

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS**

**PROYECTO TÉCNICO:  
DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA LÚDICA  
INFORMÁTICA PARA ESTIMULAR E INTERVENIR LOS NIVELES DE  
LENGUAJE EN NIÑOS DESDE LOS 4 A 5 AÑOS**

**Autores:**

Carlos Mauricio Espinoza Fajardo

**Tutor:**

Ing. Vladimir Espartaco Robles Bykbaev

Cuenca – Ecuador

2018

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.**

---

Yo Carlos Mauricio Espinoza Fajardo con C.I.: 010597607-0, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana, la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA LÚDICA INFORMÁTICA PARA ESTIMULAR E INTERVENIR LOS NIVELES DE LENGUAJE EN NIÑOS DESDE LOS 4 A 5 AÑOS**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero de Sistemas, 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 impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2018



Carlos Mauricio Espinoza Fajardo

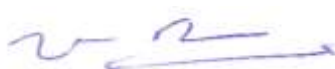
C.I.: 010597607-0

## CERTIFICACIÓN.

---

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:  
**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA LÚDICA  
INFORMÁTICA PARA ESTIMULAR E INTERVENIR LOS NIVELES DE  
LENGUAJE EN NIÑOS DESDE LOS 4 A 5 AÑOS**, realizado por el autor  
**Carlos Mauricio Espinoza Fajardo**, obteniendo así el *Proyecto Técnico*, que  
cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica  
Salesiana.

Cuenca, octubre del 2018.



Ing. Vladimir Espartaco Robles Bykbaev

Tutor del trabajo de titulación

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.

---

Yo, Carlos Mauricio Espinoza Fajardo con número de cédula 0105976070, autor del trabajo de titulación: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA LÚDICA INFORMÁTICA PARA ESTIMULAR E INTERVENIR LOS NIVELES DE LENGUAJE EN NIÑOS DESDE LOS 4 A 5 AÑOS**; certifico que el total contenido de este *Proyecto Técnico* es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, octubre del 2018.



Carlos Mauricio Espinoza Fajardo  
C.I.: 010597607-0

## **AGRADECIMIENTOS.**

---

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi Tutor de proyecto técnico, Ing. Vladimir Robles; quien ha sabido desenvolverse como un excelente guía y apoyo durante todo este proceso, apoyándome siempre y en todo momento, mostrando una total disponibilidad y apertura para solucionar mis dudas, y brindar la asesoría necesaria para que todo salga de la mejor manera.

Por otro lado, quiero expresar mi agradecimiento hacia todos los docentes que de una u otra manera intervinieron en mi proceso de formación durante toda esta etapa universitaria, a todos aquellos que con una generosidad incomparable han sabido transmitir sus conocimientos y experiencias, buscando que cada uno de nosotros las asimile y pueda usarlas como una herramienta sólida para su vida profesional, laboral y humana.

Finalmente, un agradecimiento enorme a docentes y compañeros quienes forman parte del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia (GIIATA) de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca y a la Catedra UNESCO por todo el respaldo ofrecido durante este proceso, y el apoyo continuo y desinteresado que nos regalan, buscando que lleguemos a ser grandes profesionales pero sin olvidar que la tecnología debe estar siempre al servicio de las personas, buscando crear nuevas y mejores condiciones de vida que estén al alcance de todos quienes lo necesiten.

**Carlos Espinoza.**

## **DEDICATORIA.**

---

*El desarrollo de este trabajo, lo dedico especialmente, a Dios, quien cada día me ha regalado la vida, la salud, la inteligencia y todas las capacidades que me han permitido culminar con éxito, esta meta; le agradezco infinitamente por la familia que me regalo y por estar presente en cada momento, iluminando mis pasos y decisiones.*

*A mi madre por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, por ser mi ejemplo a seguir, y ser el pilar fundamental por el cual he llegado a esta importante etapa de mi vida, a mis abuelos por siempre quererme y motivarme a ser mejor, a mi primo por ser mi hermano y mi amigo incondicional, a mi padre por apoyarme y a todos mis familiares, amigos y maestros que me han brindado de su tiempo, conocimiento y apoyo.*

*Finalmente, de manera muy especial lo dedico a mi esposa por entenderme y darme fuerza y a mi hija por ser mi más grande motivación y alegría.*

**Carlos Mauricio Espinoza Fajardo.**

# Índice de Contenido

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. OBJETIVOS.....	4
4.1. General .....	4
4.2. Específicos.....	4
5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE EL DESARROLLO DEL LENGUAJE Y LA TERAPIA DEL LENGUAJE.....	5
5.1. El Lenguaje .....	5
5.1.1. Aspectos Fundamentales .....	5
5.1.2. Dimensiones del Lenguaje .....	5
5.1.2.1. Componentes del Lenguaje .....	6
5.2. Trastorno del Lenguaje.....	6
5.2.1. Trastornos del Lenguaje en Niños.....	6
5.2.1.1. Retraso simple del Lenguaje (RSL) .....	6
5.2.1.2. Trastorno específico del lenguaje (TEL) o disfasia (TDL).....	6
5.2.1.3. Disartria .....	7
5.2.1.4. Dislalia .....	7
5.2.1.5. Tartamudez .....	7
5.2.1.6. Dislexia .....	7
5.2.1.7. Otros Trastornos.....	7
5.2.2. Métodos de Evaluación .....	8
5.2.2.1. Pruebas que Evalúan la Fonología .....	8
5.2.2.2. Pruebas que Evalúan la Morfosintaxis .....	8
5.2.2.3. Pruebas que Evalúan la Léxico-Semántico.....	8
5.2.2.4. Pruebas que Evalúan los niveles anteriores .....	8
5.2.2.5. PLON-R.....	9
5.2.3. Métodos de Intervención .....	9
5.2.3.1. Praxias Linguales .....	9
5.2.3.2. Estimulación de la Conciencia fonológica .....	9
5.2.3.3. Estimulación de la Conciencia semántica .....	10
5.2.3.4. Estimulación de la Conciencia Morfosintáctica.....	10
5.2.3.5. Estimulación de la Conciencia Pragmática .....	10
6. SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN Y ARBOLES DE DECISIÓN.....	11
6.1. Sistemas de Recomendación .....	11

6.1.1.	Arboles de Predicción.....	11
6.1.1.1.	Árboles de Regresión y Clasificación.....	11
6.1.1.2.	Construcción del Árbol.....	12
6.1.1.3.	Predicción.....	12
6.1.1.4.	Sobre Ajuste, Control de Tamaño y Podado.....	12
7.	DISEÑO Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA LÚDICA PARA LA ESTIMULACIÓN E INTERVENCIÓN DEL LENGUAJE.....	14
7.1.	Diseño y Construcción del Sistema Central.....	14
7.1.1.	Requerimientos para el Desarrollo del Sistema.....	14
7.1.2.	Diseño y construcción de la arquitectura tecnológica del sistema.....	14
7.1.3.	Especificaciones técnicas del Sistema.....	15
7.1.3.1.	Especificaciones de hardware.....	15
7.1.3.2.	Especificaciones de software.....	15
7.1.4.	Herramientas de software elegidas para el Desarrollo.....	15
7.1.4.1.	GDevelop.....	16
7.1.4.2.	Python.....	16
7.1.4.3.	ASP.Net MVC.....	16
7.1.4.4.	C#.....	16
7.1.4.5.	Type Ligth.....	16
7.1.4.6.	Inno Setup Compiler.....	17
7.1.4.7.	Intel XDK.....	17
7.1.4.8.	Website2Apk.....	17
7.1.4.9.	JavaScript.....	17
7.1.4.10.	Paquetes adicionales.....	17
7.1.4.10.1.	JQuery.....	18
7.1.4.10.2.	Graphviz.....	18
7.1.4.10.3.	Scikit-Learn.....	18
7.1.4.10.4.	NumPy.....	18
7.1.4.10.5.	Pandas.....	18
7.1.4.10.6.	SciPy.....	18
7.1.4.10.7.	Matplotlib.....	19
7.1.5.	Diagramas de Casos de Uso.....	19
7.1.6.	Diagramas de Secuencias.....	21
7.2.	Diseño e Implementación del Sistema.....	24
7.2.1.	Interfaz de Acceso.....	25
7.2.2.	Administración de Información.....	25



7.2.3.	Soporte a la Toma de Decisiones .....	26
7.2.4.	Base de Conocimiento.....	26
7.3.	Especificación de los Componentes Principales.....	26
7.3.1.	Especificación del Sistema Recomendador.....	26
7.3.2.	Especificación de los Datos.....	30
7.3.3.	Especificación del Sistema de Gestión.....	32
7.3.4.	Especificación del Software de Intervención.....	36
8.	EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS .....	42
8.1.	Pruebas.....	42
8.2.	Resultados .....	43
9.	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO.....	48
9.1.	Requerimientos técnicos para el uso.....	48
9.2.	Interfaz de Evaluación y Recomendación.....	48
9.3.	Informe Técnico.....	49
9.4.	Información Histórica.....	49
9.5.	Interfaz del Software de Intervención .....	50
9.5.1.	Página de Bienvenida.....	50
9.5.2.	Menú Inicial .....	51
9.5.3.	Mundo Praxias .....	51
9.5.4.	Mundo Fonológico.....	52
9.5.4.1.	Sonidos Onomatopéyicos .....	53
9.5.4.2.	Adivino el Sonido .....	53
9.5.4.3.	Fonemas.....	53
9.5.4.4.	Palabras que Suenan .....	54
9.5.4.5.	Discriminación Auditiva.....	55
9.5.5.	Mundo Semántico .....	55
9.5.6.	Mundo Morfosintáctico .....	56
9.5.7.	Mundo Pragmático .....	57
10.	CONCLUSIONES .....	58
11.	RECOMENDACIONES .....	59
12.	TRABAJO FUTURO .....	60
13.	REFERENCIAS .....	61

## Índice de Figuras

Figura 1. Dimensiones del Lenguaje.....	5
Figura 2. Estructura de Recomendador.....	11
Figura 3. Casos de Uso para Usuario Final.....	19
Figura 4. Diagrama secuencias –Registrar Perfil .....	22
Figura 5. Diagrama secuencias – Solicitar Recomendación.....	23
Figura 6. Diagrama secuencias – Generar Informe.....	23
Figura 7. Diagrama secuencias – Consultar Registro.....	24
Figura 8. Diagrama secuencias – Iniciar Intervención .....	24
Figura 9. Arquitectura del Sistema [1] .....	25
Figura 10. Importación de datos con Pandas .....	27
Figura 11. Importación de datos de prueba.....	27
Figura 12. Normalización de los datos .....	27
Figura 13. División de los datos de prueba .....	28
Figura 14. División del Corpus .....	28
Figura 15. Función para la Creación del Árbol de Clasificación.....	28
Figura 16. Matrices de Entrada y salida .....	29
Figura 17. Función para Entrenamiento y Predicción.....	29
Figura 18. Función para graficar árbol de Predicción .....	29
Figura 19. Estructura de datos personales.....	30
Figura 20. Estructura de nivel fonético .....	30
Figura 21. Estructura de nivel semántico .....	31
Figura 22. Estructura de nivel morfosintáctico.....	31
Figura 23. Estructura de nivel pragmático .....	32
Figura 24. Estructura de Praxias .....	32
Figura 25. Estructura General.....	33
Figura 26. Lista de modelos.....	33
Figura 27. Listado de Controladores .....	34
Figura 28. Obtención de la Predicción .....	34
Figura 29. Llenado del modelo.....	35
Figura 30. Listado de Vistas.....	36
Figura 31. Vista Parcial de Recomendación.....	36
Figura 32. Estructura de Menú.....	36
Figura 33. Niveles de Lenguaje.....	37
Figura 34. Escenas del Juego.....	38
Figura 35. Editor de Escenas GDevelop en Pagina de Bienvenida .....	38
Figura 36. Lenguaje Integrado GDevelop en Pagina de Bienvenida .....	39
Figura 37. GDevelop interactuando con JavaScript .....	39
Figura 38. Configuración para exportar usando Website2Apk.....	40
Figura 39. Interfaz de Intel XDK.....	40
Figura 40. Aplicación funcionando en simulador Android de Intel XDK .....	41
Figura 41. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 1.....	45
Figura 42. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 1.....	45
Figura 43. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 2.....	46
Figura 44. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 2.....	46
Figura 45. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 3.....	46
Figura 46. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 3.....	47

Figura 47. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 4.....	47
Figura 48. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 4.....	48
Figura 49. Formulario de Evaluación.....	48
Figura 50. Resultado de Recomendación .....	49
Figura 51. Informe de Recomendación .....	49
Figura 52. Interfaz de Información Histórica.....	50
Figura 53. Pagina de Bienvenida de Software de Intervención .....	50
Figura 54. Menú Inicial del Software de Intervención .....	51
Figura 55. Menú de Praxias en el Software de Intervención.....	52
Figura 56. Menú Fonológico en el Software de Intervención .....	52
Figura 57. Captura de Pantalla de Sonido Onomatopéyico .....	53
Figura 58. Captura de Pantalla de Adivino el Sonido .....	53
Figura 59. Captura de Pantalla de Lamina de Fonemas .....	54
Figura 60. Captura de Pantalla de Palabras que Suenan.....	55
Figura 61. Captura de Pantalla de Discrimino el Sonido .....	55
Figura 62. Captura de Pantalla del Mundo Semántico .....	56
Figura 63. Captura de Pantalla de Menú Morfosintácticos .....	56
Figura 64. Captura de Pantalla de Niveles Morfosintácticos.....	57
Figura 65. Captura de Pantalla de Mundo Pragmático .....	57

## Índice de Tablas

Tabla 1. Herramientas utilizadas .....	16
Tabla 2. Caso de Uso – Registrar Perfil. ....	20
Tabla 3. Caso de Uso –Solicitar recomendación.....	20
Tabla 4. Caso de Uso – Consultar Registro. ....	20
Tabla 5. Caso de Uso – Generar Informe.....	21
Tabla 6. Caso de Uso – Iniciar Intervención.....	21
Tabla 7. Evaluación de Fonemas en niños.....	42
Tabla 8. Evaluación de sinfonos en niños. ....	42
Tabla 9. Resultado de niños que superaron su dificultad en fonemas.....	43
Tabla 10. Resultado de niños que superaron su dificultad en sinfonos. ....	44

# **1. RESUMEN**

Actualmente el mundo está evolucionando en conjunto con las tecnologías de información y comunicación (TIC) y se ha convertido en una herramienta de apoyo clave para todas las personas. La incorporación de las TIC en el ámbito educacional resulta ser un elemento de gran importancia, pero a pesar de esto, aún existe pocos sistemas enfocados a brindar soporte a las terapias que se imparten a niños con diferentes trastornos de lenguaje.

Dentro del presente proyecto se presenta una propuesta, que servirá como un aporte para el área educacional y especialmente enfocada al campo de la educación inicial. Se encontró la necesidad de ayudar a los niños que tengan trastornos del lenguaje, siendo este un problema muchas veces ignorado o minimizado, pero que afecta de gran manera el desarrollo del niño, además con el proyecto se propone brindar una herramienta a los educadores parvularios y terapeutas de lenguaje, que les permita brindar a los niños un tratamiento adecuado y que pueda servir como alternativa a los tratamientos tradicionales realizados con láminas, que muchas veces terminan cansando al niño y reduciendo la efectividad del mismo.

El proyecto consta de una aplicación multiplataforma, la cual permite estimular los diferentes niveles de lenguaje según las necesidades de cada niño, para lograr esto se desarrolló un sistema recomendador el cual permite analizar los datos del niño y sugerir de esta manera la terapia optima que se debe realizar dentro del software de estimulación.

La aplicación va enfocada a niños con trastorno de lenguaje y como herramienta terapéutica para profesionales del área, pero también puede ser usado como material educativo o como software didáctico por cualquier otra persona.

## **2. ABSTRACT**

At present, a great social, economic and political transformation is taking place, motivated by the development of Information and Communication Technologies (ICT), and has become a key support tool for all people. The incorporation of ICT in the educational field turns out to be an element of great importance, but despite this, there are only few systems focused on providing support to therapies for children with different language disorders.

In the present project a proposal is presented, which will serve as a contribution for the educational area and especially focused on the initial education. The need to help children with language disorders was found, this problem is often ignored or minimized, but it greatly affects the child's development. In addition, the project aims to provide a tool to educators and speech therapists, allowing them to provide children with appropriate treatment and which can serve as an alternative to traditional treatments that often end up boring the child and reducing the effectiveness of the treatment. treatment.

The project consists of a multiplatform application, which allows to stimulate the different language levels according to the needs of each child, to achieve this a recommender system was developed which allows analyzing the child's data and suggesting in this way the optimal therapy that is must perform within the stimulation software.

The application is focused on children with language disorder and as a therapeutic tool for professionals, but it can also be used as educational material or as didactic software by any other person.

### **3. INTRODUCCIÓN**

El lenguaje constituye uno de los más importantes pilares en el desarrollo cognitivo, social y psicológico de niños. Sin embargo, hoy en día un porcentaje importante de niños sin discapacidades presentan trastornos de comunicación. Del mismo modo, en los países en desarrollo es difícil proporcionar servicios de rehabilitación personalizados por no tener el personal necesario para ello, además de contar con gran cantidad de estudiantes por aula y por la falta de tecnologías para apoyar estas actividades en las escuelas o en casa [1].

Según estudios publicados por la UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la infancia) en pruebas estandarizadas para la evaluación del lenguaje en niños de países Latinoamericanos, “a la edad de 3 años no son evidentes los problemas de lenguaje y esto no se descubre hasta que los niños entran a la escuela. En la etapa escolar muestran déficits al momento de reconocer frases básicas o localizar información” [1]. Otro estudio fue realizado en el 2014 “en escuelas rurales de la India en donde la mitad de los estudiantes de quinto grado fueron incapaces de leer un texto inferior para su edad, esto es, un texto básico de segundo grado. Lo mismo ocurre en Ecuador en donde se llevó a cabo un estudio en 2015 con 102 niños sobre las dificultades de lenguaje en niños de 4 años en la escuela Hernán Malo. Para ello los autores aplicaron el Test ELCE se obtuvieron los siguientes resultados: a nivel fonológico los niños presentan mayor dificultad en el fonema /r/ con el 13% de pronunciación incorrecta, seguidos de los fonemas /d/ y /x/ con el 8% de dificultad cada uno y por último el fonema /s/ con el 6 %. Se encuentra mayor dificultad en dífonos relacionados con el fonema /r/ entre ellos /dr/ con un 42% y /fr/ con un 35%” [1].

Es a partir de dicha necesidad que nace el presente proyecto, con esto se propone un sistema inteligente que permita estimular los diferentes niveles del lenguaje, siendo estos el fonológico, el semántico, el morfosintáctico y el pragmático. La propuesta consta de una aplicación lúdica y un módulo recomendador que permite mediante inteligencia artificial obtener el método de terapia adecuado acorde a las necesidades específicas de cada niño.

Para ello se ha contado con la intervención de expertos en el campo, tanto profesores y estudiantes de la carrera de educación inicial como con educadores parvularios, que nos han facilitado la información referente a las características necesarias con las que el software debería contar y la forma en la que la aplicación debería verse e interactuar con el niño.

En las siguientes páginas se verá más a fondo la forma en la que se realizó este proyecto, las herramientas utilizadas, su estructura y funcionamiento, esperando que pueda servir como base para trabajos futuros y como material guía para quien lo necesite.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

Diseñar y desarrollar una herramienta lúdica informática para estimular e intervenir los niveles de lenguaje en niños desde los 4 a 5 años

### **4.2. Específicos**

- Investigar y conocer los aspectos fundamentales del desarrollo del lenguaje y sus niveles en niños entre 4 y 5 años.
- Conocer y estudiar las estrategias de intervención para niños de 4 a 5 años con trastornos de lenguaje.
- Determinar las actividades y niveles de intervención del lenguaje para los cuales se desarrollarán módulos de soporte informático.
- Desarrollar un conjunto de módulos de soporte lúdico pedagógico para la estimulación e intervención del lenguaje.
- Desarrollar un módulo de recomendación basado en inteligencia artificial para sugerir actividades terapéuticas en el área de lenguaje para niños de 4 a 5 años.
- Diseñar y ejecutar un plan de experimentación que permita validar la funcionalidad de la herramienta lúdica desarrollada.
- Elaborar los manuales, técnico y de usuario de la aplicación desarrollada.



## **5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE EL DESARROLLO DEL LENGUAJE Y LA TERAPIA DEL LENGUAJE**

### **5.1. El Lenguaje**

#### **5.1.1. Aspectos Fundamentales**

“El lenguaje es sin lugar a duda una de las herramientas principales que los seres humanos poseemos para comunicar nuestros pensamientos, sentimientos etc., siendo la que define a la especie humana. Considerando al lenguaje como la generación y el entendimiento de un idioma, se podría decir que evoluciona a la par con el avance de la especie humana” [2]. Si los niños no son iguales, no existe razón para que tengan que aprender con los mismos métodos, “no pueden ni necesitan alcanzar las mismas metas durante el mismo plazo” [2]. “Sin embargo, todos los niños siguen una progresión natural para dominar las habilidades del lenguaje” [3].

El aprendizaje del lenguaje en los niños “se caracteriza por una mayor susceptibilidad a condiciones ambientales inadecuadas que pueden retrasar o bloquear la adquisición de algunas habilidades, aunque la capacidad adaptativa del sistema nervioso central en cualquier niño sin problemas de desarrollo permite una reorganización funcional de la que comenzamos a carecer a partir de los seis años de vida” [4]. Debido a esto es necesario aprovechar esta etapa para estimular a los niños en los diferentes niveles y dimensiones del lenguaje.

#### **5.1.2. Dimensiones del Lenguaje**

“El lenguaje es un conjunto de reglas muy complejo y para poder entenderlo es preciso analizar sus dimensiones funcionales, dividiéndolo en: contenido, abarca el significado lingüístico o semántica, la forma, que contiene la sintaxis, la morfología, fonología, siendo los componentes que enlazan los sonidos con símbolos en un orden determinado, mientras que el uso se denomina la interpretación de los enunciados” [5]. En la Figura 5 se pueden apreciar cómo se conforman las dimensiones del lenguaje.



Figura 1. Dimensiones del Lenguaje.

### **5.1.2.1. Componentes del Lenguaje**

“El lenguaje presenta los siguientes componentes, el fonético, el fonológico, el pragmático, el semántico y morfosintáctico” [6].

“El componente fonológico es el estudio de la estructuración de los sonidos en un sistema de acuerdo con sus caracteres articulatorios y de la distribución de los contextos en que pueden surgir”. Es decir, el propósito de este es tratar de entender cómo los sonidos influyen unos sobre otros, logrando el entendimiento en los datos fonéticos y estudiando elementos que puedan identificar el mismo sonido” [5].

“La fonética abarca al conjunto de sonidos de una lengua desarrollándose por medio de la imitación y su combinación en las palabras” [5].

La morfosintaxis, “trabaja tanto en la descripción de la estructura interna de las palabras como en las reglas para combinarlas en oraciones” [6].

La semántica, estudia el significado de las palabras y las organizaciones que pueden tener estas [5].

La pragmática “estudia el uso del lenguaje en contextos sociales, situacionales y comunicativos, es decir, analiza las reglas que explican o regulan el uso intencional del lenguaje, tratándose de un sistema social compartido que dispone de normas para su correcta utilización en contextos concretos” [5,6].

## **5.2. Trastorno del Lenguaje**

### **5.2.1. Trastornos del Lenguaje en Niños**

“Los problemas del lenguaje pueden afectar el habla, la escritura, la lectura, el ritmo, la comprensión y en muchas ocasiones varios de ellos combinados” [7], algunos de los trastornos para los cuales la herramienta puede ayudar como método de intervención serán revisados a continuación.

#### **5.2.1.1. Retraso simple del Lenguaje (RSL)**

“El retraso simple del lenguaje es una disfunción de tipo evolutivo con desfase cronológico, que suele afectar a más de uno de los niveles del lenguaje (fonológico, morfosintáctico, semántico y pragmático), siendo la parte fonológica y la sintaxis los más afectados; puede aparecer durante el crecimiento del niño” [7]. El software permite al niño igualarse con respecto a su cronología de lenguaje ya que el sistema fue diseñado para estimular todos los niveles de lenguaje.

#### **5.2.1.2. Trastorno específico del lenguaje (TEL) o disfasia (TDL)**

“El TEL consiste en una alteración o un retraso en el desarrollo receptivo y/o expresivo del lenguaje oral, que afecta tanto a la adquisición como al desarrollo de este desde sus inicios, manifestando dificultades significativas y consecuencias cognitivas, comunicativas y sociales.” [7,8]

El software permite estimular todos los niveles de lenguaje, empleando apoyos visuales y sonoros, para así mejorar las habilidades lingüísticas del niño.

### **5.2.1.3. Disartria**

“Trastorno neuromuscular que afecta a la articulación de la palabra. Los músculos de la boca, la cara y el sistema respiratorio se pueden debilitar, moverse con lentitud o no moverse en absoluto después de un derrame cerebral u otra lesión cerebral” [7].

El software, mediante las praxias permite ejercitar los músculos de la boca, sistema respiratorio y permite mejorar la pronunciación.

### **5.2.1.4. Dislalia**

“En general, es transitoria y consiste en la dificultad para pronunciar diferentes fonemas o grupos de fonemas, bien por ausencia o alteración de algunos sonidos concretos” [7].

El software permite estimular la capacidad del niño de producir sonidos, ejercita los músculos de la boca, lengua y labios, se indica la manera correcta de pronunciar los sonidos y fonemas complejos reforzándolo con juegos.

### **5.2.1.5. Tartamudez**

“Es la deficiencia o problema de la fluidez de la palabra, se acompañan de tensión muscular en cara y cuello, miedo y estrés, ocasionado por factores orgánicos, psicológicos o sociales” [7].

El software permite al niño practicar en un ambiente relajado, de baja presión, estando solo o acompañado, de esta manera ganará confianza, estimulará su lenguaje y ejercitará los músculos bucales y faciales.

### **5.2.1.6. Dislexia**

“La dislexia es una condición cerebral que dificulta la lectura, la escritura y algunas veces, el habla, esto puede incluir hacer coincidir el sonido de una letra con su símbolo. Los niños disléxicos suelen presentar un retraso del lenguaje que afecta a los procesos fonológicos, semánticos y sintácticos” [7].

El software permite ejercitar la asociación de palabras y letras con sus respectivos sonidos (decodificación), además ayuda con la fonología y semántica.

### **5.2.1.7. Otros Trastornos**

Existen trastornos que requieren un tratamiento multidisciplinario en donde la aplicación no puede cubrir los requerimientos, pero puede servir como tratamiento de los síntomas que se derivan del trastorno principal, algunos de estos son: el Trastorno del Espectro Autista (TEA), Discapacidad Intelectual, Afasia Expresiva, etc., para estos la aplicación puede servir como una herramienta de estímulo complementario, pudiendo ser usada directa o

indirectamente por el niño, dependiendo de sus habilidades y sirviendo además como método de apoyo y distracción [7,8].

## **5.2.2. Métodos de Evaluación**

### **5.2.2.1. Pruebas que Evalúan la Fonología**

“El Registro Fonológico Inducido evalúa la fonología en expresión inducida y en repetición, para niños de 3 a 7 años” [7,8].

“La Evaluación Fonológica Del Habla Infantil combina la parte teórica y práctica ofreciendo las herramientas necesarias para evaluar el habla y diagnosticar los trastornos fonéticos-fonológicos en la infancia” [7,8].

“La Prueba de Articulación de Fonemas (PAF) evalúa la pronunciación de fonemas y permite identificar la dislalia en niños entre 5 y 8 años” [7,8].

“La Evaluación Logopédica de la Articulación (ELA-R) evalúa las habilidades fonético-articulatorias usando lenguaje inducido y lenguaje repetitivo en niños a partir de 2 años” [7,8].

“La Escala de Evaluación del Desarrollo Articulatorio (EDA), se divide en dos, “A” evalúa la capacidad articuladora de 1 a 5 años y “B” de 3 a 5 años” [7,8].

“La Evaluación de la Discriminación Auditiva y Fonológica (EDAF) permite la detección de déficit en el ámbito de la discriminación auditiva y fonológica en niños de 3 a 8 años” [7,8].

### **5.2.2.2. Pruebas que Evalúan la Morfosintaxis**

“El Manual de Evaluación TSA (Test de Sintaxis de Aguado) evalúa el desarrollo de la morfosintaxis en niños de 3 a 7 años” [7,8].

“El Test de Comprensión de Estructuras Gramaticales CEG evalúa la comprensión gramatical en niños de 4 a 11 años” [7,8].

### **5.2.2.3. Pruebas que Evalúan la Léxico-Semántico**

“El Test de Vocabulario en Imágenes Peabody utilizado para la comprensión léxica y vocabulario receptivo para personas entre 2,5 a 90 años” [7,8].

“El Test Boehm De Conceptos Básicos evalúa la comprensión léxica para niños de 4 a 7 años” [7,8].

### **5.2.2.4. Pruebas que Evalúan los niveles anteriores**

“La Prueba de Lenguaje Oral Navarra PLON evalúa el lenguaje en sus tres componentes (forma, contenido y uso), utilizado en niños de 3 a 6 años” [7,8].

“El Test Illinois De Aptitudes Psicolingüísticas ITPA evalúa las habilidades psicolingüísticas en niños de 3 a 10 años” [7,8].

“La Prueba de Batería De Lenguaje Objetiva y de Criterio BLOC evalúa el lenguaje en sus cuatro módulos (morfología, sintaxis, semántica y pragmática) en niños de 5 a 14 años” [7,8].

“La Exploración Del Lenguaje Comprensivo Y Expresivo ELCE evalúa el lenguaje comprensivo y expresivo en niños de 2 años y medio a 9 años” [7,8].

“La Evaluación de Escala del lenguaje infantil ELI evalúa los componentes del lenguaje implicados en los procesos de comunicación y retraso en niños de 0 a 6 años” [7,8].

#### **5.2.2.5. PLON-R**

Para el proceso de evaluación de la población conformada por niños de 4 a 5 años, se tomó el test PLON-R (Prueba de Lenguaje Oral Navarra) “que evalúa los componentes fonético-fonológico, morfosintáctico y semántico. Al tratarse de una prueba en castellano, de una duración breve, con un formato lúdico y completo (abarca todas las dimensiones del lenguaje: forma - contenido - uso), se consideró el más adecuado” [9].

PLON-R constan de tres bloques [9]:

- Forma: “Aspectos formales del lenguaje; es decir, fonología (articulación) y morfología-sintaxis (imitación y producción sugerida tanto por imágenes como por enunciados incompletos)”.
- Contenido: “Aspectos semánticos; es decir, nivel de conocimiento de palabras (léxico, colores, relaciones espaciales, partes del cuerpo, acciones y necesidades básicas, opuestos)”.
- Uso: “Funciones del lenguaje; es decir, comprensión, planificación, adaptación y autorregulación”.

### **5.2.3. Métodos de Intervención**

#### **5.2.3.1. Praxias Linguales**

Las praxias linguales consisten en lo siguiente [10]:

- “Meter y sacar la lengua con la boca abierta”.
- “Realizar movimientos con la lengua de arriba abajo”.
- “Con la boca entreabierta, mover la lengua de izquierda a derecha tocando la comisura de los labios”.
- “Con la punta de la lengua, empujamos las mejillas hacia fuera”.
- “Realizar movimientos con la lengua de abajo a arriba, por detrás de los incisivos, tanto inferior como superior”.
- “Lamer el labio con la punta de la lengua. El ejercicio debe hacerse tanto con el labio inferior como el superior”.
- “Abrir la boca ampliamente y lamer los labios superiores e inferiores con un amplio movimiento en círculo”.
- “Con la boca entreabierta, dejar la lengua ancha y relajada. Después, estrecha y tensa”.

#### **5.2.3.2. Estimulación de la Conciencia fonológica**

La estimulación de la conciencia fonológica se puede realizar a través de las siguientes actividades [11]:

- Discriminar e identificar fonemas.
- Reproducir e imitar fonemas.
- Recordar el fonema que falta de la serie dada.
- Identificar el sonido que se añadió en la serie.
- Asociar el fonema con su correspondiente grafía o imagen.
- Imitar la secuencia rítmica.
- Imitar el sonido del animal u objeto.

#### **5.2.3.3. Estimulación de la Conciencia semántica**

Adquisición de vocabulario de los siguientes temas [12]:

- Las partes de la casa.
- Los animales.
- Las prendas de vestir.
- La familia.
- El aula.
- Los alimentos.
- Juegos y juguetes.
- Las profesiones.
- Los medios de Comunicación.

#### **5.2.3.4. Estimulación de la Conciencia Morfosintáctica**

La estimulación de la conciencia morfosintáctica se puede realizar a través de las siguientes actividades [13]:

- Emitir las primeras palabras funcionales (nombres, verbos y adverbios).
- Combinar el uso de palabras.
- Comprensión de las primeras interrogativas (Qué, quién cuál).
- Emitir frases que constan de dos y tres elementos (Pronombre, verbo y complemento).
- Adquisición y uso de las primeras flexiones (plural).
- Uso de negación.
- Uso de cualidades y/o propiedades de animales, personas y objetos.

#### **5.2.3.5. Estimulación de la Conciencia Pragmática**

La estimulación de la conciencia pragmática se puede realizar a través de las siguientes actividades [14]:

- Aplicar lo aprendido con los niveles anteriores en un contexto práctico.
- Facilitar un espacio tranquilo y de confianza en donde el niño pueda expresarse seguro y con confianza.
- Reforzar positivamente y pedir que lo siga intentando.

## 6. SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN Y ARBOLES DE DECISIÓN

### 6.1. Sistemas de Recomendación

Los sistemas de recomendación (RS) son un campo emergente de la inteligencia artificial, su evolución en el sector de la educación promete aumentar y mantener la generación de tendencias innovadoras, logrando así una “masificación personalizada” en donde cada persona es atendida según sus características y estilo de aprendizaje. De forma general se puede definir a un sistema recomendador como una entidad cuyo propósito principal es el de sugerir temas o actividades, esto variaría según el propósito para el que fue creado y siempre basándose en las características del usuario [15].

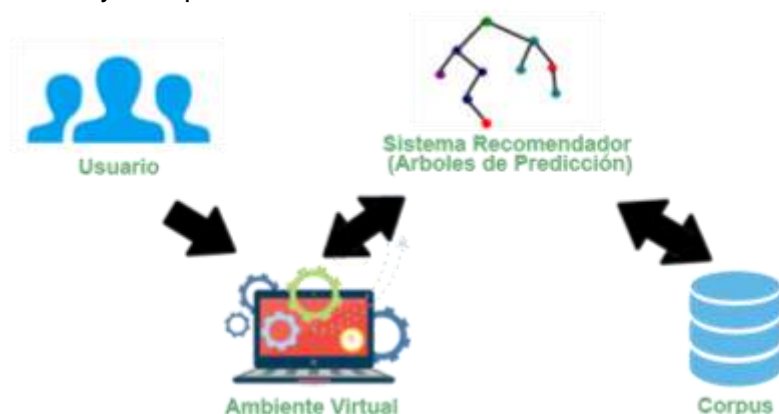


Figura 2. Estructura de Recomendador.

#### 6.1.1. Árboles de Predicción

Los árboles de decisión se pueden definir como la unión de técnicas matemáticas y computacionales para facilitar la descripción, categorización y generalización de un conjunto dado de datos [16].

Los métodos basados en árboles (o árboles de decisión) son muy populares en data mining y análisis de datos, esto debido a los buenos resultados que ofrecen sin importar el ámbito en donde se apliquen y pudiendo además ser usados tanto para clasificación como para regresión [16].

##### 6.1.1.1. Árboles de Regresión y Clasificación

“Los árboles de regresión y clasificación se basan en separar el espacio de los predictores en una serie de regiones simples que incluyan registros con valores similares para la variable respuesta. Cuando la variable respuesta es numérica hablamos de árboles de regresión, mientras que para las variables categóricas se analiza usando árboles de clasificación” [16]. Ambos métodos

tienen un funcionamiento muy parecido: “para hacer una predicción de una determinada observación, utilizaremos la media (o la moda) de las observaciones que se encuentran en la misma región del espacio multidimensional de predictores. Las reglas que se utilizan para dividir el espacio de predictores pueden ser representadas en forma de árbol”; de ahí el nombre de estos métodos [16,17].

#### **6.1.1.2. Construcción del Árbol**

Para construir un árbol de clasificación se emplea el método de división binario recursivo, sin embargo, como la variable respuesta es cualitativa, no es posible emplear la suma de cuadrados residual como criterio de selección de las divisiones óptimas. Existen varias alternativas, todas ellas con el objetivo de encontrar nodos lo más puros y homogéneos posible, siendo las más empleadas [17,18]:

Gini index, al seleccionar dos elementos de una población al azar deben ser de la misma clase y tener la misma probabilidad.

Chi-square, averigua la significación estadística entre las diferencias entre los nodos secundarios y el nodo padre.

Information gain: cross entropy, si la muestra es completamente homogénea, la entropía es cero, caso contrario tiene entropía de uno, la entropía es una medida de incertidumbre, las variables con mayor entropía aportan mayor información.

#### **6.1.1.3. Predicción**

Tras la creación de un árbol, las observaciones de entrenamiento quedan agrupadas en los nodos terminales. “Para predecir una nueva observación, se recorre el árbol en función del valor de sus predictores hasta llegar a uno de los nodos terminales. En el caso de clasificación, suele emplearse la moda de la variable respuesta como valor de predicción, es decir, la clase más frecuente del nodo. Además, puede acompañarse con el porcentaje de cada clase en el nodo terminal, lo que aporta información sobre la confianza de la predicción” [17,18].

#### **6.1.1.4. Sobre Ajuste, Control de Tamaño y Podado**

El proceso de construcción de árboles “tiende a reducir rápidamente el error de entrenamiento, es decir, el modelo se ajusta muy bien a las observaciones empleadas como entrenamiento” [18]. Como consecuencia, se genera un sobre ajuste que reduce su capacidad predictiva al aplicarlo a nuevos datos. La razón de este comportamiento radica en la “facilidad con la que los árboles se ramifican adquiriendo estructuras complejas” [18]. De hecho, si no se limitan las divisiones, todo árbol termina ajustándose perfectamente a las observaciones de entrenamiento creando un nodo terminal por observación. Existen dos estrategias para prevenir el problema de sobre ajuste de los árboles: limitar el tamaño del árbol usando reglas de parada para evitar el crecimiento excesivo y el proceso de podado (pruning) que deja crecer el árbol para así seleccionar la estructura robusta donde menor error existe [17,18].





## **7. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA LÚDICA PARA LA ESTIMULACIÓN E INTERVENCIÓN DEL LENGUAJE**

### **7.1. Diseño y Construcción del Sistema Central**

#### **7.1.1. Requerimientos para el Desarrollo del Sistema**

Antes de empezar se debe conocer que el sistema está enfocando en niños con trastornos de lenguaje, lo que se intenta es brindar una herramienta lúdica, que permita estimular su lenguaje y así mejorar el déficit causado por el trastorno.

Por tal motivo, se consultó con profesionales en el área de la educación inicial, psicólogos infantiles y expertos en el ámbito de la estimulación infantil de la Universidad del Azuay, de modo que los mismos nos pudieron brindar una orientación más precisa, en cuanto a los requerimientos que debe cumplir el sistema para poder ajustarse a la necesidad planteada. De igual forma, fue factible determinar características, en cuanto a su complejidad, usabilidad, interacción, precisión y calidad.

El aporte brindado por estos profesionales fue un aspecto clave, permitiéndonos conocer con mayor detalle bajo qué parámetros y métricas se debería desarrollar el sistema, y así obtener el mayor beneficio de este.

#### **7.1.2. Diseño y construcción de la arquitectura tecnológica del sistema**

El sistema fue desarrollado en un inicio como aplicación de escritorio para el sistema operativo Windows, pero debido a las necesidades cambiantes de los usuarios se construyó como una aplicación web, exportable a multiplataforma, la cual abarque los siguientes sistemas operativos: Windows, GNU/Linux, Android y también accesible mediante navegador. De esta manera, facilitamos la obtención del software y permitimos que la aplicación pueda ser usada por un mayor número de personas, en centros educativos, por padres de familia y por cualquier persona interesada en la estimulación del lenguaje.

Para el juego se utilizó GDevelop, herramienta gratuita y de código abierto, enfocada en el desarrollo de juegos 2D, utiliza JavaScript como lenguaje nativo y una interfaz intuitiva para la generación de escenarios.

En la parte del sistema recomendador se utilizó Python, lenguaje de programación muy completo, con estructuras de datos eficaces y de alto nivel, y para completar se usaron las herramientas de minería y análisis de datos que aportan librerías como Scikit-Learn.

Para la aplicación web y la interfaz de usuario para el sistema se utilizó MVC (Modelo Vista Controlador) en el framework .NET con C# como lenguaje base, este

interactúa con el recomendador desarrollado en Python para realizar las consultas de manera dinámica y obtener las predicciones realizadas.

### 7.1.3. Especificaciones técnicas del Sistema

#### 7.1.3.1. Especificaciones de hardware

Se trabajó básicamente con lo disponible dentro de un ordenador personal:

- **Procesador:** Intel Core I5
- **Memoria RAM:** Mínimo 1GB
- **Disco Duro:** Mínimo 4GB

#### 7.1.3.2. Especificaciones de software

Dentro del software empleado podemos observar lo siguiente:

- **Sistema operativo:** Windows 10

Se trabajó con Windows por haber sido el sistema para el cual estaba enfocado el software en un inicio, se continuó en este debido a que la base de software para el desarrollo ya estaba implementada en el sistema, pero todas las herramientas usadas pueden ser instaladas y configuradas en sistemas operativos GNU/Linux y MacOS.

### 7.1.4. Herramientas de software elegidas para el Desarrollo

Para el sistema que se desea desarrollar se utilizaron las siguientes herramientas:

Herramienta	Versión	Sitio de descarga
Python	2.3	<a href="https://www.python.org/download/releases/2.3/">https://www.python.org/download/releases/2.3/</a>
Scikit-Learn	0.18.1	Gestor de paquetes Anaconda
Graphviz	2.38	<a href="https://www.graphviz.org/download/">https://www.graphviz.org/download/</a>
Visual Studio	2015	<a href="https://visualstudio.microsoft.com/">https://visualstudio.microsoft.com/</a>
Type Ligth	3.2	<a href="https://www.cr8software.net/typelight.html">https://www.cr8software.net/typelight.html</a>
GDevelop	4.0.94	<a href="https://gdevelop-app.com/">https://gdevelop-app.com/</a>
jQuery	v2.1.4	<a href="https://code.jquery.com/jquery/">https://code.jquery.com/jquery/</a>
Inno Setup	1.1	<a href="http://jrsoftware.org/isdl.php">http://jrsoftware.org/isdl.php</a>
SublimeText	2.1	<a href="https://www.sublimetext.com/2">https://www.sublimetext.com/2</a>
Intel XDK	3641	<a href="https://software.intel.com/en-us/xdk">https://software.intel.com/en-us/xdk</a>
Website2Apk	2.4	<a href="https://websitetoapk.com/download.html">https://websitetoapk.com/download.html</a>
Firefox	60.0.2	<a href="https://www.mozilla.org/firefox">https://www.mozilla.org/firefox</a>
Anaconda	1.6.4	<a href="https://www.anaconda.com/download/">https://www.anaconda.com/download/</a>
Jupyter Notebook	4.3.1	Gestor de paquetes Anaconda

Tabla 1. Herramientas utilizadas

#### **7.1.4.1. GDevelop**

La herramienta gratuita y de código abierto GDevelop, está enfocada en el desarrollo de juegos 2D, utiliza JavaScript como lenguaje nativo y una interfaz intuitiva para la generación de escenarios. Esta herramienta fue utilizada como software base para la creación del juego lúdico debido a su facilidad de uso para escenarios básicos y su adaptabilidad al ser de código abierto y permitir la integración con software externo y librerías para JavaScript,

#### **7.1.4.2. Python**

Python es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y multipropósito. Se eligió Python para el desarrollo del recomendar por ser uno de los lenguajes más populares para la informática científica, gracias a su naturaleza interactiva de alto nivel y su ecosistema de bibliotecas científicas en desarrollo, siendo una opción atractiva para el desarrollo algorítmico y el análisis de datos exploratorios [19,20].

#### **7.1.4.3. ASP.Net MVC**

“ASP.NET MVC es un marco de aplicaciones web desarrollado por Microsoft que implementa el patrón modelo vista controlador (MVC). Es un software de código abierto, separado del componente ASP.NET Web Forms que es propietario” [21].

Se eligió esta herramienta ya que nos permite desarrollar un sistema adecuado con respecto a las necesidades del usuario, intuitivo, con buen diseño y fácil de usar y además por el fácil mantenimiento que se le puede dar al software, la sencillez para la representación de datos, la facilidad para la realización de pruebas y por la reutilización de componentes que esta provee.

#### **7.1.4.4. C#**

“C# es un lenguaje elegante, con seguridad de tipos y orientado a objetos, que permite a los desarrolladores crear una gran variedad de aplicaciones seguras y sólidas que se ejecutan en .NET Framework, se puede usar C# para crear aplicaciones cliente de Windows, servicios web XML, componentes distribuidos, aplicaciones cliente-servidor, aplicaciones de base de datos y varios tipos de aplicaciones más” [22].

#### **7.1.4.5. Type Ligth**

Es una herramienta gratuita para la administración de fuentes tipográficas, esta se utilizó para la creación de caracteres y edición de algunos existentes, para de esta manera completar el formato tipográfico usado en la aplicación [23].

#### **7.1.4.6. Inno Setup Compiler**

Es una herramienta para el empaquetamiento de archivos, el cual permite crear instaladores para la plataforma de Windows, es gratuita y fácil de usar, permite registrar el nombre, logo, número de versión y la ruta en donde se instalará la aplicación. Se usó para empaquetar los archivos del software de intervención y de esta manera facilitar la instalación al usuario [23].

#### **7.1.4.7. Intel XDK**

Herramienta gratuita de Intel que permite el desarrollo de aplicaciones HTML5 con la facilidad de exportarlas a otras plataformas de manera segura con Apache Cordova, lamentablemente la aplicación está descontinuada por lo que se usó como complemento Website2Apk [23].

#### **7.1.4.8. Website2Apk**

Este es un software gratuito poco conocido, el cual permite exportar aplicaciones HTML5 y empaquetarlas en instaladores para los dispositivos de la plataforma Android [23].

#### **7.1.4.9. JavaScript**

Es un lenguaje de programación interpretado, implementado en sus inicios como parte de los navegadores web para que los scripts puedan ser ejecutados del lado del cliente, actualmente es el principal lenguaje para la programación del lado del cliente y con creciente uso del lado del servidor con NodeJS [24].

JavaScript con HTML5 fueron elegidos para el desarrollo del juego debido a la gran portabilidad que estos poseen, pudiendo ser exportados a la mayoría de las plataformas existentes.

#### **7.1.4.10. Paquetes adicionales**

Estos paquetes son requeridos como complemento de los lenguajes base, para aumentar las funcionalidades de estos y permitir así el cumplimiento de los requisitos funcionales de la aplicación.

#### **7.1.4.10.1. JQuery**

“Es una librería multiplataforma de JavaScript, que permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, manipular el árbol DOM, manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción mediante AJAX a páginas web” [24].

#### **7.1.4.10.2. Graphviz**

Es una herramienta de código abierto para la visualización de gráficos, estos gráficos representan información estructurada “como diagramas de red y nodos. Tiene importantes aplicaciones en redes, bioinformática, ingeniería de software, diseño de bases de datos, web, aprendizaje automático e interfaces visuales para otros dominios técnicos” [25].

#### **7.1.4.10.3. Scikit-Learn**

Es una herramienta de código abierto simple, eficiente y muy potente, enfocada en la minería y el análisis de datos, creado usando como base NumPy, SciPy y Matplotlib [20,26].

#### **7.1.4.10.4. NumPy**

Agrega compatibilidad a Python para el tratamiento de matrices de gran tamaño y multidimensionales, junto con una gran biblioteca de funciones matemáticas de alto nivel para operar en estas matrices [20,26].

#### **7.1.4.10.5. Pandas**

Esta librería de software fue creada para la manipulación y análisis de datos en Python. Ofrece estructuras de datos y operaciones para manipular tablas numéricas y series de tiempo [20, 26].

#### **7.1.4.10.6. SciPy**

Esta es una colección de algoritmos y funciones matemáticas basadas en la extensión NumPy de Python. Agrega una potencia significativa a Python al proporcionar al usuario comandos y clases de alto nivel para manipular y visualizar datos [20,26].

### 7.1.4.10.7. Matplotlib

Matplotlib es una librería de Python para la creación de gráficos 2D, produce gráficos de calidad en una variedad de formatos impresos y entornos interactivos en todas las plataformas [26].

### 7.1.5. Diagramas de Casos de Uso

- ✓ **Usuario Final:** tendrá la posibilidad de registrar el perfil del niño a analizar, solicitar la sesión de terapia recomendada según el perfil de este, consultar el registro histórico usado como base de conocimiento, podrá generar informes e iniciar la sección de intervención a manera de juego lúdico (Figura 2).

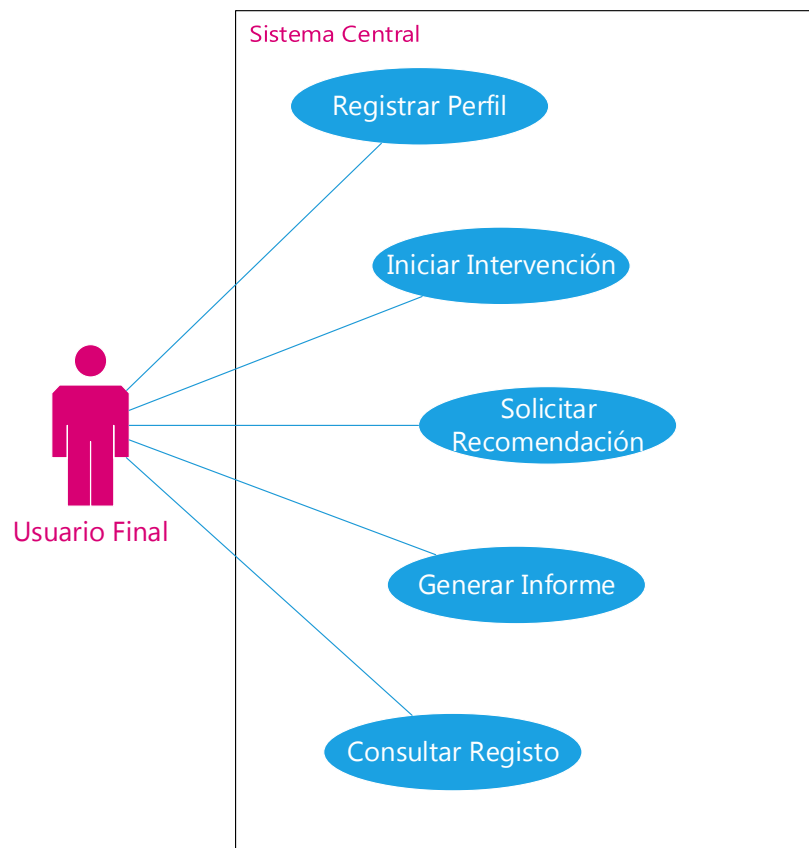


Figura 3. Casos de Uso para Usuario Final

<b>Nombre</b>	CU1. Registrar Perfil
<b>Actor</b>	Usuario Final
<b>Descripción</b>	Ingresar la información del niño y las dificultades fonéticas que posea.
<b>Precondiciones</b>	

<b>Flujo Normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Actor ingresa al sistema.</li> <li>2. Completa el formulario con la información del niño.</li> <li>3. Verifica que no exista errores en el formulario.</li> <li>4. Revisa que se haya completado el proceso correctamente.</li> </ol>
<b>Flujo Alternativo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Actor ingresa al sistema.</li> <li>2. Completa el formulario de información del niño.</li> <li>3. Verifica que no exista errores en el formulario.</li> <li>4. Corrige los errores que muestra la interfaz.</li> </ol>
<b>Post condición</b>	✓ Formulario llenado correctamente y listo para ser enviado

Tabla 2. Caso de Uso – Registrar Perfil.

<b>Nombre</b>	CU2. Solicitar recomendación
<b>Actor</b>	Usuario Final
<b>Descripción</b>	Este proceso permite al usuario obtener la lista de actividades recomendadas según el formulario llenado previamente con la información del niño.
<b>Precondiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de Perfil del niño realizado correctamente.</li> <li>• Actor se encuentra dentro del sistema</li> </ul>
<b>Flujo Normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor Ingresa a la página principal</li> <li>2. El actor selecciona solicitar la lista de predicciones.</li> <li>3. El sistema analiza el perfil y devuelve el listado de recomendaciones, de manera visible y detallada de cada una de las actividades.</li> </ol>
<b>Flujo Alternativo</b>	
<b>Post condición</b>	✓ Listado de actividades a realizar según perfil del niño

Tabla 3. Caso de Uso –Solicitar recomendación.

<b>Nombre</b>	CU3. Consultar Registro
<b>Actor</b>	Usuario Final
<b>Descripción</b>	Esta opción permite al usuario obtener un listado de la información histórica utilizada para predicción de las actividades.
<b>Precondiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actor se encuentra dentro del sistema.</li> </ul>
<b>Flujo Normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor selecciona la opción de consultar información histórica.</li> <li>2. Puede seleccionar ordenar y filtrar los perfiles registrados pudiendo analizar de manera visual las características de estos.</li> </ol>
<b>Flujo Alternativo</b>	
<b>Post condición</b>	✓ Listado de Perfiles

Tabla 4. Caso de Uso – Consultar Registro.

<b>Nombre</b>	CU4. Generar Informe
<b>Actor</b>	Usuario Final
<b>Descripción</b>	Esta opción permite al usuario generar un informe en donde se indica los datos de entrada que usaron para el análisis y la manera en la que el sistema fue tomando las decisiones, en conjunto con el diagrama de la estructura del árbol y la matriz



	de confusión de cada una de estas decisiones.
<b>Precondiciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actor se encuentra dentro del sistema.</li> <li>• Registro de Perfil del niño realizado correctamente.</li> <li>• Se solicitó la lista de recomendaciones.</li> </ul>
<b>Flujo Normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El actor selecciona la opción de generar informe</li> <li>2. Podrá seleccionar y ajustar el modo de visualización</li> <li>3. Podrá exportar y guardar el informe generado en formato PDF, DOCX, XLS, PNG, etc.</li> </ol>
<b>Flujo Alternativo</b>	
<b>Post condición</b>	✓ Reporte generado

Tabla 5. Caso de Uso – Generar Informe.

<b>Nombre</b>	CU5. Iniciar Intervención
<b>Actor</b>	Usuario Final
<b>Descripción</b>	Esta opción permite al usuario acceder al juego lúdico para la intervención, mediante el cual se puede estimular los niveles de lenguaje semántico, fonético, morfosintáctico y pragmático.
<b>Precondiciones</b>	
<b>Flujo Normal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Actor ingresa al sistema</li> <li>4. Da clic en la opción ir al Juego.</li> <li>5. Aquí el actor tiene la posibilidad de seleccionar el nivel de lenguaje en el cual se quiere trabajar.</li> </ol>
<b>Flujo Alternativo</b>	
<b>Post condición</b>	✓ Interfaz de intervención

Tabla 6. Caso de Uso – Iniciar Intervención.

### 7.1.6. Diagramas de Secuencias

En la Figura 3 se muestra el diagrama de secuencia para la realización del registro de perfil por parte del usuario.

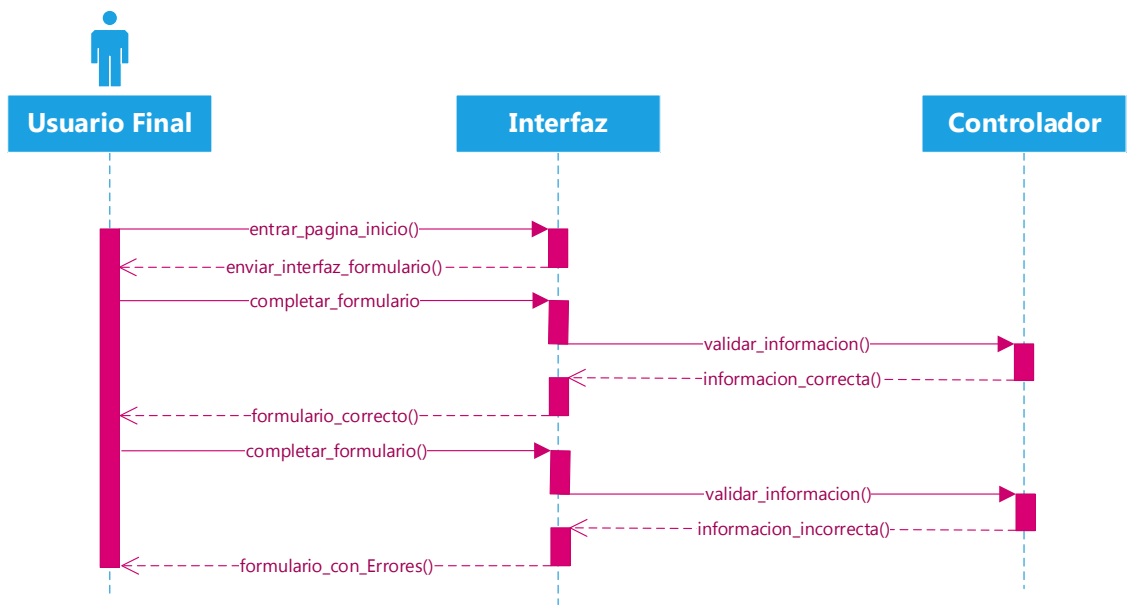


Figura 4. Diagrama secuencias –Registrar Perfil

En la Figura 4 se muestra el diagrama de secuencia para que el usuario pueda solicitar la recomendación.

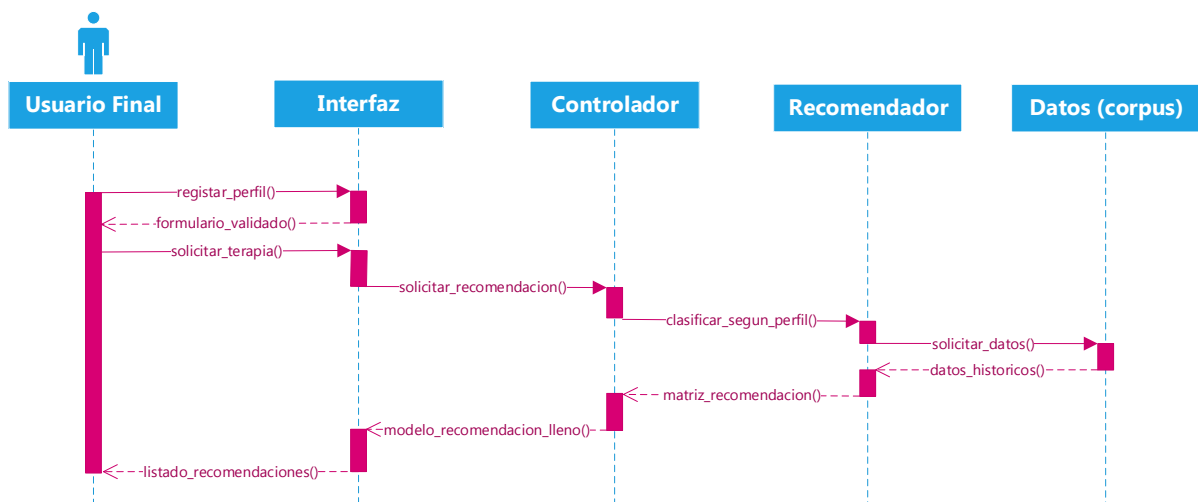


Figura 5. Diagrama secuencias – Solicitar Recomendación

En la Figura 5 se muestra el diagrama de secuencia que detalla los pasos para la obtención del informe por parte del usuario final.

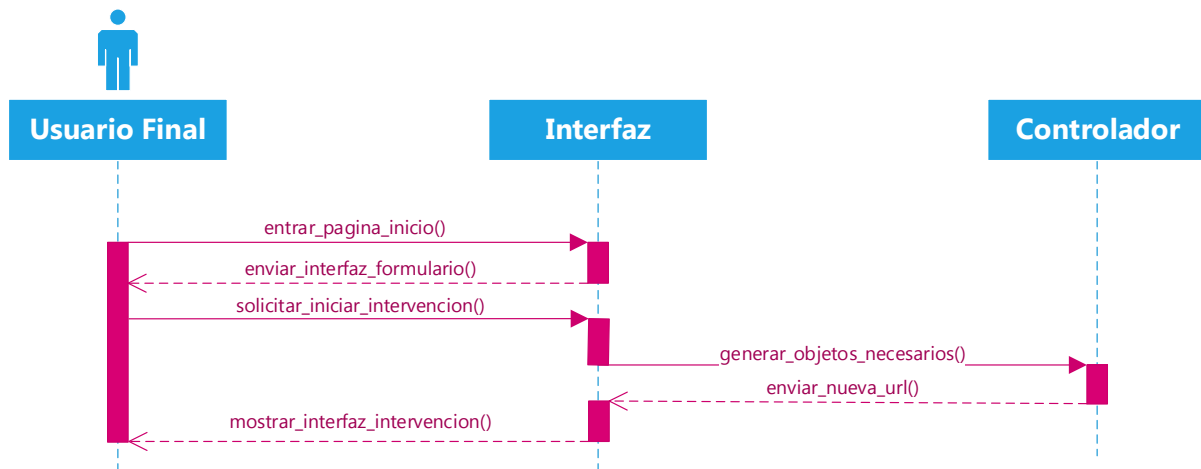


Figura 6. Diagrama secuencias – Generar Informe

La Figura 5 mediante el diagrama de secuencia detalla los pasos que el usuario debe realizar para consultar los registros existentes en el sistema.

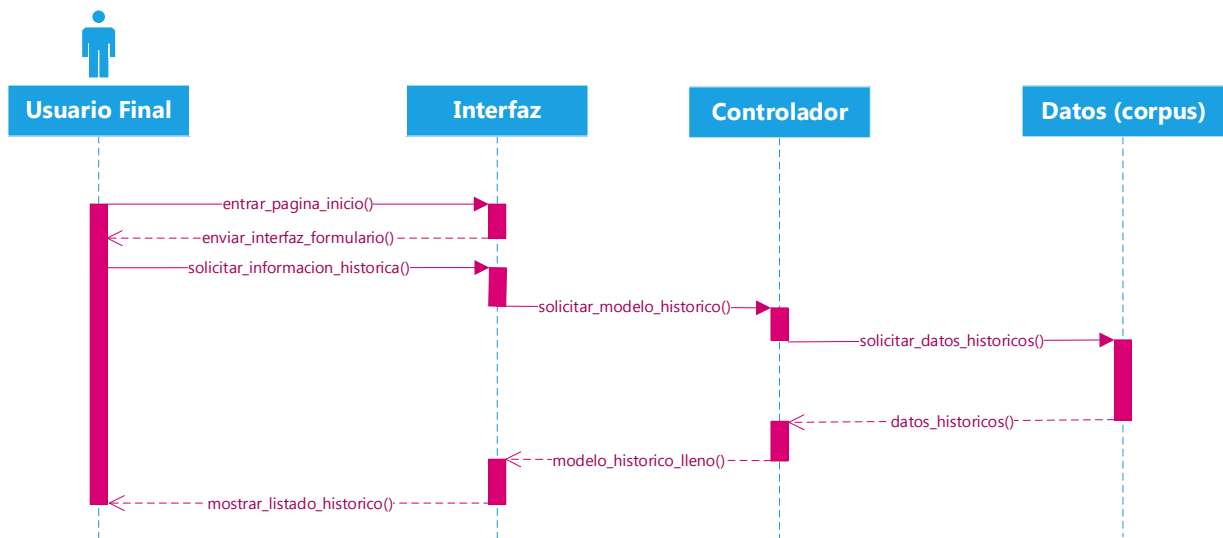


Figura 7. Diagrama secuencias – Consultar Registro

En la figura 7 se muestra el diagrama de secuencia para el acceso a la interfaz de intervención por parte del usuario.

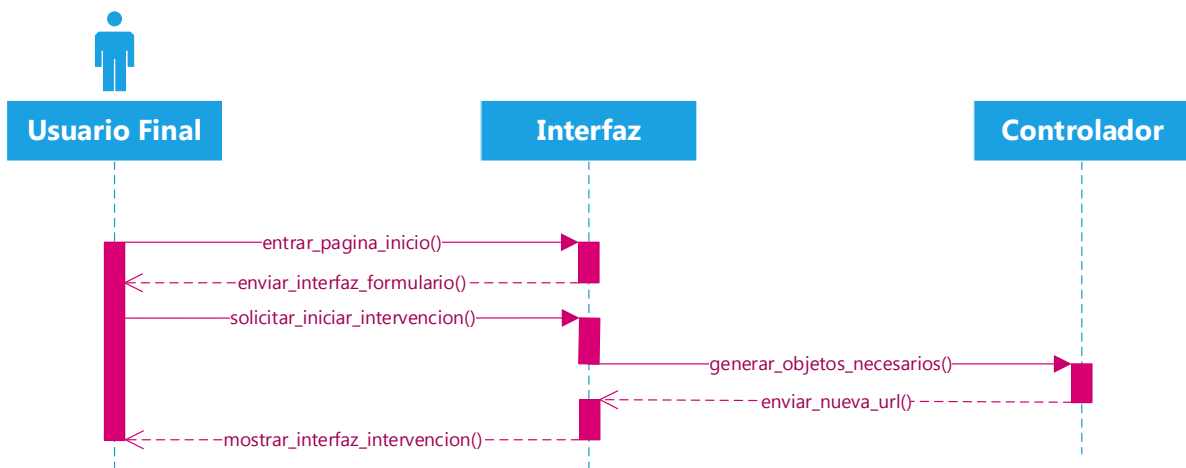


Figura 8. Diagrama secuencias – Iniciar Intervención

## 7.2. Diseño e Implementación del Sistema

El módulo central se encarga de la gestión de la información que será manejada dentro de la aplicación, además de la administración completa del sistema y brinda acceso a las diferentes partes del sistema, algunas de esas funciones son: registro de información del niño, planificador de sesiones, consulta de datos, generación de reportes, sistema estimulador de lenguaje con gestión de recomendaciones.

En la siguiente figura se muestra la estructura lógica del sistema, en esta se puede diferenciar fácilmente las capas que componen el sistema y la interacción que estas tienen entre sí y a su vez con el usuario final.



Figura 9. Arquitectura del Sistema [1]

A continuación, se describirá cada una de las capas con sus respectivos módulos y la importancia que aporta cada una de estas en el sistema:

### 7.2.1. Interfaz de Acceso

Esta capa permite al usuario acceder a las diferentes secciones del sistema de una manera fácil e intuitiva. Esta fue desarrollada para web y es accesible mediante cualquier navegador, gracias a la interfaz es posible la interacción usuario-sistema, y podrá ser accedida tanto por educadores y profesionales del área del lenguaje como método de alternativo de terapia con sesiones personalizadas o por cualquier persona como juego lúdico y método de estimulación para niños.

Esta capa también incluye el acceso a la sección de estimulación del lenguaje, la cual cuenta con las zonas de Praxias, Fonología, Semántica, Morfosintaxis y Pragmática, las cuales permiten estimular todos los niveles del lenguaje del niño.

### 7.2.2. Administración de Información

Esta capa permite administrar toda la información del sistema. Está encargada de manejar la información del perfil del niño al cual se le realizará la terapia, además se ocupa de la administración del corpus con la información previamente registrada y de las actividades de sesión terapéutica existentes. Toda

esta información sirve como entrada para el sistema de recomendación: edad del niño, problemas fonológicos, actividades terapéuticas, entre otros.

### **7.2.3. Soporte a la Toma de Decisiones**

Para el desarrollo del sistema recomendador, se utilizó Python con las librerías de Scikit-Learn, estas dos herramientas en conjunto nos permitieron desarrollar un sistema basado en arboles de clasificación, que mediante la información del niño nos permite realizar una terapia personalizada según las necesidades de este.

En esta capa además encontramos es sistema de validación de resultados mediante matrices de confusión y la generación grafica de los árboles de decisión según cada una de las predicciones realizadas.

### **7.2.4. Base de Conocimiento**

Esta capa es donde se encuentra la información que será utilizada para el análisis con el árbol de clasificación, se encuentra compuesto por:

- **Corpus:** conjunto estructurado de datos reales, en este caso de niños de 4 a 5 años, con y sin problemas lingüísticos, este será usado para entrenar y probar el sistema recomendador y validar así los resultados obtenidos mediante el mismo.
- **Perfil del niño:** el perfil del niño incluye la edad de este y problemas que presente el niño en la lista de fonemas disponibles dentro de la aplicación.

## **7.3. Especificación de los Componentes Principales**

### **7.3.1. Especificación del Sistema Recomendador**

El sistema recomendador desarrollado, busca predecir la mejor terapia posible para solventar las necesidades del niño con trastornos de lenguaje, para esto analiza el perfil del niño ingresado con los perfiles de los niños almacenados en el corpus de datos, para de esta manera encontrar semejanzas entre ellos y lograr establecer una sesión de terapia óptima y así estimular de una manera enfocada las áreas en las que el niño tenga dificultades.

#### **7.3.1.1. Importación de los Datos del Corpus**

Para la obtención de los datos desde el corpus hasta la aplicación se usó Pandas, esta nos permite leer el archivo CSV y automáticamente estructurar la

información en un *DataFrame*, lo que facilita el procesado que se realizará a continuación (Figura 9).

```
def __init__(self, path='C:\\island\\Corpus-NF-PF.csv'):
    self.path = path
    self.test_size = 0.5

def load_corpus(self):
    dataframe = pd.read_csv(self.path)
    return dataframe
```

Figura 10. *Importación de datos con Pandas*

### 7.3.1.2. Importación de los Datos de Prueba

Al igual que para el corpus, para la obtención de los datos de prueba también se usó Pandas, para que ambos cuenten con un mismo formato a la hora de ser procesados, pero además aquí realizamos el proceso de normalizado sobre la columna edad la cual presenta el único dato cuantitativo y fue tomado como un valor de poca importancia por el sistema recomendador (Figura 10).

```
#Corpus-NF-PF-Test.csv
def load_test_corpus(self, path='C:\\island\\Test.csv'):
    dataframe = pd.read_csv(path)
    scaler = StandardScaler()
    dataframe[['Edad']] = scaler.fit_transform(dataframe[['Edad']])

    return dataframe
```

Figura 11. *Importación de datos de prueba*

### 7.3.1.3. Normalización de los Datos

Este proceso se realizó para mejorar la predicción, aquí se usó la clase Escalado Estándar sobre la columna “Edad” permitiéndonos tener una mayor diferenciación de los valores dentro de un conjunto de datos con muy poca varianza y de gran importancia para la predicción (Figura 11).

```
def normalize_corpus(self, dataframe):
    scaler = StandardScaler()
    dataframe[['Edad']] = scaler.fit_transform(dataframe[['Edad']])
    return dataframe
```

Figura 12. *Normalización de los datos*

### 7.3.1.4. División de los Datos de Prueba

Este método es utilizado para reducir el tamaño del arreglo y tomar solo los valores dentro del rango de datos de entrada omitiendo así el rango de los que serían los resultados de la predicción (Figura 12).

```
def split_test(self, lims, dataframe):
    X_raw = dataframe.iloc[:, 1:32]
    corpus = []
    for i in range(lims[0], lims[1]):
        y = dataframe.iloc[:, i:(i+1)]
        corpus.append(y)

    return (X_raw, corpus)
```

Figura 13. División de los datos de prueba

### 7.3.1.5. División del Corpus para Entrenamiento y Prueba

El método ayuda dividiendo al corpus en datos para el entrenamiento y datos de prueba según el tamaño antes predefinido, aquí se utiliza la función de Scikit-Learn *model\_selection* la cual nos facilita este proceso de división realizándolo de manera automática y aleatoria (Figura 13).

```
def split_corpus(self, lims, dataframe):
    corpus=[]
    X_raw = dataframe.iloc[:, 1:32]
    for i in range(lims[0], lims[1]):
        y = dataframe.iloc[:, i:(i+1)]
        X_train, X_test, d_train, d_test = train_test_split(X_raw, y, test_size = self.test_size)
        corpus.append((X_train, X_test, d_train, d_test))
    return corpus
```

Figura 14. División del Corpus

### 7.3.1.6. Creación de la Función de Clasificación

El método de recomendación usado es el clasificador mediante árboles de decisión, Scikit-Learn nos proporciona diferentes herramientas para el análisis de datos entre las cuales tenemos *DecisionTreeClassifier()*, el cual nos permite configurar la forma en la que este algoritmo se va a utilizar. Para la obtención de un resultado óptimo se realizó un proceso de selección detallado hasta lograr los resultados esperados, esta configuración depende siempre de los datos con los que se cuenta. Los aspectos más importantes según nuestro análisis fueron el criterio y la profundidad del árbol, esto se puede observar a en la Figura 14:

```
#X_train, X_test, d_train, d_test = train_test_split(X_raw, y_campana, test_size
dtc = DecisionTreeClassifier(class_weight=None, criterion='gini', max_depth=4,
    max_features=None, max_leaf_nodes=None,
    min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_split=None,
    min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
    min_weight_fraction_leaf=0.0, presort=False, random_state=None,
    splitter='best')
```

Figura 15. Función para la Creación del Árbol de Clasificación

### 7.3.1.7. Entrenamiento y Predicción



Para el entrenamiento se utilizó la función de Scikit-Learn `fit()` que requiere como entrada la matriz con los datos de entrenamiento divididos en las variables “Y” para entrenamiento y “X” de entrenamiento, esto devuelve el árbol entrenado, al cual se le puede verificar su efectividad usando la función `score()` que permite mostrar el porcentaje de acierto con respecto a los datos de test que fueron ingresados.

Para la predicción se utilizó la función `predict()` la cual toma como datos de entrada los problemas lingüísticos del niño y devuelve una matriz con las actividades que debería realizar, estas matrices se encuentran en el formato que se ve en la Figura 15 y la función de entrenamiento y predicción en la Figura 16.

```
ID,Edad,p,b,m,d,t,c,f,r,rr,l,n,s,ch,ll,k,g,j,pl,bl,fl,cl,gl,pr,br,dr,tr,fr,cr,gr,
1,55,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
Actividades a Realizar
1,1,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,1,1
```

Figura 16. Matrices de Entrada y salida

```
i = 0
for _tuple in corpus:
    decisiontree = deepcopy(dtc)
    X_train, X_test, d_train, d_test = _tuple
    decisiontree.fit(X_train,d_train)
    y_pred = decisiontree.predict(X_raw_test)
```

Figura 17. Función para Entrenamiento y Predicción

### 7.3.1.8. Gráfico del Árbol de predicción

Para el proceso de predicción se realizó un análisis por separado para cada una de las salidas, gracias a esto es posible graficar un árbol por cada análisis y así poder percibir de manera visual como el sistema fue tomando cada una de las decisiones. La herramienta principal para lograr esto es Graphviz, la cual nos permite mediante el árbol de clasificación creado previamente con Scikit-Learn, graficar la estructura de como este se formó, para un mejor análisis debemos agregar las etiquetas para las clases y las características de estos datos (Figura 17).

```
export_graphviz(decisiontree, out_file=str(i)+ "arbol.dot",
    class_names= ['RE-r- moto', 'RE-l- campana',
        'RE-d- timbre', 'RE-s- serpiente', 'RE-pl- grifo',
        'RE-cl- caballo', 'RE-gl- pez', 'RE-br- carro',
        'RE-p- pollito', 'RE-b- oveja', 'RE-m- vaca',
        'RE-c- gallo', 'RE-g- perro'] ,
    feature_names=['Age', 'p', 'b', 'm', 'd', 't', 'c', 'f', 'r',
        'rr', 'l', 'n', 's', 'ch', 'll', 'n', 'k', 'g', 'j', 'pl', 'bl',
        'fl', 'cl', 'gl', 'pR', 'br', 'dr', 'tr', 'fr', 'cr', 'gr'],
    impurity = False, filled = True)
```

Figura 18. Función para graficar árbol de Predicción

### 7.3.2. Especificación de los Datos

Para la obtención de los datos del corpus, se contó con la ayuda de expertos en el tema de la estimulación del lenguaje, y en colaboración con ellos se establecieron los parámetros y bases que debía tener el sistema, para que esta información sea analizada por el sistema recomendador debe estar previamente estructurada y clasificada, la manera en que esto se realizó fue la que se detalla a continuación:

- **Datos personales:** por la privacidad del niño se consideró tanto por los expertos en terapia de lenguaje como por nosotros omitir información identificadora siendo los únicos datos que se consideraron necesarios para el estudio: la edad, la cual nos permite clasificar de mejor manera los trastornos lingüísticos más comunes que se tienen según esta y dificultades a causa del nivel anatómico, siendo importante para identificar el tipo de trastorno y saber si puede ser tratable con el software, esta información se observa en la Figura 18.

Información Personal															
edad	Labios	Lengua	Dientes	Mandíbula	Paladar	Frenillo – Labios	Frenillo – lingual	fruncir y distender labios sin contactar	Morderse el labio inferior con el superior	Morderse el labio inferior	Llevar el apice de la lengua detrás de los incisivos superiores	Chasquear la lengua correcta masticación	Morderse el labio superior	Inflar mejillas	
55	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
48	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 19. Estructura de datos personales

- **Nivel Fonético:** en la Figura 19 se observa la evaluación del nivel fonético del niño, esto es los fonemas que el niño puede y no realizar de manera correcta.

Nivel Fonético																													
p	b	m	d	t	c	f	r	rr	l	n	s	ch	ll	ñ	k	g	j	pl	bl	fl	cl	gl	pr	br	dr	tr	fr	cr	gr
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Figura 20. Estructura de nivel fonético

- **Nivel Semántico:** en la Figura 20 se muestra la evaluación del nivel semántico del niño por parte del profesional del área, esto incluye la cantidad y calidad de vocabulario que el niño sabe con respecto a su edad.

Nivel Semántico								
Amplio vocabulario acorde a su edad	Comprensión de vocabulario de su edad	Comprensión de relatos cortos	Comprensión de absurdos verbales	Comprensión de adivinanzas	Alteraciones semánticas	Disnomias	Ecolalias	Clasificaciones por categorías
1	1	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 21. Estructura de nivel semántico

- **Nivel Morfosintáctico:** en la Figura 21 se muestra la evaluación del nivel morfosintáctico del niño, esto nos indica la capacidad del niño para la formulación y utilización de oraciones de manera apropiada, la dificultad de estas varía según su edad.

Nivel Morfosintáctico								
Frase de 2 a 3 palabras	Frases largas	Uso correcto de artículos	Uso de sustantivos	Uso correcto de género y número	Respeto la secuencia lógica de la frase	Uso tiempos verbales	Uso de adjetivos	
0	0	0	0	0	0	1	0	
0	0	0	0	0	0	1	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	1	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 22. Estructura de nivel morfosintáctico

- **Nivel Pragmático:** en la Figura 22 se muestra la evaluación del nivel pragmático del niño, conformado por como el niño utiliza los niveles anteriores de una manera práctica o en una conversación real.

Nivel Pragmático				
Discurso coherente	Discurso organizado	Utiliza el lenguaje oral para opinar	Narra	Describe
0	0	1	1	0
0	0	0	1	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Figura 23. Estructura de nivel pragmático

- **Actividades Por Realizar:** esta sección fue realizada solo por los expertos en el área de lenguaje tomando en cuenta los resultados obtenidos por los niños en las evaluaciones anteriores, en la Figura 19 se indica el conjunto de actividades terapéuticas que el niño debería realizar para solucionar las dificultades encontradas.

Actividades a Realizar														
Asociación del sonido /r/ con la moto	Asociación del sonido /l/ con la campana	Asociación del sonido /d/ con el timbre	Asociación del sonido /s/ con la serpiente	Asociación del sonido /pl/ con el grifo	Asociación del sonido /c/ con el caballo	Asociación del sonido /g/ con el pez	Asociación del sonido /br/ con el carro	Asociación del sonido /p/ con el pollito	Asociación del sonido /b/ con la oveja	Asociación del sonido /m/ con la vaca	Asociación del sonido /c/ con el gallo	Asociación del sonido /g/ con el perro	juego sonidos onomatopéyicos	Grafías
1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1

Figura 24. Estructura de Praxias

### 7.3.3. Especificación del Sistema de Gestión

El sistema de gestión facilitará al usuario final la utilización de la aplicación, el sistema conecta todas las funcionalidades antes expuestas en un mismo entorno. A continuación, se especificará de modo general como es que esta parte del sistema fue creada y los elementos que la componen. En la Figura 24 se muestra la estructura base del proyecto.

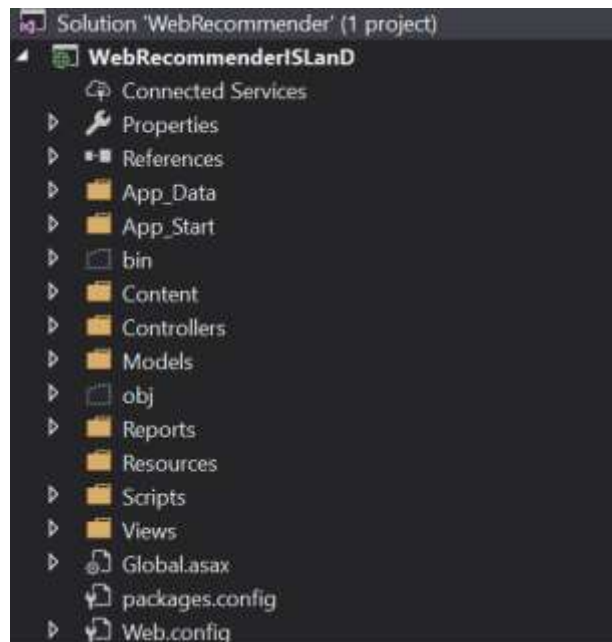


Figura 25. Estructura General

### 7.3.3.1. Modelos

Los modelos son objetos creados con estructura de clases, en este proyecto son usados como estructuras de datos dentro de las páginas y para el manejo de métodos genéricos. Entre los modelos tenemos el *KidData*, que replica la estructura de los datos del niño usado en el corpus, el modelo *AuxiliarMethods*, permite usar unos métodos genéricos de conversión de booleano a binario y viceversa, el modelo *RecommendationModel* está conformado por un texto, su identificador y una imagen, lo cual nos permite estructurar las recomendaciones y facilita la forma en la cual se enseñara en la vista, y el *HomeModel* agrupa el *KidData* y *RecommendationModel* para poder usar ambos en una sola página de manera más sencilla. En la Figura 25 se muestran los modelos usados en el proyecto.

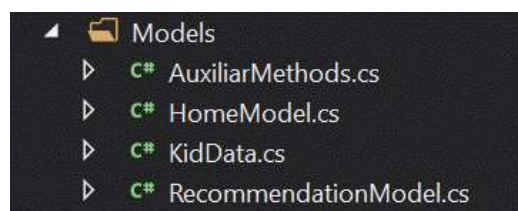


Figura 26. Lista de modelos

### 7.3.3.2. Controladores

Los controladores son los encargados del tratamiento de los datos, en donde se realizan los procesos internos y la lógica en general del sistema. A continuación, veremos la lista de controladores y una explicación de los principales métodos utilizados. En la Figura 26 se muestra la lista de controladores usados para el proyecto.

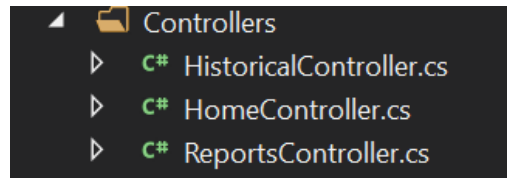


Figura 27. Listado de Controladores

En la Figura 27 se muestra el método encargado de enviar los datos del niño ingresados en el sistema al recomendador en Python mediante un archivo de CSV, luego se ejecuta el script del recomendador mediante un comando de terminal y se obtiene la predicción. Al estar las salidas en 1 y 0 se realiza un proceso de conversión a booleano para que se pueda representar de mejor manera en el sistema y lograr una interfaz más sencilla e intuitiva, este valor se lo pasa al modelo *KidData* y se lo vuelve a enviar a la vista.

```
[HttpPost]
0 references
public ActionResult Index(KidData kid)
{
    // to write file
    ToWritefile
    //Ejecutar codigo python para evaluar niño
    run_cmd("C:/Users/carma/source/repos/DXWebApplication1" +
            "/DXWebApplication1/App_Data/island/ISLandDRecomender.py", "");
    ViewBag.RecommendationVisible = true;
    try
    {
        List<bool> reco = GetPrediction();
        //Change Recommendation here
        kid.ReforzarAsosiacionConR = reco[0];
        kid.ReforzarAsosiacionConL = reco[1];
        kid.ReforzarAsosiacionConD = reco[2];
        kid.ReforzarAsosiacionConS = reco[3];
        kid.ReforzarAsosiacionConPL = reco[4];
        kid.ReforzarAsosiacionConCL = reco[5];
        kid.ReforzarAsosiacionConGL = reco[6];
        kid.ReforzarAsosiacionConBR = reco[7];
        kid.ReforzarAsosiacionConP = reco[8];
        kid.ReforzarAsosiacionConB = reco[9];
        kid.ReforzarAsosiacionConM = reco[10];
        kid.ReforzarAsosiacionConC = reco[11];
        kid.ReforzarAsosiacionConG = reco[12];
    }
    catch (Exception ex)
    {
    }
    Session["CurrentKid"] = kid;
    HomeModel model = new HomeModel();
    return View(model);
}
```

Figura 28. Obtención de la Predicción

En la Figura 28 se muestra el método que permite obtener los elementos del corpus, para ser mostrados en la vista de información histórica, aquí se obtiene todos los datos, se realiza el proceso de conversión y se lo envía a la vista.

```

public static List<KidData> GetElements()
{
    List<KidData> kidList = new List<KidData>();

    //Read the contents of CSV file.
    string csvData = System.IO.File.ReadAllText(System.Web.HttpContext.Current.Server.MapPath("~/App_Data/Corpus.csv"));
    int idCsv = 0;
    bool firstLine = true;

    AuxiliarMethods aux = new AuxiliarMethods();
    //Execute a loop over the rows.
    foreach (string row in csvData.Split('\n'))
    {
        if (!string.IsNullOrEmpty(row) && !firstLine)
        {
            string[] cell = row.Split(',');

            kidList.Add(new KidData
            {
                ID = Convert.ToInt32(cell[0]),
                Age = Convert.ToInt32(cell[1]),
                FonemaP = aux.ToBool(cell[2]),
                FonemaB = aux.ToBool(cell[3]),
                FonemaM = aux.ToBool(cell[4]),
                FonemaD = aux.ToBool(cell[5]),
            });
        }
    }
}

```

Figura 29. Llenado del modelo

### 7.3.3.3. Vistas

Son aquellos métodos que tienen una relación directa con cada una de las páginas web, pueden enviar información al controlador y realizar procesos en este mediante JavaScript, además se encarga de la interacción con el usuario y es el responsable de la manipulación de los datos y las acciones que el usuario realice.

En MVC se dispone de elementos genéricos que permiten la visualización y manipulación simplemente vinculando el modelo con este objeto, existen listas, tablas, etiquetas, cajas de texto, entre otros. También se puede definir vistas personalizadas, en las cuales se puede restablecer los parámetros de entrada y salida a través de la manipulación del contexto de la vista.

En la Figura 29 se aprecia los archivos de las vistas agrupadas por carpeta y conformadas por archivos CSHTML.

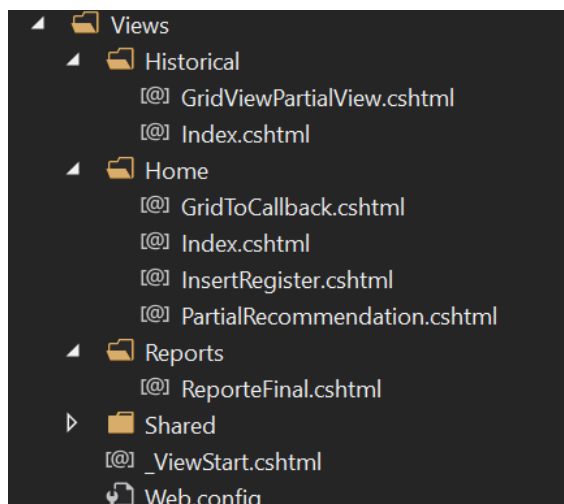


Figura 30. Listado de Vistas

En la Figura 30, se muestra una de las vistas, la cual está diseñada para mostrar una recomendación, conformada por el texto de lo que se recomienda y una imagen la actividad que se debe realizar dentro del software de intervención, esta es una vista parcial, lo que significa que puede ser usada dentro de otra vista, y así mostrar varias recomendaciones con una misma estructura dentro de una misma página y así aprovechar las ventajas de MVC.

```
var groupItem = settings.Items.AddGroupItem(i =>
{
    i.Caption = "Recomendacion "+Model.ID;
    i.SettingsItemHelpTexts.Position = HelpTextPosition.Bottom;
    i.ColumnCount = 2;
    i.Visible = ViewBag.RecommendationVisible;
});

groupItem.Items.Add(m => m.Recommendation, i =>
{
    i.Name = "group" + Model.ID ;
    i.ShowCaption = DefaultBoolean.False;
    //i.HelpText = "Ingrese la edad del niño en meses";
    i.NestedExtension().Label(s => s.Width = Unit.Percentage(100));
});

groupItem.Items.Add(m => m.ImagePath, i =>
{
    i.ShowCaption = DefaultBoolean.False;
    //i.Caption = "Ir a";
    i.Width = Unit.Percentage(50);
    i.Name = "imagePath" + Model.ID;
    i.HelpText = "Captura del Juego Mundo de Palabras";
    i.NestedExtension().Image(s => s.Width = Unit.Percentage(100));
});
```

Figura 31. Vista Parcial de Recomendación

#### 7.3.3.4. Menú

El menú permite navegar al usuario por las diferentes partes de la aplicación sin necesidad de que sepa cómo están distribuidas internamente, según la URL que haya sido activada por el menú, se llama una acción en el controlador y es la encargada de mostrar la vista correspondiente. En la Figura 31 se muestra la forma en la que esta creada la estructura del menú.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<items>
  <item Text="Evaluación y Recomendación" NavigateUrl="~/Home" />
  <item Text="Informe Técnico" NavigateUrl="~/Reports/ReporteFinal" />
  <item Text="Información Historica" NavigateUrl="~/Historical" />
  <item Text="Ir al Juego" NavigateUrl="https://www.ups.edu.ec" href="#" target="_blank" />
</items>
```

Figura 32. Estructura de Menú

#### 7.3.4. Especificación del Software de Intervención

Este software fue desarrollado en GDevelop usando la sección de desarrollo para web y permite al niño estimular los niveles de lenguaje mediante las diferentes



actividades existentes. En la Figura 32 se observa el menú principal del software de intervención, conformado por los 5 niveles de estimulación del lenguaje.



Figura 33. Niveles de Lenguaje

GDevelop no permite el uso de directorio, por lo tanto, todas las escenas se encuentran agrupadas en un mismo sitio, lo que vuelve complejo poder analizar el contexto general de aplicación a simple vista, para facilitar un poco esto, las escenas se encuentran organizadas según su orden de aparición dentro de la aplicación.

La aplicación cuenta con alrededor de 400 escenas, las cuales muchas de ellas presentan una lógica similar, estas escenas llevan un mismo nombre principal, cambiando solamente la abreviatura final. Por ejemplo, FonoArt1 y FonoArt2 llevan la misma lógica, cambiando solamente las imágenes y sonidos que la conforman.

En la Figura 33, se puede ver algunas de las escenas del juego y su forma de agrupación. Las 12 primeras escenas con el nombre *FonoArt* conforman una sección y las 20 siguientes con el nombre *Fonolo* forman otra, estas dos a su vez están dentro del Mundo Fonológico.

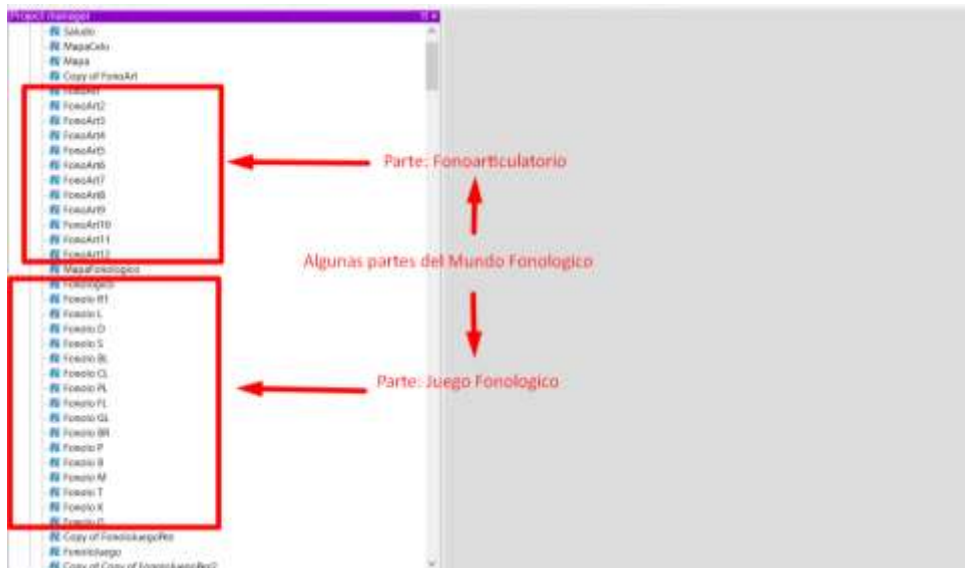


Figura 34. Escenas del Juego

### 7.3.4.1. Escenas

Las escenas son la parte visual de cada uno de los minijuegos creados, para la creación y edición de estas GDevelop nos proporciona un conjunto de herramientas muy útiles mediante las cuales podemos manipular los objetos de una manera muy rápida y eficiente, entre los principales objetos tenemos texto, imágenes y animaciones, esto se puede apreciar en la Figura 34.



Figura 35. Editor de Escenas GDevelop en Pagina de Bienvenida

### 7.3.4.2. Lenguaje Integrado

GDevelop proporciona su propio lenguaje integrado el cual facilita la creación de acciones prediseñadas que son típicas en los juegos y permitiendo configurarlas según lo deseemos, En la Figura 35, vemos la configuración de la

página de bienvenida, en la cual se encuentran eventos de cambios de escena, activación de sonidos y animación.



Figura 36. Lenguaje Integrado GDevelop en Pagina de Bienvenida

### 7.3.4.3. Interacción con JavaScript

Para las acciones o funcionalidades extras las cuales no sean disponibles realizar mediante el lenguaje propio de GDevelop, es posible usar JavaScript al igual que las librerías que se encuentran disponibles para este lenguaje. En la Figura 36, se muestra como insertar código JS como sub-evento dentro de una escena del juego, en este caso permitiendo la reproducción de video el cual no estaba disponible por defecto dentro de la aplicación.

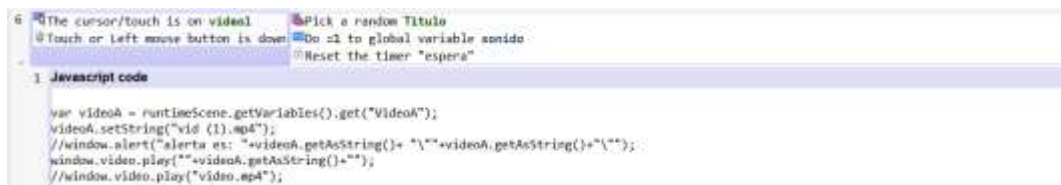


Figura 37. GDevelop interactuando con JavaScript

### 7.3.4.4. Exportación a Sistemas Android

Para este proceso se utilizó dos herramientas Intel XDK y Website2Apk, la herramienta de Intel dejó de estar disponible en medio del desarrollo del proyecto por lo que se presentó la segunda alternativa.

Usando Website2APK solamente se debe seleccionar la carpeta que contiene la página web y elegir las opciones que nos da la aplicación según nos convenga, la configuración usada en este caso se muestra en la Figura 37.

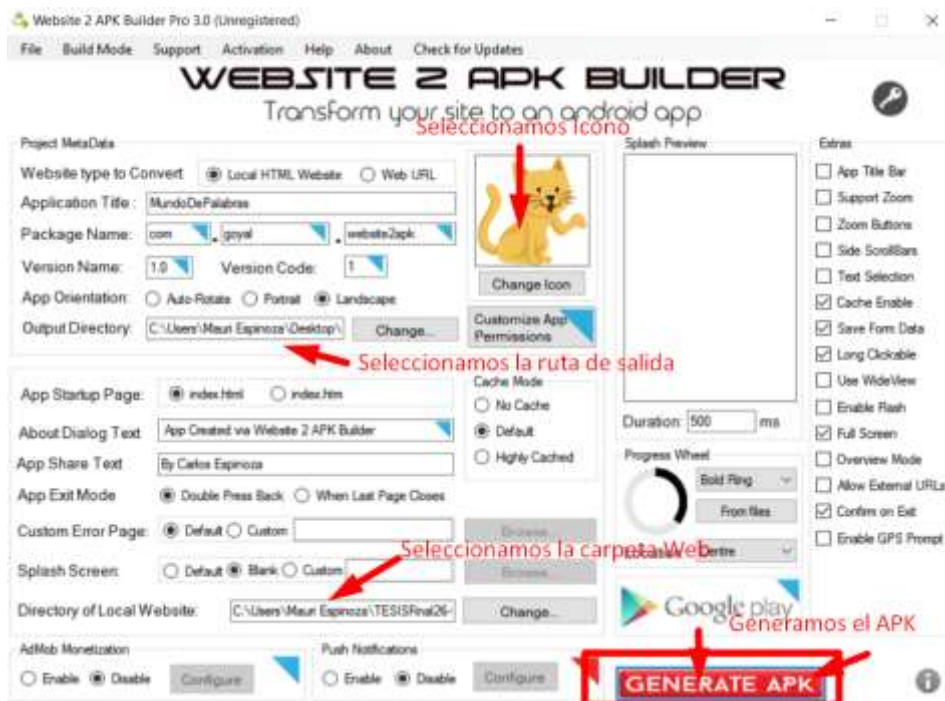


Figura 38. Configuración para exportar usando Website2Apk

Con Intel XDK es posible exportar el proyecto para IOS, Android, PC, MacOS y otros, pero el tiempo de compilación es mayor, primero debemos exportar de GDevelop a Cordova, y a continuación abrimos el proyecto generado en Intel XDK. En la Figura 38 se muestra el proyecto abierto en Intel XDK.



Figura 39. Interfaz de Intel XDK

Abierto el proyecto se debe seleccionar la opción "Build" y "Android", este proceso toma varios minutos o más dependiendo del tamaño y complejidad de la aplicación, para dar como resultado un archivo APK listo para ser usado. En la

Figura 39 se muestra la aplicación funcionando en el simulador Android de Intel XDK.



Figura 40. Aplicación funcionando en simulador Android de Intel XDK

## 8. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

El proceso de evaluación del sistema se llevó a cabo con el apoyo de las Licenciadas de Educación Inicial y Estimulación Temprana de la Universidad del Azuay, este se realizó en el Centro Bilingüe de educación inicial Estrellitas Creativas que acoge a 45 niños y niñas a partir de los 3 meses de edad hasta los 5 años en los niveles de: Sala Cuna para niños y niñas de 3 meses hasta antes del año seis meses de edad, Maternal 1 (1 año 6 meses a 3 años), Inicial 1 (3 a 4 años), Inicial 2 (4 a 5 años).

### 8.1. Pruebas

El grupo de estudio fue enfocado a 26 niños de Inicial 2 (4 a 5 años) de los cuales 20 de ellos presentan dificultades en el lenguaje, 12 son hombres y 8 mujeres.

Fonemas	Niños con dificultad
P	Sin dificultades
B	Sin dificultades
M	Sin dificultades
D	4
T	Sin dificultades
C	Sin dificultades
F	2
R	10
RR	2
L	1
N	Sin dificultades
S	2
CH	Sin dificultades
LL	Sin dificultades
Ñ	Sin dificultades
K	Sin dificultades
G	1
J	Sin dificultades

Tabla 7. Evaluación de Fonemas en niños.

Sinfones	Niños con dificultad
PL	4
BL	4
FL	1
CL	3
GL	Sin dificultades
PR	6
BR	2
DR	10
TR	4
FR	3
CR	5
GR	8

Tabla 8. Evaluación de sinfonos en niños.

## 8.2. Resultados

El software fue aplicado a 20 niños que presentaban diferentes dificultades de lenguaje en el tiempo de 30 días.

Con el uso del software, se obtuvieron los siguientes resultados: de 4 niños que presentaron dificultad en el fonema /d/ 2 de ellos superaron la dificultad, en el fonema /f/ 2 niños con dificultad uno de ellos logró superarlo, con relación al fonema /r/ la mayor parte de niños evaluados tuvieron dificultad, de 10 niños únicamente 2 niños pudieron adquirir con éxito el fonema mencionado.

Con respecto al fonema /rr/ 2 niños presentaron problemas de los cuales ninguno lo superó, en el fonema /l/ existió un solo caso el mismo que superó con éxito. En el fonema /s/ 2 niños tuvieron dificultad y los 2 niños superaron en su totalidad, en el fonema /g cuan/ 1 niño presentó dificultad mismo que no fue adquirido.

Fonemas	Niños con dificultad	Niños que supera su dificultad
D	4	2
F	2	1
R	10	2
RR	2	0
L	1	1
S	2	2
G	1	0

Tabla 9. Resultado de niños que superaron su dificultad en fonemas.

En cuanto a los sinfonos se mostraron mayores dificultades sin embargo se puede notar mejores resultados: en el sinfón /pl/ 4 niños con dificultad 2 de ellos superaron su problema, en /bl/ 2 niños de 4 superaron la dificultad, con relación al sinfón /fl/ se presentó un solo caso que fue superado por completo, con respecto al fonema /cl/ 2 de 3 niños adquirieron el sinfón mencionado, /pr/ es uno de los sinfonos en el que se presentan mayores dificultades sin embargo 3 de 6 niños adquirieron con éxito, por otro lado, 2 de los niños que presentaban dificultad en /br/ no consiguieron superarlo.

Otro sinfón con mayor dificultad según los niños evaluados es /dr/ en donde 10 de ellos tuvieron problemas y 4 niños lo adquirieron de manera favorable, en el sinfón /tr/ 1 niño de 4 evaluados lo superó, en el sinfón /fr/ 2 niños de 3 ya no presentan dificultad, con relación al sinfón /cr/ 3 de 5 niños obtuvieron el mismo y en el sinfón /gr/ de 8 niños que presentaron dificultad 3 mejoraron con éxito.

Es necesario recalcar que el tiempo en el que se trabajó fue corto, sin embargo, existieron resultados positivos, además se utilizó únicamente la herramienta como medio de trabajo.

<b>Sinfones</b>	<b>Niños con dificultad</b>	<b>Niños que superaron la dificultad</b>
<b>PL</b>	4	2
<b>BL</b>	4	2
<b>FL</b>	1	1
<b>CL</b>	3	2
<b>PR</b>	6	3
<b>BR</b>	2	1
<b>DR</b>	10	4
<b>TR</b>	4	1
<b>FR</b>	3	2
<b>CR</b>	5	3
<b>GR</b>	8	3

Tabla 10. Resultado de niños que superaron su dificultad en sinfones.

Además del proceso de evaluación se presentó el programa a dos poblaciones:

Estudiantes de la Universidad del Azuay:

- 60 alumnos de la carrera de Educación Inicial, Estimulación e Intervención Precoz
- 20 estudiantes de la carrera de Educación Básica y Especial

Profesionales:

- 30 profesionales de Centros Infantiles, profesores de la universidad del Azuay, y profesionales en el área de Terapia de lenguaje

Al finalizar la socialización se aplicaron encuestas en la escala de Likert del 1 al 5, siendo 5 la respuesta más alta, sobre la percepción que tuvo cada población en relación con la herramienta, 4 que representa un buen resultado, 3 un nivel medio de respuesta, 2 no tan positivo y 1 que representa una respuesta baja. En estas encuestas se obtuvieron los siguientes resultados:

**Pregunta 1:** ¿Cuál es su percepción sobre la relación entre los contenidos educativos del software y las necesidades de aprendizaje de los/las niños/as de 4 a 5 años?

En la Figura 40 se muestra los resultados de las encuestas a la Pregunta 1 por parte de los estudiantes de Educación Inicial de la Universidad del Azuay y en la Figura 41 por parte de los profesionales del área, en ambos casos se observa gran aceptación por los contenidos mostrados en el software, siendo en este caso mayor el mostrado por los profesionales, en donde 57% consideraron que eran absolutamente útiles.



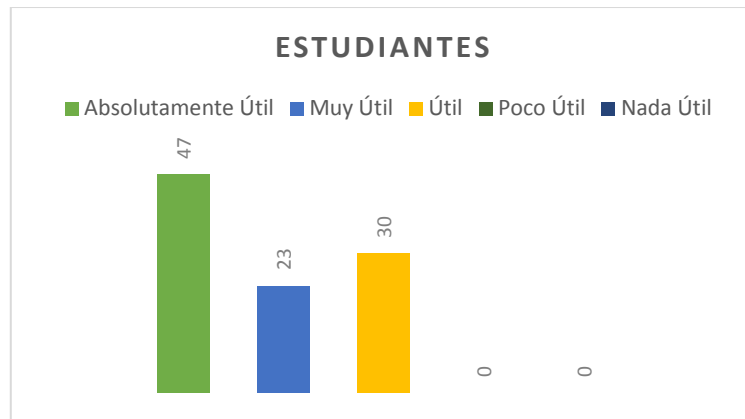


Figura 41. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 1



Figura 42. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 1

**Pregunta 2:** ¿Cuál es su percepción acerca de la utilidad del software para niños/as con discapacidad?

En la Figura 42 se muestra los resultados de las encuestas a la Pregunta 2 por parte de los estudiantes de Educación Inicial de la Universidad del Azuay y en la Figura 43 por parte de los profesionales del área, en ambos casos se observa una muy buena cantidad que cree que sería Absolutamente Útil y Muy Útil usar el software con personas con discapacidad, pero también hubo un porcentaje muy bajo que lo considero poco útil o nada útil y se obtuvo muy buena retroalimentación por parte de ellos.

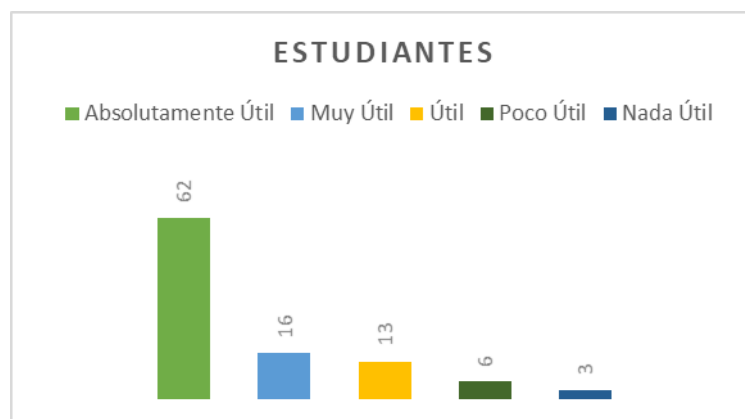


Figura 43. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 2

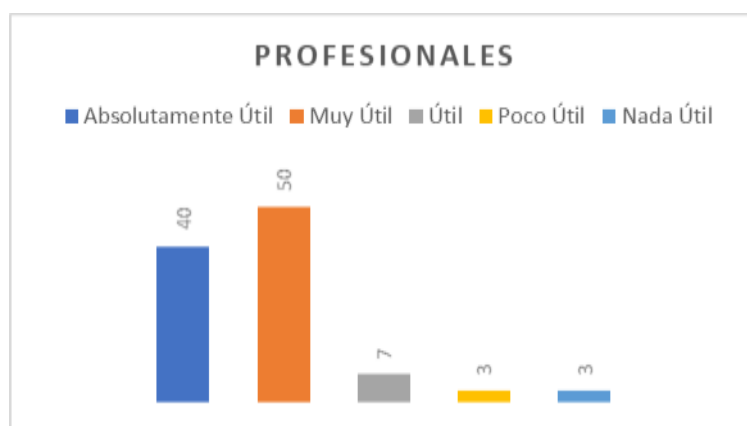


Figura 44. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 2

**Pregunta 3:** ¿Cuál es su percepción sobre la relación entre el diseño del software y las necesidades de aprendizaje de los/las niños/as de 4 a 5 años?

En la Figura 44 se muestra los resultados de las encuestas a la Pregunta 3 por parte de los estudiantes de Educación Inicial de la Universidad del Azuay y en la Figura 45 por parte de los profesionales del área, en estas podemos observar que tanto los estudiantes como los profesionales consideraron muy apropiado el diseño del software con respecto a las necesidades de los niños de 4 a 5 años.

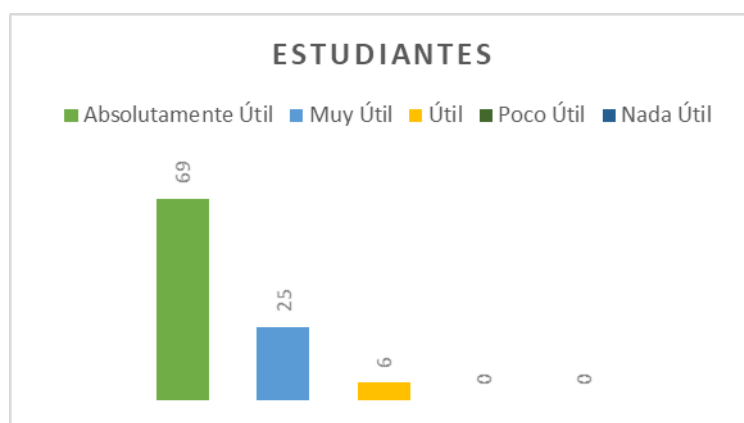


Figura 45. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 3



Figura 46. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 3

**Pregunta 4:** ¿Cuál es su percepción acerca del manejo del software por parte de los niños de 4 años?

En la Figura 46 se muestra los resultados de las encuestas a la Pregunta 4 por parte de los estudiantes de Educación Inicial de la Universidad del Azuay y en la Figura 47 por parte de los profesionales del área, en esta pregunta los resultados fueron variados entre útil y absolutamente útil, siendo mayor la aceptación por parte de los estudiantes quienes en su mayoría consideraron fácil el manejo del software con respecto a niños de 4 años.

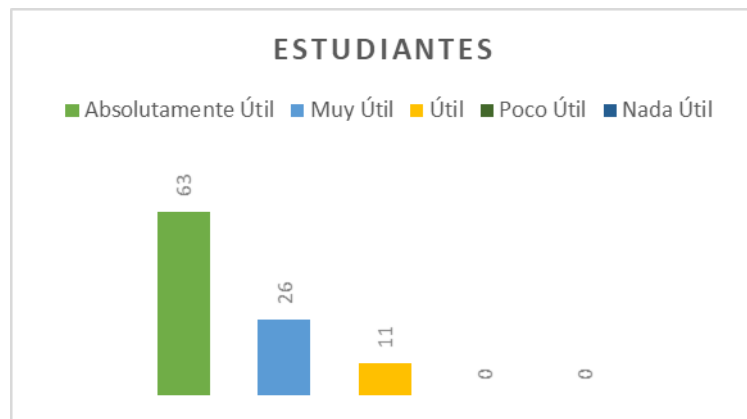


Figura 47. Respuesta de Estudiantes a la Pregunta 4



Figura 48. Respuesta de Profesionales a la Pregunta 4

Las encuestas fueron validadas mediante el test de “Alfa de Cronbach” con un resultado de **0,7890278**, mostrando excelentes resultados y permitiendo corroborar que el software es muy útil para trabajar en el ámbito de lenguaje y que las actividades planteadas en los diferentes niveles del lenguaje son las adecuadas para niños entre 4 y 5 años y que podría ser usado sin problema con personas con discapacidad.

## 9. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

### 9.1. Requerimientos técnicos para el uso

- Navegador Web (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer o similares)
- Contar con acceso a internet o tener la opción offline de la aplicación

### 9.2. Interfaz de Evaluación y Recomendación

El sistema no requiere credenciales de acceso, por lo cual se puede acceder directamente a la página principal, esta página nos permite realizar el ingreso de la información del niño y seleccionar los fonemas y sinfonos en los que tenga dificultad.

Recomendador ISLanD

Evaluación y Recomendación | Informe Técnico | Información Histórica | Ir al Juego

#### Evaluación del Niño

INFORMACIÓN PERSONAL DEL NIÑO

Edad en meses\* 25  
ingresa la edad del niño en meses

FALLO EN FONEMAS

Fonema P*	<input checked="" type="checkbox"/>	Fonema B*	<input type="checkbox"/>	Fonema M*	<input type="checkbox"/>	Fonema D*	<input type="checkbox"/>	Fonema T*	<input type="checkbox"/>	Fonema C*	<input type="checkbox"/>
Fonema F*	<input checked="" type="checkbox"/>	Fonema R*	<input checked="" type="checkbox"/>	Fonema RR*	<input checked="" type="checkbox"/>	Fonema LL*	<input type="checkbox"/>	Fonema N*	<input type="checkbox"/>	Fonema S*	<input type="checkbox"/>
Fonema Ch*	<input type="checkbox"/>	Fonema L*	<input checked="" type="checkbox"/>	Fonema Rl*	<input type="checkbox"/>	Fonema K*	<input type="checkbox"/>	Fonema G*	<input type="checkbox"/>	Fonema J*	<input type="checkbox"/>
Fonema Pl*	<input type="checkbox"/>	Fonema Bl*	<input checked="" type="checkbox"/>	Fonema Fl*	<input type="checkbox"/>	Fonema Cl*	<input checked="" type="checkbox"/>	Fonema Gl*	<input type="checkbox"/>	Fonema Pr*	<input type="checkbox"/>
Fonema Br*	<input type="checkbox"/>	Fonema Dr*	<input type="checkbox"/>	Fonema Tr*	<input type="checkbox"/>	Fonema Fr*	<input type="checkbox"/>	Fonema Cr*	<input type="checkbox"/>	Fonema Gr*	<input type="checkbox"/>

PROCESAR RECOMENDACION

Figura 49. Formulario de Evaluación

Una vez completado el formulario del niño se puede presionar el botón y solicitar las actividades recomendadas dentro del software de intervención para solucionar los problemas de este.



Figura 50. Resultado de Recomendación

### 9.3. Informe Técnico

Para acceder a este previamente se debe haber realizado el proceso de evaluación y recomendación del paso anterior, a continuación, accedemos al menú principal y vamos a la opción “Informe Técnico”, aquí veremos los datos que se ingresaron del niño seguido del conjunto de árboles de decisión usados para tomar cada una de las decisiones para la predicción, este informe puede ser impreso o descargado en la mayoría de los formatos comunes (PDF, DOCX, PNG, JPG, etc.).



Figura 51. Informe de Recomendación

El usuario, en caso de ya haber ingresado antes al sistema, tendrá la posibilidad de los datos previamente ingresados, en la opción “aspirante” irá a listar y elegirá la opción “modificar”.

### 9.4. Información Histórica

Para acceder a esta página solo debemos entrar mediante el menú a la opción “Información Histórica”, esta página muestra la información de los niños que están siendo usada dentro del recomendador.

Recomendador ISLaD												
Evaluación y Recomendación		Informe Técnico		Información Histórica							Ir al Juego	
Edad en meses	Fonema P	Fonema B	Fonema M	Fonema D	Fonema T	Fonema C	Fonema F	Fonema R	Fonema RR	Fonema L	Fonema N	Fonema S
36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 52. Interfaz de Información Histórica

## 9.5. Interfaz del Software de Intervención

Para acceder a esta página vamos al menú y seleccionamos la opción “Ir al Juego”, nos abrirá una nueva pestaña dentro del navegador para poder seguir consultando las actividades del recomendador mientras usamos el juego lúdico.

### 9.5.1. Página de Bienvenida

Esta pantalla se muestra el nombre de la aplicación y te invita a iniciar el juego, para iniciar presionar el botón:



Figura 53. Pagina de Bienvenida de Software de Intervención

### 9.5.2. Menú Inicial

Este será el menú de navegación principal dentro del juego, aquí tenemos 5 mundos, estos son:

- 1) Mundo Praxias
- 2) Mundo Fonológico
- 3) Mundo Semántico
- 4) Mundo Morfosintáctico
- 5) Mundo Pragmático



Figura 54. Menú Inicial del Software de Intervención

### 9.5.3. Mundo Praxias

En este mundo están disponibles una serie de videos que sirven como calentamiento y ayudan a ejercitar y estimular los músculos de la lengua y boca, de esta manera el niño se encontrara listo para las siguientes actividades.



Figura 55. Menú de Praxias en el Software de Intervención

#### 9.5.4. Mundo Fonológico

En este tenemos un conjunto de actividades para el refuerzo del nivel fonológico clasificadas según su función:



Figura 56. Menú Fonológico en el Software de Intervención



#### 9.5.4.1. Sonidos Onomatopéyicos

Estos ejercicios nos presentan la imagen de un objeto y el sonido que este realiza, se le pide al niño repetir este para de esta forma reforzar la correcta pronunciación de estos.



Figura 57. Captura de Pantalla de Sonido Onomatopéyico

#### 9.5.4.2. Adivino el Sonido

Esta sección sirve para reforzar la sección anterior a modo de juego, aquí se presenta un sonido y el niño debe elegir el objeto que corresponda al sonido.



Figura 58. Captura de Pantalla de Adivino el Sonido

#### 9.5.4.3. Fonemas

Esta sección ayuda con la pronunciación y el reconocimiento del fonema que se está escuchando.



Figura 59. Captura de Pantalla de Lamina de Fonemas

#### 9.5.4.4. Palabras que Suenan

Esta sección es muy importante para el refuerzo específico de cierto fonema, aquí se presenta un listado de letras, al abrir una de ellas, podremos ver una imagen y escuchar la correcta pronunciación de la palabra que tenga esa letra, esto ayudará al niño a entender y pronunciar correctamente los fonemas con los que tenga problemas. Al finalizar la tarea es posible realizar un juego a modo de evaluación sobre los fonemas aprendidos.



Figura 60. Captura de Pantalla de Palabras que Suenan

#### 9.5.4.5. Discriminación Auditiva

Esta sección ayuda al niño a asociar las imágenes con los sonidos y forma de la letra. En este el niño deberá arrastrar la imagen a la canasta que corresponda.



Figura 61. Captura de Pantalla de Discrimino el Sonido

#### 9.5.5. Mundo Semántico

En este mundo se tienen actividades que refuerzan el aprendizaje de nuevas palabras para el niño, cada una de ellas presenta un pequeño juego a modo de refuerzo y permite además valorar un poco de lo que el niño aprendió en estas secciones.



Figura 62. Captura de Pantalla del Mundo Semántico

### 9.5.6. Mundo Morfosintáctico

Este mundo presenta 3 niveles de dificultad, por lo cual se recomienda comenzar el más bajo y avanzar según las capacidades del niño.



Figura 63. Captura de Pantalla de Menú Morfosintácticos

El primer nivel permite la construcción de frases simples, solo con sujeto y predicado, el segundo nivel aumenta el verbo, y el tercer nivel agrega el objeto.



Figura 64. Captura de Pantalla de Niveles Morfosintácticos

### 9.5.7. Mundo Pragmático

El último mundo es el pragmático, aquí no hay opciones correctas o incorrectas, el niño deberá ordenar los cuentos según su preferencia y al final contar una historia según las imágenes que él ordenó. Esto ayuda a mejorar la creatividad y a poner en práctica todo lo aprendido anteriormente.

## VAMOS A CONTAR CUENTOS



Figura 65. Captura de Pantalla de Mundo Pragmático

## **10. CONCLUSIONES**

El sistema desarrollado ha cumplido con las expectativas tanto funcionales como de calidad, siendo validado por los estudiantes de la carrera de Educación de la Universidad del Azuay quienes mostraron una gran aceptación según las encuestas realizadas, por otro lado, docentes y terapeutas lo califican como útil, tomando en cuenta que es un programa que no cubre en su totalidad la terapia sino más bien que es una herramienta que podría acompañar al proceso de aprendizaje.

En cuanto al sistema recomendador, las predicciones realizadas terminaron siendo muy buenas, esto debido a la configuración precisa realizada al árbol de clasificación en donde el proceso de ajuste del tamaño del árbol se fijó a 4 niveles de profundidad ayudando mucho con la precisión y eliminó la brecha de sobre ajuste que se tenía en algunos casos, además hay que recalcar el buen uso que se le dio al corpus, siendo un conjunto de datos limitado, se logró mediante un análisis de calidad de los datos y con el uso de la correlación optimizar y mejorar el proceso general del sistema.

En cuanto a la interfaz de usuario se logró crear una herramienta fácil de usar e intuitiva para el usuario, en donde solo con acceder al sistema en la primera página puede registrar el perfil del niño y obtener la recomendación del sistema, sin tener que ser redirigido a otras páginas y que termine perdido en el proceso, pudiendo después de esto ir directo al software de intervención y realizar la terapia.

En cuanto al software de intervención, esta fue una herramienta diseñada para apoyar el trabajo de docentes y terapeutas con el fin de estimular e intervenir el lenguaje de niño y niñas de 4 a 5 años en los diferentes niveles de lenguaje, en el estudio realizado fue muy bien acogido tanto por los profesionales como por los niños del Centro Bilingüe de educación inicial “Estrellitas Creativas” y mostró muy buenos resultados, permitiendo ayudar a superar muchos de los problemas encontrados en los niños y niñas de 4 a 5 años de esta institución.

El software terminó siendo una herramienta muy valiosa para los profesionales del área de lenguaje y siendo muy solicitada en todos los lugares en donde se socializó, permitiéndonos saber el verdadero interés de los docentes por este y denotando la necesidad que existe por una mayor cantidad de software de este tipo, gratuito y de acceso libre para todas las personas.

## **11. RECOMENDACIONES**

Se recomienda la distribución de dos versiones del sistema, una integrado el sistema recomendador y otra que solo cuenta el software de intervención o juego lúdico, esto permitirá que el software pueda ser obtenido en su versión completa por profesionales del área y que su versión limitada pueda ser adquirida por cualquier persona a manera de juego lúdico, siendo una herramienta de fácil uso y que aporta mucho en la educación inicial de los niños.

Para la versión offline se recomienda utilizar siempre el navegador Firefox ya que otros navegadores bloquean ciertos elementos gráficos del juego con lo cual la experiencia de uso se verá afectada.

Para la versión Android se recomienda utilizar un celular con mínimo 1GB de memoria RAM y que ejecute por lo menos la versión 4.0 del sistema operativo, esta versión es compatible en emuladores, celulares y tables.

Al ser instalado en un servidor se recomienda que el sistema cuente con buena velocidad de red sin importar demasiado el hardware de este, ya que el software de intervención al ser desarrollado en HTML5 requiere descargarse por completo en el navegador antes de ser utilizado, siendo un proceso que tardara dependiendo de la velocidad de transferencia tanto del servidor como del cliente.

Es recomendable usar herramientas que nos permitan el desarrollo multiplataforma ya que los requerimientos del cliente en el mundo real son cambiantes y es importante que nosotros también podamos adaptarnos, así como ocurrió en este caso que se inició como aplicación de escritorio y terminó siendo un híbrido entre multiplataforma, móvil y web que terminará gustando a los docentes y terapeutas.

El juego lúdico puede ser utilizado por los niños sin necesidad de compañía, pero siempre es recomendable que un adulto este presente y sirva de guía a través del juego y así refuerce lo que se aprende en cada actividad, esto sobre todo las primeras veces de uso.

## **12. TRABAJO FUTURO**

Optimización para niños con discapacidad: Al momento de realizar la socialización se realizaron observaciones de como algunas imágenes y colores podrían afectar a niños con trastornos y reducir el beneficio de la aplicación, por lo que en un trabajo futuro sería muy bueno crear una versión específica para niños con trastornos como Trastorno del Espectro Autista o discapacidad motriz.

Agregar contenido de nuestra cultura: Sería importante crear una versión o aumentar una sección dentro del juego con la que se trabaje con imágenes y sonidos de elementos típicos de nuestra zona (cholas, mote, adobe, carnaval, etc.), permitiendo transmitir nuestras tradiciones y cultura a las nuevas generaciones.

Crear versión para sistemas IOS: El software actualmente puede ser usado de manera offline en sistemas Windows, Linux, MacOS y Android, siendo IOS el único sistema para el cual no se cuenta una versión, siendo este un elemento a tomar en cuenta para trabajos futuros.

Aumentar el tamaño del Corpus: El tamaño actual con el que se trabaja es pequeño para la cantidad de variables existentes o que nos obligó a limitar la cantidad de recomendaciones que el sistema podría integrar, si se logra aumentar el tamaño del corpus es posible generar un sistema recomendar que cumpla completamente con lo esperado por los docentes y terapeutas de lenguaje.

Mejorar la técnica de predicción: En este proyecto se usó Arboles de Clasificación como algoritmo de predicción, funcionando bien para el corpus con el que se contaba, pero al incrementarse este, también sería importante probar otros algoritmos y comparar el rendimiento de ambos.

Mejora del contenido en la sección Praxias: Los videos realizados en esta sección podrían ser mejorados, siendo grabados con mayor calidad tanto de video y de audio permitiendo al niño saber de mejor manera lo que se debe hacer y cómo hacerlo.



### **13. REFERENCIAS**

- [1] Bernal-Merchán, E., Suquilanda-Cuesta, P., Espinoza-Fajardo, C., León-Pesántez, A., Robles-Bykbaev, Y., Robles-Bykbaev, V., & Quisi-Peralta, D. (2017, November). ISLanD: An informatics intelligent system to support the language development of children from 4 to 5 years. In Power, Electronics and Computing (ROPEC), 2017 IEEE International Autumn Meeting on (pp. 1-6). IEEE.
- [2] Pesántez Cedillo, A. B., Torres, S., & Lucía, A. (2015). Desarrollo del lenguaje en niños y niñas de 3 a 4 años en la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis).
- [3] Etapas del desarrollo del habla y el lenguaje Publicación de NIH núm. 00-4781 S Septiembre de 2010 Reimpresa en noviembre de 2015.
- [4] Guzmán, C. M. (2017). Actividades lúdicas para estimular el área de lenguaje en niños (as) de 2 años. *Revista Conrado*, 13(58).
- [5] Arce Zubizarreta, Kelly Lizett, Anna Vanessa Chiong Lizano, and Elizabeth Venero Gonzales. "Evaluación de las propiedades métricas del protocolo de observación del desarrollo de lenguaje para maestras de educación inicial." (2017).
- [6] De La Cruz, L. E., De La Hoz, L., Ramos, A., & Valderrama, L. (2017). Validez y Confiabilidad De Una Prueba Tamiz Del Lenguaje Para Preescolares En Edades De 2 a 3 Años. *Revista Colombiana de Rehabilitación*, 12(1), 70-75.
- [7] Moreno-Flagge, N. (2013). Trastornos del lenguaje. Diagnóstico y tratamiento. *Rev Neurol*, 57(Supl 1), S85-94.
- [8] Artigas, J., Rigau, E., & García-Nonell, K. (2008). Trastornos del lenguaje. *AEP: Protocolos de actualización*, 24, 178-84.
- [9] Velasco, R., & del Carmen, M. (2017). Factores que influyen en el desarrollo del lenguaje: un estudio empírico en una muestra de niños y niñas de 3 a 4 años.
- [10] Souza, J. (2015). *Práctica profesional. Disfluencia*.
- [11] Zumarraga, P., & Margarita, V. (2017). Estrategias lingüísticas en la pronunciación de palabras con fonemas dt en niños de 3 a 4 años, de la unidad educativa "dos de marzo" del cantón Antonio Ante de la ciudad de Atuntaqui provincia de Imbabura en el año 2016-2017 (Bachelor's thesis).
- [12] Corrales, V. M. S. (2006). Disponibilidad léxica de los niños preescolares costarricenses. Editorial Universidad de Costa Rica.
- [13] Castro-Sánchez, N. A., Cruz Domínguez, I., Sidorov, G., & Martínez Rebollar, A. (2015). Hacia una extracción automática de colocaciones en definiciones de verbos de un diccionario explicativo en español. *Revista signos*, 48(88), 174-196.
- [14] Chávez, A., Oliva, I., & Primo Chávez, N. V. (2017). La pragmática en el aprendizaje del área de comunicación para los niños de 5 años de educación inicial de la IE N° 024 de Pachas-dos de Mayo-Huánuco 2014.

- [15] Torres Díaz, J. C., Infante Moro, A., & Valdiviezo Díaz, P. (2014). Los MOOC y la masificación personalizada.
- [16] Medina-Merino, R. F., & Ñique-Chacón, C. I. (2017). Bosques aleatorios como extensión de los árboles de clasificación con los programas R y Python. *Interfases*, (010), 165-189.
- [17] Jayron, O. R. C. (2015). ESTUDIO DE LOS ALGORITMOS DE ÁRBOLES DE INDUCCIÓN APLICADO A LA MINERÍA DE DATOS (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales).
- [18] Méndez, N. D. J. C. (2006). *Minería De Datos Una Herramienta Para La Toma De Decisiones*. Asesorado por el Ing. Edgar Mauricio Lone Ayala. Guatemala.
- [19] Montoro, A. F. (2013). *Python 3 al descubierto*. RC Libros.
- [20] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Vanderplas, J. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of machine learning research*, 12(Oct), 2825-2830.
- [21] Calhoun, M. (2017). *ASP. NET MVC For Students*.
- [22] Strauss, D., & Rademeyer, J. (2018). *C# 7 and .NET Core 2.0 Blueprints: Build effective applications that meet modern software requirements*.
- [23] Hilliar, G. (2014). *Developing Cross-Platform Mobile Apps with HTML5 and Intel XDK*. Dr. Dobb's Journal, UBM plc.
- [24] Castillo, A. A. (2017). *Curso de Programación Web: JavaScript, Ajax y jQuery*. IT Campus Academy.
- [25] Ellson, J., Gansner, E., Koutsofios, L., North, S. C., & Woodhull, G. (2001, September). Graphviz—open source graph drawing tools. In *International Symposium on Graph Drawing* (pp. 483-484). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [26] Lemaître, G., Nogueira, F., & Aridas, C. K. (2017). Imbalanced-learn: A python toolbox to tackle the curse of imbalanced datasets in machine learning. *The Journal of Machine Learning Research*, 18(1), 559-563.
- [27] Bernal Merchán, E. B., & Suquilanda Cuesta, P. F. (2017). Estudio comparativo de los niveles: fonológico, semántico, morfosintáctico y pragmático en niños y niñas monolingües y bilingües de 4 a 5 años del Centro de Estimulación Integral y Apoyo Psicoterapéutico de la Universidad del Azuay (CEIAP) y el Kindergarten del Colegio Alemán Stiehle y elaboración de software (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

La propuesta presentada en esta tesis está siendo validada científica y académicamente a través de la siguiente publicación:

“ISLAND: An Informatics Intelligent System to Support the Language Development of Children from 4 to 5 years”.