

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

*Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniero Electrónico*

PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE INVESTIGATIVO:

**REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE INTERACCIÓN AVATAR -
PERSONA PARA LA GENERACIÓN DE TERAPIAS PARA
NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA**

AUTORES:

HENRY JONNATHAN JARA QUITO

MANUEL ALEJANDRO TAPIA VINTIMILLA

TUTOR:

ING. JACK FERNANDO BRAVO TORRES

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Henry Jonnathan Jara Quito con documento de identificación N° 0106434129 y Manuel Alejandro Tapia Vintimilla con documento de identificación N° 0104868237, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE INTERACCIÓN AVATAR - PERSONA PARA LA GENERACIÓN DE TERAPIAS PARA NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Electrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2020



Henry Jonnathan Jara Quito

C.I.: 0106434129

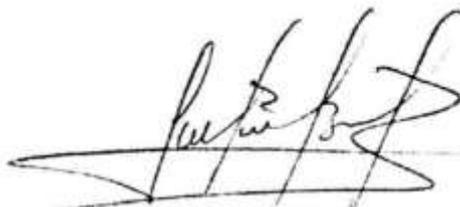


Manuel Alejandro Tapia Vintimilla

C.I.: 0104868237

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE INTERACCIÓN AVATAR - PERSONA PARA LA GENERACIÓN DE TERAPIAS PARA NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA”**, realizado por Henry Jonnathan Jara Quito y Manuel Alejandro Tapia Vintimilla, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque investigativo* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.



Cuenca, febrero del 2020

Ing. Jack Fernando Bravo Torres

C.I.: 1103708697

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Henry Jonnathan Jara Quito con documento de identificación N° 0106434129 y Manuel Alejandro Tapia Vintimilla con documento de identificación N° 0104868237, autores del trabajo de titulación: **“REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE INTERACCIÓN AVATAR - PERSONA PARA LA GENERACIÓN DE TERAPIAS PARA NIÑOS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA”** certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico con enfoque investigativo*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Cuenca, febrero del 2020



Henry Jonnathan Jara Quito

C.I.: 0106434129



Manuel Alejandro Tapia Vintimilla

C.I.: 0104868237

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios quien me dio la oportunidad de superarme cada día, agradezco a mi familia que me ha apoyado en todo el trayecto, agradezco a Fernando Guerrero cotutor de esta tesis, quien nos supo encaminar para terminar, también a Jack Bravo nuestro tutor, agradezco al Centro de estimulación temprana Creciendo que nos dio acogida para realizar el proyecto, al grupo de investigación GITEL y a GIATA quienes nos suministraron los materiales y herramientas necesarias.

Henry Jonnathan Jara Quito

Extiendo un agradecimiento total al Ingeniero Fernando Guerrero como nuestro cotutor en este proyecto, ya que con su ayuda pudimos sacarlo adelante, además al centro de estimulación temprana “Creciendo” como también a la escuela marianitas, los cuales nos abrió las puertas de su centro para poder realizar en análisis de nuestro sistema y en general a todos los docentes dentro de la institución que estaban pendientes de nuestro proyecto aportando ideas para que el proyecto fuera un éxito.

Manuel Alejandro Tapia Vintimilla

DEDICATORIAS

Dedico la presente a Dios que me ha dado esta gran oportunidad de obtener este título, a toda mi familia, a mis amigos. A todos ellos les agradezco por ayudarme y permanecer a mi lado cuando más los necesitaba.

Henry Jonnathan Jara Quito

El principal objetivo de iniciar un nuevo reto es poderlo cumplir, de modo que finalizada esta etapa de mi vida dedico el presente a mis padres, los cuales han sido el motor de empuje para seguir adelante cuando uno ya no daba más, a mis compañeros con los cuales la universidad se volvió un tiempo de alegrías y de esfuerzo mutuo donde se aprenden nuevas formas de analizar la vida como tal y a los docentes los cuales han brindado el conocimiento para irnos superando día y día.

Manuel Alejandro Tapia Vintimilla

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	XI
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	XII
JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE.....	XIII
OBJETIVOS.....	XIV
OBJETIVO GENERAL.....	XIV
OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	XIV
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1 AUTISMO.....	1
1.2 AGENTE INTELIGENTE.....	3
1.2.1 AVATARES E INTERACCIÓN SOCIAL.....	4
1.2.2 AVATARES Y SUS ENTORNOS VIRTUALES.....	4
1.2.3 AVATARES Y APLICACIONES MULTIMEDIA.....	6
1.3 VISIÓN ARTIFICIAL.....	7
1.4 ALGORITMOS DE IDENTIFICACIÓN.....	7
1.4.1 DETECCIÓN FACIAL.....	8
1.4.1.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EXISTENTES EN EL RECONOCIMIENTO FACIAL.....	9
1.4.1.2 APLICACIONES DE SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL.....	10
1.4.1.3 ALGORITMOS DE DETECCIÓN FACIAL.....	11
1.5 ESTIMACIÓN DE POSE HUMANA.....	12
1.5.1 ALGORITMO DE ESTIMACIÓN DE POSE HUMANA.....	12
1.6 CONTROLADOR DE EFECTOS VISUALES KINECT.....	13
1.6.1 SEGUIMIENTO ESQUELÉTICO DE KINECT.....	14

1.6.2	SEGUIMIENTO FACIAL Y EXPRESIÓN FACIAL	15
1.7	SISTEMA PROPUESTO	16
CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO		18
2.1	AVATAR DE ANIMACIÓN FACIAL.....	18
2.1.1	ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO.	18
2.1.2	IMPLEMENTACIÓN	19
2.1.2.1	ASIGNACIÓN DE HUESOS	20
2.1.2.2	UNIÓN DE HUESOS CON EL LOGARITMO	22
2.1.2.3	ASIGNACIÓN DE PESOS	23
2.1.2.4	VISUALIZACIÓN	26
2.2	AVATAR DE ANIMACIÓN CORPORAL.....	27
2.2.1	BANCO DE AVATARES DE ANIMACIÓN POSE HUMANA.....	27
2.2.2	CREACIÓN DE ARMADURA	28
2.2.3	ENLAZAMIENTO DE ARMADURA Y ASIGNACIÓN DE PESOS	30
2.2.4	EMPAREJAMIENTO DE COORDENADAS CON AVATAR	33
2.2.5	ADAPTACIÓN DE AVATAR CON DETECCIÓN.....	34
2.2.6	DETECCIÓN DE POSE HUMANA.....	35
2.3	Modelos 3D diseñados para niños con TEA	36
CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		38
3.1	Especificaciones para el manejo del sistema.....	38
3.2	Implementación del Sistema	39
3.3	DESCRIPCIÓN DE ENCUESTA.....	42
3.4	Análisis de Resultados.....	43
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		62
APÉNDICES.....		67
APÉNDICE A: ALGORITMO IMPLEMENTADO PARA RECONOCIMIENTO FACIAL		67
APÉNDICE B: ALGORITMO IMPLEMENTADO PARA RECONOCIMIENTO CORPORAL....		69
APÉNDICE C: ENCUESTA		71
APÉNDICE D: TABLA DE RESULTADOS TRANSFORMADOS.....		76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Apecto Esquemático del Agente Intelignete.....	4
Figura 1.2 Ambiente Virtual	5
Figura 1.3 Aspecto Esquemático del Agente Inteligente.....	6
Figura 1.4 Etapas de una aplicación basada en la visión por computador.....	7
Figura 1.5 Reconocimiento Facial en una persona	8
Figura 1.6 Rasgos Faciales.....	9
Figura 1.7 Algoritmo de Neurotechnology	11
Figura 1.8 Algoritmo de OpenCV.....	12
Figura 1.9 Demostración de OpenPose.....	13
Figura 1.10 Componentes del sensor Kinect.....	14
Figura 1.11 Seguimiento Esquelético	15
Figura 1.12 Seguimiento Facial	16
Figura 1.13 Diagrama de bloque general del sistema	17
Figura 2.1 Encendido de la cámara.....	18
Figura 2.2 Hito Facial del Algoritmo.....	19
Figura 2.3 Exportación del datos resultantes	20
Figura 2.4 Asignación de hueso general	20
Figura 2.5 Colocación de Huesos.....	21
Figura 2.6 Unión de huesos.....	22
Figura 2.7 Combinación de huesos con algoritmo.....	23
Figura 2.8 Asignación de huesos	24
Figura 2.9 Comprobación de pesos.....	24
Figura 2.10 Edición de pesos	25
Figura 2.11 Herramienta para edición de pesos	26
Figura 2.12 Comprobación del avatar.....	27
Figura 2.13 Apariencia de Avatares.....	28
Figura 2.14 Creación de hueso central.....	29
Figura 2.15 Creación de huesos de pierna	29
Figura 2.16 Creación de huesos de Brazo	30
Figura 2.17 Finalización de Armadura.....	30
Figura 2.18 Mapa de Pesos en articulación.....	31

Figura 2.19 Enlazamiento de Armadura	31
Figura 2.20 Prueba de pesos en modelo.....	32
Figura 2.21 Adecuación de pesos erróneo	32
Figura 2.22 Modelo Terminado	33
Figura 2.23 Empty Axis	33
Figura 2.24 Menú para la union de huesos y armadura	34
Figura 2.25 Configuración de seguimeinto de hueso.....	35
Figura 2.26 Nuevos modelos.....	36
Figura 2.27 Avatares terminados	37
Figura 3.1 Posicionamiento (Detección de Rostro)	38
Figura 3.2 Posicionamiento (Detección de Cuerpo Completo)	39
Figura 3.3 Modelo 3D de Cámara de Gesell.....	39
Figura 3.4 Disposición del Ambiente 1.....	40
Figura 3.5 Disposición del Ambiente 2.....	40
Figura 3.6 Modelo 3D del Ambiente 3	41
Figura 3.7 Resultados Primera Pregunta.....	45
Figura 3.8 Rango de Resultados (Primera Pregunta).....	45
Figura 3.9 Resultados Segunda Pregunta.....	46
Figura 3.10 Tendencia de Resultados (Segunda Pregunta).....	46
Figura 3.11 Resultados Tercera Pregunta	47
Figura 3.12 Tendencia de Resultados (Tercera Pregunta).....	47
Figura 3.13 Resultados Cuarta Pregunta.....	48
Figura 3.14 Tendencia de Resultados (Cuarta Pregunta).....	48
Figura 3.15 Resultados Quinta Pregunta.....	49
Figura 3.16 Tendencia de Resultados (Quinta Pregunta).....	49
Figura 3.17 Resultados Sexta Pregunta.....	50
Figura 3.18 Tendencia de Resultados (Sexta Pregunta).....	50
Figura 3.19 Resultados Séptima Pregunta	51
Figura 3.20 Tendencia de Resultados (Séptima Pregunta)	51
Figura 3.21 Resultados Octava Pregunta	52
Figura 3.22 Tendencia de Resultados (Octava Pregunta)	52
Figura 3.23 Resultados Novena Pregunta	53
Figura 3.24 Tendencia de Resultados (Novena Pregunta).....	53
Figura 3.25 Resultados Décima Pregunta	54

Figura 3.26 Tendencia de Resultados (Décima Pregunta).....	54
Figura 3.27 Resultados Décima Primera Pregunta	55
Figura 3.28 Tendencia de Resultados (Décima Primer Pregunta).....	55
Figura 3.29 Resultados Décima Segunda Pregunta	56
Figura 3.30 Tendencia de Resultados (Décima Segunda Pregunta)	56
Figura 3.31 Resultados Décima Tercera Pregunta	57
Figura 3.32 Tendencia de Resultados (Décima Tercera Pregunta).....	57
Figura 3.33 Cálculo del Alfa de Cronbach.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Aplicaciones del Reconocimiento Facial	11
Tabla 3.1 Cambio a valores cauntitativos	4; Error! Marcador no definido.
Tabla 3.2 Resultados de las encuestas diferidas	44
No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.	

RESUMEN

Los avances tecnológicos han contribuido en diversos campos de aplicación como salud, seguridad, ocio, comunicación, manufactura, entre otros. Mejorando el conocimiento y generando soluciones mediante la utilización de métodos matemáticos para brindar respuestas a diversos problemas. Uno de estos campos es la salud, en el cual existe una gran cantidad de áreas donde la tecnología aporta beneficios al momento de su implementación, debido a que presenta mayor precisión dentro del monitoreo como en intervenciones quirúrgicas, permitiendo obtener resultados para la optimización de sistemas y brindar métodos específicos ya sea en enfermedades o trastornos.

Una aplicación puntual es en el tratamiento e intervención de los trastornos del neurodesarrollo. Según el Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales en su quinta edición (DSM V), como parte de los trastornos del neurodesarrollo encontramos el Trastorno del Espectro Autista (TEA). Los sujetos diagnosticados con TEA presentan dificultades en la comunicación e interacción social; además, esta condición está caracterizada por la presencia de comportamientos repetitivos y restringidos, y movimientos estereotipados.

Un rasgo interesante de las personas con TEA es la fuerte atracción que muestran hacia trabajar con soportes tecnológicos, pudiendo ser estos robots, ambientes inteligentes, avatares, realidad aumentada, entre otros. Con el objetivo primordial de progresar la interacción social en niños con TEA, en este trabajo se plantea el desarrollo de agentes virtuales llamados Avatar, que tendrán la posibilidad de imitar movimientos de una persona ubicada frente a una cámara web y un sensor Kinect el cual permite el reconocimiento y posicionamiento del esqueleto humano, buscando interactuar con los niños y romper la barrera presente en esta condición.

El proyecto está desarrollado mediante el uso de Inteligencia Artificial, puntualmente aplicando redes neuronales. Estas redes son usadas para generar algoritmos de reconocimiento facial y corporal para el ser humano. Con ayuda de la cámara incorporada dentro del ordenador, se adquiere datos los cuales serán transmitidos hacia el Avatar para generar su animación. En este contexto, es posible definir al proyecto en tres etapas generales: adquisición, procesamiento y animación.

En la etapa de adquisición se recoge toda la información del ambiente de trabajo con ayuda de la webcam del ordenador y del sensor Kinect, una vez obtenido los datos se realiza la implementación de los algoritmos de reconocimientos para extraer la información necesaria. A continuación, en el procesamiento, los algoritmos juegan un papel importante puesto que determinan los puntos de reconocimiento, tanto facial como corporal. Estos puntos son exportados dentro de una matriz y son enviados al software con el que se trabaja para generar la lectura de posiciones, que se traduce en movimientos en tiempo real. Finalmente, la animación presenta el funcionamiento del avatar en tiempo real con la lectura de las coordenadas de los puntos, es decir, el avatar es generado en el ordenador y responderá imitando los gestos y movimientos de la persona que se encuentra frente al mismo.

La implementación de todo el sistema se lo probó en la cámara de Gesell, la cual consistía en la interacción de algunos niños neurotípicos los cuales eran evaluados para validar la herramienta. También se realizó en el Centro de estimulación temprana Creciendo en el que tuvimos una población menor, pero nos sirvió para pulir la herramienta. El análisis del sistema se lo hizo mediante el cálculo del Alfa de Cronbach y estadística descriptiva que nos entrega el nivel de aceptación de los participantes.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo está basado en proyectos anteriores tales como “Animación facial sobre Avatar para mejorar la interacción de niños con trastorno del espectro autista” y “Diseño e implementación de un sistema para la interacción Avatar - Persona” desarrollados dentro del grupo de investigación (Grupo de Investigación en Telecomunicaciones y Telemática - GITEL); los cuales tenían como finalidad generar terapias para niños con autismo aplicando inteligencia artificial. Este trabajo se enmarca dentro de la tesis doctoral del Ingeniero Fernando Guerrero.

A diferencia de los proyectos anteriores, en esta ocasión se desarrolla una re-ingeniería permitiendo la interacción en tiempo real entre el avatar y el niño, sin presentar latencias en el proceso de interacción. Adicionalmente, permite trabajar la interpretación de expresiones, como también el trabajo de motricidad gruesa para la observación y análisis del niño frente a este nuevo estímulo presentado y observar los resultados que se generan.

El sistema utiliza Inteligencia Artificial, mediante la implementación de algoritmos de detección con ayuda de la webcam incorporada dentro del ordenador, siendo este método de fácil aplicación con las herramientas básicas de trabajo. Una vez recopilada la información del ambiente, se generan las respectivas adaptaciones para brindar un funcionamiento correcto, evitando errores en su aplicación.

Las pruebas de la herramienta se realizaron en primera instancia, con niños neurotípicos, con el objetivo de medir la aceptación y probar la interacción. Una vez que la herramienta haya sido probada se probará con niños en edad escolar. Los resultados obtenidos cumplen con las expectativas al analizar la herramienta mediante el alfa de Cronbach y analizarlo con estadística descriptiva.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

El Trastorno de Espectro Autista (TEA) presenta un desorden del neurodesarrollo que afecta a muchas personas en la actualidad. El amplio rango de comportamientos inusuales que caracterizan al TEA tiene repercusiones tanto sobre las personas que han sido diagnosticadas como las que se encuentran en su entorno. Constantemente, se busca desarrollar herramientas que permitan diagnosticar esta alteración en edades tempranas con el objetivo de realizar una intervención eficaz, que a su vez genera una mayor adaptabilidad a la vida cotidiana dentro de la sociedad [1].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), uno de cada 160 niños presenta TEA [1]. Aunque algunas personas pueden sobrellevar este trastorno en edades tempranas, con el pasar del tiempo se puede generar un problema muy grave ya que el desarrollo de un niño puede ser truncado por el maltrato o discriminación que podrían sufrir. La OMS, en 2014, aprobó una resolución para fortalecer las capacidades de cada país miembro para abordar y fomentar una salud y bienestar óptimo para personas que presenten el TEA [1].

Algunos estudios [2][3], demuestran que la interacción de niños que presentan TEA con sus terapeutas está perdiendo eficacia, debido a la misma alteración, de modo que esto ha generado el desarrollo de múltiples sistemas de ayuda para que el terapeuta pueda obtener una interacción con mayor eficiencia, pero nunca con la finalidad de reemplazarlo. Las herramientas utilizadas pueden ser imágenes de alta resolución, pero que no generen un sobre estímulo para el beneficiario; juegos que refuercen el aprendizaje, robots, marionetas, animaciones por computadora, etc. Estos elementos hacen que la terapia sea estimulante para el niño, permitiendo que sienta una mayor atracción por participar en las sesiones [3].

JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y ALCANCE

Este proyecto pretende convertirse en una herramienta de soporte a la hora de abordar las sesiones de terapia por parte de los psicólogos, terapeutas y profesores. De modo que se intenta promover una interacción donde el niño se sienta atraído por la herramienta, sin que esta represente algo extraño o aberrante para él.

La idea desarrollada tiene como finalidad trabajar con personas que presenten TEA o personas neurotípicas, en este caso niños que puedan interactuar con un especialista, el cual, mediante el sistema de animación, pueda ser visto como un avatar para el niño. Esto se consigue con ayuda de la Inteligencia Artificial para la detección de los gestos en el rostro del terapeuta. Los gestos se representan como puntos resultantes del procesamiento de las imágenes que se obtienen por medio del dispositivo de captura (cámara web). Las redes neuronales devuelven los puntos que se obtuvieron en el paso anterior y se los envían a un software de animación en el cual previamente se han generado los avatares. El procesamiento se lo realiza en cuestión de milisegundos evitando el retraso y dando la impresión de trabajar en tiempo real. Además, se cuenta con una segunda parte, en donde se procede a capturar movimientos del cuerpo en general (sensor Kinect) detectando puntos clave y se otorgará de movimiento al resto del cuerpo de avatar. Ayudando a que el niño mejore no solo su desarrollo cognitivo sino también sus funciones motoras, haciendo que las sesiones sean más intensas.

Al tratarse de niños que presentan TEA o neurotípicos, se debe de tener en cuenta la supervisión del representante y de profesionales que tengan más conocimiento sobre el tema. Así pues, se cuenta con terapeutas expertos y se trabaja bajo la tutela de los padres o de los representantes de los pacientes. Cabe recalcar que este sistema sirve como herramienta terapéutica pero no busca ser una herramienta diagnóstica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar la reingeniería del sistema de interacción Avatar - Persona para la generación de terapias para niños con TEA.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Optimizar el sistema de interacción Avatar - Persona mediante la implementación de algoritmos de inteligencia artificial enfocados al reconocimiento facial y del cuerpo humano.
- Generalizar el proceso de adaptabilidad de los avatares para aplicarlo en los modelos humanoides disponibles en el proyecto AVATAR.
- Generar procesos de interacción supervisados por terapeutas, basados en movimientos naturales y estereotipados para aplicarlos a niños en edad escolar.
- Dotar de movimientos naturales a los avatares mediante la captura del movimiento de una persona y usando un dispositivo con cámara.
- Someter el sistema generado a pruebas determinando el grado de aceptación de los avatares mediante encuestas realizadas a los terapeutas.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El uso de agentes virtuales o avatares para el acercamiento entre personas ubicadas en diferentes lugares brinda una facilidad de comunicación y comprensión del mensaje que se quiere transmitir. En base a esta idea, se opta por hacer uso del avatar para brindar una nueva metodología de aplicación a niños y niñas que presentan TEA o neurotípicos, con el objetivo de mejorar sus procesos de interacción social.

1.1 AUTISMO

El término autismo procede de la terminología griega en la palabra *eafatismo*, cuyo significado determina “encerrado en uno mismo” [10]. Mientras que la *Autism Society of America* (ASA), lo define como un trastorno de origen neurobiológico que da lugar a un curso diferente en el desarrollo de las áreas de comunicación verbal y no-verbal, las interacciones sociales y de la flexibilidad de la conducta, así como actividades e intereses repetitivos y estereotipados [4].

Los Trastornos del Espectro Autista (TEA), forman parte de los trastornos del neurodesarrollo. Este trastorno está caracterizado por la presencia de dificultades notables en la interacción social y la comunicación. Algunos problemas de interacción social pueden ser el contacto visual deficiente, falta de atención conjunta, patrones de habla extraños, dificultad para iniciar y mantener conversaciones como también dificultad para interpretar el lenguaje corporal. Mientras que, dentro de la comunicación social, se pueden generar problemas como dificultad para comunicar pensamientos, permitir una expresión de manera correcta, falta de comprensión de lo escuchado; además, a nivel general las personas con esta alteración presentan intereses y conductas restringidas repetitivas [5] [6].

El término "espectro" es usado debido al rango y la gravedad de las dificultades que presentan las personas con una condición de TEA cuales pueden variar ampliamente. En la antigüedad, se utilizaban una serie de términos diferentes que incluían el trastorno autista, el trastorno de Asperger y el trastorno generalizado del desarrollo [5] [3].

Sanrattanaa y Maneerat [7], presentan un estudio realizado con niños con TEA en escuelas inclusivas. Como resultados principales identificaron tres problemáticas sociales: cognitiva, de comportamiento y afectiva [7].

- **Cognitiva** que implica el reconocimiento y comprensión de sentimientos de las demás personas, es decir, se ha llegado a conocer que los niños con TEA pueden responder a las emociones de los demás, pero presentan dificultad en identificar los pensamientos de ellos mismos.
- **Comportamiento** el nivel de comportamiento social es generalmente menor que de su edad cronológica, de modo que los estudiantes encuentran dificultad para unirse a grupos o realizar nuevas amistades, debido a que no se preocupan por las cosas o las personas que los rodean.
- **Afectiva** en la cual hace referencia a los sentimientos que comparten hacia los demás siendo la respuesta verbal, la entonación y la expresión facial los tres componentes de la afectividad permitiendo ser el núcleo de la expresión de la emoción.

Se estima, según la Asamblea Mundial de la Salud [8], que el valor de predominio mundial del problema es de 62/10 000, es decir, que un niño de cada 160 padece TEA, además el costo estimado que una persona con TEA necesita a lo largo de su vida se evalúa entre US\$ 1,4 millones y US\$ 2,4 millones, dependiendo del grado de deterioro intelectual. Este trastorno se presenta en cualquier grupo racial, étnico y social, siendo cuatro veces más frecuente en los niños que en las niñas. Su principal característica está en la dificultad del individuo para comunicarse y relacionarse con otros. Además, está asociado con rutinas y comportamientos repetitivos, tales como arreglar objetos obsesivamente o seguir rutinas específicas [5] [9].

No hay una causa única conocida para dicha alteración, sin embargo, investigaciones recientes han identificado fuertes vínculos genéticos [10]. Hasta la fecha, ninguna estrategia preventiva que ha sido propuesta presenta beneficios consistentes, como tampoco ningún procedimiento ha demostrado un alto nivel de eficiencia en el tratamiento de las características centrales del TEA. Se sabe que muchos niños que presentan esta alteración presentan discapacidades intelectuales y/o de lenguaje, lo que hace que la evaluación de los efectos del tratamiento sea más difícil.

Es importante recalcar que este trastorno no es generado por la educación de un individuo o por sus circunstancias sociales [11].

De modo que, con el uso de la tecnología, haciendo énfasis dentro del proceso académico y desarrollo evolutivo, es posible utilizar como herramienta en la enseñanza y el aprendizaje el uso del avatar o agente inteligente buscando proporcionar modificaciones en conductas, siendo las principales, atención, concentración, imitación; consiguiendo que el niño o niña mejore en las conductas escolares.

1.2 AGENTE INTELIGENTE

Es una entidad capaz de percibir su entorno, procesar dichas percepciones y responder de una forma racional; es decir, desarrolla su función de la mejor forma tendiendo como objetivo maximizar el resultado esperado. Este agente puede percibir su medioambiente con el uso de sensores y responder mediante actuadores, tal como se observa en la Figura 1.1. Los científicos, hace décadas trabajan con el fin de obtener una interacción entre personas y ordenadores más natural. En la actualidad, se desarrollan e implementan los sistemas de interacción multimodal, que acoplan gráficos en tres dimensiones, visión artificial y tecnologías del habla, una clara aplicación son los sintetizadores y reconocedores de voz, cuyo objetivo es permitir al usuario la comunicación con la máquina a través del lenguaje verbal [12].

Los agentes presentan una serie de atributos específicos, los cuales indican algunas propiedades que deben cumplir. Por una parte, es un método de computación con la propiedad de comportarse de manera autónoma y adaptable en un entorno. El término adaptable representa que sea reactivo, es decir, ser capaz de responder a alteraciones en el entorno. Además, por otra parte, que sea pro-activo, siendo capaz de lograr cumplir sus propios objetivos y finalmente, social especificando que debe relacionarse con otros agentes mediante algún lenguaje de comunicación [13].

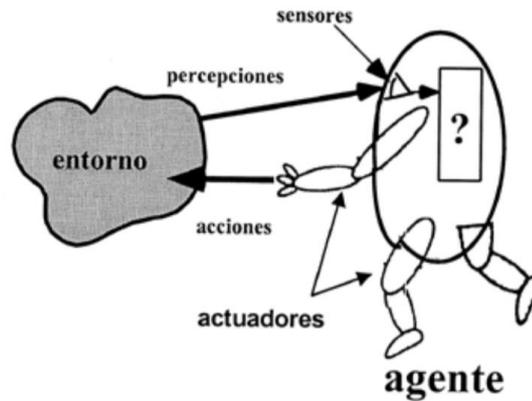


Figura 1.1 Aspecto Esquemático del Agente Inteligente

Fuente: [11]

1.2.1 AVATARES E INTERACCIÓN SOCIAL

Con la evolución de la tecnología se llega a la conclusión de que el realismo en un avatar va a tener importancia dentro del futuro a corto plazo para el desarrollo colaborativo del entorno virtual. Es así que los investigadores Steed y Schroeder [13], identifican el realismo del avatar como uno de los principales factores que puede llegar a tomar peso para las interacciones interpersonales basándose en el campo de la realidad virtual. Además, se puede subdividir el realismo del avatar en dos campos: apariencias y realismo conductual [13].

El realismo y las modalidades sensoriales provocan una limitación para los sistemas actuales debido a que tanto la expresión facial como la mirada del usuario no se replican de forma exacta, teniendo como problemática que las señales faltantes pueden provocar una mala comprensión interpersonal y generar un mal reconocimiento de intenciones; aunque sus impactos exactos aún no se han investigado sistemáticamente en realidad virtual inmersiva con avatares totalmente incorporados [13].

1.2.2 AVATARES Y SUS ENTORNOS VIRTUALES

Los entornos virtuales generan espacios tridimensionales relativamente únicos que son usados con el fin de generar un entretenimiento o un compromiso social, siendo implementados de diversas formas con el fin de generar una comunicación tal como se puede observar en la figura 1.2. Se dice que los entornos virtuales multiusuario (MUVES, por sus siglas en inglés *Multi-User Virtual Environments*)

comparten algunas características con otras herramientas de comunicación, pero dichos entornos son ámbitos exclusivos en los cuales los usuarios pueden aprovecharse de sus aspectos espaciales de la comunicación a los que están acostumbrados cuando se comparte una proximidad física. La proximidad es de importancia para mejorar la comunicación debido a que los individuos sociales, además de confiar en palabras, también basan su confianza en gestos, objetos, acciones y otros estímulos que generan posibilidades de comunicación cara a cara de nuestra especie. De modo que esto especifica la importancia de la naturaleza espacial de los entornos virtuales y el papel que juega una presencia virtual incorporada dentro de la comunicación [14].



Figura 1.2 *Ambiente virtual*

Fuente: [22]

La presencia de un avatar postula que el cuerpo es el nexo de la comunicación y que una representación del cuerpo ya sea virtual, física, imaginativa o alguna combinación, anexada con actividades compartidas que son manejadas por objetivos, incluidos los gestos mediados por el cuerpo y acciones en un espacio virtual compartido genera una afección a las percepciones de los usuarios, proporcionando un mayor nivel de participación cognitiva dentro de las actividades y actos de comunicación generados [14] [15].

En un MUVES, el cuerpo virtual es utilizado como la herramienta para la comunicación a través de la acción que la misma proporciona en un contexto simbólico, que es similar a cómo usamos los cuerpos físicos en espacios reales. Es

decir, brinda el significado durante las interacciones con nuestro entorno a través de palabras, acciones, contexto y herramientas [14] [15].

1.2.3 AVATARES Y APLICACIONES MULTIMEDIA

Mediante el progreso generado en los servicios avanzados tanto en comunicación de vídeo como en aplicaciones multimedia, se han desarrollado nuevas interfaces de máquina-humano, las cuales han sido creadas para mejorar la facilidad de uso. Las características primordiales del sistema son las interfaces basadas en la visión y el habla, que se utilizan para animar un avatar para una representación audiovisual de un socio de comunicación, en la figura 1.3, podemos observar la interfaz de comunicación generada para la comunicación entre dos avatares [16].

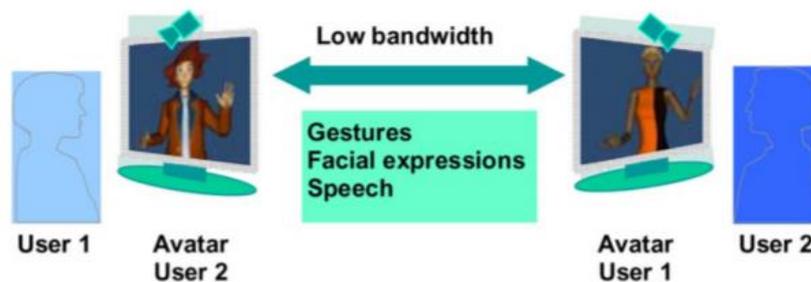


Figura 1.3 Aspecto Esquemático del Agente Inteligente

Fuente: [16]

El término de telepresencia viene tomando una gran fuerza en los últimos tiempos, ya que algunos afirman que será el futuro de los sistemas multimedia y permitirá a los usuarios compartir nuevas experiencias: profesionales, privadas, reuniones, juegos y fiestas. La percepción de presencia en un entorno virtual es un requisito importante para desarrollar actividades colaborativas en las cuales hay una participación de múltiples usuarios remotos que trabajan con interacciones sociales. El uso de personajes virtuales “avatar” dentro del entorno compartido brinda un apoyo esencial para la presencia [17].

1.3 VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial presenta como finalidad la imitación del sentido de la vista, es decir, es una técnica de captación óptica, limpia, segura y muy versátil [18]. El origen de los datos para la visión por computador lo componen los sensores, los cuales presentan la capacidad de obtención de imágenes recopiladas en la escena tridimensional. La extracción de la información en un objeto o escena, en una o más imágenes, se realizan de forma automática y sin la necesidad de tener contacto físico [18] [19].

El objetivo de la Visión por Computador es el desarrollo de métodos y generación de procedimientos en forma de algoritmos programables con ayuda de un computador, para la recopilación de información necesaria de las imágenes. En la figura 1.4, se observa el proceso de forma general para la generación de la visión artificial, dicha tecnología presenta aplicaciones informáticas, ópticas y electrónicas, permitiendo mejorar la producción, ajustar los costos e incrementar la seguridad general [18] [19].

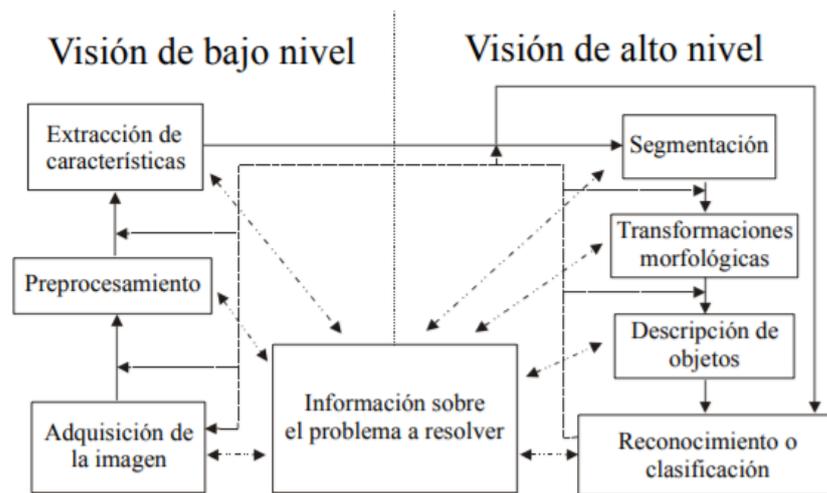


Figura 1.4 Etapas de una aplicación basada en la visión por computador

Fuente: [18]

1.4 ALGORITMOS DE IDENTIFICACIÓN

Los algoritmos de identificación son utilizados en múltiples campos, ya sea en seguridad, biometría, gestión de accesos y hasta el campo de ocio, permitiendo la identificación del espacio de trabajo y compilar la información necesaria para proceder a actuar. En lo que sigue detallaremos los que se implementa para el proyecto.

1.4.1 DETECCIÓN FACIAL

Los sistemas empleados para el reconocimiento facial han presentado una aceptación considerable en la actualidad debido a los avances tecnológicos y las ventajas que presentan. Para la obtención de todas estas técnicas, la sociedad ha invertido esfuerzos económicos altos con el objetivo de mejorarlos continuamente. Así debido a las detecciones que generan, poseen muchas aplicaciones versátiles que pueden ser aplicadas en diversas áreas de trabajo.

El proceso del reconocimiento facial se puede dividir en dos tareas generales. La primera de ellas, la detección, tiene como finalidad la ubicación de uno o más rostros dentro de la imagen o un vídeo; mientras que la segunda tarea, comprende el reconocimiento para comparar el rostro detectado con anterioridad con otro rostro guardado dentro de una base de datos. Estos dos procesos no deben ser trabajados de forma individual, debido a que un buen reconocimiento parte de una gran detección previa, en donde se analizan diversas condiciones tales como orientación, iluminación, posición, entre las más importantes. En la figura 1.5 se puede observar la combinación de ambas etapas para generar el reconocimiento facial [20].

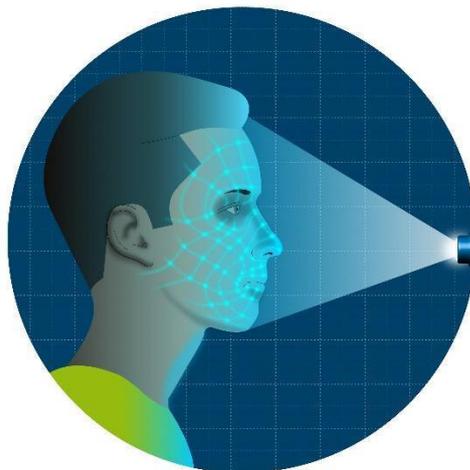


Figura 1.5 Reconocimiento Facial en una persona

Fuente: [19]

El rostro humano posee una gran abundancia de información sobre algún sujeto, ya que presenta una serie de rasgos específicos como se puede observar en la figura

1.6. Dicha información puede ser analizada para la identificación a simple vista de diferentes individuos.

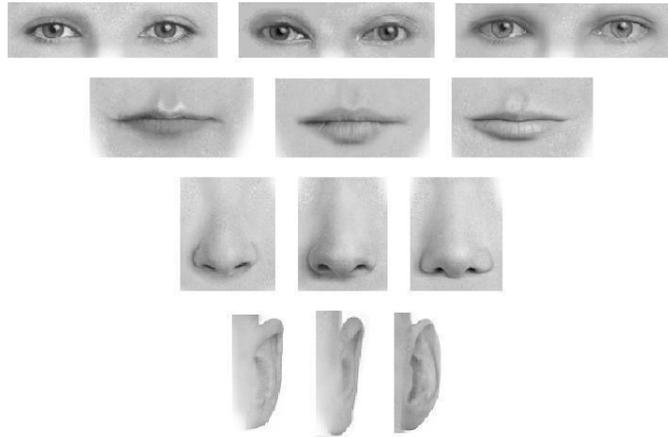


Figura 1.6 Rasgos Faciales

Fuente: [21]

1.4.1.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EXISTENTES EN EL RECONOCIMIENTO FACIAL

La técnica de aplicar el reconocimiento facial otorga características a considerar de manera muy favorable, convirtiéndose en un método viable para ser utilizado en ciertos ámbitos de trabajo. Dichas características de consideración son: [21]

- **Simetría:** El rostro presenta una componente simétrica de alto nivel, lo cual permite que las tareas tanto de localización o extracción de distancias puedan ser trabajadas de manera correcta.
- **Baja intrusividad:** Debido a que el rostro es un rasgo humano visible, permite la facilidad de que una cámara sea capaz de capturar sus rasgos con una calidad aceptable y suficiente. Obteniendo de esta forma la implementación del sistema sin que los individuos se den cuenta que están siendo identificados.
- **Disponibilidad extendida:** Dentro de un amplio campo de estudio, con el pasar del tiempo, el ser humano ha usado el método de reconocimiento básico del rostro en personas, lo que nos permite poseer una disponibilidad alta de bases de datos. De modo que se han brindado múltiples investigaciones, llegando a obtener resultado de diferentes técnicas y de las cuales, en la actualidad, nos podemos beneficiar.

- **Variabilidad:** Es el aspecto que genera uno de los grandes inconvenientes al aplicar el reconocimiento, debido a que el rostro humano genera diferentes tipos de gestos y esto es un rasgo que no presenta invariabilidad temporal, obteniendo como resultado varios rostros de un solo individuo.
- **Entornos no controlados:** Se genera cuando el individuo está localizado en un campo abierto sin limitaciones, los cambios en la pose, uso de elementos que impiden visibilidad (gafas, gorro etc.) y una baja calidad de las imágenes tomadas, tiene como fin una baja fiabilidad del sistema, presentando inconvenientes en la función de reconocer personas en un entorno real.

1.4.1.2 APLICACIONES DE SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL.

Como hemos observado, las características que proporcionan estos sistemas y sus ventajas brindadas dentro de múltiples campos de aplicación, en la Tabla 1.1 se detallan las aplicaciones que tienen mayor uso en la vida cotidiana para la resolución o monitoreo de problemas en los diferentes campos de aplicación.

Tabla 1.1 Aplicaciones del reconocimiento facial

Fuente: [22]

Áreas	Aplicaciones
Seguridad Informática	Seguridad de acceso (SO, bases de datos) Protección de datos (registros médicos) Autenticación de usuarios
Gestión de acceso	Autenticación de acceso seguro Sistemas basados en permisos Registro de acceso
Biometría	Identificación personal (cédulas de identificación, pasaportes, licencias de conducir) Verificación de identidad automática (controles fronterizos)
Cumplimiento de la ley	Seguimiento a sospechoso. Simulación de envejecimiento. Reconstrucción de rostro a partir de restos. Video Vigilancia.
Seguridad Personal	Sistemas de video vigilancia doméstica.

	Interpretación de expresiones.
Ocio	Sistemas de videojuegos domésticos. Aplicaciones de cámaras fotográficas.

1.4.1.3 ALGORITMOS DE DETECCIÓN FACIAL

Los algoritmos de identificación facial han tenido una gran aceptación dentro de diversos campos de aplicación, tal que se han ido perfeccionando para reducir errores, tal es el caso de la empresa Neurotechnology la cual ha trabajado en ellos logrando obtener una alta precisión desarrollando el software SentiMask (SDK) para el seguimiento de rostros en tiempo real, en la figura 1.7 podemos observar la aplicación del mismo, este algoritmo puede ubicar la cara del usuario mediante una cámara web o un archivo de video sin la necesidad de sensores de profundidad [23].



Figura 1.7 Algoritmo de Neurotechnology.

Fuente: [20]

Otra herramienta de trabajo para reconocimiento facial es *Open Source Computer Vision* (OpenCV), la cual presenta una biblioteca libre para aplicaciones de visión artificial. Esta librería hace uso de un conjunto de bloques para reconocer formas denominadas “*Haar-like features*”, logrando buscar, dentro de la imagen, combinaciones con los patrones establecidos. El sistema presenta un alto porcentaje de acierto, pero depende del tipo de cámara utilizado como del ambiente de trabajo. En la figura 1.8, podemos observar la comparación de patrones que realiza este método [24]. Existen bibliotecas de acceso libre que permiten el uso de algoritmos ya diseñados tal es el caso de LTI-lib y VXL basada en programación orientada a objetos, logrando códigos de fácil comprensión desarrollado en código C++ [25].

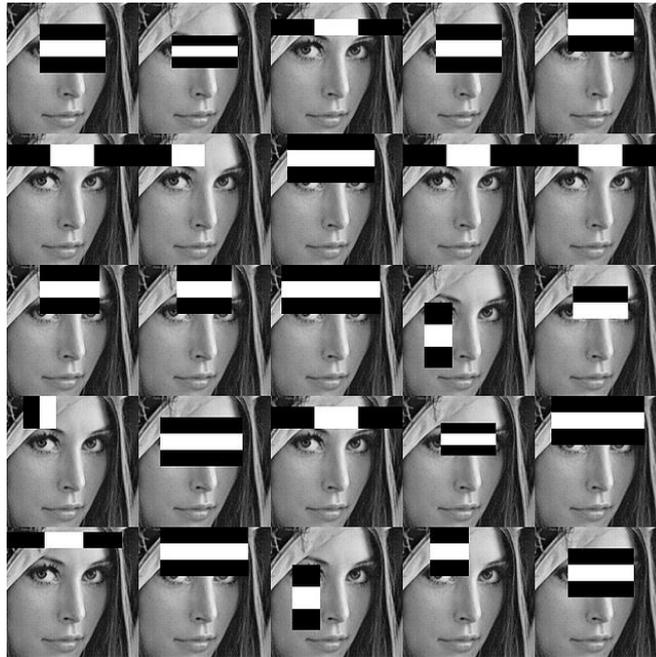


Figura 1.8 *Algoritmo de OpenCV.*

Fuente: [24]

1.5 ESTIMACIÓN DE POSE HUMANA

La estimación de pose humana es utilizada en muchos ámbitos. Dentro del área de salud es implementada para detectar o diagnosticar alguna alteración de nuestra pose en nuestro día a día; dentro de la seguridad ocupacional, es muy utilizada para investigar sobre los riesgos laborales en cuanto a trabajos que exijan un mayor uso de las capacidades físicas de la persona; pero tiene mayor uso en la cinematografía, en donde es la encargada de la captura de movimiento, lo cual hace más fácil la detección sin la ayuda de ningún otro dispositivo [26] [27] [28] [29] [30].

1.5.1 ALGORITMO DE ESTIMACIÓN DE POSE HUMANA

En recientes años, se han generado muchos algoritmos que detectan o estiman la pose humana, entre los más interesantes se halla *DeepPose* [31], el cual es un estimador basado en regresión de articulaciones, permitiendo detectar las partes del cuerpo. Una vez identificado los puntos clave establece un nuevo barrido para reconocer el cuerpo en su totalidad. Este algoritmo utiliza redes neuronales profundas.

Por su parte, el *Efficient Object Localization Using Convolutional Networks* [32], utiliza redes convolucionales para separar la imagen en mapas RGB, los cuales dan información de bordes al sistema para obtener la pose. Dicho algoritmo es mucho más avanzado y permite detectar más personas en las imágenes; mientras que *DensePose*

[33] es un estimador de pose que utiliza mapas RGB, que a través del conjunto de datos ya entrenados nos entregan una reconstrucción de densidades del cuerpo. Por último, tenemos el algoritmo de *OpenPose*, el cual se basa en la detección de campos de afinidad de partes, en este caso del cuerpo. Luego se la envía a una red convolucional que predice el campo de afinidad, el cual dependiendo hacia donde se dirija, estima en sentido contrario al campo detectado y así hasta terminar de detectar todas las partes del cuerpo. En la figura 1.9 podemos observar el resultado del proceso del algoritmo. [34]

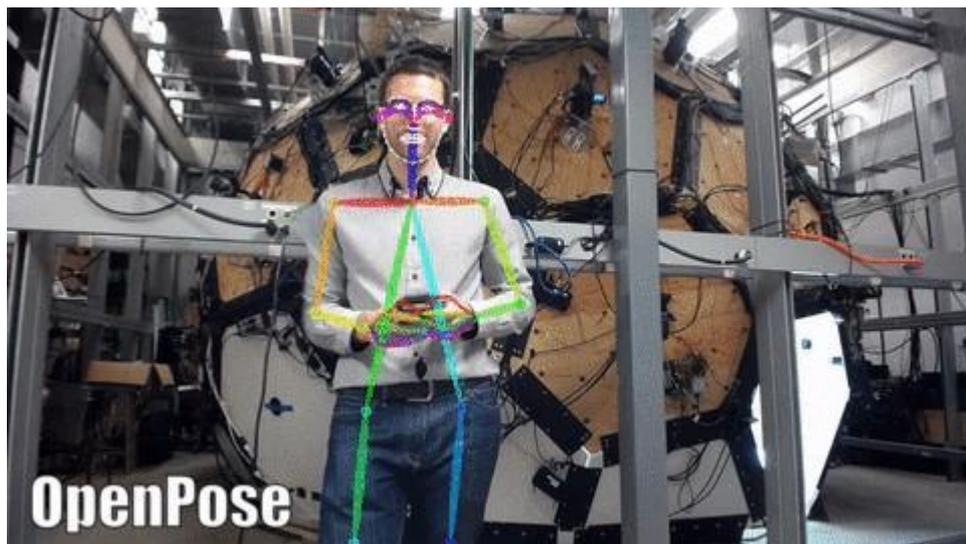


Figura 1.9 *Demostración de OpenPose*

Fuente: [34]

1.6 CONTROLADOR DE EFECTOS VISUALES KINECT

Con este controlador, las personas pueden interactuar con juegos previamente programados para ser usados con la ayuda del cuerpo humano de forma natural. La tecnología habilitadora clave es la comprensión del lenguaje del cuerpo humano, es decir, la computadora primero debe entender lo que hace un usuario antes de poder responder. Este lenguaje siempre ha sido un campo de investigación activo en la visión por computadora, pero ha resultado ser extremadamente difícil con el uso de las cámaras de video [35].

El sensor Kinect permite que la computadora detecte directamente la tercera dimensión (profundidad) que los jugadores presentan como también el entorno,

haciendo la tarea más fácil. También comprende cuándo los usuarios hablan, además permite interpretar sus movimientos y traducirlos a un formato que los desarrolladores logren usar para construir nuevas experiencias [35].

El dispositivo presenta un hardware de detección avanzada. Siendo lo más destacado un sensor de profundidad, acompañado de una cámara a color y finalmente una matriz de cuatro micrófonos que brindan inteligencia de captura de movimiento en 3D de cuerpo completo. En la figura 1.10, se puede observar las características mencionada [36].

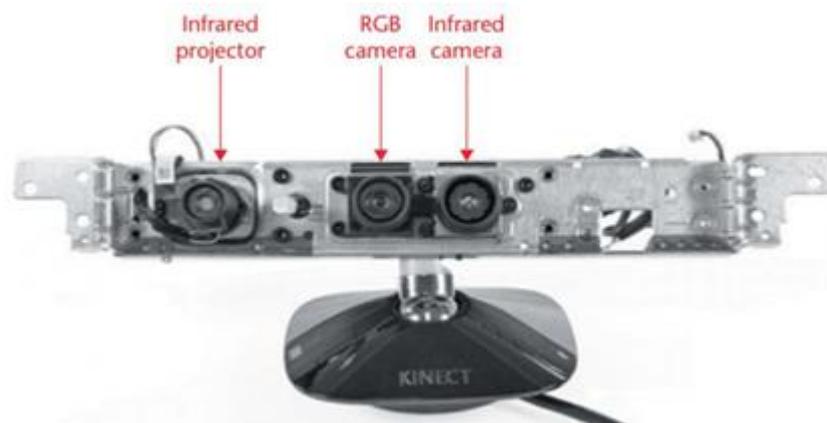


Figura 1.10 Componentes del sensor Kinect.

Fuente: [36]

1.6.1 SEGUIMIENTO ESQUELÉTICO DE KINECT

El cuerpo humano puede ser interpretado mediante una sucesión de articulaciones que determinan sectores del cuerpo tales como cabeza, hombros, cuello y extremidades, dichas articulaciones están especificadas por su posicionamiento 3D, en la figura 1.11 se puede observar la interpretación de estas partes [37].



Figura 1.11 Seguimiento Esquelético.

Fuente: [37]

1.6.2 SEGUIMIENTO FACIAL Y EXPRESIÓN FACIAL

El sensor Kinect produce video en color 2D e imágenes de profundidad a 30 *frames per second* (fps), combinando lo mejor de ambos mundos. Sin embargo, la información de profundidad de Kinect no es muy concreto, de modo que los valores resultantes no presentan la misma precisión, dicha característica se determina a través de la triangulación, similar a la estereovisión; es decir, el error de profundidad depende de la distancia hacia la cámara que enfoca el rostro [37].

De tal forma, se desarrolló un algoritmo de ajuste de modelo deformable (DMF) regularizado de máxima probabilidad para el seguimiento de caras 3D. Se implementó un modelo lineal de cabeza deformable con una combinación lineal de una cara neutra, además del uso de conjunto de unidades básicas de forma, con el que se representa a una persona en particular y un conjunto de unidades básicas de acción con coeficientes que representan la expresión facial de un sujeto. Debido que un rostro no puede realizar las expresiones simultáneamente, se creó una base de datos almacenando estas apariencias. En la figura 1.12, podemos observar los diferentes gestos que son generados y el seguimiento respectivo [37].

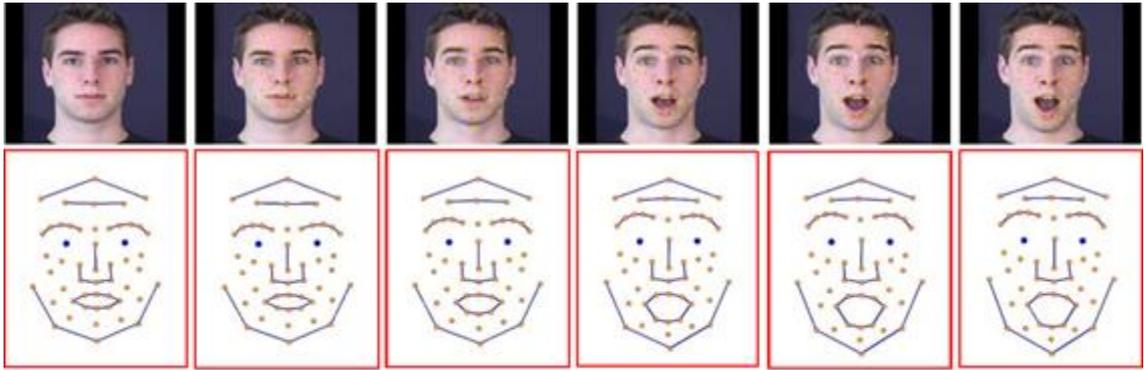


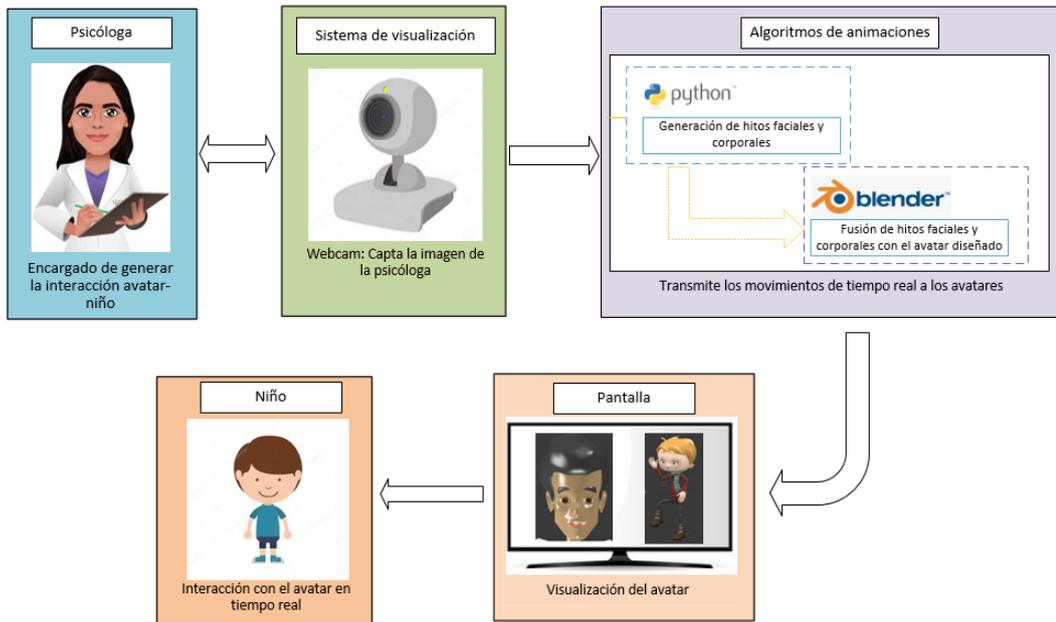
Figura 1.12 *Seguimiento Facial.*

Fuente: [37]

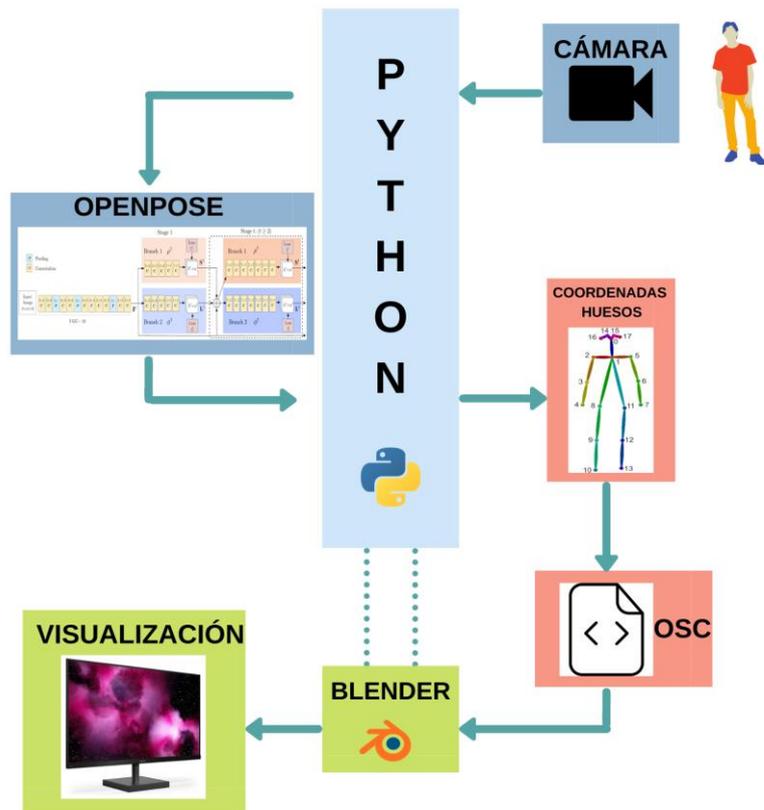
1.7 SISTEMA PROPUESTO

De manera general, el sistema establecido consiste en el uso de un ordenador, en el cual se encuentra todo el software, programación y diseño del avatar necesario para su funcionamiento, es decir se hace uso de la visión por computadora e implementación de las redes neuronales para la captación de movimientos realizados por el rostro como del cuerpo, una vez procesada la información captada por la cámara o por el sensor Kinect, se implementa la red neuronal específica de trabajo debido a que tienen diferentes puntos de análisis y procesamiento pero presentan el mismo fin el cual es dar la animación de un avatar para brindar los movimientos, en la figura 1.13a podemos observar cómo se encuentra la estructura del proceso de manera general para el reconocimiento facial.

De manera simultánea se realizó el mismo procedimiento para generar el movimiento en tiempo real del cuerpo del avatar. El sistema comienza con un dispositivo de captura de imágenes que luego a través de Python se detecta la pose humana, para después extraer las coordenadas de los puntos referentes de la detección, por último, se envían a través de un hilo hacia el software Blender para animarlo en tiempo real. En la figura 1.13b se observa el proceso relatado anteriormente.



a)



b)

Figura 1.13 Diagrama de bloque general del sistema.
Fuente: Autor

CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

2.1 AVATAR DE ANIMACIÓN FACIAL

Para la implementación del sistema general, se desarrollaron múltiples subniveles en ambos casos de detección, teniendo un parentesco simultáneo en la parte de obtención de la información dentro del reconocimiento, pero se presentan diferencias en el proceso de generación de los avatares, en este capítulo se especifica la forma en que fueron implementados los algoritmos y que proceso se utilizó para desarrollar el proyecto.

2.1.1 ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO.

En esta primera fase se hace uso el de la visión por computadora para iniciar nuestro proceso de detección facial, es esta etapa se encargada de hacer la adquisición de información del sujeto y del entorno por medio de la cámara integrada en el ordenador, la cual será controlada por medio de la librería de *OpenCV*. En la figura 2.1 podemos observar la activación de la cámara para el inicio del proceso.

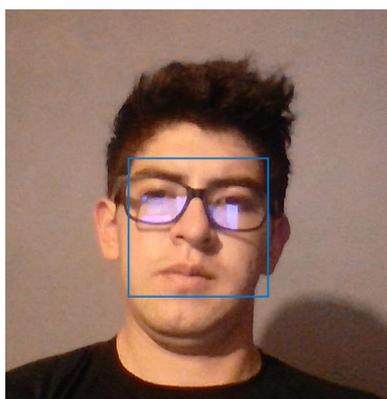


Figura 2.1 Encendido de la cámara.

Fuente: Autor

Con la obtención de la imagen, aplicamos el algoritmo de detección facial que está basado en identificación de puntos de referencia faciales basados en una región de interés (ROI, de sus siglas *Region Of Interest*), el cual genera un predictor para dichos puntos a lo largo de la forma del rostro. La detección de puntos consiste en un proceso de dos pasos:

- Localización del rostro dentro de los límites de la cámara.

- Detección de las estructuras faciales clave dentro de la ROI.

Existen diversos métodos para generar el reconocimiento de puntos faciales, pero la mayoría tienen como fin localizar las zonas estratégicas: cejas, ojos, nariz, boca y mandíbula. Dentro del algoritmo empleado, hemos trabajado y definido las zonas, a continuación, generamos los hitos faciales, los cuales cumplen con la función de brindar la posición del punto detectado, en coordenada (x, y), con todas las coordenadas de los puntos; se establece un conjunto de árboles de regresión para estimar las posiciones de referencias y obtener un predictor de alta calidad.

El detector hace uso de la biblioteca dlib para generar la estimación con coordenadas de 68 puntos, distribuidos tal como se presenta en la figura 2.2.

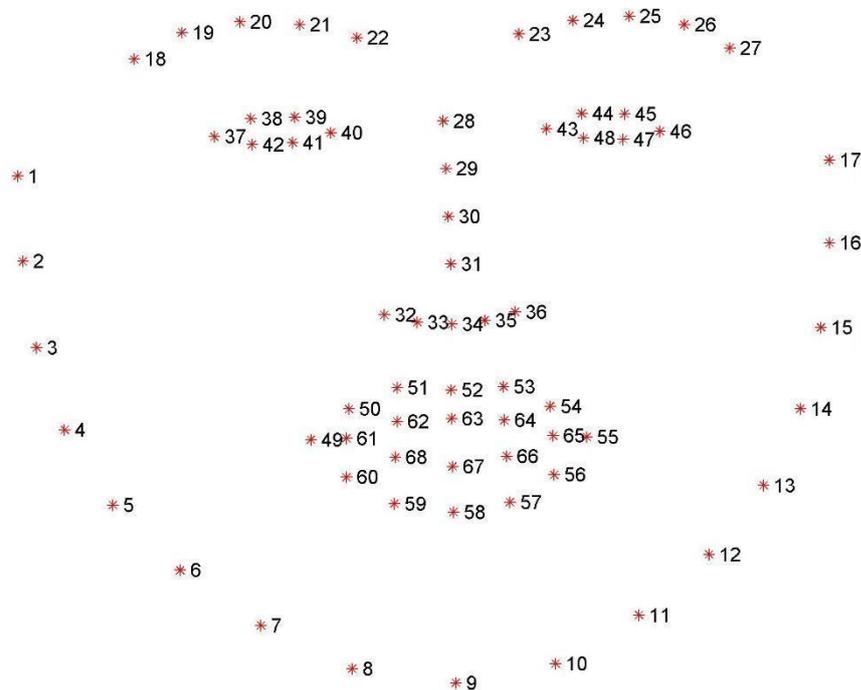


Figura 2.2 *Hito Facial del Algoritmo*

Fuente: [24]

2.1.2 IMPLEMENTACIÓN

Con la identificación de los puntos de referencias faciales, se exporta la información al software Blender, el cual permite el diseño de avatares. En la figura 2.3, podemos observar la exportación de las coordenadas finales de los puntos faciales resultantes del aplicar el algoritmo de detección facial, dicho proceso es implementado

mediante la librería *addOSC*, en la cual especificamos el puerto de comunicación y establecemos las coordenadas a exportar.

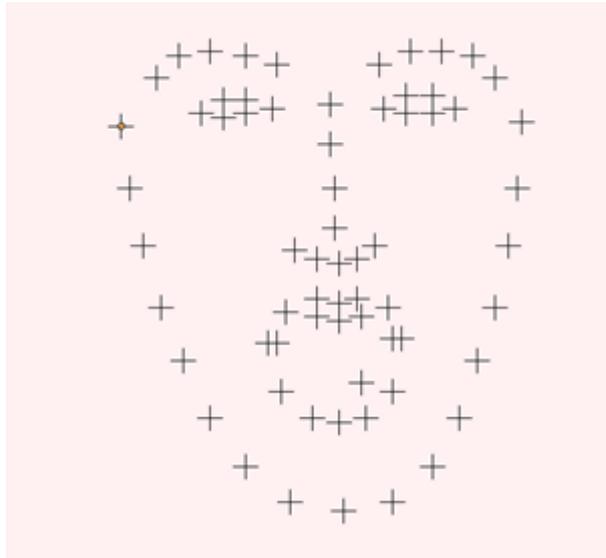


Figura 2.3 *Exportación de datos Resultantes.*

Fuente: Autor

2.1.2.1 ASIGNACIÓN DE HUESOS

Trabajamos con el avatar previamente diseñado dentro del grupo de investigación, el cual presenta licencia libre para su uso. Se empieza con la colocación de hueso central dentro del programa para que ejerza movimiento al avatar. En la figura 2.4 observamos su colocación, el cual será de referencia para nuestro avatar.

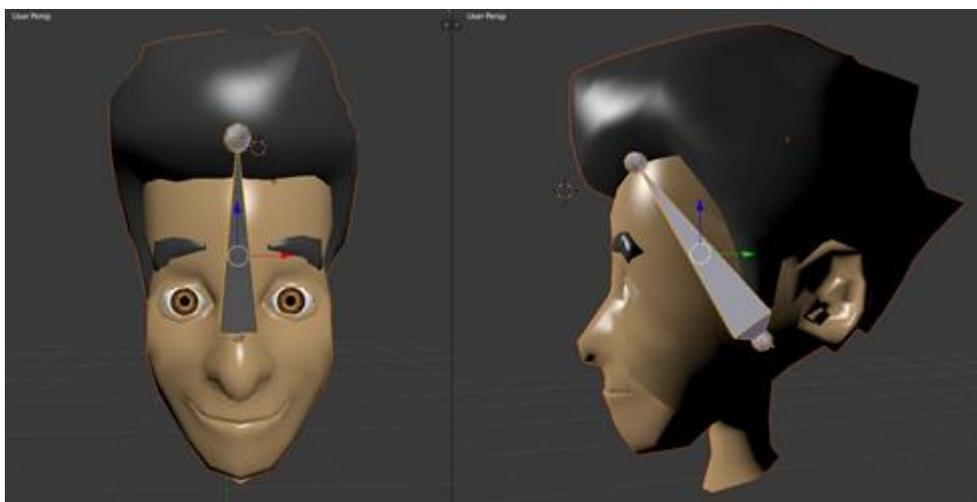


Figura 2.4 *Asignación de hueso general.*

Fuente: Autor

Una vez colocado el hueso se lo une al avatar para que le brinde movimiento. Una vez realizado este proceso, se ubican los demás huesos dentro del rostro, generando nuestro esqueleto como se observa en la figura 2.5.

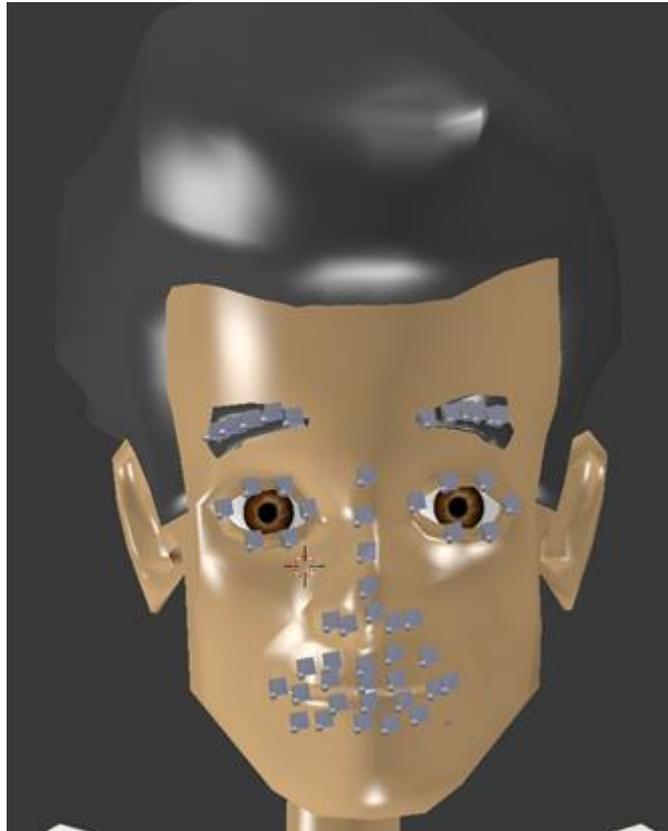


Figura 2.5 *Colocación de Huesos.*

Fuente: *Autor*

Con esta armadura, pasamos a conectar todos los huesos mediante el comando “control+P”. Dicha configuración la establecemos en modo edición del software y seleccionamos la opción *keep offset* para evitar que los elementos se muevan de su posición, como se observa en la figura 2.6.

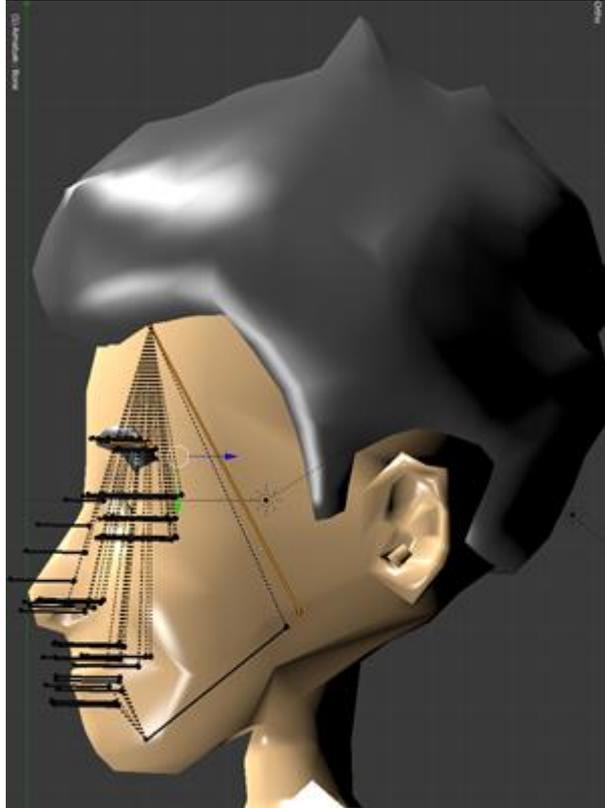


Figura 2.6 *Unión de huesos.*

Fuente: *Autor*

2.1.2.2 UNIÓN DE HUESOS CON EL LOGARITMO

Una vez obtenido la unión entre los huesos con la malla del avatar, el siguiente paso es la asignación de los elementos hacia el algoritmo de detección facial. Debido a que las coordenadas del hito facial son guardadas en puntos, se tendrá que proceder a combinar el hueso con el punto que contiene las coordenadas, dicho proceso lo observaremos en la figura 2.7.

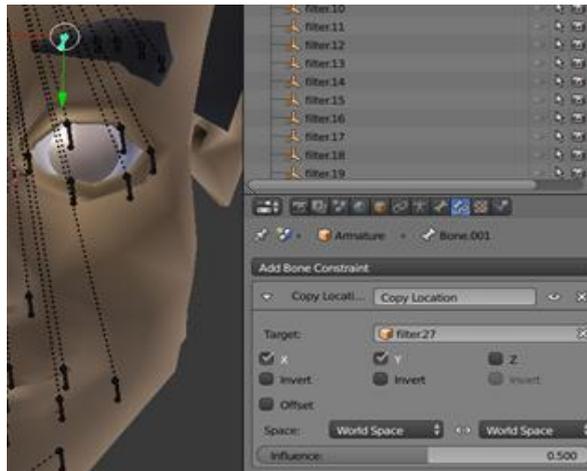


Figura 2.7 Combinación de huesos con algoritmo.

Fuente: Autor

Para este proceso se trabajará en el modo *PoseMode* y seleccionamos el hueso. Con ayuda de la figura 2.2, conocemos los puntos específicos de unión debido que se encuentran enumerados, de modo que realizamos el enlace correspondiente con la herramienta que se observa en la figura anterior. Procedemos a seleccionar la opción *Copy Location*, la cual tiene la propiedad de pasar la localización del punto del logaritmo hacia el hueso. Se debe considerar la desactivación de la coordenada z, debido a que no es una coordenada establecida dentro del algoritmo. Este proceso lo repetimos para todos los elementos que vamos a usar, teniendo como resultado nuestra configuración acabada y lista para poner a prueba. Dentro de la opción *target*, simplemente colocamos el punto de unión para que el hueso se traslade hacia la coordenada correspondiente y determinamos la influencia que desea tener cada elemento sobre el avatar.

2.1.2.3 ASIGNACIÓN DE PESOS

Una vez colocado los huesos en donde vayan a tener efecto, se asigna un peso determinado. Esta opción se la realiza en modo *Pose Mode*, de forma que primero seleccionamos el elemento central, con ayuda de la tecla *shift* seleccionamos el avatar y con ayuda de la combinación “control+P” seleccionamos la opción asignar pesos, obteniendo como resultado lo que se observa en la figura 2.8.

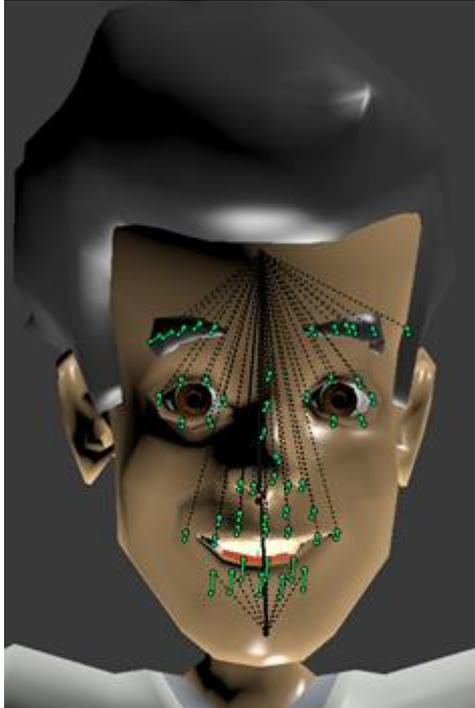


Figura 2.8 *Asignación de huesos.*

Fuente: *Autor*

Analizando la figura anterior, podemos observar cómo se han asignado los pesos; es decir, ahora los elementos controlan el área que se les asigno. En la figura 2.9, se deforma un poco el rostro para demostrar los pesos asignados de los huesos.

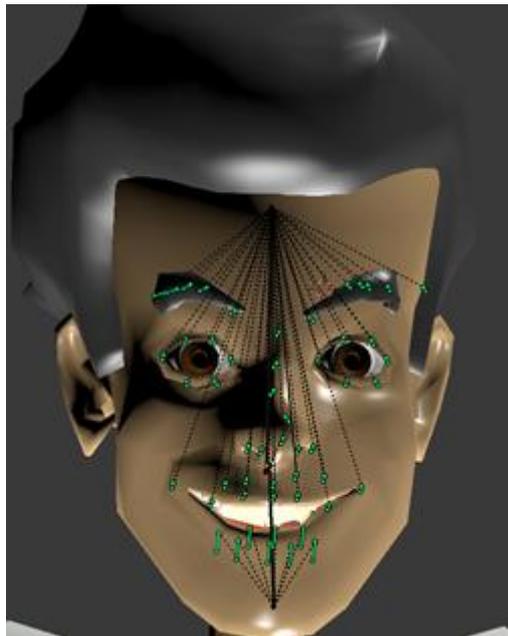


Figura 2.9 *Comprobación de pesos.*

Fuente: *Autor*

En nuestro caso, no todos los elementos tenían la influencia que deseábamos, de modo que pasamos a la edición de pesos de los huesos para determinar con exactitud el valor deseado. Para realizar esto, hacemos selección del avatar y pasamos al modo de *Weight Paint*, obteniendo como resultado la figura 2.10.

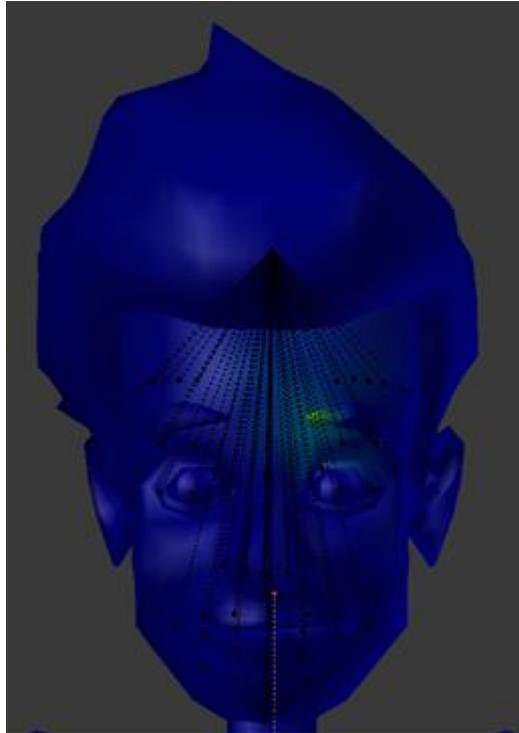


Figura 2.10 *Edición de pesos.*

Fuente: *Autor*

En este modo podemos seleccionar el peso que deseamos asignar a cada hueso generado. Esta asignación se la hace de manera gráfica más no de programación. En la esquina superior de Blender está la herramienta que usaremos, la cual se compone de dos partes como se observa en la figura 2.11.

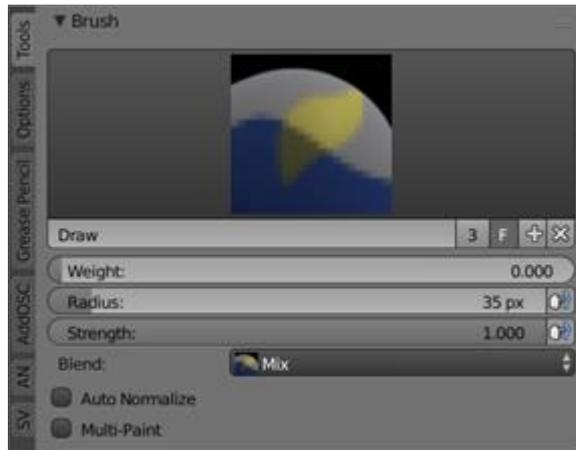


Figura 2.11 Herramienta para edición de pesos.

Fuente: Autor

Como observamos, la figura anterior consta de la parte de *Weight* encargada de brindar el peso, el cual se ve representado mediante colores siendo sus extremos el color azul la zona sin peso y tenemos al rojo como zona de mayor peso. De este modo existe una tonalidad diferente, dependiendo del usuario.

La segunda parte es la opción de *Radius*, la cual permite que el cursor cambie de tamaño para asignar una zona más grande o más pequeña de trabajo donde tendrá influencia el hueso, en nuestro caso hemos brindado diferentes pesos y zonas para cada hueso dentro del rostro del avatar para tener un trabajo más detallado.

2.1.2.4 VISUALIZACIÓN

Para finalizar, detallados todos los pesos, procedemos a desactivar la malla donde se encuentra definida nuestra armadura, para que solamente quede el diseño del avatar y activamos la cámara para realizar la comprobación de la detección correspondiente, como se observa en la figura 2.12.



Figura 2.12 *Comprobación del avatar.*

Fuente: *Autor*

2.2 AVATAR DE ANIMACIÓN CORPORAL

En esta sección se da la explicación del proceso realizado para la parte de animación corporal del avatar.

2.2.1 BANCO DE AVATARES DE ANIMACIÓN POSE HUMANA.

Para una mejor forma de generar los procesos, en cuanto a la etapa de pruebas, se considera hacer un banco de avatares que contiene varios modelos con apariencia de niños. Todos los modelos poseen licencia libre, también los modelos deben cumplir con las restricciones de la armadura con respecto a los huesos ya que, si se dispone de una cantidad inadecuada de estos, el avatar se comportaría de una manera errónea. Los modelos a trabajar se encuentran en la figura 2.13.



Figura 2.13 Apariencia de Avatares
Fuente: Autor

Todo el proceso que se detalla a continuación, se realizó con todos los modelos adjuntos.

2.2.2 CREACIÓN DE ARMADURA

En esta parte se generan las armaduras, las cuales simulan los huesos en nuestro cuerpo y obtiene movimiento dependiendo de donde se coloquen. Se consideraron únicamente 18 de estos elementos que están ubicados en las principales articulaciones simulando el cuerpo humano.

Se crea el hueso que hace el seguimiento total del cuerpo; así pues, al moverlo, se desplazará en conjunto con todos los demás, de modo que lo consideramos como el objeto central. En la figura 2.14, se observa el objeto creado en la parte baja del torso.

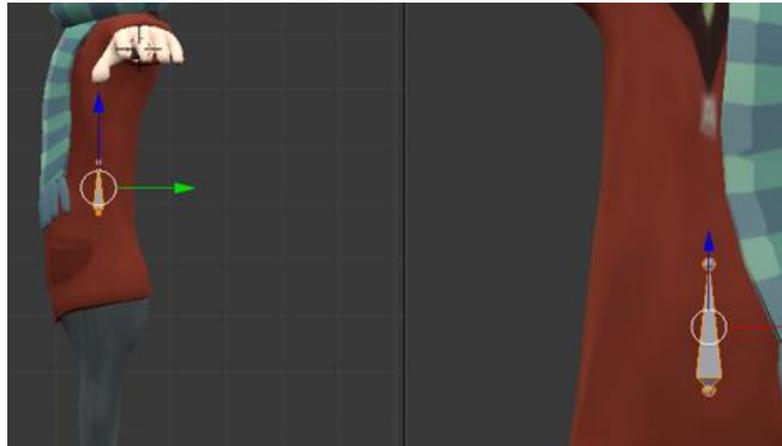


Figura 2.14 *Creación de hueso central*

Fuente: Autor

A partir del hueso central se crean los de las piernas. En la figura 2.15, se muestra el resultado. Debajo del elemento creado, se inserta otro semejante que conecta el torso y el muslo, justamente, en el sector de la ingle. A continuación, se inserta un mismo elemento que se ubica entre la rodilla y la ingle, después se crea otro para ubicarlo entre el talón y la rodilla y por último se crea uno en el pie. Lo mismo aplicamos con la otra pierna.



Figura 2.15 *Creación de huesos de pierna*

Fuente: Autor

Se hace el mismo proceso para el brazo, en este caso generamos un hueso a continuación del creado en el torso, que conectaría éste último con el cuello, luego, otro entre el cuello hasta el hombro; después desde el hombro hacia el codo; a continuación, del hombro a la muñeca; y por último en la mano. Así mismo, lo aplicamos en el otro brazo. En la figura 2.16 se muestra el proceso terminado.

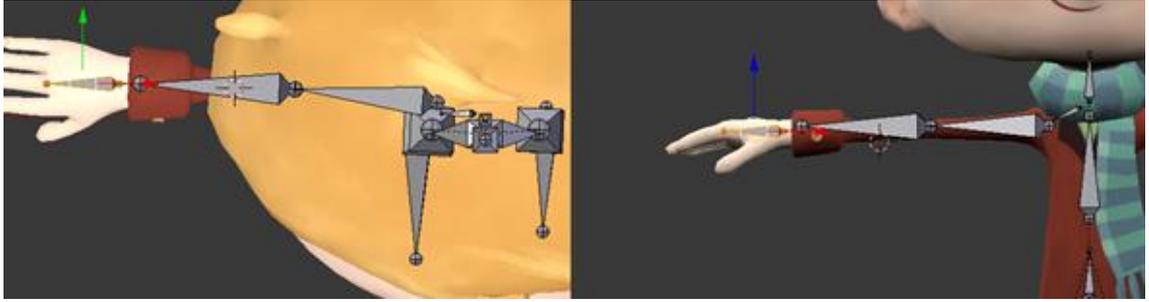


Figura 2.16 *Creación de huesos de Brazo*

Fuente: Autor

Por último, se coloca un hueso en la cabeza que también controla el cabello. En la figura 2.17, se muestra la armadura ya terminada y lista para unirla con el cuerpo.

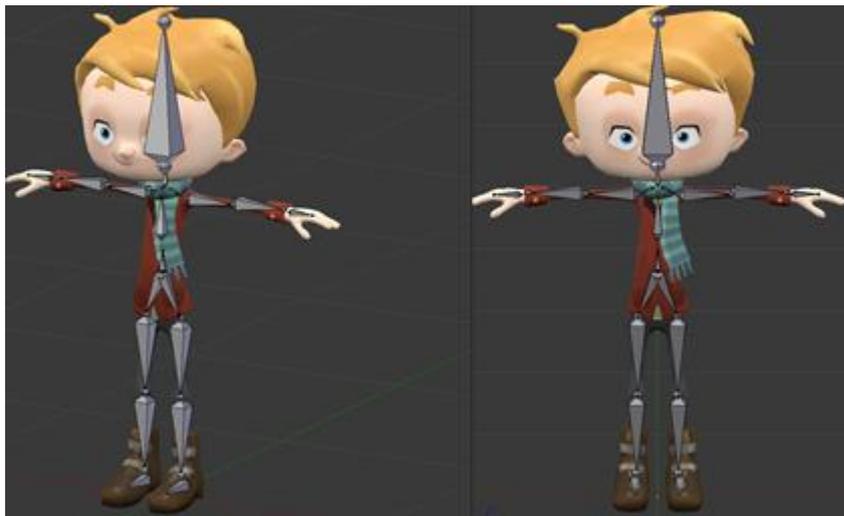


Figura 2.17 *Finalización de Armadura*

Fuente: Autor

2.2.3 ENLAZAMIENTO DE ARMADURA Y ASIGNACIÓN DE PESOS

En esta sección, se dota al avatar y a la armadura la unión, la cual se la ve reflejada en la deformación del avatar conforme se genera un movimiento. Mediante un mapa de colores, se puede observar de mejor manera, siendo azul la cantidad más baja de deformación y roja la más alta, tal como se observa en la figura 2.18.

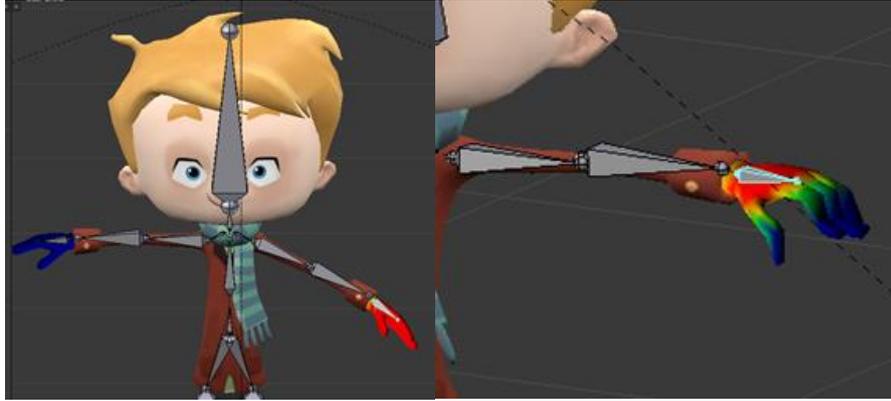


Figura 2.18 *Mapa de Pesos en articulación*

Fuente: Autor

Para realizar la unión, primero se seleccionan los elementos que constituye el avatar y por último la armadura, luego se procede a enlazarlo, esto se logra mediante una opción existente en Blender en donde se emparentan las dos partes, asignando pesos automáticamente. Esta herramienta es muy recomendada, pero debe ser supervisar en algunos puntos críticos ya sea en las manos o cuando se dispone de texturas muy complejas. En la figura 2.19, podemos observar el enlace de la armadura con el avatar.

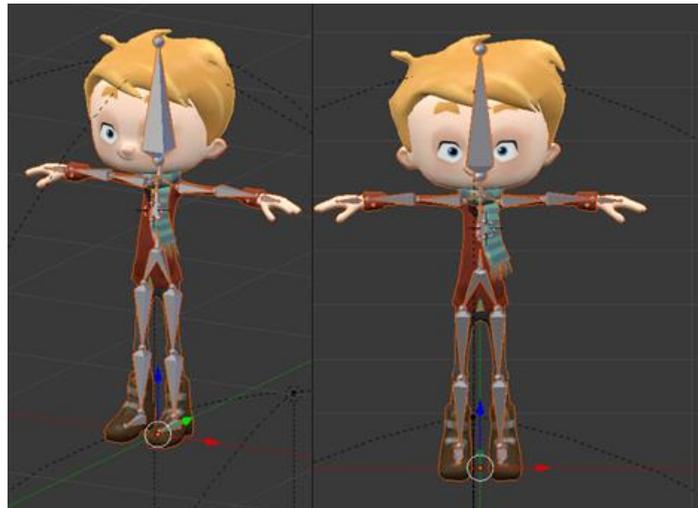


Figura 2.19 *Enlazamiento de Armadura*

Fuente: Autor

En la Figura 2.20, se observa que existe un error en la parte baja del torso más específicamente en la espalda.



Figura 2.20 *Prueba de pesos en modelo*

Fuente: Autor

Para corregir este error, se debe seguir una serie de pasos. Primero, debemos entrar en Modo Pose de la armadura, luego seleccionar el elemento que vamos a editar los pesos, en este caso el abrigo, entramos en Pintura de Pesos en el cual ya podemos editar el peso asignado. En la izquierda de la figura 2.21, se observa el error en cuanto a los pesos y en la parte de la derecha se observa ya corregida.

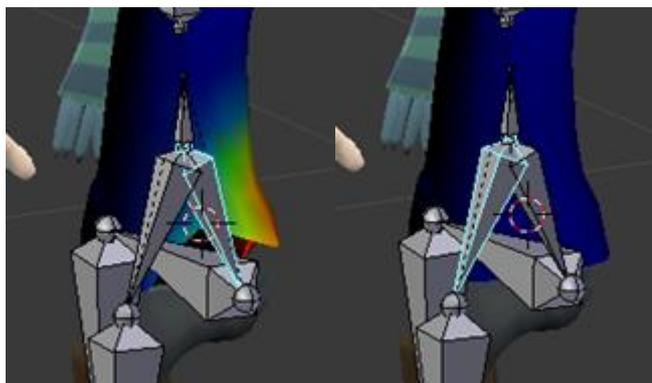


Figura 2.21 *Adecuación de pesos erróneo*

Fuente: Autor

Una vez corregido el error del avatar se procede a terminar con el proceso y a emparejar los huesos con las coordenadas procedentes de la detección, como se observa en la figura 2.22.



Figura 2.22 *Modelo Terminado*

Fuente: *Autor*

2.2.4 EMPAREJAMIENTO DE COORDENADAS CON AVATAR

Una vez terminado el proceso de la unión de la armadura del avatar, procedemos a emparejar los huesos con los puntos o coordenadas conseguidos mediante nuestra detección. Estos puntos se crearon mediante una herramienta en Blender llamada *Empty Axis*, los cuales vamos a observar a continuación en la figura 2.23

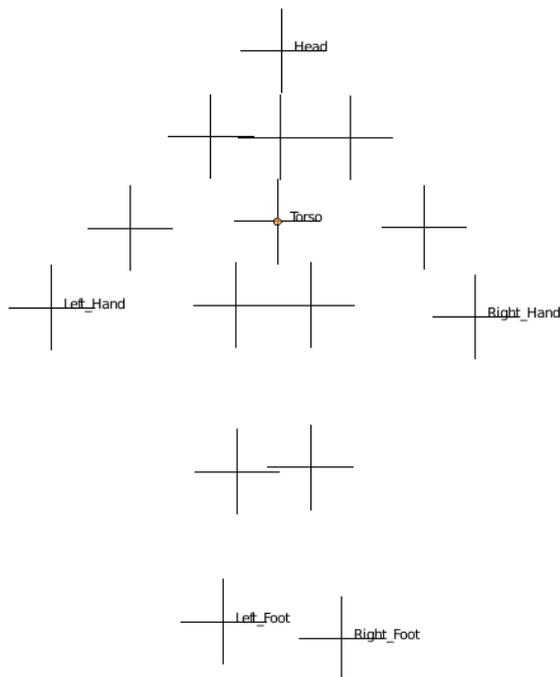


Figura 2.23 *Creación de los Ejes lisos*

Fuente: *Autor*

2.2.5 ADAPTACIÓN DE AVATAR CON DETECCIÓN

Luego de haber creado los *Empty Axis* vamos a proceder a unir estos con la armadura que se creó; para esto, nos colocamos en la sección de *Pose Mode* y seleccionamos el elemento que vamos a unir. En la pestaña de *Properties* escogemos la opción *Bone Constraint*. En esta parte, se abre un menú que contiene un botón con nombre *Add Bone Constraint* y se despliega algunas opciones como lo muestra la figura 2.24.

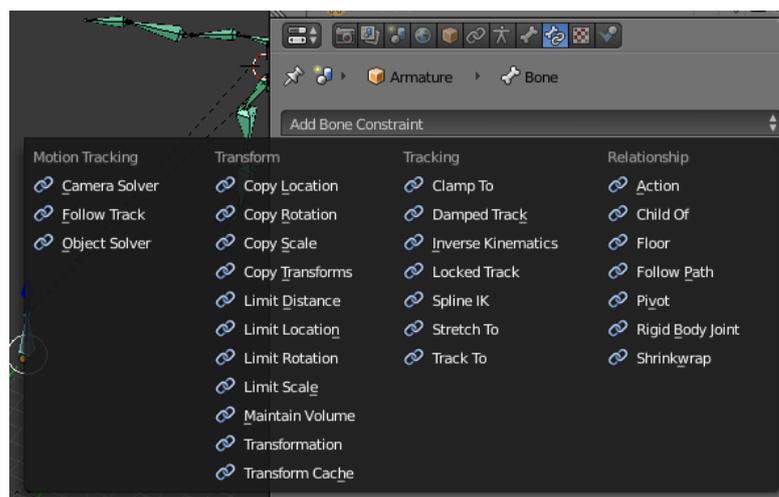


Figura 2.24 Menú para la unión de huesos y armadura

Fuente: Autor

Aquí escogemos 3 opciones, las cuales son *Copy Location*, *Damped Track* y *Stretch To*. El primero copia las coordenadas del *Empty Axis* al hueso; el segundo hace el seguimiento al elemento consiguiente y, por último, el tercer hace que el elemento se estire hasta el próximo hueso. En la figura 2.25 observamos la especificación de las 3 opciones.

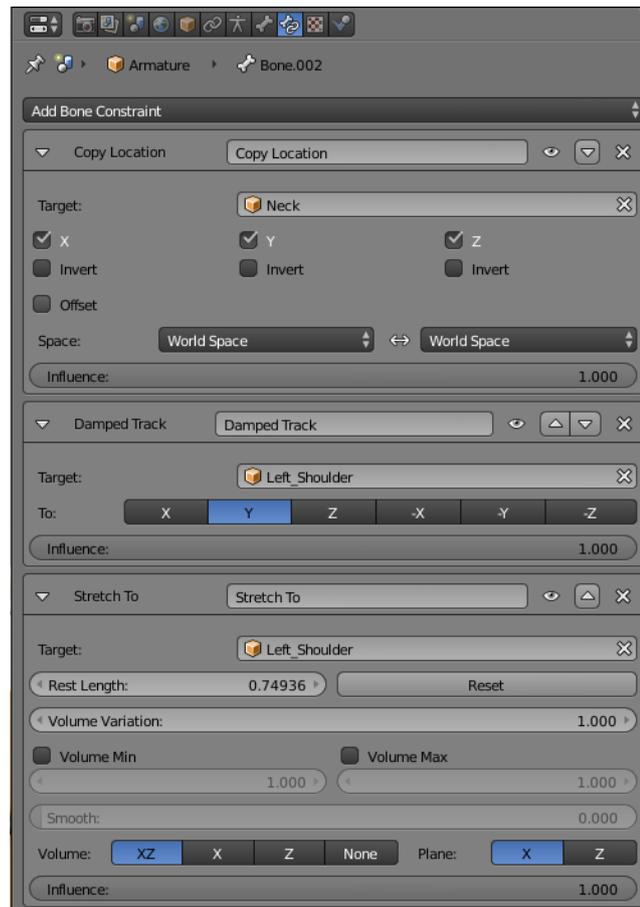


Figura 2.25 Configuración de seguimiento de hueso.

Fuente: Autor

2.2.6 DETECCIÓN DE POSE HUMANA

En esta sección disponemos de 2 tipos de detección. La primera se realizó mediante una cámara normal y la ayuda de inteligencia artificial, que hace uso de un estimador de pose humana generada y liberada por *CMU-Perceptual-Computing-Lab* llamado *OpenPose*. Este estimador nos devuelve 18 coordenadas de la estimación, que serán implementadas más adelante. [38] [39]

El otro tipo de detección se generó mediante un sensor Kinect, que cuenta con varios elementos dentro del dispositivo, incluidos una cámara multiespectral y un sensor de profundidad que se especializan para detectar formas y gestos para poder controlar la consola. Para nuestro caso, la utilizamos por medio de un software llamado *NI Mate*, que permite estimar la pose humana y genera coordenadas, para procesarlas al momento de hacer el seguimiento en Blender [39].

2.3 MODELOS 3D DISEÑADOS PARA NIÑOS CON TEA

Una vez terminado el proceso de animación, la persona experta en autismo, que formó parte del proyecto, recomendó el uso de modelos 3D que se asemejen más a los niños, de tal forma que se sientan identificados. Frente a este requerimiento, se optó por contratar a un diseñador profesional para desarrollar los modelos con características más reales y rasgos étnicos definidos en tres grupos específicos: caucásicos, mestizos y afrodescendientes. En la figura 2.26 se muestran los modelos.



Figura 2.28 *Nuevos modelos*

Fuente: *Autor*

Se cumplió el mismo proceso con los nuevos avatares. En la figura 2.27 se muestran los avatares terminados tanto para reconocimiento facial, cómo corporal.



Figura 2.27 Avatares terminados

Fuente: Autor

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El capítulo abarca la implementación y el manejo del sistema, junto con el análisis de las pruebas realizadas.

3.1 ESPECIFICACIONES PARA EL MANEJO DEL SISTEMA

Para un manejo óptimo del sistema, definimos el ambiente de trabajo, el cual comprende un área que no contenga mucha iluminación para que la webcam no presente fallos al momento de la detección. A continuación, establecemos la distancia entre la webcam y el usuario, considerando un mínimo de 40 cm hacia la cámara. Tomamos en cuenta que la posición del rostro debe ser perpendicular o a unos 90° a la posición de la webcam, es decir, el rostro debe visualizarse en su totalidad dentro del área de la webcam. En la figura 3.1, se muestra de una mejor forma la posición del usuario.

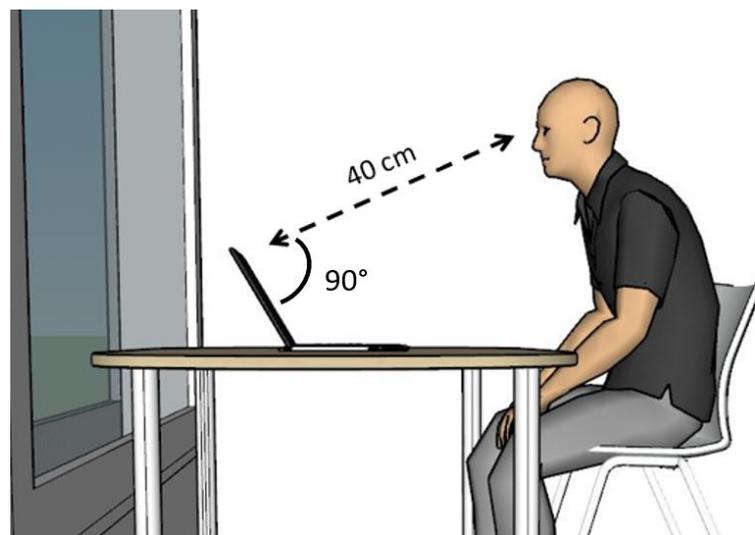


Figura 3.1 Posicionamiento (Detección de Rostro)

Fuente: Autor

Para el manejo del método de captura de movimiento del cuerpo completo, se toma como referencia el alto del usuario, posicionando el sensor Kinect a media altura y a una distancia entre 2 a 3 metros. En la figura 3.2, se muestra la posición óptima para que el sistema pueda detectar.

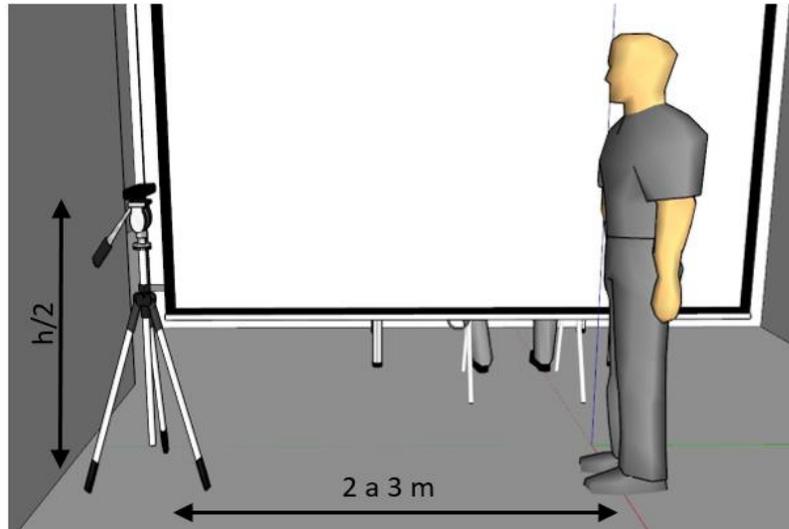


Figura 3.2 Posicionamiento (Detección de Cuerpo Completo)

Fuente: Autor

3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Consideramos un ambiente controlado para realizar las pruebas, ya que debemos conocer el estado y la reacción de los niños al realizar el procedimiento. Utilizamos la cámara de Gesell, de propiedad de la universidad, y la acondicionamos a nuestras exigencias. En la figura 3.3 se muestra el modelado de la habitación, que cuenta con tres ambientes.

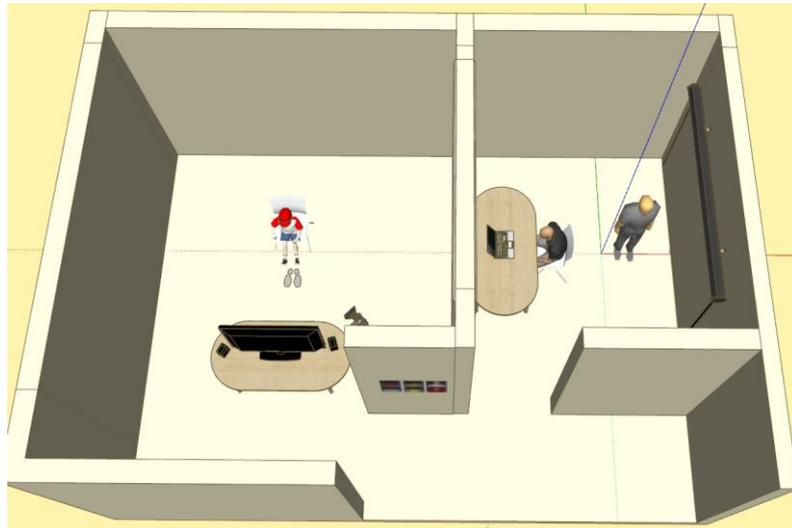


Figura 3.3 Modelado 3D de Cámara de Gesell.

Fuente: Autor

El primer ambiente, y más importante, es en el que se realizó las pruebas con los niños. En la figura 3.4 se observa la disposición. Este ambiente está conformado de un

dispositivo de visualización que mostrará al avatar, también cuenta con parlantes que reproducen el audio y una cámara para grabar las pruebas.



Figura 3.4 Disposición del Ambiente 1.

Fuente: Autor

En el segundo ambiente, que se muestra en la figura 3.5, está colocado el sistema. Consiste de una computadora y un monitor para observar el comportamiento del niño. En este mismo ambiente es posible realizar la captura de movimiento con el Kinect.



Figura 3.5 Disposición del Ambiente 2.

Fuente: Autor

El tercer espacio es un pasillo en el cual el niño escoge el avatar para realizar las pruebas. Esto se realiza para seleccionar la interfaz de interacción, conforme a los requerimientos del niño. En la figura 3.6 se muestra el modelado del ambiente 3.



Figura 3.6 Modelado 3D del Ambiente 3.

Fuente: Autor

Una vez conformado el espacio de trabajo, se procede a realizar las pruebas con los niños neurotípicos, lo que implica que no hay necesidad de realizar el diálogo con la terapeuta. Sin embargo, se recomienda que las preguntas sean realizadas por un niño o niña dentro del rango de edad entre 8 y 10 años. Esto se realiza con el objetivo de que la voz tenga coherencia con el modelo. En caso de usar a un adulto para la interacción, no corresponde la modulación de la voz al avatar que queremos transmitir. Las preguntas están previamente establecidas y el dialogo no será mayor a 5 minutos y contiene preguntas abiertas muy fáciles de contestar. Así mismo, se cuenta con algunas preguntas de sondeo para averiguar si el niño quiere continuar con el dialogo.

Primero, el niño escoge el avatar de su preferencia y procede a entrar en la habitación, el niño se mantendrá de pie en una zona perpendicular al dispositivo de visualización y reproduciremos un saludo que previamente será grabado con el avatar elegido por el niño. El saludo se lo realizará con la captura de movimiento de cuerpo entero y será conformado de lo siguiente:

-Avatar: Hola, mi nombre es (Paola, Pamela, Sofía, Pablo, Felipe, David) tengamos una conversación. Siéntate, ponte cómodo y comencemos.

Al terminar el saludo el niño tomará asiento y continuaremos con la animación de rostro para dialogar con el niño. Se seguirá en su mayoría las siguientes preguntas:

- ¿Cómo te llamas?
- ¿Cuántos años tienes?

- ¿Cuándo es tu cumpleaños?
- ¿Cuál es tu color favorito?
- ¿Quieres seguir charlando?
- ¿Te gusta o practicas algún deporte?
- ¿Qué gustaría tener superpoderes?
- ¿Con cuántas personas vives en tu casa y como se llaman?
- ¿Tienes mascota?
- ¿Quieres seguir charlando?
- ¿Qué mascota te gustaría tener?
- ¿Cómo se llama tu mascota?
- ¿Qué te gustaría ser de grande?
- ¿Te fuiste de viaje las vacaciones pasadas?
- ¿Quieres seguir charlando?
- ¿A dónde fuiste?
- ¿A dónde te gustaría viajar con tu familia?
- ¿Cuántos amigos tienes?
- ¿Cómo se llaman?

Al terminar con las preguntas se procede mostrar una animación de una despedida, que dirá lo siguiente.

- Esto ha sido todo, muchas gracias por responder a todas mis preguntas. Espero te hayas divertido, nos vemos en otro momento.

3.3 DESCRIPCIÓN DE ENCUESTA

En el apéndice C, se muestra la encuesta realizada a los niños, esta consiste de 19 preguntas. Las primeras 4 constan de información personal del encuestado, mientras que 2 interrogantes hacen una referencia cualitativa que percibe el sujeto y las demás hacen referencias cuantitativas de valoración con respecto al avatar. Al ser una encuesta aplicada a niños, se la diseño en base a la escala de Likert¹ para que el niño no tenga dificultad al llenarla.

¹ Escala de Likert: Es una herramienta de medición que nos facilita conocer el grado de conformidad del encuestado.

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez terminado las pruebas, realizamos las encuestas que indicará la aceptación del sistema. El análisis se realizó mediante dos tipos de métodos, el primero es el alfa de Cronbach² que trata de calcular el valor de aceptación de una herramienta, y el segundo, el análisis estadístico descriptivo que nos indica gráficamente los resultados obtenidos.

El cálculo del alfa de Cronbach requiere que las respuestas sean transformadas a un rango del 1 al 5, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto. Las encuestas fueron elaboradas siguiendo la escala de Likert, la cual tiene el mismo rango necesario, así que hace falta cambiarla por números. La tabla 3.1 muestra las respuestas de la encuesta ya transformada a números.

Tabla 3.1 Cambio a valores cuantitativos

Fuente: Autor

					
Escala de Likert	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Cambio a valores cuantitativos	5	4	3	2	1

El apéndice D, contiene las transformaciones de toda la encuesta. Constan de 31 niños quienes se mostraron abiertos a todas las preguntas a excepción de dos individuos que al momento que se generó las pruebas, mostraron una actitud recia hacia los avatares e intentaron interferir con las encuestas de los demás, hasta que fueron separados y llevados a otra sala. En la tabla 3.2 se muestra los resultados concentrados de cuantos individuos respondieron con respecto a la escala de Likert, siendo la columna de la derecha el total de encuestas.

² Alfa de Cronbach es un método en el cual se calcula el coeficiente que mide si una herramienta es fiable mediante datos cuantitativos.

Tabla 3.2 Resultados de las encuestas diferidas

Fuente: Autor

RESULTADOS						
PREGUNTAS	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo	TOTAL
1. ¿Qué te pareció el avatar de hoy?	18	10	3	0	0	31
2. ¿Qué opinas de la forma en que te saludó?	18	13	0	0	0	31
3. ¿Qué te pareció la ropa que usaba?	17	12	2	0	0	31
4. ¿Qué te pareció conversar con el avatar?	23	8	0	0	0	31
5. ¿Entendiste lo que decía el avatar?	25	1	4	1	0	31
6. ¿Qué te pareció la voz del avatar?	18	8	5	0	0	31
7. ¿Qué te pareció la forma en que se movía el avatar?	8	15	3	1	4	31
8. ¿Te asustó el avatar en algún momento?	2	17	9	3	0	31
9. ¿Volverías a conversar con el avatar?	14	13	2	1	1	31
10. ¿Quisieras conversar con el avatar dentro de tu escuela?	18	7	4	2	0	31
11. ¿Quisieras tener al avatar en casa?:	18	4	6	1	2	31
12. ¿Crees que el avatar se parece a tus compañeros del aula?	11	5	8	1	6	31
13. ¿Qué te pareció la forma en que se despidió el avatar?	17	11	3	0	0	31

Ahora, analizaremos cada una de las preguntas mediante cálculos estadísticos y así determinar el grado de fiabilidad de la herramienta. En la figura 3.7 se muestran las respuestas para la pregunta ¿Qué te pareció el avatar de hoy? El 58% de individuos contestaron con una puntuación muy alta, mientras que un 32% contestó como alto, y finalmente un 10% como medio, no se hallaron resultados de otro tipo.



Figura 3.7 Resultados Primera Pregunta

Fuente: Autor

Se presentan los resultados de la primera pregunta en la figura 3.8. Como se observa, la respuesta que más se repite es de valor 5, el promedio es 4.48 con una varianza de 0.44 garantizando que el avatar escogido cumple con las exigencias para el usuario.



Figura 3.8 Rango de Resultados (Primera Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.9, se muestran la respuesta de la pregunta ¿Qué opinas de la forma en que te saludó? Obteniendo como resultado el 58% de individuos contestaron con una puntuación muy alta, un 42% contestó como alto, no se hallaron resultados de otro tipo.



Figura 3.9 Resultados Segunda Pregunta

Fuente: Autor

Los resultados de la segunda pregunta, se observa en la figura 3.10. La respuesta que más se repite es de valor 5, el promedio es 4.58 y una varianza de 0.24 dando a conocer que el saludo es aceptable.



Figura 3.10 Rango de Resultados (Segunda Pregunta).

Fuente: Autor

En la figura 3.11 se muestra la respuesta para la pregunta ¿Qué te pareció la ropa que usaba? El 55% de individuos contestaron con una puntuación muy alta, un 39% contestó como alto, medio el 6%, no se hallaron resultados de otro tipo.



Figura 3.11 Resultados de Tercera Pregunta

Fuente: Autor

Se presentan los resultados de la tercera pregunta en la figura 3.12. La respuesta que más se repite es 5, el promedio es 4.48 y una varianza de 0.38 aprobando la ropa del avatar para futuras pruebas.

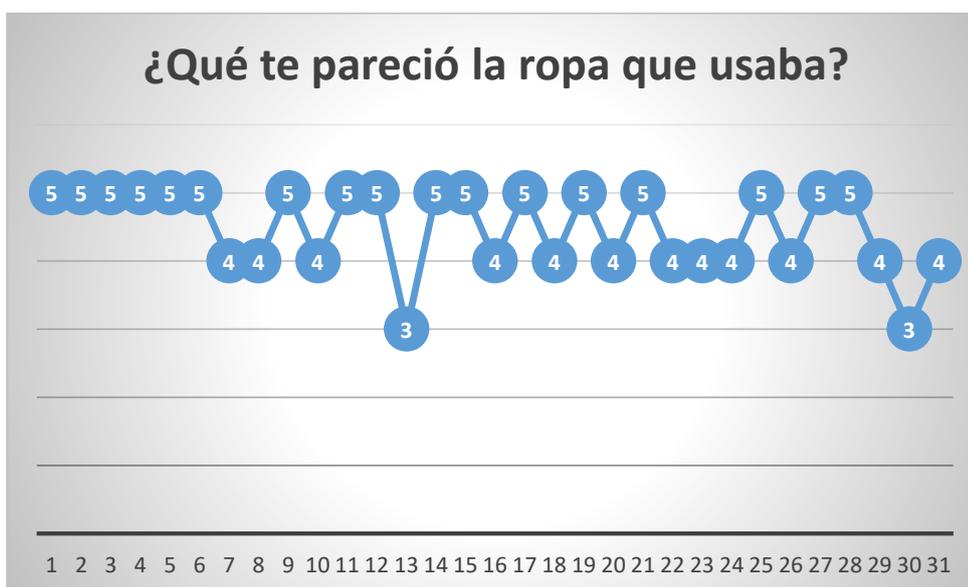


Figura 3.12 Rango de Resultados (Tercera Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.13 se muestra la respuesta para la pregunta ¿Qué te pareció conversar con el avatar? El 74% respondió con muy alto, el 26% como alto y no se registraron otros resultados.



Figura 3.13 Resultados de la Cuarta Pregunta

Fuente: Autor

En la figura 3.14, se presenta los resultados de la cuarta pregunta. La respuesta que más se repite es de valor 5, el promedio es 4.74 con una varianza de 0.19 cumpliendo todas las expectativas del dialogo que se tuvo con los individuos.



Figura 3.14 Rango de Resultados (Cuarta Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.15 se muestra la respuesta a ¿Entendiste lo que decía el avatar? El 81% respondió como muy alto, el 3% como alto, 13% como medio, 3% como bajo, no se registraron más respuestas.

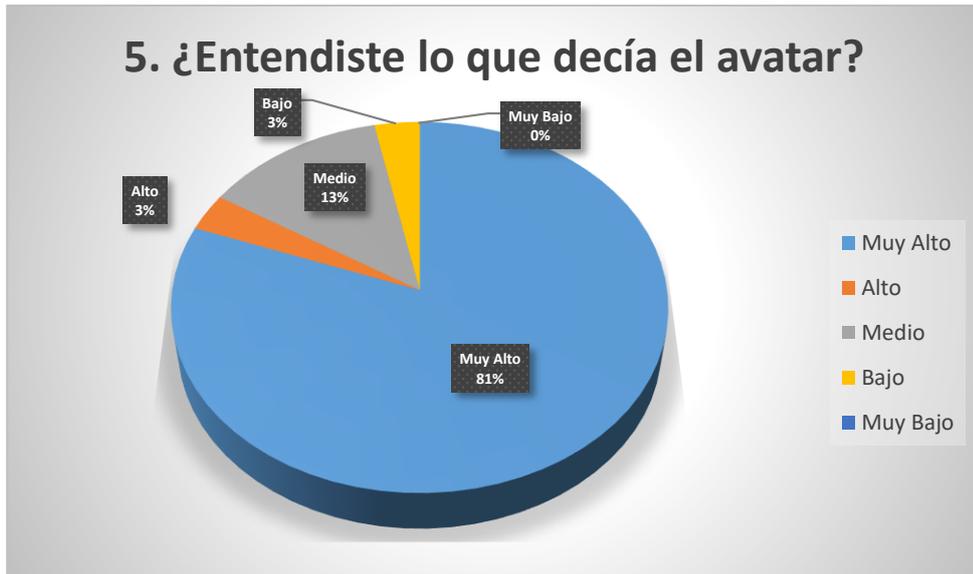


Figura 3.15 Resolución de la Quinta Pregunta.

Fuente: Autor

Se presentan el resultado para la quinta pregunta en la figura 3.16. La respuesta que más se repite es 5, el promedio es 4.61 con una varianza de 0.69, aunque se puede observar que un solo individuo respondió como bajo, por esta razón la varianza aumentó.

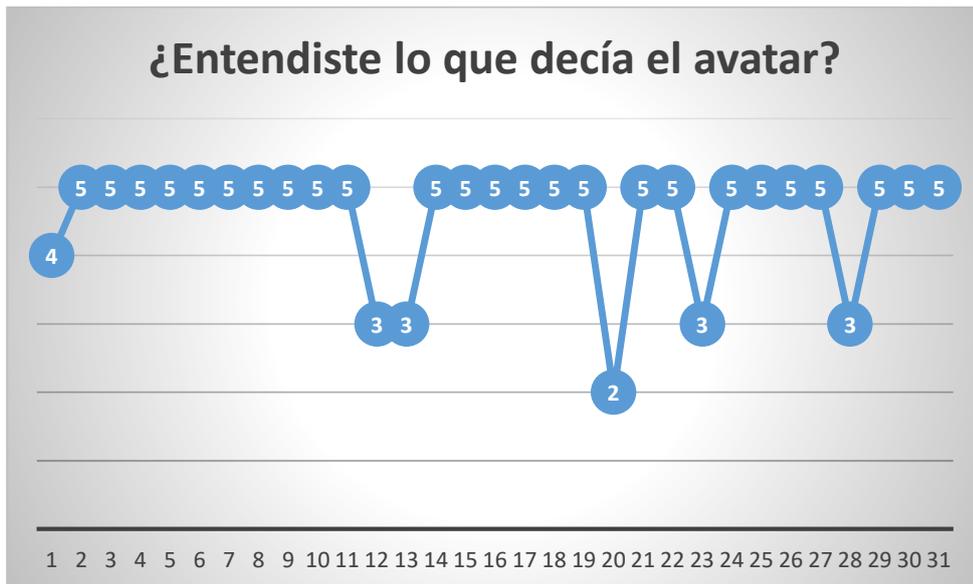


Figura 3.16 Rango de Resultados (Quinta Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.17 se muestra la respuesta para ¿Qué te pareció la voz del avatar? El 58% contestaron con muy alto, el 26% como alto y 16% como medio.



Figura 3.17 Resolución de la Sexta Pregunta

Fuente: Autor

Se presenta el resultado de la sexta pregunta en la figura 3.18. La respuesta que más se repite es 5, con un valor promedio de 4.41 y la varianza es 0.57, aunque se puede ver que el promedio bajó, aun se sigue manteniendo la aprobación.



Figura 3.18 Rango de Resultados (Sexta Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.19 se muestra el resultado para ¿Qué te pareció la forma en que se movía el avatar? Teniendo que el 26% contestó como muy alto, 48% como alto, 10% como medio, 3% como bajo y 13% como muy bajo.

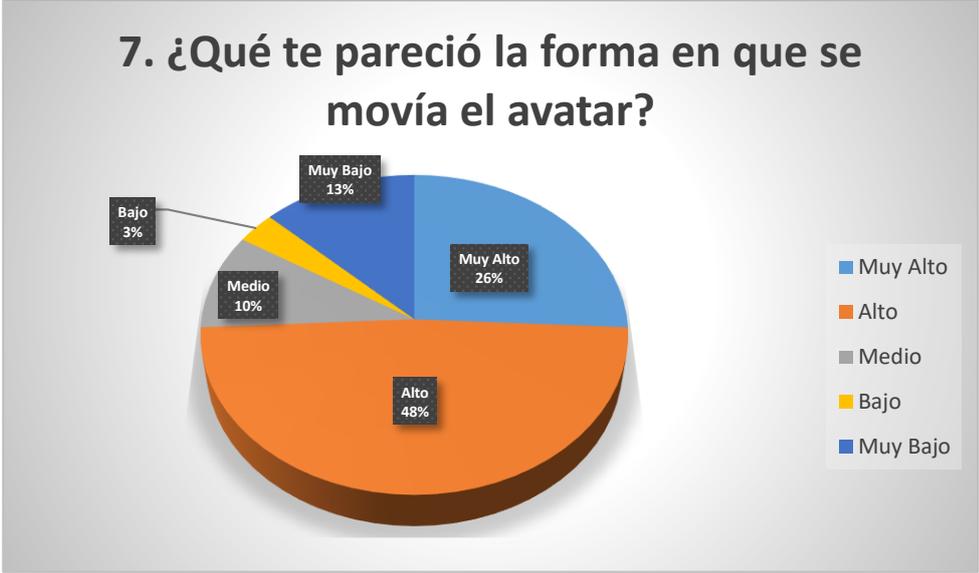


Figura 3.19 Respuesta de Séptima Pregunta

Fuente: Autor

Se presenta el resultado de la séptima pregunta en la figura 3.20. La respuesta que más se repite es 4, el promedio es 3.71 y una varianza de 1.56, en esta pregunta se encuentra la mayor dificultad, ya que los individuos, aunque, interactuaban con los avatares no se mostraron muy amigables frente al dialogo.

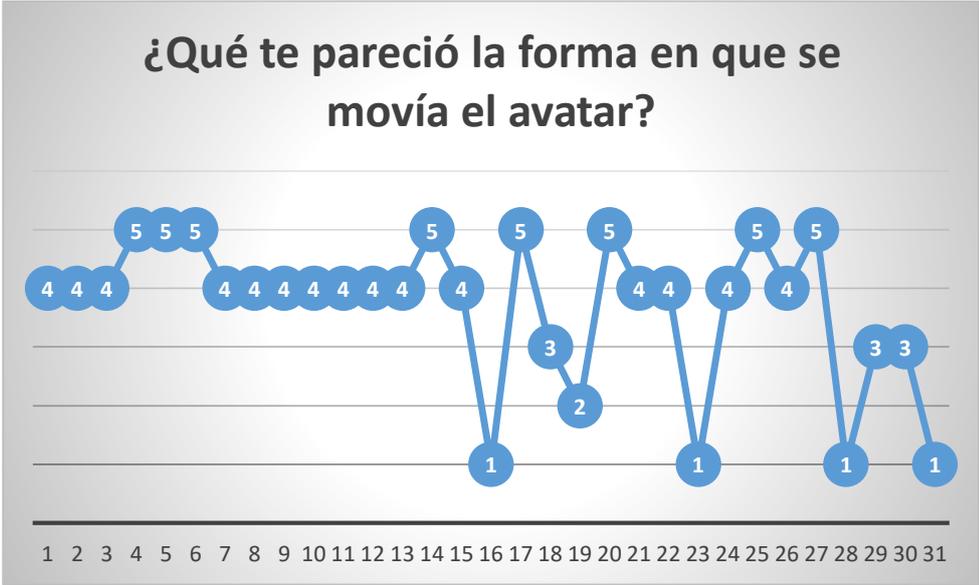


Figura 3.20 Rango de Resultados (Séptima Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.21 se muestran las respuestas para ¿Te asustó el avatar en algún momento? El 6% respondió como muy alto, 55% como alto, 29% como medio, 10% como bajo, no se encontraron más respuestas.

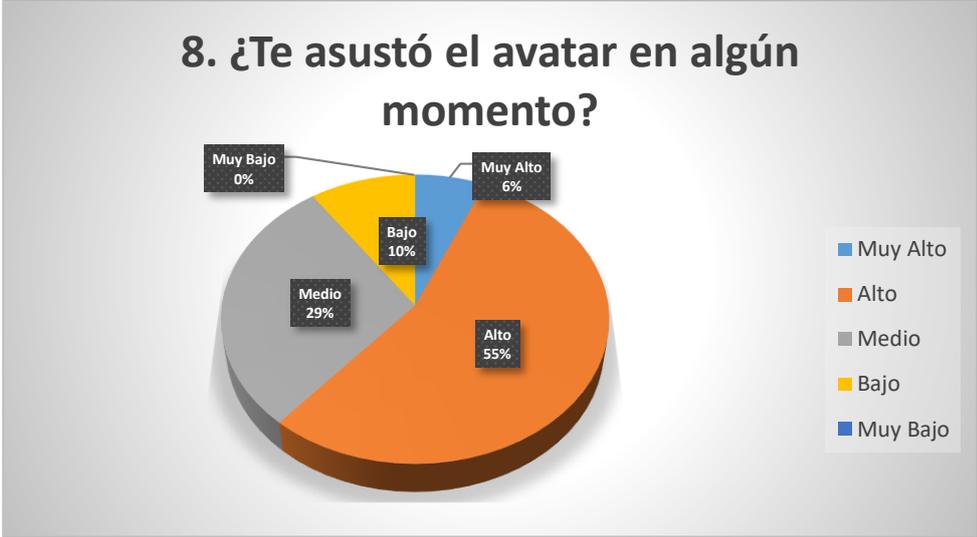


Figura 3.21 Respuesta de la Octava Pregunta

Fuente: Autor

Se presenta el resultado final de la pregunta en la figura 3.22. La respuesta que más se repite es 4, el promedio es 3.58 y la varianza 0.57, analizando esto se llega a la conclusión que los avatares no son tan amigables como para identificarse como niños ya que los que estábamos generando las pruebas éramos adultos.



Figura 3.22 Rango de Resultados (Octava Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.23 se muestran las respuestas para ¿Volverías a conversar con el avatar? El 45% respondió con muy alto, el 42% como alto, 7% como medio, 3% como bajo y 3% como muy bajo.



Figura 3.23 Resultados de la Novena Pregunta

Fuente: Autor

Mientras que en la figura 3.24 podemos observar el resultado de la novena pregunta. En la figura 3.24 la respuesta que más se repite es 5, el promedio es 4.22 y una varianza de 0.88, aunque existen respuestas bajas, estas no representan una gran variación de la tendencia de aprobación.



Figura 3.24 Rango de Resultados (Novena Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.25 se muestran las respuestas para ¿Quisieras conversar con el avatar dentro de tu escuela? El 58% responde como muy alto, el 23% alto, el 13% como medio y 6% como bajo.

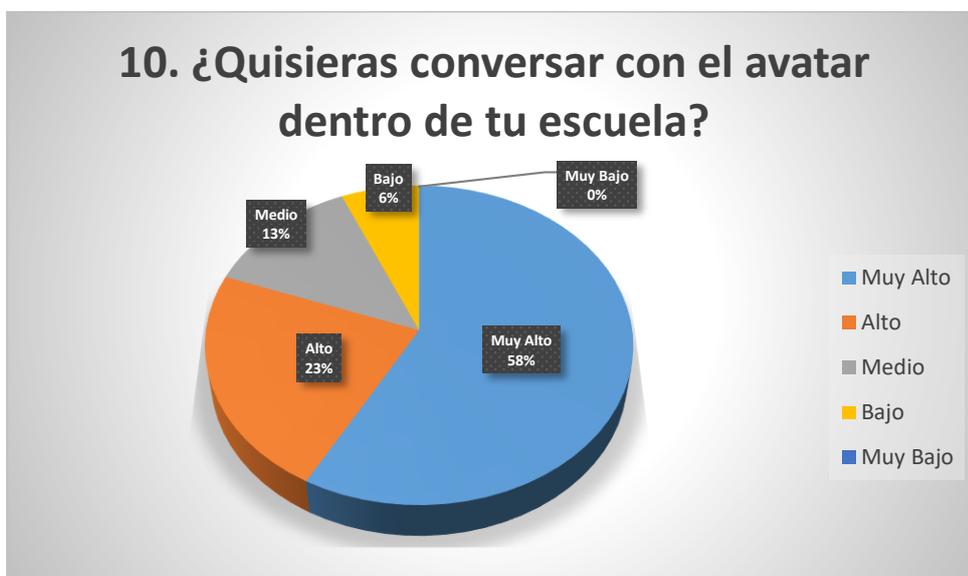


Figura 3.25 Resultado de la Décima Pregunta

Fuente: Autor

Se presentan el resultado de la décima pregunta en la figura 3.26. La respuesta que más se repite es 5, el promedio es 4.32 y una varianza de 0.86, al igual que la pregunta anterior, aunque se observan respuestas bajas no significa una variación muy amplia.



Figura 3.26 Rango de Resultados (Décima Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.27 se muestran las respuestas para ¿Quisieras tener al avatar en casa? El 58% respondió como muy alto, el 13% como alto, 19% como medio, 3% como bajo y 7% como muy bajo.

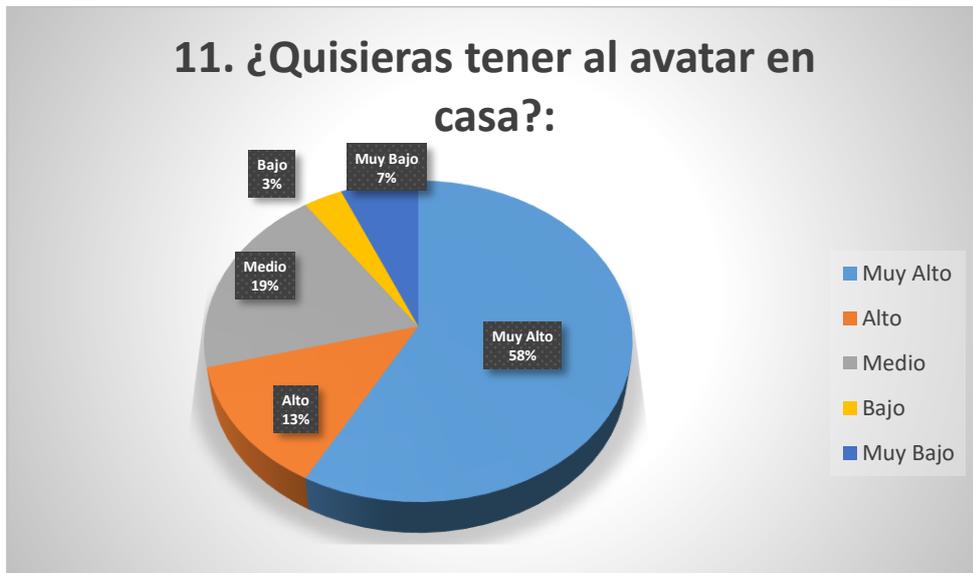


Figura 3.27 Resultados de la Undécima Pregunta.

Fuente: Autor

Se presenta los valores obtenidos de la décima primera pregunta en la figura 3.28. La respuesta que más se repite es 5, el promedio es 4.129 y una varianza de 1.47, aunque la mayoría de individuos quisieran tenerlo en casa para interactuar con él, es preocupante que no se repita la tendencia de las preguntas anteriores, ya que se trata de una pregunta similar.

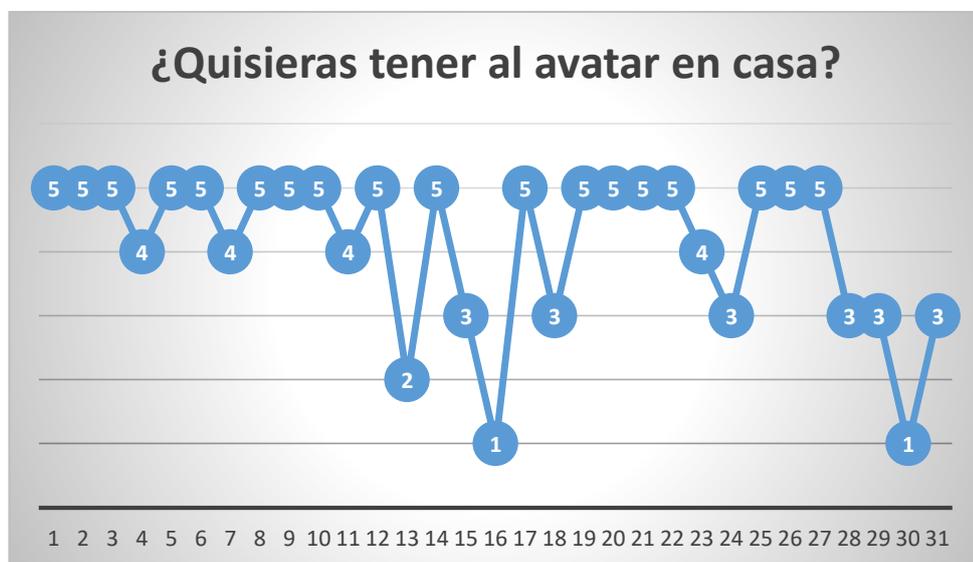


Figura 3.28 Rango de Resultados (Décima Primera Pregunta)

Fuente: Autor

En la figura 3.29 se muestran las respuestas para ¿Crees que el avatar se parece a tus compañeros del aula? El 36% respondieron muy alto, 16% como alto, 26% como medio, 3% bajo y 19% muy bajo.

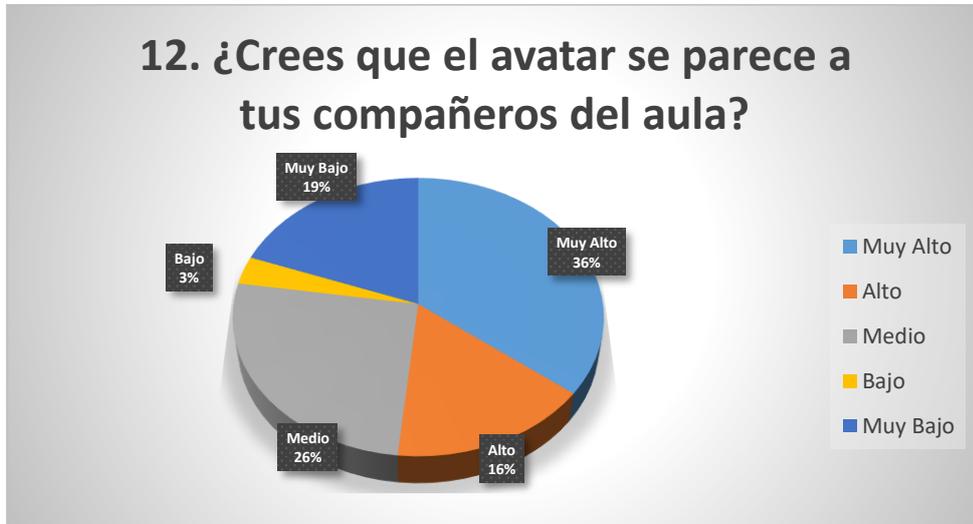


Figura 3.29 Respuesta de la Duodécima Pregunta

Fuente: Autor

Se presenta el resultado de la décima segunda pregunta. En la figura 3.30 la respuesta que más se repite es 5, el promedio es 3.45 y una varianza de 2.18, en esta pregunta existe un amplio rango, por eso la varianza es tan grande, la explicación es que los niños no se ven reflejados en los avatares, aunque las ideas de hacer 3 tipos de avatares basados en las etnias más representativas del país no reflejaron lo que queríamos, se puede mejorar estos últimos.



Figura 3.30 Rango de Resultados (Décima Segunda Pregunta)

Fuente: Autor

Para finalizar en la figura 3.31 se muestra el resultado de ¿Qué te parece la forma en que se despidió el avatar? El 55% respondió como muy alto, el 35% como alto y 10% como medio.

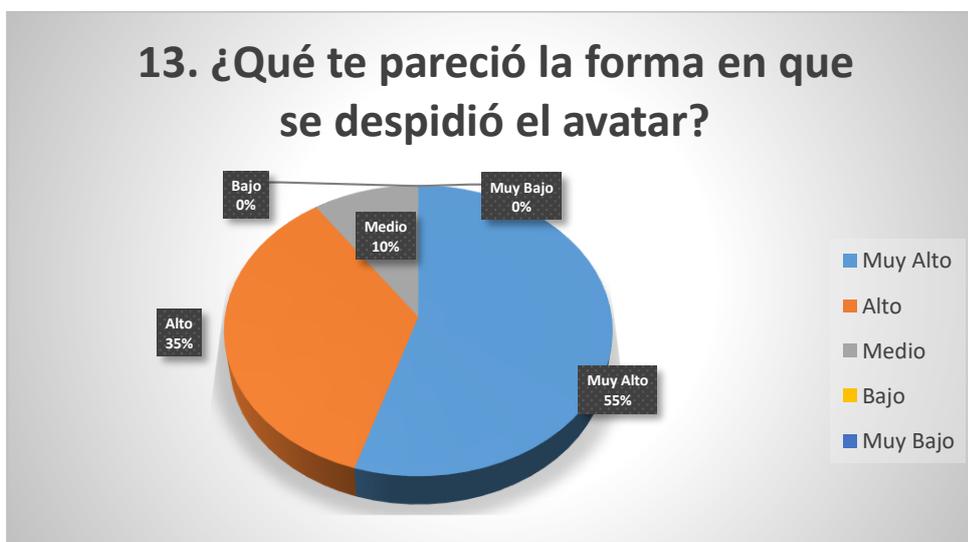


Figura 3.31 Análisis de Décima Tercera Pregunta

Fuente: Autor

Se presenta el resultado para la décima tercera pregunta en la figura 3.32. La respuesta que más se repite es 5, el promedio es 4.45 y una varianza de 0.44, en esta pregunta se muestra una buena aceptación de la forma en la que el avatar se despidió.



Figura 3.32 Rango de Resultados (Décima Tercera Pregunta)

Fuente: Autor

Ahora se evalúa toda la herramienta, transformando los valores numéricos según la escala de Likert. Procedemos a calcular el alfa para el cual necesitamos el valor de las respuestas, el valor de la varianza y la sumatoria de los ítems. En el apéndice D se observa la tabla que contiene en la parte inferior las varianzas de cada ítem, en la tabla 3.3 podemos observar estos valores finales de cada respuesta, en la parte de la derecha se observa la suma de los elementos.

Tabla 3.3 Varianzas Resultantes

Fuente: Autor

Preguntas	Valor de Varianzas
Primera	0.44
Segunda	0.24
Tercera	0.38
Cuarta	0.39
Quinta	0.69
Sexta	0.57
Séptima	1.56
Octava	0.57
Novena	0.88
Décima	0.86
Décima Primera	1.47
Décima Segunda	2.18
Décima Tercera	0.44

A continuación, se muestra la fórmula a utilizar para el cálculo del alfa de Cronbach, teniendo el uso de los valores presentados anteriormente:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

En la figura 3.33 podemos observar el resultado final, un valor muy bajo de Alfa representa que la herramienta no es confiable, por otro lado, si es alto el coeficiente esta herramienta se volvería indicada para la prueba.

K (Numero de Ítems) =	13
EVi (Sumatoria Varianza individual)=	10,4786681
Vt (Varianza Total)=	32,6722164
α (Alfa) =	0,73588551

Figura 3.33 *Calculo del Alfa de Cronbach*

Fuente: *Autor*

En nuestro caso el Alfa calculado es de 0.736 que no es muy bajo y se lo puede definir como una herramienta "Alta" tal como lo indica la tabla 3.4. Esta herramienta entonces, pero puede mejorar con las debidas medidas concluidas mediante el análisis de cada respuesta.

Tabla 3.4 Rango de Calificación

Fuente: *Autor*

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En todo el desarrollo de este sistema se encontró varias soluciones, principalmente al uso de redes neuronales al momento de la detección, también al uso del software Blender para animación de los avatares, la implementación de todo el sistema y por último el entorno de pruebas.

- En cuanto a la detección tanto del rostro como de la pose humana, se requiere un alto uso de procesamiento computacional, que, con las nuevas tecnologías se pueden solventar. Siendo la más crítica la ejecución en tiempo real, debido a las amplias tasas de manejo de datos a analizar, pero no obtuvimos mayor problema, ya que contamos con equipos de altas prestaciones.
- El software Blender, aunque puede ser complejo de entender, tiene un amplio campo de aplicación y posee un sin número de herramientas que facilitan el entendimiento, también, al ser software libre tiene múltiples funcionalidades en cuanto generar nuestros propios complementos o simplemente utilizar complementos creados por otras personas que se ajustan a nuestras exigencias.
- Al momento de la implementación tuvimos una amplia aceptación del sistema, siendo una herramienta útil verificada con el alfa de Cronbach dándonos a entender que este sistema es eficiente.
- Se presentó casos en el que los infantes generaron presión hacia otros niños desarrollando una conducta inapropiada antes de la evaluación y al momento de las encuestas no se tuvieron los resultados que se venían dando. Los individuos tuvieron que ser aislados de los demás para que no interfieran con las decisiones de los otros.
- Al dialogar con personas expertas en TEA se llegó a la conclusión de cambiar los avatares desarrollados, a unos apegados a nuestra realidad así que se optó por implementar avatares basados en las etnias representativas de nuestro país (afrodescendiente, mestizo y caucásico), aunque, una vez ya terminadas las encuestas, observamos que la mayoría de niños escogieron los avatares caucásicos, pese considerarse parte de otra etnia.

- Los movimientos generados tuvieron que ser manejados de una forma en la que la animación como la detección, trabajen separados para evitar un uso excesivo de recursos, esto se vio reflejado al momento de las pruebas ya que se mantuvo un rango aceptable de animación en tiempo real y por ende movimientos más suaves y naturales.

Como recomendación, podemos decir que

- Existen herramientas más robustas en las que se pueden generar este sistema, siendo el software de animación un punto crucial en el cual podemos cambiar, también se puede contar con alguna otra cámara que facilite el desarrollo de la detección.
- Tomar en cuenta que los dos sistemas funcionan por separado, recomendamos generar un único sistema capaz de reunir las detecciones sin eliminar el desarrollo en tiempo real.
- En cuanto a las pruebas, se recomienda que las voces de las personas que interactúen sean niños, ya que será más natural el dialogo de estos dos, esto se puede lograr con algún algoritmo de modulación de voz lo más parecido posible al de un niño, pero, que no sea muy robótica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Organización mundial de la Salud, (2017). Trastornos de espectro autista. Lugar de publicación: Worldwide Health Organization. [Online] <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- [2] Y. Cheng, S. Luo and H. Lin, "Investigating the Performance on Comprehending 3D Social Emotion through a Mobile Learning System for Individuals with Autistic Spectrum Disorder," 2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), Kumamoto, 2016, pp. 414-417.
- [3] Olga Mantziou, Ioannis Vrellis, Tassos A. Mikropoulos, "Do Children in the Spectrum of Autism Interact with Real-time Emotionally Expressive Human Controlled Avatars?", *Procedia Computer Science*, Volume 67, 2015, Pages 241-251,
- [4] S. López Gómez, R. M. Rivas Torres, y E. M. Taboada Ares, «Reviews on Autism», *Rev. Latinoam. Psicol.*, vol. 41, n.o 3, pp. 555-570, dic. 2009.
- [5] M. H. L. Abdullah, C. Wilson, y M. Brereton, «MyCalendar: supporting families to communicate with their child on the autism spectrum», en *Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction - OzCHI '16*, Launceston, Tasmania, Australia, 2016, pp. 613-617.
- [6] A. Thurm y S. E. Swedo, «The importance of autism research», *Dialogues Clin. Neurosci.*, vol. 14, n.o 3, pp. 219-222, sep. 2012.
- [7] U. Sanrattana, T. Maneerat, y K. Srevisate, «Social Skills Deficits of Students with Autism in Inclusive Schools», *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 116, pp. 509-512, feb. 2014.
- [8] 67 Asamblea Mundial de la Salud, «Medidas integrales y coordinadas para gestionar los trastornos del espectro autista: Informe de la Secretaría», 2014.

- [9] S. J. Rogers y L. A. Vismara, «Evidence-Based Comprehensive Treatments for Early Autism», *J. Clin. Child Adolesc. Psychol.*, vol. 37, n.o 1, pp. 8-38, mar. 2008.
- [10] Francesc Cuxart, «EL AUTISMO Aspectos descriptivos y terapéuticos». ALJIBE.
- [11] J. Fuentes, «Autism Spectrum Disorders: Ten Tips to Support Me», *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, vol. 53, n.o 11, pp. 1145-1146.e3, nov. 2014.
- [12] V. Julián, V. Botti, «Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial», ResearchGate. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/230819368_Agentes_Inteligentes_el_sigui_ente_paso_en_la_Inteligencia_Artificial_el_sigui_ente_paso_en_la_Inteligencia_Artif_icial. [Accedido: 23-oct-2019].
- [13] D. Roth et al., «Avatar realism and social interaction quality in virtual reality», en *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*, 2016, pp. 277-278.
- [14] B. E. Mennecke, J. L. Triplett, L. M. Hassall, y Z. J. Conde, «Embodied Social Presence Theory», en *2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2010, pp. 1-10.
- [15] Simon Gottschalk, «The Presentation of Avatars in Second Life: Self and Interaction in Social Virtual Spaces», ResearchGate. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264488317_The_Presentation_of_Avatars_in_Second_Life_Self_and_Interaction_in_Social_Virtual_Spaces. [Accedido: 28-oct-2019].
- [16] O. Schreer, R. Englert, P. Eisert, y R. Tanger, «Real-Time Vision and Speech Driven Avatars for Multimedia Applications», *IEEE Trans. Multimed.*, vol. 10, n.o 3, pp. 352-360, abr. 2008.

- [17] D. Thalmann, «Virtual Humans in Virtual Environments: A New View of Multimedia Applications», 1997.
- [18] A. de la E. Hueso, *Visión por computador: fundamentos y métodos*. Pearson Educación, 2001.
- [19] Alejandro, Vicente, Pedro, Javier, Oscar, Sergio, Carlos, «Sistemas De Visión Artificial - PDF». [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/19036553-Sistemas-de-vision-artificial.html>. [Accedido: 30-oct-2019].
- [20] S. Z. Li y A. K. Jain, «Handbook of Face Recognition», p. 40.
- [21] S. Domínguez, «Reconocimiento facial mediante el Análisis de Componentes Principales (PCA)», p. 74.
- [22] M. Graña, «Face Recognition Algorithms», 2010.
- [23] Iconday, «Tecnología de seguimiento de cara 3D para aplicaciones de realidad aumentada y control de animación – Iconday».
- [24] Robologs, «Reconocimiento facial con OpenCV + webcam | robologs».
- [25] SourceForge, «LTI-Lib». [En línea]. Disponible en: <http://ltilib.sourceforge.net/doc/homepage/index.shtml>. [Accedido: 16-dic-2019].
- [26] M. Guillén Fonseca, «Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional», *Rev. Cuba. Enferm.*, vol. 22, n.o 4, pp. 0-0, dic. 2006.
- [27] O. Espinoza-Navarro, S. Valle, G. Berrios, J. Horta, H. Rodríguez, y M. Rodríguez, «Prevalencia de Alteraciones Posturales en Niños de Arica -Chile. Efectos de un Programa de Mejoramiento de la Postura», *Int. J. Morphol.*, vol. 27, n.o 1, pp. 25-30, mar. 2009.

- [28] A. Luttmann, M. Jäger, B. Griefahn, G. Caffier, F. Liebers, y W. H. Organization, «Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo», 2004.
- [29] M. Gleicher, «Animation from observation: Motion capture and motion editing», *Comput. Graph.-N. Y.-Assoc. Comput. Mach.-*, vol. 33, n.o 4, pp. 51–54, 1999.
- [30] J. E. Muñoz-Cardona, O. A. Henao-Gallo, y J. F. López-Herrera, «Sistema de Rehabilitación basado en el Uso de Análisis Biomecánico y Videojuegos mediante el Sensor Kinect», *TecnoLógicas*, pp. 43–54, 2013.
- [31] CMU-Perceptual-Computing-Lab, «GitHub,» [En línea]. Available: <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose>. [Último acceso: 29 Noviembre 2019].
- [32] Z. Cao, G. Hidalgo Martinez, T. Simon, S. Wei and Y. A. Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- [33] Toshev, Alexander, and Christian Szegedy. "DeepPose: Human Pose Estimation via Deep Neural Networks." 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (2014): n. pag. Crossref. Web.
- [34] R. A. Güler, N. Neverova and I. Kokkinos, "DensePose: Dense Human Pose Estimation in the Wild," 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Salt Lake City, UT, 2018, pp. 7297-7306.
- [35] J. Tompson, R. Goroshin, A. Jain, Y. LeCun and C. Bregler, "Efficient object localization using Convolutional Networks," 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, 2015, pp. 648-656.

- [36] Kinect for Developers, «Kinect for Developers,» [En línea]. Available: <http://www.kinectfordevelopers.com/es/2012/11/06/que-es-el-dispositivo-kinect/>. [Último acceso: 29 Noviembre 2019].
- [37] Zhengyou Zhang, «Microsoft Kinect Sensor and Its Effect», ResearchGate. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/254058710_Microsoft_Kinect_Sensor_and_Its_Effect. [Accedido: 16-dic-2019].
- [38] Microsoft, «Componentes sensor Kinect para Xbox 360,» [En línea]. Available: <https://support.xbox.com/es-CL/xbox-360/accessories/kinect-sensor-components>. [Último acceso: 29 Noviembre 2019].
- [39] Traumabot, «TraumaBot - 3D body reconstruction & recognition: Hardware design of Kinect», TraumaBot - 3D body reconstruction & recognition, 27-ene-2013.

APÉNDICES

APÉNDICE A: ALGORITMO IMPLEMENTADO PARA RECONOCIMIENTO FACIAL

Algoritmo 1: Reconocimiento Facial

```
# Importación de librerías necesarias
from imutils.video import VideoStream
from imutils import face_utils
import datetime
import argparse
import imutils
import time
import dlib
import cv2
from pythonosc import osc_message_builder
from pythonosc import udp_client
lis=[]
e=1

# Construcción del argumento
ap = argparse.ArgumentParser()
ap.add_argument("-p", "--shape-predictor", required=False,
                help="path to facial landmark predictor")
ap.add_argument("-r", "--picamera", type=int, default=-1,
                help="whether or not the Raspberry Pi camera should be used")
args = vars(ap.parse_args())
# Detección de rostro (HOG-based) and then create
# Predictor de rostro
print(" Cargando programa [Espere un momento] ")
detector = dlib.get_frontal_face_detector()
predictor = dlib.shape_predictor('shape.dat')

# initialize the video stream and allow the cammera sensor to warmup
print(" Encendiendo Cámara [Espere un momento] ")
vs = VideoStream(usePiCamera=args["picamera"] > 0).start()
time.sleep(2.0)

# loop over the frames from the video stream
while True:
    # grab the frame from the threaded video stream, resize it to
    # have a maximum width of 400 pixels, and convert it to
    # grayscale
    frame = vs.read()
    frame = imutils.resize(frame, width=400)
```

```

gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    # detect faces in the grayscale frame
    rects = detector(gray, 0)
# loop over the face detections
for rect in rects:
    shape = predictor(gray, rect)
    shape = face_utils.shape_to_np(shape)
    #print(shape)
    #b = dict(zip(range(len(shape)),shape))
    # DICCIONARIO QUE CONTIENE LOS 68 PUNTOS
    #print(b)
    for (x, y) in shape:
        cv2.circle(frame, (x, y), 1, (0, 0, 255), -1)

for e in shape:
    #print(shape)
    #Reduccion de pixeles para imagen
    #lis.append(((int(e[0])/20)-20)
    #lis.append(((int(e[1])/20)-20)
    lis.append(int(e[0]))
    lis.append(int(e[1]))

    client = udp_client.SimpleUDPClient("127.0.0.1",8338)

    # Muestra de Resultados
    #print(lis)
    client.send_message("/filter",lis)
    lis.clear()
    cv2.imshow("Frame", frame)
    key = cv2.waitKey(1) & 0xFF

    # Al presionar `q` se ejecuta una salida forsoza
    if key == ord("q"):
        break

# do a bit of cleanup
cv2.destroyAllWindows()
vs.stop()

```

APÉNDICE B: ALGORITMO IMPLEMENTADO PARA RECONOCIMIENTO CORPORAL

Algoritmo 2: Reconocimiento Corporal

```
import argparse
import cv2
import time
import numpy as np
from tf_pose.estimator import TfPoseEstimator
from tf_pose.networks import get_graph_path, model_wh
import argparse
import random
import time
from pythonosc import osc_message_builder
from pythonosc import udp_client
cs=[]
e = TfPoseEstimator(get_graph_path('mobilenet_thin'), target_size=(368, 368))
cam = cv2.VideoCapture(1)
ret_val, image = cam.read()
fps_time = 0
client = udp_client.SimpleUDPClient("127.0.0.1",5007)
try:
    while (True):
        ret_val, image = cam.read()
        humans = e.inference(image, resize_to_default=(368 > 0 and 368 > 0),
upsample_size=4.0)
        image,centers = TfPoseEstimator.draw_humans(image, humans,
imgcopy=False)
        cv2.putText(image,"FPS: %f" % (1.0 / (time.time() - fps_time)),(10,
10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5,(0, 255, 0), 2)
        cs=[]
        for x in centers:
            if len(centers)==18:
                cent= centers[x]
                ix=cent[0]
                iy=cent[1]
                cs.append(ix)
                cs.append(iy*-1)
        client.send_message("/en", cs)
        fps_time = time.time()
        cv2.imshow('tf-pose-estimation result', image)
        if cv2.waitKey(1) == 27:
            break
except KeyboardInterrupt:
    cv2.destroyAllWindows()
    cam.release()
```


APÉNDICE C: ENCUESTA

Encuesta



Cátedra UNESCO
Tecnologías de apoyo para
la Inclusión Educativa



ENCUESTA PARA MEDIR EL NIVEL DE PERCEPCIÓN DE AVATAR EN LA UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR MARIANA DE JESÚS, EN LA INTERACCIÓN CON NIÑOS Y NIÑAS ENTRE 8 Y 9 AÑOS.

Esta encuesta tiene por objetivo determinar el nivel de percepción de niños y niñas entre 4 y 10 años de la Unidad Educativa Particular Mariana de Jesús, acerca del uso del asistente virtual para interactuar por un tiempo estimado de 5 minutos.

¡Hola! Esto **NO es un examen**, por favor, contesta las siguientes preguntas. **NO SON CALIFICADAS**. Nos servirá de mucho tu colaboración con esta encuesta,

Por favor, marca con una "X" tus respuestas:

- Indica si eres niño o niña:



- ¿Cuántos años tienes?:

* Encierra en un círculo tu edad:

• ¿Cómo se llama el barrio dónde vives?: _____

• ¿En qué grado estás?: _____

1. ¿A qué avatar te pareces más?













2. ¿Qué te pareció el avatar de hoy?:

				
Muy interesante	Interesante	Normal	Aburrido	Muy aburrido

3. ¿Qué opinas de la forma en que te saludó?:

				
---	---	---	---	---

Muy Bonita	Bonita	Me da igual	Fea	Muy fea
------------	--------	-------------	-----	---------

4. ¿Qué te pareció la ropa que usaba?:

Muy Bonita	Bonita	Me da igual	Fea	Muy fea

5. ¿Qué te pareció conversar con el avatar?:

Muy interesante	Interesante	Normal	Aburrido	Muy aburrido

6. ¿Entendiste lo que decía el avatar?:

Lo entendí muy bien	Lo entendí	No entendí algunas palabras	Lo entendí muy poco	No lo entendí

7. ¿Qué te pareció la voz del avatar?:

Muy Bonita	Bonita	Normal	Un poco fea	Fea

8. ¿Qué te pareció la forma en que se movía el avatar?:

--	--	--	--	--

Muy Bonita	Bonita	Normal	Un poco fea	Fea
------------	--------	--------	-------------	-----

9. ¿Te asustó el avatar en algún momento?:

				
Nada	Casi nada	Poco	Mucho	Muchísimo

10. ¿Volverías a conversar con el avatar?

				
Me encantaría hacerlo	Sí lo haría	No estoy seguro	No lo haría	Jamás volvería a hacerlo

11. ¿Quisieras conversar con el avatar dentro de tu escuela?:

				
Me encantaría hacerlo	Sí lo haría	No estoy seguro	No lo haría	Jamás volvería a hacerlo

12. ¿Quisieras tener al avatar en casa?:

				
Me encantaría tenerlo	Sí lo tendría	No estoy seguro	No lo tendría	Jamás quisiera tenerlo

13. ¿Crees que el avatar se parece a tus compañeros del aula?:

				
Se parece mucho	Se parece	Se parece más o menos	Se parece un poco	No se parece

14. ¿Qué te parece la forma en que se despidió el avatar?:

				
Muy Bonita	Bonita	Normal	Fea	Muy fea

15. ¿Cuál crees que es el estado de ánimo de avatar?:

					
Feliz	Triste	Aburrido	Serio	Enfadado	Nervioso

¡Gracias por tu colaboración!

APÉNDICE D: TABLA DE RESULTADOS DE DATOS TRANSFORMADOS

Tabla de resultados de Transformación

RESPUESTAS DE ENCUESTA														
PREGUNTAS	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	11ma	12ma	13ra	Sumatoria
1	5	5	5	5	4	4	4	5	5	3	5	3	5	58
2	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	3	5	61
3	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	3	4	59
4	5	5	5	4	5	4	5	5	4	4	4	5	4	59
5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	63
6	5	4	5	5	5	4	5	3	5	5	5	3	5	59
7	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	56
8	5	5	4	5	5	5	4	3	5	5	5	4	5	60
9	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	62
10	4	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	57
11	5	5	5	4	5	5	4	4	4	2	4	5	5	57
12	5	5	5	5	3	5	4	4	5	5	5	2	5	58
13	4	4	3	4	3	4	4	3	2	2	2	1	3	39
14	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	64
15	4	4	5	4	5	3	4	3	4	4	3	3	4	50
16	5	5	4	5	5	5	1	2	1	3	1	5	5	47
17	4	4	5	5	5	5	5	2	4	5	5	4	5	58
18	4	4	4	4	5	3	3	3	4	4	3	5	4	50
19	5	4	5	5	5	4	2	3	4	5	5	4	4	55
20	5	5	4	5	2	5	5	4	4	5	5	1	5	55
21	4	4	5	5	5	4	4	3	4	4	5	5	5	57
22	3	4	4	4	5	3	4	2	4	5	5	1	4	48
23	5	5	4	5	3	5	1	4	4	4	4	3	4	51
24	5	5	4	5	5	5	4	4	3	4	3	1	4	52
25	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	3	5	60
26	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	1	5	58
27	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	3	5	61
28	3	4	5	5	3	3	1	4	5	5	3	5	3	49
29	3	5	4	5	5	3	3	3	4	3	3	5	3	49
30	4	5	3	4	5	4	3	4	3	5	1	1	4	46
31	4	5	4	5	5	5	1	3	5	3	3	5	5	53
Varianza	0,44	0,24	0,38	0,19	0,69	0,57	1,56	0,57	0,88	0,86	1,47	2,18	0,44	
Moda	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	
Media	4,48	4,58	4,48	4,74	4,61	4,42	3,71	3,58	4,23	4,32	4,13	3,45	4,45	