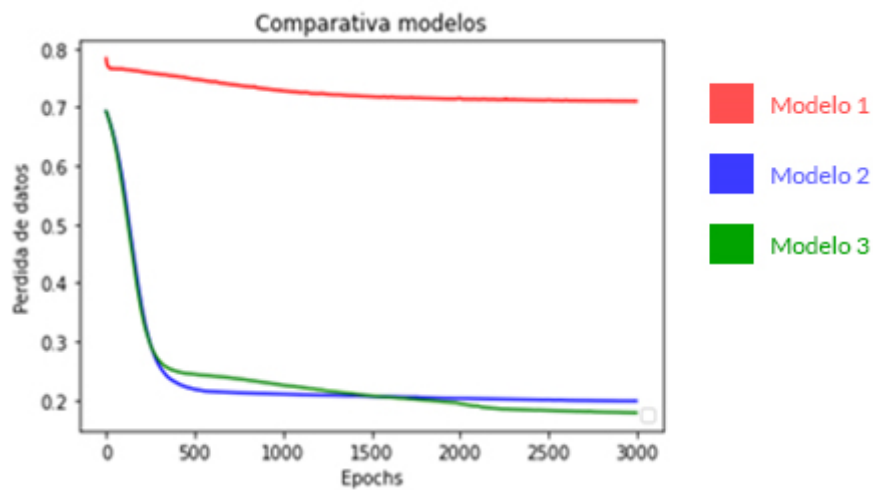
Los datos recolectados del juego permiten entrenar la red neuronal de aprendizaje no supervisado SOM, los resultados más relevantes del entrenamiento, ver gráfico 17, muestran la categorización de los individuos de prueba; siendo el color oscuro el más cercano a cero (0), es decir, existen problemas de expresión corporal con los peores puntajes, los valores cercanos a uno (1), son los mejores puntajes presentados

con colores claros, se presentan menos problemas de expresión corporal. los cuadros de color verde representan a los usuarios que poseen discapacidad cognitiva, y el círculo de color rojo a un usuario que no posee discapacidad cognitiva, los puntos de interés para análisis se muestran en la gráfica 21 y son (0,0), (0,9) y (9,5), estos puntos son la base para una predicción supervisada.



*Gráfica 21 - Resultado entrenamiento SOM fuente: propia*

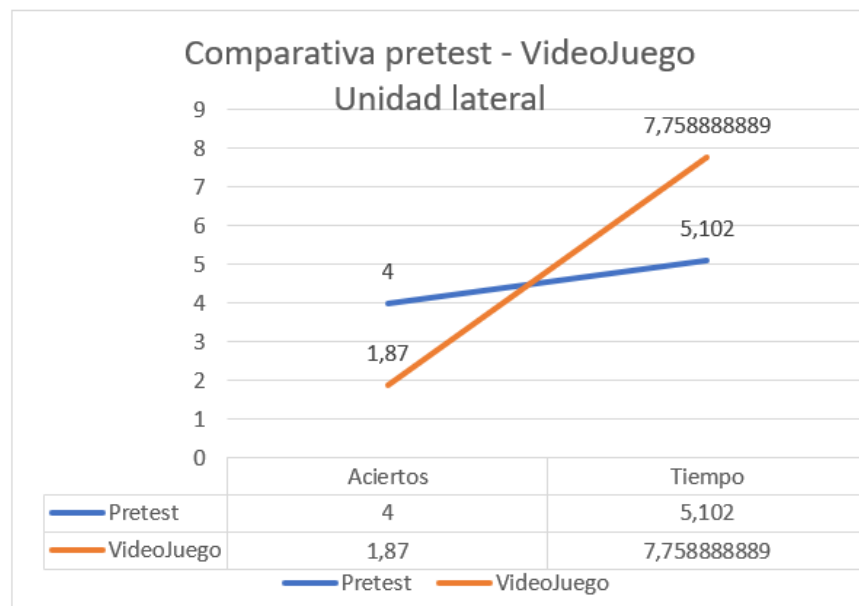
Los modelos se entrenaron con una iteración máxima de cien veces y con un número de entrenamiento por registro máximo de tres mil veces, la gráfica 22 muestra la eficiencia de entrenamiento de los tres modelos.



*Gráfica 22 - comparativa de modelos fuente: propia*

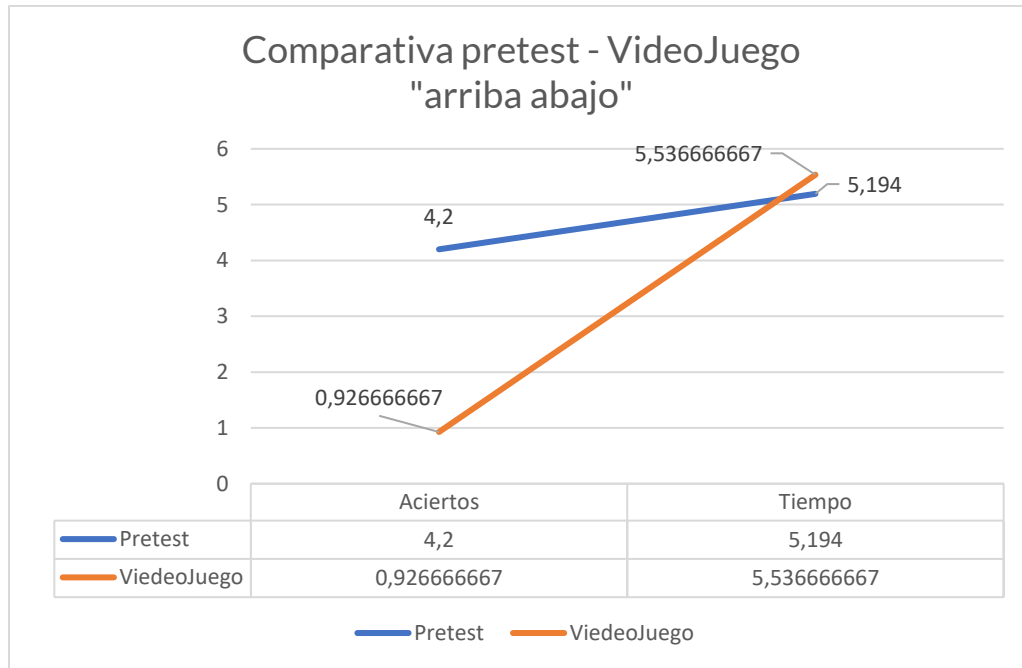
Comparando los datos promedio de pretest con el videojuego en la gráfica 23 se observa los resultados relevantes, en el caso del videojuego se evalúa la cantidad de gemas y los aciertos y el score vs el tiempo.

La gráfica 23 muestra el comparativo de la unidad “lateral”, demuestra que los niños permanecen más tiempo en el videojuego ya que las actividades que se les presentan en el video juego les llaman más la atención y les gustan más que en el pretest, los usuarios en el videojuego se abstienen de recolectar gemas.



*Gráfica 23 - Comparativa Pretest - Videojuego fuente: propia*

La gráfica 24 muestra comparativo de la unidad “arriba-abajo”, se evidencia que los niños tuvieron dificultades para desarrollar esta actividad en el videojuego, aunque permanecen más tiempo en promedio, el número de gemas recolectadas es muy bajo, los datos en el pretest son mejores que los del videojuego, sin embargo al igual que en la actividad anterior a los niños les llama más la atención el desarrollo de estas actividades, en la actividad “arriba – abajo” los sujetos presentan dificultades debido a que la acción de saltar les cuesta dificultad, además cuando un objeto se les acerca tardan un tiempo en reaccionar y coordinar los saltos.



Gráfica 24 - Comparativa Pretest - Videojuego fuente: propia

La predicción realizada por la red neuronal después del entrenamiento se muestra en la tabla 14, se observa que los cinco sujetos con discapacidad cognitiva quienes no habían probado el videojuego antes poseen características similares y la red neuronal los clasifica como personas con dificultades motoras básicas en expresión corporal, estos obtuvieron resultados similares a los sujetos prueba.

Tabla 14, Resultados Predicción red neuronal

Sujetos	Predicción	Dificultad
11	0,07576	Si
12	0,039804	Si
13	0,017826	Si
14	0,099742	Si
15	0,044505	Si

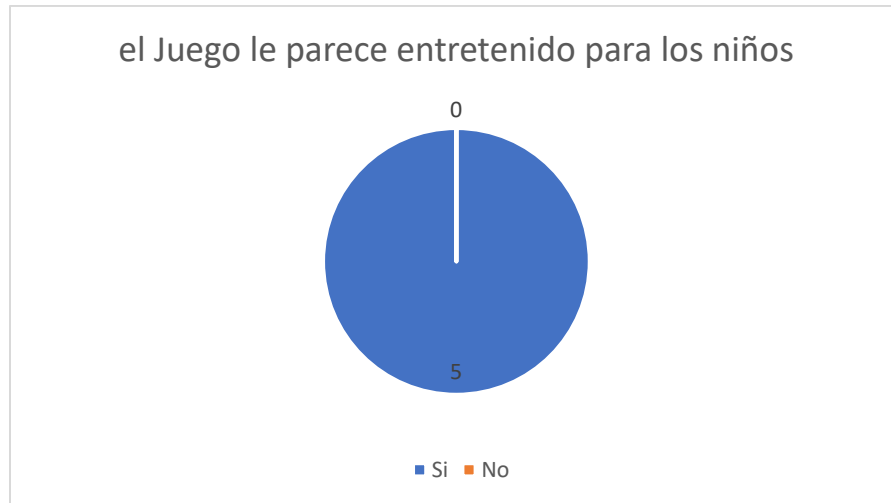
En la tabla 15 se presenta una encuesta dirigida a docentes asistentes sobre la interfaz y la usabilidad del aplicativo (cada pregunta equivale a un punto).

Tabla 15, Resultados entrevista docentes

Preguntas	Docente 1	Docente 2	Docente 3	Docente 4	Docente 5
El juego le parece entretenido para los niños	Si	Si	Si	Si	Si
El videojuego es fácil de utilizar para los niños	Si	Si	No	Si	Si
De 1 a 5 que tan difícil es ingresar al videojuego	4	5	2	5	5
Los niños recolectaron gemas dentro del juego	No	Si	No	Si	No
Usted piensa que existieron muchos obstáculos dentro del juego	Si	No	No	No	No
De 1 a 5 califique que tan difícil es el juego siendo 5 el más difícil	4	3	5	2	1
La aplicación web es fácil de utilizar	Si	Si	No	Si	Si
El sensor kinect cumple su función de detección del cuerpo	Si	Si	Si	Si	Si
Recomendaría el juego	Si	Si	Si	Si	Si
Respuestas afirmativas	6	6	3	6	5
Promedio de preguntas de 1 a 5	1,6	1,6	1,4	1,4	1,2
Total	7,6	7,6	4,4	7,4	6,2

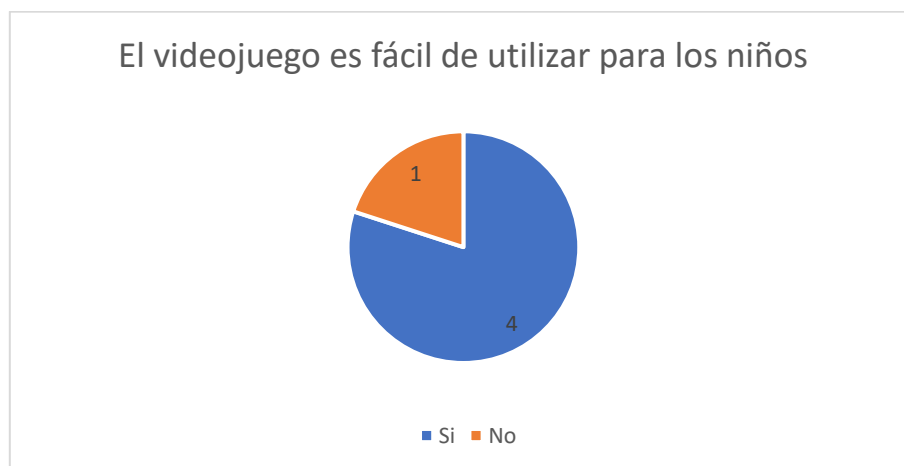
Los resultados de la tabla 15 muestran una aceptación general del aplicativo, identificando puntos fuertes y puntos por mejorar.

La pregunta “El juego le parece entretenido para los niños”, en la gráfica número 25 se observa la aceptación del videojuego, refutando que el videojuego si es entretenido para los niños.



Gráfica 25 - Diagrama circular pregunta número uno, encuesta dirigida a docentes fuente: propia

La pregunta “El videojuego es fácil de utilizar para los niños”, en la gráfica número 26 se observa la aceptación de la mayoría de los docentes concluyendo que el videojuego si es fácil de utilizar.



Gráfica 26 - Diagrama circular pregunta número dos, encuesta dirigida a docentes fuente: propia

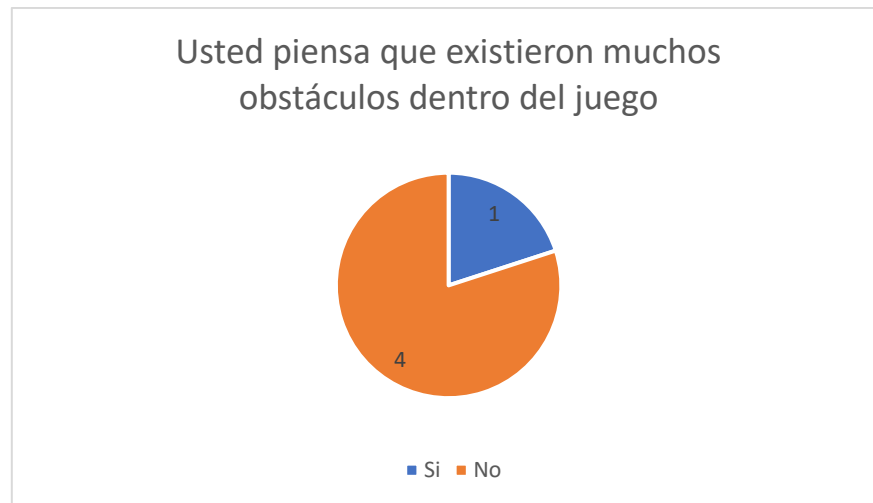
La pregunta “De 1 a 5 que tan difícil es ingresar al videojuego”, se obtiene un total de veintiún puntos de veinticinco posibles, esto refuta que el videojuego tiene un ingreso sencillo para los sujetos.

La pregunta “Los niños recolectaron gemas dentro del juego”, muestra que la mayoría de los docentes afirman que los niños no intentan recolectar las gemas dentro del videojuego, dato que se ve reflejado de igual manera en los gráficos 23 y 24.



Gráfica 27 - Diagrama circular pregunta número cuatro, encuesta dirigida a docentes fuente: propia

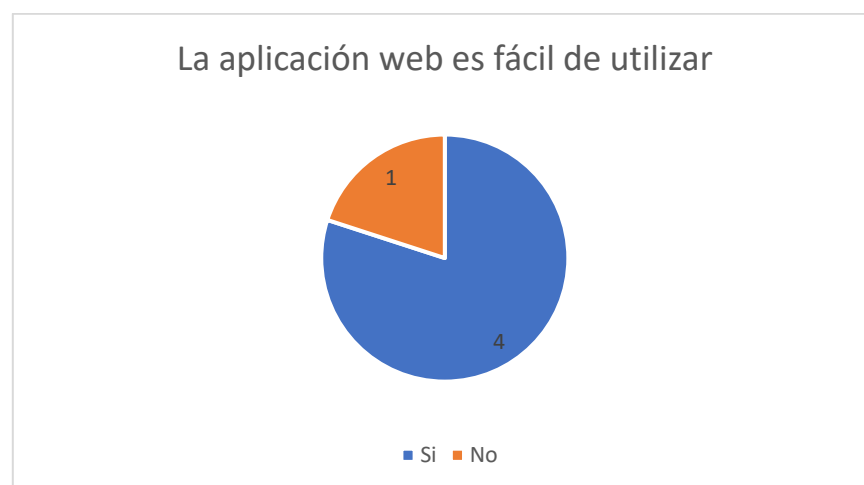
La pregunta “Usted piensa que existieron muchos obstáculos dentro del juego”, se evidencia en el gráfico 28 que la mayoría de los docentes creen que el número de obstáculos no fue demasiado.



Gráfica 28 - Diagrama circular pregunta número cinco, encuesta dirigida a docentes fuente: propia

La pregunta “De 1 a 5 califique que tan difícil es el juego siendo 5 el más difícil”, se obtiene un total de quince puntos de veinticinco posibles, si convertimos este valor a una escala podemos afirmar que el juego presenta una dificultad ya que el sesenta por ciento (60%) de los docentes afirman esto.

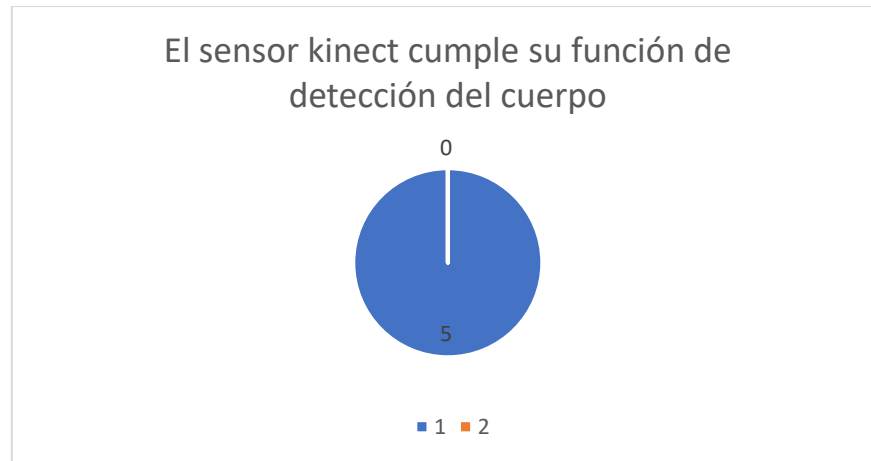
La pregunta “La aplicación web es fácil de utilizar”, se puede evidenciar en el gráfico 29, que la mayoría de los docentes afirman que el aplicativo web es fácil de utilizar.



Gráfica 29 - Diagrama circular pregunta número siete, encuesta dirigida a docentes fuente: propia

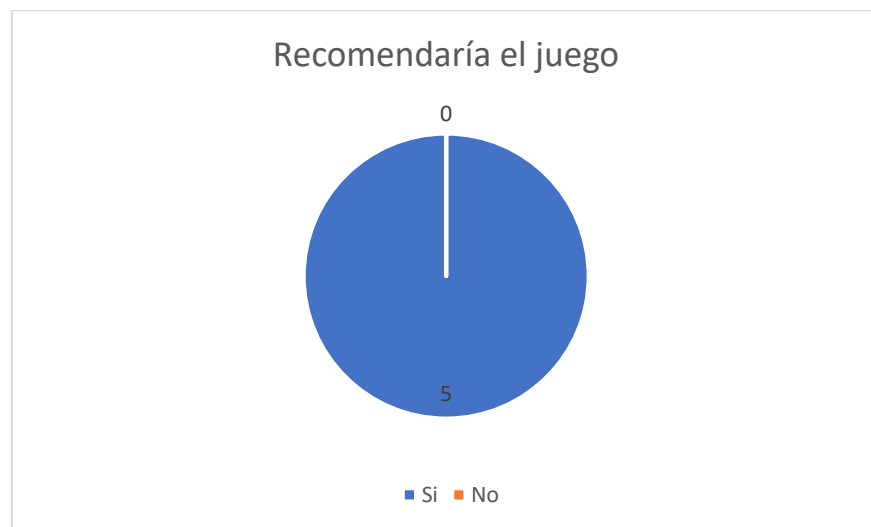


La pregunta “El sensor kinect cumple su función de detección del cuerpo”, en la gráfica 30 se evidencia que todos los docentes opinan que Kinect detecto el cuerpo de los sujetos sin problemas.



Gráfica 30 - Diagrama circular pregunta número ocho, encuesta dirigida a docentes fuente: propia

La pregunta “Recomendaría el juego”, en la gráfica 31 se evidencia que todos los docentes recomiendan el video juego.



Gráfica 31 - Diagrama circular pregunta número nueve, encuesta dirigida a docentes fuente: propia

## 5. Conclusiones

- Con el uso del prototipo se pudo observar que los niños con discapacidad cognitiva pueden desarrollar actividades motoras básicas de manera sencilla ya que se les facilita el reconocimiento de su cuerpo y su espacio.
- Al llevar a cabo las validaciones se puede apreciar que algunos jóvenes tienden a adaptarse al desarrollo de actividades motoras al usar la herramienta.
- Las redes neuronales son una tecnología que en el campo de la educación aportan beneficios, y en este proyecto permiten categorizar una dificultad de expresión corporal.
- La red neuronal artificial de aprendizaje no supervisado SOM más la implementación de una red neuronal de aprendizaje supervisado hacen una combinación que permite categorizar la dificultad de competencias motoras básicas en niños con discapacidad cognitiva.
- La utilización de Kinect junto a juegos serios y redes neuronales crean un sin fin de probabilidades para el desarrollo de actividades en el campo de la expresión corporal que pueden ayudar a personas con discapacidad cognitiva a desarrollar competencias de movimientos y ubicación en el espacio.
- De acuerdo con los resultados de la encuesta entrevista docentes ver tabla 15, el software es de fácil manejo, brindando la posibilidad de ponerlo a disposición de personas con discapacidad cognitiva en cualquier sitio que cuente con los requisitos físicos necesarios para su implementación.
- Se debe tener en cuenta el grado de discapacidad cognitiva para el desarrollo de la actividad, ya que esta herramienta puede resultar relativamente compleja para algunos jóvenes.
- Esta herramienta propone ejercicios y actividades de manera creativa e innovadora, pero siempre se necesita de un experto en el área que estimule mejor este campo.
- La cantidad de datos de entrenamiento es fundamental para la precisión en el aprendizaje de máquina.

## 6. Trabajo futuro

- El Videojuego serio tiene la capacidad de ser escalable, lo cual permitirá tener una aplicación que cambie agregando módulos que permitan abarcar no solo habilidades motoras básicas, sino también la expresión corporal en otros campos, esto es posible gracias a la interfaz humana que se creó en la herramienta.
- Se recomienda evaluar con un set de datos, que tenga mucha más información para realizar el estudio de manera mucho más precisa.
- Agregar módulos que permitan abarcar tanto retos relacionados con habilidades motoras básicas como de expresión corporal en campos como gestos, danza, kinestésica, etc.
- Incrementar el número de individuos para engrosar el conjunto de datos para el entrenamiento de los dos modelos artificiales de aprendizaje, y así mismo afinarlos.
- Implementar un módulo de recomendación de retos basado en el desempeño de cada individuo.
- La red neuronal se debe entrenar en una máquina aparte ya que el entrenamiento implica mucho tiempo para una petición web.
- Tener el dispositivo Kinect para que la herramienta funcione.
- Estar a una determinada distancia (dos metros) del Kinect para que reconozca el cuerpo.

## Bibliografía

Aebersold M., Voepel-Lewis T., Cherara L., Weber M., Khouri C., Levine R., Tait A.R. (2018). Interactive Anatomy-Augmented Virtual Simulation Training. *Clinical Simulation in Nursing*, 15: 34-41.

Akçayır M., Akçayır G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20(Supplement C): 1-11.

Alaribe I. (2015). Design a Serious Game to Teach Teenagers with Intellectual Disabilities How to Use Public Transportation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176: 840-845.

Aldabas Rubira, Emiliano. 2002. "Introducción Al Reconocimiento de Patrones Mediante Redes Neuronales." *IX Jornades de Conferències d'Enginyeria 1-3*

Alhumaidan H., Lo K.P.Y., Selby A. (2017). Co-designing with children a collaborative augmented reality book based on a primary school textbook. *International Journal of Child-Computer Interaction*.

Antón D., Kurillo G., Goñi A., Illarramendi A., Bajcsy R. (2017). Real-time communication for Kinect-based telerehabilitation. *Future Generation Computer Systems*, 75(Supplement C): 72-81.

Bauer A., Neog D.R., Dicko A.-H., Pai D.K., Faure F., Palombi O., Troccaz J. (2017). Anatomical augmented reality with 3D commodity tracking and image-space alignment. *Computers & Graphics*, 69(Supplement C): 140-153.

Belloch C. (2012). Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el Aprendizaje. Unidad de Tecnología Educativa (UTE)- Departamento de Metodos de investigacion y diagnostico en educación.: 1-9.

Birdwhistell R. (2013). Antropología de la Gestualidad. *Educacion*, 53(9): 266-276.

Birdwhistell R.L., Desmonts A., Romaguera i Ramió J. (1979). El lenguaje de la expresión corporal. Gustavo Gili.

Birmingham U. (2016). Gesture Control Technology: An investigation on the potential use in Higher Education. (March): 1-10.

Borrás Gené O. (2015). Fundamentos de la gamificación. Gabinete de Teleeducación. Universidad Politécnica de Madrid: 15-15.

Boutsika E. (2014). Kinect in Education: A Proposal for Children with Autism. *Procedia Computer Science*, 27(Supplement C): 123-129.

Bravo C.B., Ojeda-Castelo J.J., Piedra-Fernandez J.A. (2017). Art activities with Kinect to Students with Cognitive Disabilities: Improving all Motor Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237(Supplement C): 1148-1151.

Cabrera R., Molina A., Gómez I., García-Heras J. (2017). Kinect as an access device for people with cerebral palsy: A preliminary study. *International Journal of Human-Computer Studies*, 108(Supplement C): 62-69.

Cassola F., Morgado L., de Carvalho F., Paredes H., Fonseca B., Martins P. (2014). Online-Gym: A 3D Virtual Gymnasium Using Kinect Interaction. *Procedia Technology*, 13(Supplement C): 130-138.

Castagnola Maria Eugenia B.M.A.C.G.A. (2015). Juegos serios aplicados a niños con discapacidades. STS 2015, 2º Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad.: 36-43.

Castillo L.F., Bedía M.G., Isaza G., Velez J., Seron F. (2014). Development of believable bots in videogames capable of learning during runtime. *International Journal of Artificial Intelligence*, 12(1): 117-128.

Castillo L.F., González B M., Isaza E G., Vélez J.I. (2015). Hacia las arquitecturas cognitivas conscientes: aplicación en el dominio de los videojuegos. *Revista chilena de ingeniería*, 23(4): 514-525.

Chang Y.-J., Chen S.-F., Huang J.-D. (2011). A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6): 2566-2570.

Comas, Diego Sebastián, Juan Ignacio Pastore, Agustina Bouchet, Virginia Laura Ballarin, Lucía Isabel Passoni, and Gustavo Javier Meschino. 2012. "Diseño Automático de Sistemas de Lógica Difusa Tipo 2 Mediante Mapas Autoorganizados." in V Torneo Regional de Inteligencia Computacional.

Consejo Privado de C., Rosario C.-U.d. (2016). Índice Departamental de Competitividad 2014. 176-176 p.

Cortés-Rico, Laura, and Giovanny Piedrahita-Solórzano. 2019. "Interacciones Basadas En Gestos: Revisión Crítica." *TecnoLógicas* 22:119–32. doi: 10.22430/22565337.1512.

Dane. (2010). Discapacidad.

De castro Lozano C. (2012). El futuro de las tecnologías digitales aplicadas al aprendizaje de personas con necesidades educativas especiales. *Revista de Educación a Distancia*, 32: 1-43.

Desarrollo-web. 2020. "Web Services | Definición & Ejemplo - IONOS." Digital Guide IONOS.

Forero Hernández E., Moreno Rojas S., Ríos C., Al E. (2010). Orientaciones pedagógicas para la atención y la promoción de la inclusión de niñas y niños menores de seis años con. 80-80 p.

Gallego F.J., Molina R. (2014). Gamificar una propuesta docente. *Jenui*: 2-2.

García Sánchez, Inmaculada, Raquel Pérez Ordás, and África Calvo Lluch. 2015. "Expresión Corporal. Una Práctica de Intervención Que Permite Encontrar Un Lenguaje Propio Mediante El Estudio y La Profundización Del Empleo Del Cuerpo (Body Expression. A Practice of Intervention That Allows to Find Individual Language with Study of The." *Retos* 23(23):19–22. doi: 10.47197/retos.v0i23.34561.

Gómez-Puerta J.-M., Lledó Carreres A., Lorenzo Lledó G., Arráez Vera G., Lorenzo-Lledó A. (2018). El método de lectura fácil como estrategia de accesibilidad cognitiva al lenguaje escrito en alumnado con discapacidad intelectual. *Liderando investigación y prácticas inclusivas*, 2018, ISBN 9788433862310, págs. 1659-1668: 1659-1668.

González Hernández J.F. (2011). Diseño de productos para la habilitación integral de niños y jóvenes con discapacidad cognitiva. *Iconofacto*, 7(8): 134-165.

González-Ortega D., Díaz-Pernas F.J., Martínez-Zarzuela M., Antón-Rodríguez M. (2014). A Kinect-based system for cognitive rehabilitation exercises monitoring. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(2): 620-631.

Guerrero Rojas L.E. (2008). *Necesidades Educativas Especiales*. Vol. 57. 201-222 p.

Herrera Clavero F. (2013). Habilidades Cognitivas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9): 1689-1699.

Isabel Margarita H., Vicky C., Myers R., Eugenia Linares Felipe Risopatrón M., Manrique Castro M., Cufino M.d.P.R. (2004). *Desarrollo Psicosocial de los niños y las niñas*. Unicef.

Kayımbaşıoğlu D., Oktekin B., Hacı H. (2016). Integration of Gamification Technology in Education. *Procedia Computer Science*, 102(Supplement C): 668-676.

Kugelmann D., Stratmann L., Nühlen N., Bork F., Hoffmann S., Samarbarksh G., Pferschy A., von der Heide A.M., Eimannsberger A., et al. (2018). An Augmented Reality magic mirror as additive teaching device for gross anatomy. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 215(Supplement C): 71-77.

Kwon J., Lee Y. (2016). Serious games for the job training of persons with developmental disabilities. *Computers and Education*, 95: 328-339.

Lancheros-Cuesta D., Carrillo-Ramos A. (2012). Modelo Adaptativo Para La Caracterización De Dificultades/Discapacidades En Un Ambiente Virtual Educativo  
Adaptive Model For The Characterization Of Difficulties / Disabilities In A Virtual Education. 79(175): 52-61.

Lara F. (n.f). *Fundamentos De Redes Neuronales Artificiales*.

Lasse, Rouhiainen. 2018. "INTELIGENCIA ARTIFICIAL 101 COSAS QUE DEBES SABER HOY SOBRE NUESTRO FUTURO INTELIGENCIA ARTIFICIAL." *Editorial Planeta S.A* 9-325.

Lins A.J.C.C., Muniz M.T.C., Garcia A.N.M., Gomes A.V., Cabral R.M., Bastos-Filho C.J.A. (2017). Using artificial neural networks to select the parameters for the prognostic of mild cognitive impairment and dementia in elderly individuals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 152(Supplement C): 93-104.

Lizbeth B., Lara H. (2004). LA REALIDAD AUMENTADA: UNA TECNOLOGÍA EN ESPERA DE USUARIOS. *Revista Digital Universitaria*, 5(7): 5-5.

Llorens-Largo F., Villagrà-Arnedo C.J., Gallego-Durán F.J., Satorre-Cuerda R., Compañ-Rosique P., Molina-Carmona R. (2016). Chapter 12 - LudifyME: An Adaptive Learning Model Based on Gamification A2 - Caballé, Santi. En: *Formative Assessment, Learning Data Analytics and Gamification*. Clarisó R. (Ed.). Academic Press: Boston. pp. 245-269.

M<sup>a</sup> Ángeles Cáceres G. (2010). La expresión corporal, el gesto y el movimiento en la edad infantil. *Temas para la educación*, 9: 1-7.

Madrona P.G., Marín E.C.G., López P.D.M. (2012). Incremento de las habilidades sociales a través de la expresión corporal: La experiencia en clases de iniciación al baile. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(2): 83-88.

Manngård M., Kronqvist J., Böling J.M. (2018). Structural learning in artificial neural networks using sparse optimization. *Neurocomputing*, 272(Supplement C): 660-667.

Marcano Lárez, Beatriz E. 2008. "Juegos Serios y Entrenamiento En La Sociedad Digital." 9.

Matich D.J. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Historia: 55-55.

Medina Rodriguez I. (2013). Proyecto de inclusión de estudiantes con discapacidad cognitiva. 53-53 p.

Ministerio de Educación n. (2017). Decreto 1421 Por el cual se reglamenta en el marco de la educación inclusiva la atención educativa a la población con discapacidad.

Minsalud. *Abecé De La Discapacidad ¿Qué Es Discapacidad?* Min Salud.



Montaño, Juan Jose. 2002. "Redes Neuronales Artificiales Aplicadas Al Análisis de Datos." *Network* 275.

Muñoz, C. (2014). Sistema de Rehabilitación basado en el Uso de Análisis Biomecánico y Videojuegos mediante el Kinect. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 43-54.

Murillo A. (2016). ¿Qué es el dispositivo Kinect?

Organización Mundial de la S., Banco M. (2011). Informe mundial sobre la discapacidad. i-364 p.

Palomo Segura A.M., Ramírez Espinosa B., Fernández Yero L.V. (2011). Juegos de expresión corporal para estimular la coordinación dinámica general de los niños de 4-5 años (original). *Olimpia: Publicación científica de la facultad de cultura física de la Universidad de Granma*, ISSN-e 1817-9088, Vol. 8, N°. 28, 2011 (Ejemplar dedicado a: enero-abril), págs. 63-69, 8(28): 63-69.

Pattanayak, Santanu. 2017. *Pro Deep Learning with TensorFlow*.

Pedraza-Hueso M., Martín-Calzón S., Díaz-Pernas F.J., Martínez-Zarzuela M. (2015). Rehabilitation Using Kinect-based Games and Virtual Reality. *Procedia Computer Science*, 75(Supplement C): 161-168.

Pérez F.O., Fernández H. (2007). Las redes neuronales y la evaluación del riesgo de crédito. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(10): 77-91.

Pombo H.L. (2010). Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada. 124-124.

Quijano A. (2009). Guía de investigación cuantitativa. Vol. 1. Institución universitaria CESMAG. 192 p.

Rodríguez Correa M., Arroyo González M.J. (2014). Las TIC al servicio de la inclusión educativa. *Digital Education Review*, ISSN-e 2013-9144, N°. 25, 2014, págs. 108-126, (25): 108-126.

Romero J.J., Dafonte C., Gómez Á., Penousal F.J. (2007). *Inteligencia Artificial Y Computación Avanzada*. 400-400 p.

- S. Pressman R. (2010). Ingeniería del software. Un enfoque práctico. 805-805 p.
- Social M.S.P. (2017). Normograma De Discapacidad Para La República De Colombia.
- Stanton W.J., Etzel M.J., Walker B.J., Carranza Garza A., Ortiz Staines M. (2007). Fundamentos de marketing. 4(11).
- Unesco. (2017). Guía para asegurar la inclusión y la equidad en la educación. 46-46 p.
- Universitat de Girona. (2013). Manual Introductorio de ICONIX. 5-5.
- Urh M., Vukovic G., Jereb E., Pintar R. (2015). The Model for Introduction of Gamification into E-learning in Higher Education. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 197(Supplement C): 388-397.
- Venezuela U.O.d.Á.p.C.y. (2004). Desarrollo Psicosocial de los niños y las niñas.
- Villagra A. (1992). La expresión corporal en la discapacidad cognitiva. Ariel: 405-408.
- Yavşan E., Uçar A. (2016). Gesture imitation and recognition using Kinect sensor and extreme learning machines. Measurement, 94(Supplement C): 852-861.
- Zhou X., Zhuge Q., Qiu M., Xiang M., Zhang F., Wu B., Qiu K., Plant D.V. (2018). Bandwidth variable transceivers with artificial neural network-aided provisioning and capacity improvement capabilities in meshed optical networks with cascaded ROADMs filtering. Optics Communications, 409(Supplement C): 23-33.
- Zhou X., Zhuge Q., Qiu M., Xiang M., Zhang F., Wu B., Qiu K., Plant D.V. (2018). Bandwidth variable transceivers with artificial neural network-aided provisioning and capacity improvement capabilities in meshed optical networks with cascaded ROADMs filtering. Optics Communications, 409(Supplement C): 23-33.
- Guillermo Garcia Murillo, Daniel, Carlos Alberto Ruiz Marta Susana Basualdo Autor, and Damián Jorge Matich. n.d. "Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones Cátedra: Informática Aplicada a La Ingeniería de Procesos-Orientación I Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones."

# ANEXOS



## ANEXO A – Cartas de solicitud

San Juan de Pasto, 16 de Julio de 2021

**Rector**  
**Mario Rodríguez**  
**Institución Educativa San Nicolás**  
**Pasto**

**Asunto** Solicitud de aplicación de pruebas de investigación.

Cordial Saludo

De manera respetuosa me dirijo a usted, se permita aplicar las pruebas de investigación de mi proyecto de grado para dar por finalizado mis estudios de maestría en Ingeniería Computacional con la Universidad de Caldas, mi proyecto de grado requiere de una población con discapacidad cognitiva.

El proyecto se titula "video juego serio para el desarrollo de expresión corporal en jóvenes con discapacidad cognitiva mediante la utilización de redes neuronales y computación basada en gestos", y requiere que los estudiantes desarrollen una serie de actividades físicas a través de un computador y una serie de sensores.

La solicitud se realiza bajo la orientación del Mg José Eduardo López, decano de la facultad de educación de la universidad Cesmag, cabe resaltar que me desempeño laboralmente en la instrucción como funcionario y acudo al convenio que existe entre nuestras instituciones.

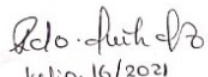
Se respetará todos los protocolos de bioseguridad ya que las actividades se realizan de manera individual y no requieren de ninguna clase de contacto. Todos los datos y material fotográfico que se obtenga como resultado serán utilizado explícitamente para fines investigativos y estos no serán divulgados.

Quedo atento a su aprobación y horarios en los cuales pueda realizar mis pruebas.

Agradezco su colaboración y atención.

Cordialmente,

  
Daniel Arteaga  
Estudiante Maestría  
Ingeniería Computacional  
Universidad de Caldas  
Tel. 3016889827  
Correo. daferarte@gmail.com

  
Julio 16/2021  
12:16 pm



San Juan de Pasto, agosto 17 de 2021

Doctora  
**Sara Enriquez**  
Directora  
Centro pedagógico María de la Paz  
Pasto Nariño

Asunto Presentación

Cordial Saludo

De la manera más atenta y cordial le solicito a usted me brinde la autorización correspondiente para realizar las pruebas de mi proyecto de tesis de maestría titulado "Video juego serio para el desarrollo de expresión corporal en jóvenes con discapacidad cognitiva mediante la utilización de redes neuronales y computación basada en gestos"; la idea del proyecto es que el niño pueda potenciar sus habilidades de expresión corporal a nivel motriz básico y de aprendizaje cognitivo, el niño deberá desarrollar unas actividades lúdicas (sin emplear el software, de manejo óculo-manual) guiadas por el investigador, posterior mente se empleara el software el cual se trata de un aplicativo que utiliza el sensor Kinect para poder detectar el movimiento del niño y hacerlo parte del video juego serio, de esta manera los niños podrán jugar mientras desarrollan habilidades de expresión corporal a nivel motriz básico, posterior mente los datos serán evaluados por una inteligencia artificial que podrá generar recomendaciones a futuro para los niños.

Para llevar a cabo lo anterior mencionado me gustaría contar con niños entre 10 a 18 años con discapacidad cognitiva media o leve, todos los datos obtenidos en la investigación no serán divulgados y solo serán utilizados con fines académicos, además se respetarán todos los protocolos de bioseguridad frente al covid19.

De antemano agradezco su colaboración y atención brindada, espero una pronta respuesta.

Cordialmente,

Daniel Fernando Arteaga  
Estudiante Maestría Ingeniería Computacional  
Sede Pasto – Convenio Universidad de Caldas - Universidad Cesmag  
Código: 27017220133 CC. 1085296862  
[daferarte@unicesmag.edu.co](mailto:daferarte@unicesmag.edu.co)  
Tel. 3016889827

Recibo.  
Sara Enriquez  
Agosto 18 de 2021  
Hora 9:30 AM

## ANEXO B - Formato de autorización manejo de datos personales y publicación de fotos

### AUTORIZACIÓN MANEJO DE DATOS PERSONALES Y PUBLICACIÓN DE FOTOS

Yo \_\_\_\_\_ identificado(a) con la C.C. No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, mayor de edad, como tutor del menor \_\_\_\_\_, autorizo para que almacenen, recopilen y den tratamiento y gestión a los datos personales como producto de la investigación “

Video juego serio para el desarrollo de expresión corporal en jóvenes con discapacidad cognitiva mediante la utilización de redes neuronales y computación basada en gestos”. Así mismo, autorizo la toma de fotografías destinadas a ser parte de un informe final de investigación. Lo anterior, debido a que el acto mencionado no es contrario a la moral y las buenas costumbres, no constituye injerencia arbitraria en la vida privada, no afecta la honra, el buen nombre, ni afecta la integridad moral, física o síquica nuestra. Los datos suministrados no serán divulgados en redes sociales, ni serán utilizados como datos comerciales, todos los datos serán utilizados con fines académicos y no serán divulgados. Así mismo, manifiesto que la presente autorización, con el alcance aquí previsto, se otorga al investigador DANIEL FERNANDO ARTEAGA FAJARDO a título gratuito, por lo que renuncio a cualquier derecho o aspiración tendiente a obtener compensación alguna por el otorgamiento de esta autorización. A continuación, realizo un registro de las que serían mi(s) firma(s) a utilizar durante el proceso de selección. Para constancia firmo a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ 2021.

\_\_\_\_\_  
Firma

## ANEXO C – Formatos para consignar resultados

Test orientación derecha - izquierda				
Parte del cuerpo	Vendado	Hemisferio	¿La identifica?	Tiempo/Segundos
Mano	No	Derecho		
Hombro	No	Derecho		
Pierna	No	Derecho		
Oreja	No	Derecho		
Ojo	No	Derecho		
Pie	No	Derecho		
Rodilla	No	Derecho		
Mano	No	Izquierdo		
Hombro	No	Izquierdo		
Pierna	No	Izquierdo		
Oreja	No	Izquierdo		
Ojo	No	Izquierdo		
Pie	No	Izquierdo		
Rodilla	No	Izquierdo		
Mano	No	Derecho/Izquierdo		
Hombro	No	Derecho/Izquierdo		
Pierna	No	Derecho/Izquierdo		
Oreja	No	Derecho/Izquierdo		
Ojo	No	Derecho/Izquierdo		
Pie	No	Derecho/Izquierdo		
Rodilla	No	Derecho/Izquierdo		
Mano	Si	Derecho/Izquierdo		
Hombro	Si	Derecho/Izquierdo		
Pierna	Si	Derecho/Izquierdo		
Oreja	Si	Derecho/Izquierdo		
Ojo	Si	Derecho/Izquierdo		
Pie	Si	Derecho/Izquierdo		
Rodilla	Si	Derecho/Izquierdo		

Seguimiento de trayectoria			
Esquiva el material didáctico (Esferas)	Direccionalidad	¿La identifica?	Tiempo
Si	Izquierda		
Si	Izquierda		
Si	Derecha		
Si	Izquierda		
Si	Derecha		
Si	Arriba		
Si	Abajo		
Si	Arriba		
Si	Arriba		
Si	Abajo		



## ANEXO D – Arquitectura de software

Para esta sección se plantea la arquitectura 4+1 con el fin de lograr un mejor análisis y diseño de requerimientos.

### Objetivos de sistema

A continuación, se describen los objetivos del sistema, los cuales se deben cumplir para lograr los objetivos propuestos en la investigación.

Nombre	Descripción
OBJ 01	El sistema debe permitir la integración de Kinect para el reconocimiento del cuerpo
OBJ 02	El sistema debe contar con una red neuronal artificial que permita la detección de patrones de dificultad de movimiento
OBJ 03	Se debe desarrollar un juego serio que permita la interacción entre los jóvenes, el sensor Kinect y la red neuronal.
OBJ 04	El sistema debe contar con un web service que permita la conexión entre la red neuronal artificial y el juego serio.

### Requerimientos

A continuación, se detallan los requerimientos que cumplen la descripción completa del funcionamiento del sistema.

## Requerimientos funcionales

Objetivo	Requerimiento	Nombre	Descripción
OBJ 01	RF-001	Reconocimiento del cuerpo	El sistema debe permitir la interacción con el dispositivo Kinect para el reconocimiento del cuerpo de un usuario
OBJ 01	RF-002	Reconocimiento espacio corporal	El sistema debe permitir Reconocer el espacio donde el estudiante se ubica y reconocer su desplazamiento hacia los lados
OBJ 02	RF-003	Creación de dataset	El sistema debe permitir tener un archivo h5 de red neuronal con un entrenamiento para interpretar.
OBJ 02	RF-004	Ejercicios por unidad	El sistema debe poder predecir diferentes ejercicios por unidades
OBJ 03	RF-005	El juego serio debe contar con sesiones de usuario	El sistema debe poder registrar usuarios y permitirles iniciar sesiones para almacenar su progreso y guardarlo en una base de datos.
OBJ 03, OBJ 04	RF-006	Conexión a base de datos	El juego serio debe almacenar las progresiones de los usuarios en una base de datos a la que se conecte por un web service.
OBJ 03	RF-007	El juego serio debe contar con	Con el ánimo de medir la expresión corporal el juego debe contar con

		niveles que se enfoquen en diferentes actividades de expresión corporal	diferentes actividades que evalúen el estado básico del usuario
OBJ 03	RF-008	El juego serio debe contar con una secuencia en la ejecución de actividades	El sistema debe permitir evaluar actividades de expresión corporal, pero estas deben contar con un orden de realización
OBJ 04, OBJ 03	RF-009	Creación de webservice	El aplicativo debe contar con un webservice que permita la conexión entre el juego serio y el aplicativo q tendrá la red neuronal, de igual manera almacenar datos entre plataformas
OBJ 04	RF-010	Aplicativo en Python	La información debe almacenarse en un aplicativo en Python donde se podrá comparar esta información con la red neuronal.
OBJ 04	RF-011	Aplicación de aterrizaje	El sistema debe contar con una aplicación de aterrizaje que facilite la integración del juego serio, así como mostrar información importante.

## Requerimientos no funcionales

Requerimiento	Nombre	Descripción
RNF-001	El cuerpo debe ser reconocido de manera rápida por el juego	El sistema debe lograr un reconocimiento rápido del cuerpo del usuario para iniciar las actividades.
RNF-002	Comunicación webservice	El webservice debe lograr una comunicación a través de json
RNF-003	Red neuronal liviana	La red neuronal debe ser almacenada en el aplicativo y entrenada de manera local para evitar la saturación del servidor.
RNF-004	Sesiones	El juego debe permitir registrar varios usuarios en su sistema y almacenar sus datos.

## Actores

A continuación, se detallan los actores que interactúan con el sistema.

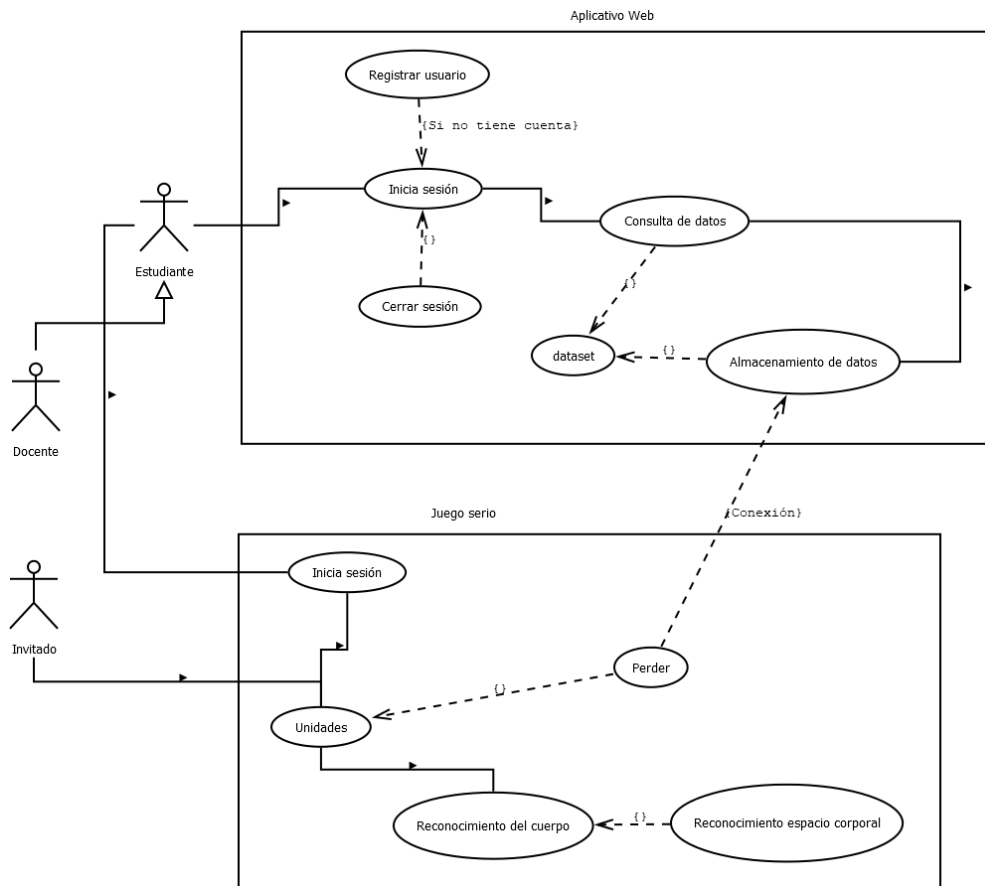
Nombre	Descripción
Docente	Responsable de interactuar con el aplicativo para vigilar que los niños lleven a cabo sus actividades.
Estudiante	Responsable de interactuar con el aplicativo para cumplir con todas las actividades propuestas por este.
Invitado	Persona que puede realizar el juego sin generar datos de trazabilidad.

## Vista Escenarios

Los escenarios describen secuencias de interacciones entre objetos, y entre procesos.

## Casos de uso

A continuación, se describen las acciones que realiza el usuario en el sistema.



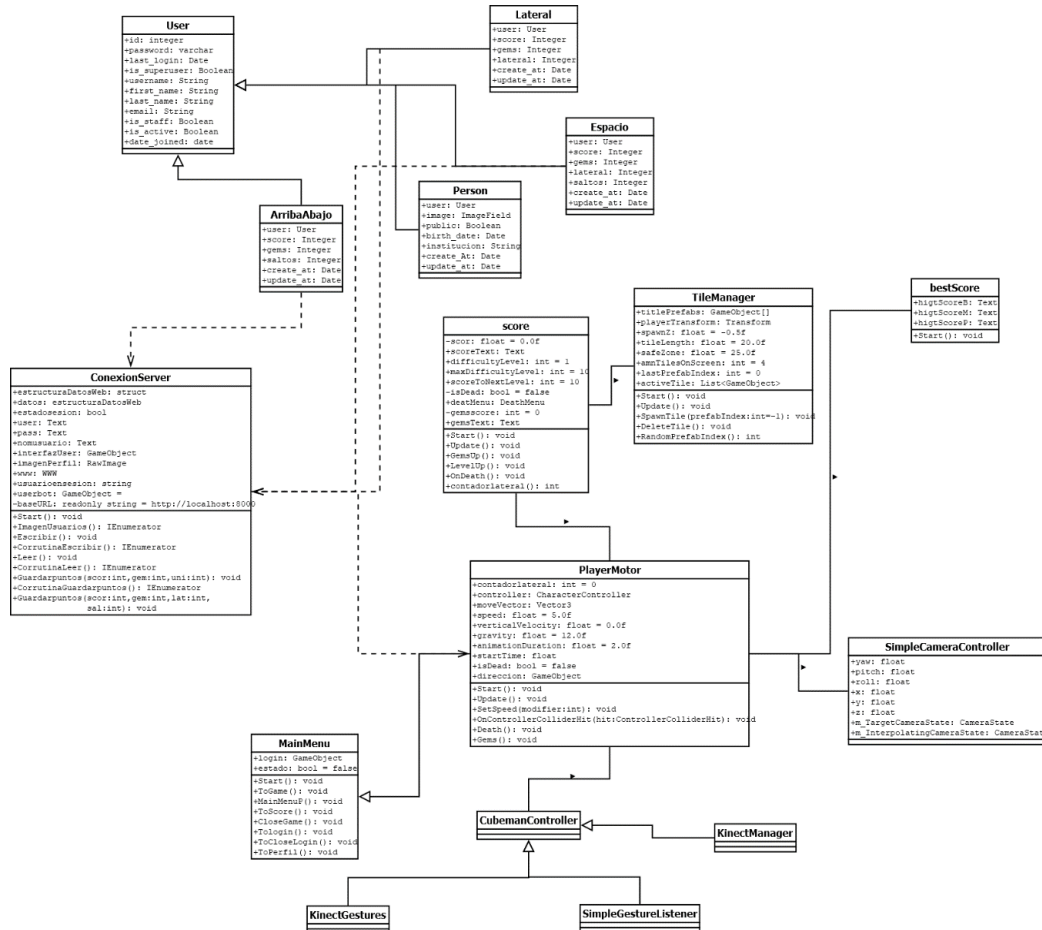
Gráfica 32 - Diagrama de casos de uso fuente: propia

## Vista lógica

Enfocada en describir la estructura y funcionalidad del sistema.

## Diagrama de clases

A continuación, se describen las clases, sus atributos y operaciones del sistema.

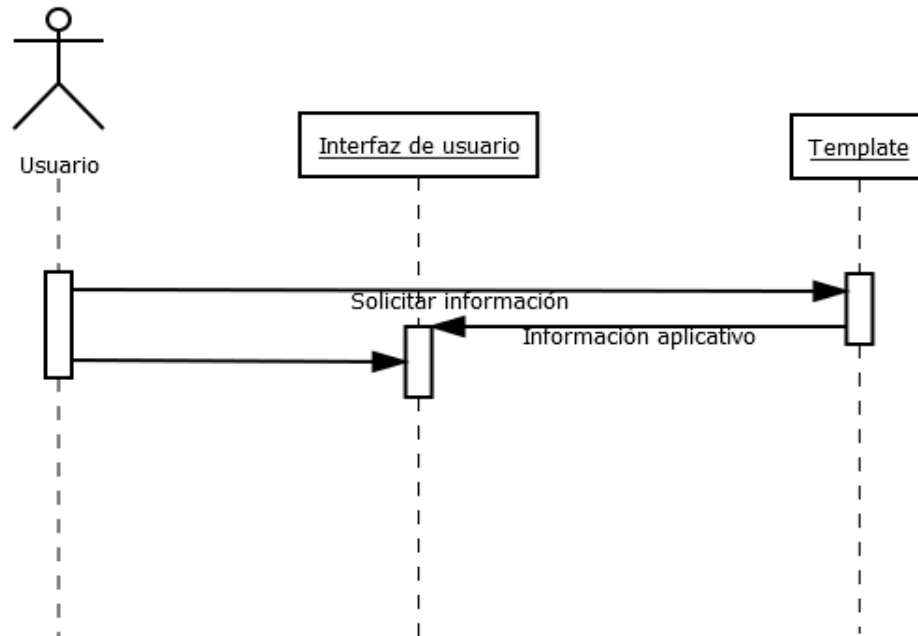


Gráfica 33 - Diagrama de clases fuente: propia

## Diagrama de secuencias

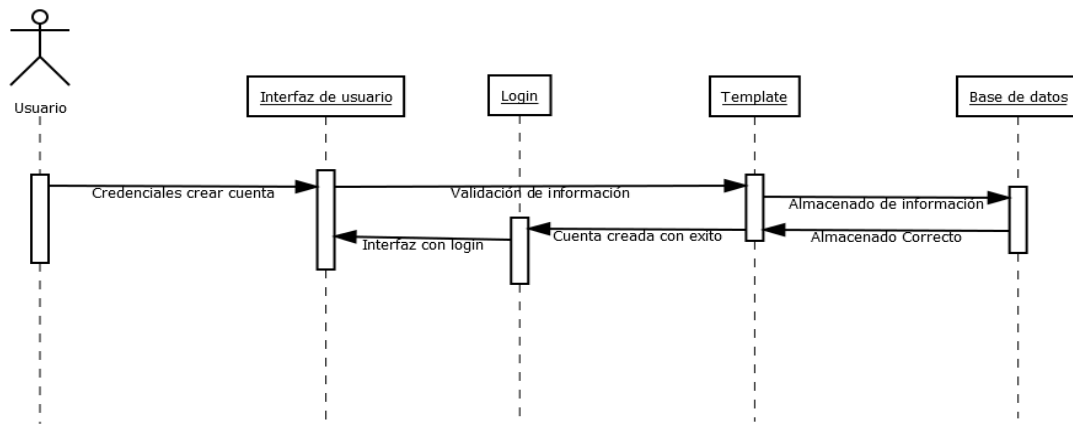
A continuación, se muestra la interacción entre objetos en el sistema

Información sitio web



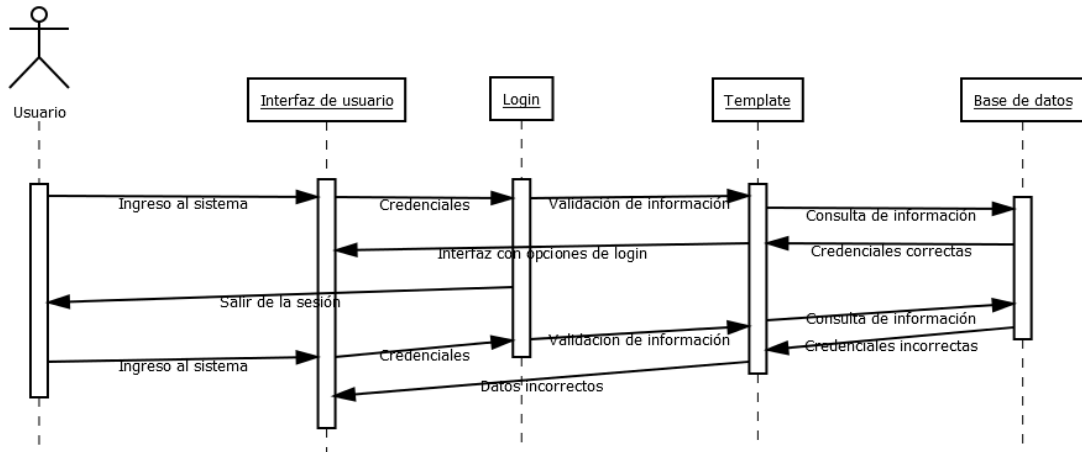
Gráfica 34 - Información sitio web fuente: propia

### Crear cuenta



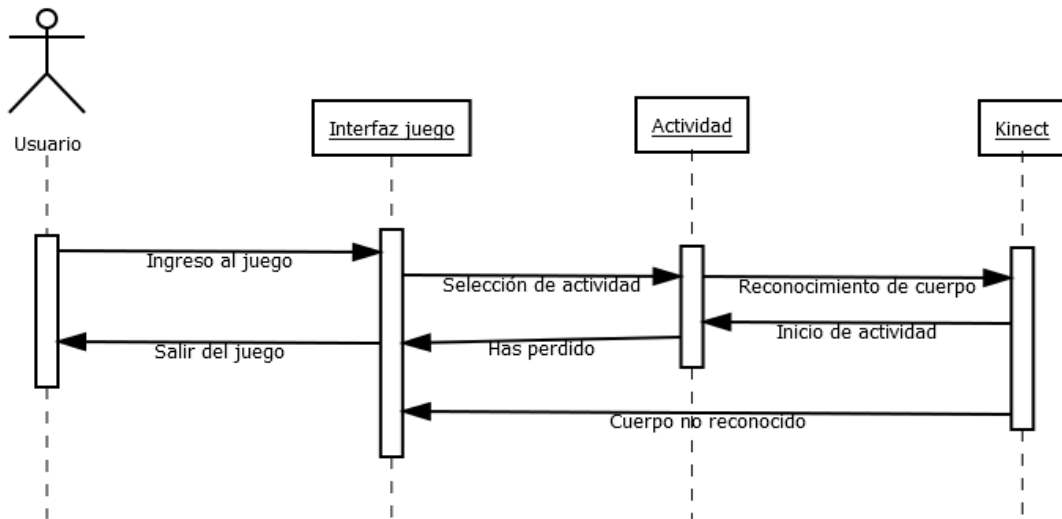
Gráfica 35 - Crear cuenta fuente: propia

### Login



Gráfica 36 - Login fuente: propia

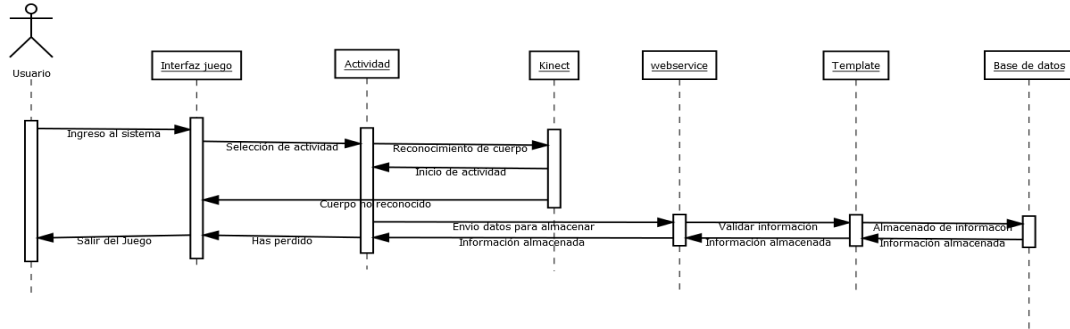
### Juego



Gráfica 37 - Juego fuente: propia

### Almacenar datos





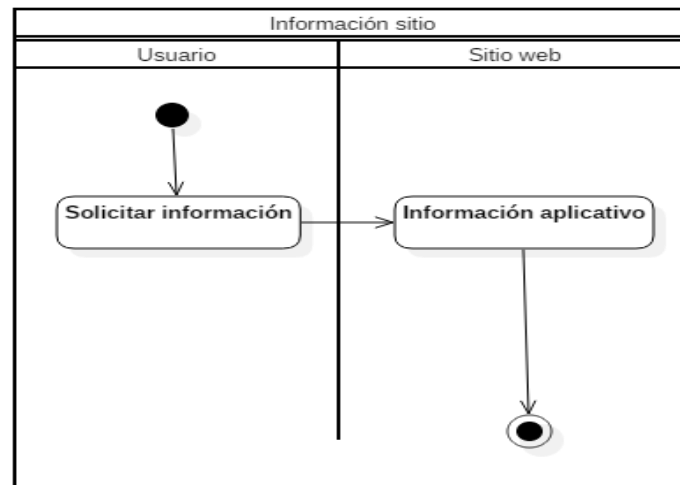
Gráfica 38 - Almacenar datos fuente: propia

### Vista de proceso

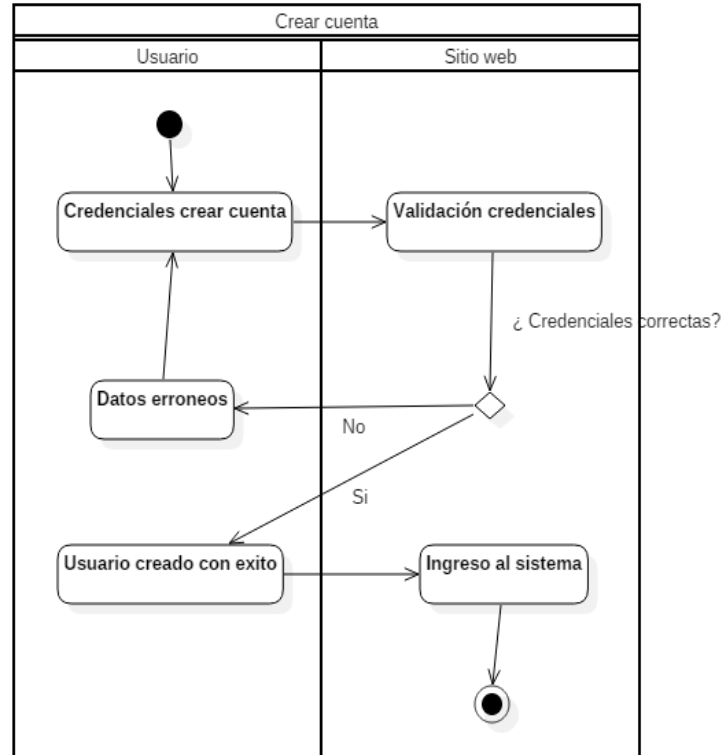
Trata los aspectos dinámicos del sistema, explica los procesos del sistema y cómo se comunican. Se enfoca en el comportamiento del sistema en tiempo de ejecución.

### Diagramas de actividad

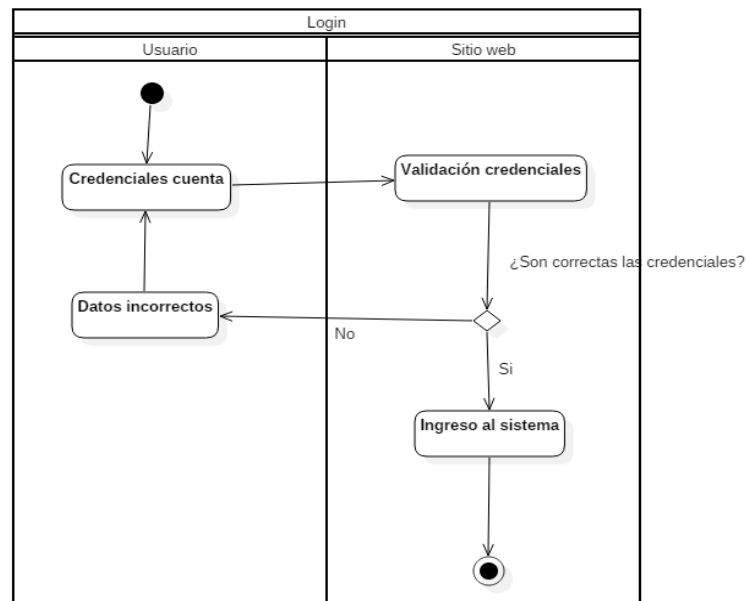
A continuación, se muestra los flujos de trabajo paso a paso



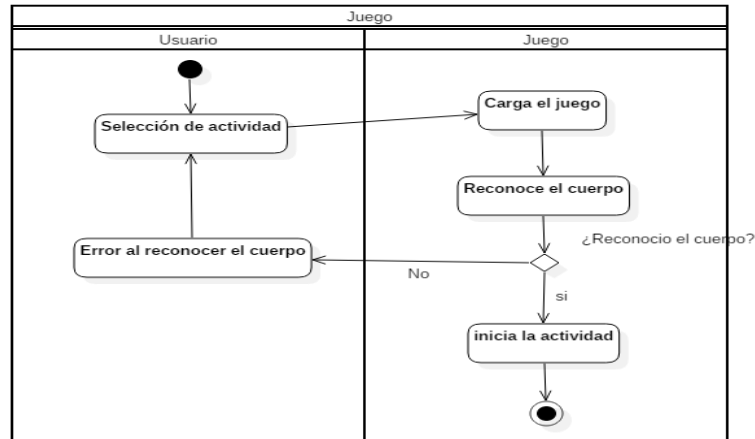
Gráfica 39 - Información sitio fuente: propia



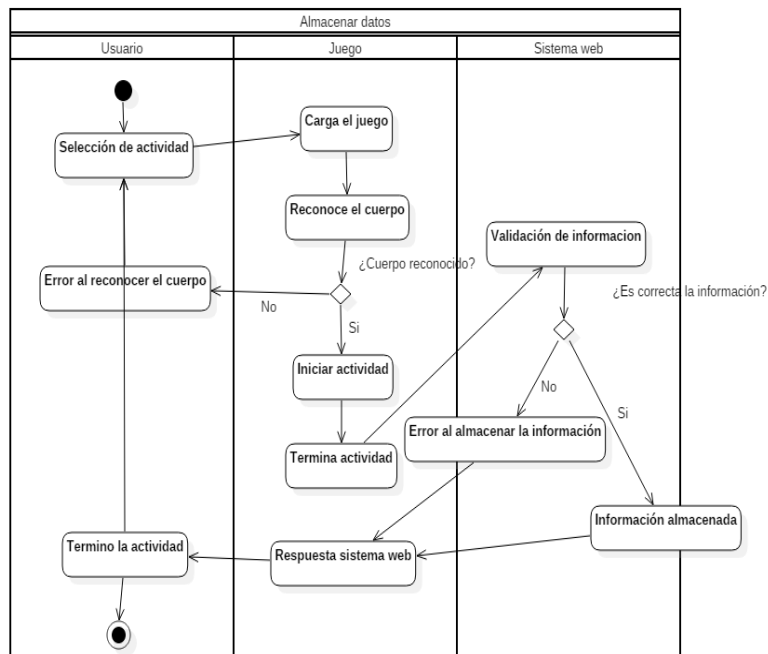
Gráfica 40 - Crear cuenta fuente: propia



Gráfica 41 - login fuente: propia



Gráfica 42 - Juego fuente: propia



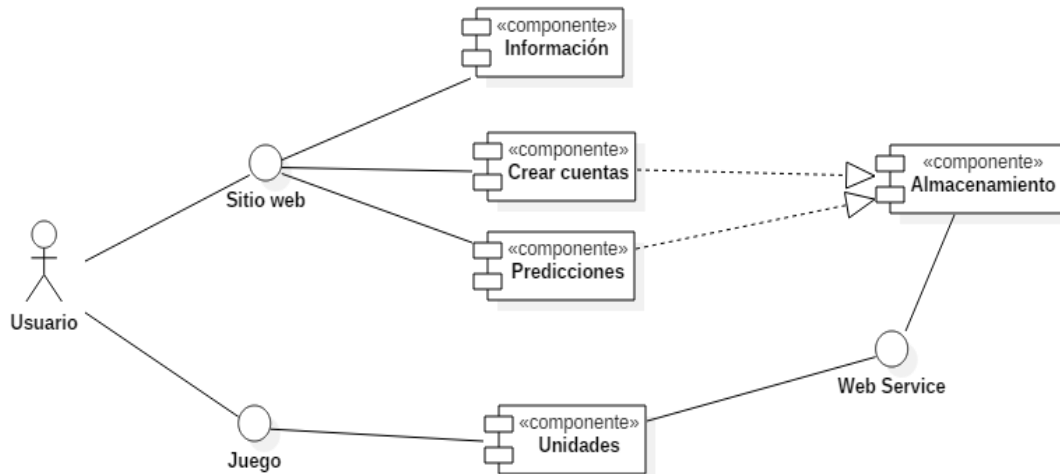
Gráfica 43 - almacenar datos fuente: propia

## Vista Desarrollo

Ilustra el sistema desde la perspectiva del programador y está enfocado en la administración de los artefactos de software. Esta vista también se conoce como vista de implementación.

## Diagrama de componentes

Un diagrama de componentes representa cómo un sistema de software es dividido en componentes y muestra las dependencias entre estos componentes.

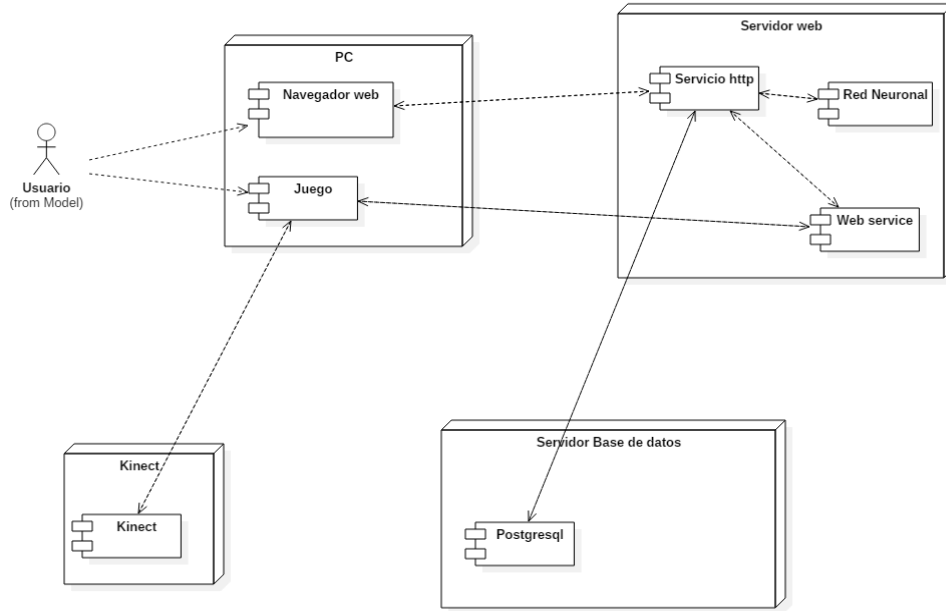


Gráfica 44 - Diagrama de componentes fuente: propia

## Vista física

describe el sistema desde el punto de vista de un ingeniero de sistemas. Está relacionada con la topología de componentes de software en la capa física, así como las conexiones físicas entre estos componentes.

Se utiliza para modelar la disposición física de los artefactos software en nodos (usualmente plataforma de hardware)



Gráfica 45 - diagrama de despliegue fuente: propia

## ANEXO E - Game desing document (GDD)

Muévete

Plantilla GDD Escrito por: Benjamin "HeadClot" Stanley

Daniel Fernando Arteaga Fajardo



### Licencia

Si se utiliza este en cualquiera de sus juegos. Dar crédito en el GDD (este documento) a Alec Markarian y Benjamin Stanley. Hicimos el trabajo para que no tenga que hacerlo.

Siéntase libre de modificar, redistribuir, pero no vender este documento.

TL; DR - Mantenga la sección de créditos de este documento intacto y que son buenos y no la vendas.



Visión general

Tema / Configuración / Género

Mecánica de juego básicas Breve

plataformas específicas

El discurso de ascensor

Descripción del Proyecto (Breve):

¿Lo que diferencia a este proyecto aparte?

Mecánica centro de juego (detallada)



## Visión general

### Tema / Configuración / Género

El tema del juego es basado en endless runner donde el personaje principal debe recorrer por un escenario y esquivar los diferentes obstáculos que se le presenten según el nivel, este debe tratar de recolectar el mayor número de gemas posibles y a medida que avance el tiempo la velocidad irá aumentando lo que lo hará más difícil para el jugador.

### Mecánica de juego básicas Breve

- Todas las siguientes mecánicas se realizarán utilizando Kinect v2
- El juego contará con una unidad donde el jugador deberá identificar sus partes del cuerpo esto con el fin de que logre identificarse así mismo.
- El juego contará con una unidad de espacio para que el jugador sea capaz de identificar entre izquierda, derecha, saltar y agacharse.

### plataformas específicas

- <Ejemplo Plataforma # 1 Crash Bandicoot>
- <Ejemplo Plataforma # 2 Kinect Adventures>
- <Ejemplo Plataforma # 3 little big planet>

### El discurso de ascensor

Mejorará la expresión corporal de los niños y mejorará su motricidad.

Descripción del Proyecto (Breve):

El desarrollo del proyecto surge con la iniciativa de darle la posibilidad a los jóvenes con discapacidad cognitiva de mejorar sus diversas habilidades por lo cual es necesario brindar estimulación y apoyos adecuados.

El presente video juego serio pretende potenciar la expresión corporal ya que la población objetivo presenta diferentes niveles de aprendizaje y sin los materiales necesarios y de fácil manejo para que los jóvenes puedan expresarse.

¿Lo que diferencia a este proyecto aparte?

- la razón más importante es que este juego ayudará una comunidad vulnerable como lo son los jóvenes con discapacidad.

- Combina herramientas emergentes como computación gestual, inteligencia computacional para atacar una causa específica.

Mecánica centro de juego (detallada)

Se encontrarán caminos por los cuales el personaje principal deberá recorrer y esquivar los diferentes obstáculos.

El usuario controlará al personaje a través de Kinect y el personaje principal imita sus movimientos en el caso de esta mecánica el personaje se moverá de manera infinita a través de un camino para que el usuario empiece a identificar el espacio.

## **ANEXO F – Test de orientación derecha – izquierda**

### **Identificar la parte derecha en su cuerpo**

Al joven se le colocará una pulsera o brazaletes en la mano derecha. Se le explica que esa es la mano derecha y que esta mitad de su cuerpo es su lado derecho. Después se le pide que señale con su mano o muestre las diferentes partes que se le van preguntando: su mano derecha, su pierna derecha, su oreja, su ojo... siempre del lado derecho. Después se repite el ejercicio con los ojos vendados.

### **Identificar la parte izquierda en su cuerpo**

Al igual que en la actividad anterior, al joven se le colocará una pulsera o brazaletes en la mano derecha. Se le explica que la otra mano es la mano izquierda y que la otra mitad de su cuerpo es la mitad izquierda. El encargado irá nombrando cada una de las partes del lado izquierdo. Después se le solicitará que señale o muestre las partes de su cuerpo que se pidan solo se le demandan partes del lado izquierdo de su cuerpo, sin combinar con el lado derecho. Así, se le pedirá que muestre su mano izquierda, su pierna izquierda, que señale su ojo izquierdo... Después se repite el ejercicio con los ojos vendados.

### **Identificar la parte derecha e izquierda en su cuerpo**

Cuando el niño o la niña dominan los ejercicios anteriores, se realizará esta actividad. Para ello se le colocará nuevamente el brazaletes o pulsera en su mano derecha y se le explicará que esa es su mano derecha, que esa es su mitad derecha y que la otra es su mitad izquierda. Entonces se le solicitará que muestre o señale diferentes partes del cuerpo: “levante su mano derecha, señale su ojo izquierdo... “. Después se realizará esta actividad con los ojos vendados.

### **Seguimiento de trayectorias**

Esta actividad favorece la orientación espacial. Se trata de que el educador lo situé en un lugar amplio y de órdenes de direccionalidad, para este caso particular se utiliza unas pelotas pequeñas de plástica y se las deja deslizar al niño y se le da la instrucción de que



las esquive hacia la derecha o hacia la izquierda, de igual manera que las salte o se agache para esquivarlas.