

3-2015

Implementación de un sistema interactivo para la rehabilitación de niños con implante coclear

Erika Jinneth Parra Astudillo
Universidad de La Salle, Bogotá

Laura Estephania Barbosa Sabogal
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion



Part of the [Biomedical Engineering and Bioengineering Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Engineering Education Commons](#), and the [Other Engineering Commons](#)

Citación recomendada

Parra Astudillo, E. J., & Barbosa Sabogal, L. E. (2015). Implementación de un sistema interactivo para la rehabilitación de niños con implante coclear. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/22

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería en Automatización by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERACTIVO PARA LA
REHABILITACIÓN DE NIÑOS CON IMPLANTE COCLEAR**

**ERIKA JINNETH PARRA ASTUDILLO
LAURA ESTEPHANIA BARBOSA SABOGAL**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMATIZACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2015**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERACTIVO PARA LA
REHABILITACIÓN DE NIÑOS CON IMPLANTE COCLEAR**

**ERIKA JINNETH PARRA ASTUDILLO
LAURA ESTEPHANIA BARBOSA SABOGAL**

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniera en Automatización**

Director

**DIANA JANETH LANCHEROS CUESTA
Ingeniera de Diseño y Automatización Electrónica**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMATIZACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2015**

Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C, Marzo de 2015

Dios nos concedió la oportunidad de obtener un título profesional, por ello hoy le agradecemos a él y a nuestros padres por ofrecernos los recursos necesarios, su comprensión y amor fraternal, así como la formación de principios éticos y morales.

El camino recorrido, no solo nos llenó de fortaleza frente a las adversidades, nos hizo más perseverantes para dar alcance a un objetivo único, el de formarnos como profesionales con principios morales y con la misión de poder ayudar a la sociedad a través de la ingeniería.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos están dirigidos a aquellas personas que aportaron en la consolidación teórica y práctica de este proyecto de grado, en principio a nuestra Directora Diana Janeth Lancheros quien bajo su iniciativa de orientación permitió el desarrollo y ejecución del mismo.

Igualmente ofrecemos nuestros agradecimientos a los ingenieros José Antonio Tumialán y Jorge Rangel, por los conocimientos compartidos y enseñados de carácter académico, personal y profesional.

Al personal docente de la Universidad De La Salle quienes fomentaron en nosotros la dedicación y empeño por el aprendizaje de los conceptos teóricos y prácticos de la ingeniería aplicables al desarrollo de proyectos de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
1. ANTECEDENTES.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 IMPLANTE COCLEAR (IC).....	22
2.1.1 Partes del implante coclear.....	22
2.2 REHABILITACIÓN DE IMPLANTADOS COCLEARES.....	23
2.2.1 Niveles de tratamiento.....	24
2.3 SISTEMA INTERACTIVO.....	24
2.4 SISTEMA INTERACTIVO DE APRENDIZAJE.....	25
2.5 PREPARACIÓN DEL SISTEMA DE IMÁGENES.....	25
2.6 RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	26
2.7 ENTORNO DE PROGRAMACIÓN.....	26
2.7.1 Php.....	26
2.7.2 Lenguaje JavaScript.....	26
2.7.3 Mysql.....	27
2.7.4 Netbeans IDE.....	28
2.7.5 Adobe Flash Professional CC.....	29
3. METODOLOGÍA.....	30
4. DISEÑO DEL SISTEMA.....	32
4.1 DIAGRAMAS CASOS DE USO.....	32
4.1.1 Casos de uso del Paciente.....	32
4.1.2 Casos de uso del Doctor.....	32
4.2 ESPECIFICACIONES DE LOS CASOS DE USO.....	35
4.2.1 Especificación Casos de uso del Paciente.....	35
4.2.2 Especificación Casos de uso del Doctor.....	39
4.3 DIAGRAMAS DE SECUENCIA.....	43
4.3.1 Diagrama de Secuencia del Paciente.....	43

4.3.2	Diagrama de Secuencia del Doctor	43
5.	ALGORITMOS IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA	46
5.1	ALGORITMO DE RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES	46
5.1.1	Capturar, Seleccionar y Almacenar la Imagen.....	46
5.1.2	Preprocesamiento.	48
5.1.3	Segmentación de la Imagen.....	49
5.1.4	Adelgazamiento de los componentes de la imagen.....	52
5.1.5	Comparación con patrones.	54
5.1.6	Diagrama de Flujo: Algoritmo de Reconocimiento de Imágenes	57
5.2	ALGORITMO RECONOCIMIENTO DE VOZ	59
5.2.1	Reconocimiento de voz en Python	59
5.2.2	Reconocimiento de voz en Visual Studio.....	60
5.2.3	Reconocimiento de voz en Netbeans IDE	61
5.2.4	Diagrama de Flujo: Reconocimiento de Voz.....	68
5.3	ALGORITMO PARA ANIMACIONES IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA DE REHABILITACIÓN.....	69
5.3.1	Pseudocódigo: Animaciones implementadas en el sistema de rehabilitación.....	69
6.	DISEÑO DEL SISTEMA INTERACTIVO	71
6.1	DISEÑO DE BASE DE DATOS	71
6.1.1	Diagrama de Clases.....	74
6.2	DISEÑO DE LA HMI	76
6.2.1	Mapa de navegación Inicio de Sesión	77
6.2.2	Mapa de navegación sistema Rol Doctor	78
6.2.3	Mapa de navegación sistema Rol Paciente.....	80
6.3	PANTALLAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	82
6.3.1	Pantalla de <i>Inicio</i>	82
6.3.2	Pantalla de acceso a <i>Rehabilitación</i>	83
6.3.3	Pantalla de acceso a <i>Conócenos</i>	84
6.3.4	Pantalla de <i>Ayuda</i>	84
6.3.5	Pantalla de <i>Inicio de Sesión</i>	84
6.3.6	Ingreso al Sistema Rol Doctor.....	86

6.3.6.1	Pantalla de acceso a <i>Consulta de Pacientes</i> .	86
6.3.6.2	Pantalla de acceso a <i>Formulario de Registro de Pacientes</i> .	89
6.3.6.3	Pantalla de acceso a <i>Sistema de Rehabilitación</i> .	89
6.3.6.4	Pantalla de acceso Animación de la Vocal A.	91
7.	PRUEBAS DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN	98
7.1	Acceso Animación de la Vocal E	98
7.2	Acceso Animación de la Vocal I	101
7.3	Acceso Animación de la Vocal O	102
7.4	Acceso Animación de la Vocal U	105
7.5	Acceso Animación de la Letra S	109
7.6	Acceso Animación de la Letra CH	110
	ÁNÁLISIS DE RESULTADOS	113
	CONCLUSIONES	118
	BIBLIOGRAFÍA	121
	ANEXOS	123

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen General de Antecedentes	19
Tabla 2. Contenido lenguaje JavaScript.....	27
Tabla 3. Especificación Caso de Uso Validar Usuario	35
Tabla 4. Especificación Caso de Uso Ejecutar Programa	36
Tabla 5. Especificación Caso de Uso Mostrar Animación	36
Tabla 6. Especificación Caso de Uso Encender Cámara.....	37
Tabla 7. Especificación Caso de Uso Reconocer Imagen.....	37
Tabla 8. Especificación Caso de Uso Reproducir Sonido	38
Tabla 9. Especificación Caso de Uso Detectar Voz	38
Tabla 10. Especificación Caso de Uso Reconocer Sonido.....	39
Tabla 11. Especificación Caso de Uso Validar Usuario	39
Tabla 12. Especificación Caso de Uso Registro de usuario	40
Tabla 13. Especificación Caso de uso Consultar Información.....	40
Tabla 14. Especificación Caso de uso Modificar información.....	41
Tabla 15. Especificación Caso de uso Actualizar Información	41
Tabla 16. Especificación Caso de Uso Ejecutar Programa	42
Tabla 17. Características de los métodos aplicados al reconocimiento de voz	62
Tabla 18. Pruebas reconocimiento Letra A	114
Tabla 19. Pruebas reconocimiento Letra E	114
Tabla 20. Pruebas reconocimiento Letra I	114
Tabla 21. Pruebas reconocimiento Letra O.....	115
Tabla 22. Pruebas reconocimiento Letra U.....	115
Tabla 23. Pruebas reconocimiento Letra S	115

Tabla 24. Pruebas reconocimiento Letra CH 116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Implante coclear	22
Figura 2. Diagrama de flujo Metodología	31
Figura 3. Diagrama casos de uso del Paciente	33
Figura 4. Diagrama casos de uso del Doctor	34
Figura 5. Diagrama de Secuencia Paciente	44
Figura 6. Diagrama de Secuencia Doctor	45
Figura 7. Plantillas del reconocimiento de píxeles esqueléticos	52
Figura 8. Diagrama de Flujo Reconocimiento de Imágenes	57
Figura 9. Diagrama de Flujo Reconocimiento de Voz	68
Figura 10. Relación de Formularios	72
Figura 11. Formulario Usuarios.....	72
Figura 12. Consulta de Usuarios.....	73
Figura 13. Formulario Pacientes	73
Figura 14. Consulta Formulario de Pacientes	73
Figura 15. Diagrama de Clases	75
Figura 16. Mapa de Navegación Inicio de Sesión	77
Figura 17. Mapa de Navegación Sistema Rol Doctor.....	78
Figura 18. Mapa de Navegación Sistema Rol Paciente	80
Figura 19. Ventana de acceso a Inicio	82
Figura 20. Ventana de acceso a Rehabilitación	83
Figura 21. Ventana de acceso a Conócenos	84
Figura 22. Ventana de acceso a Inicio de Sesión	85
Figura 23. Usuario y contraseña no válidos	85

Figura 24. Ventana de acceso a Consulta de Pacientes	86
Figura 25. Paciente no registrado	87
Figura 26. Paciente registrado	87
Figura 27. Resultados sistema de rehabilitación.....	88
Figura 28. Ventana de acceso a Formulario de Registro de Pacientes	89
Figura 29. Ventana principal de acceso al Sistema de Rehabilitación	90
Figura 30. Ventana de acceso a Animaciones	91
Figura 31. Ventana de acceso Animación Vocal A	92
Figura 32. Reconocimiento de Imágenes Vocal A. Uso de Cámara Web.....	93
Figura 33. Reconocimiento de Imágenes Vocal A. Uso de Selección de Archivo .	94
Figura 34. Retroalimentación de Imagen Correcta.....	95
Figura 35. Retroalimentación de Imagen Errónea.....	96
Figura 36. Reconocimiento de Voz	97
Figura 37. Ventana de acceso Animación Vocal E	98
Figura 38. Retroalimentación Imagen Correcta Vocal E	99
Figura 39. Reconocimiento de Voz Vocal E	100
Figura 40. Retroalimentación Reconocimiento de Voz Vocal E	100
Figura 41. Ventana de acceso Animación Vocal I.....	101
Figura 42. Reconocimiento de Voz Animación Vocal I.....	102
Figura 43. Ventana de acceso Animación Vocal O	103
Figura 44. Imagen Errónea Animación Vocal O	104
Figura 45. Retroalimentación Imagen Errónea Animación Vocal O.....	105
Figura 46. Ventana de acceso Animación Vocal U	106
Figura 47. Retroalimentación Imagen Correcta Animación Vocal U.....	107

Figura 48. Reconocimiento de Voz Animación Vocal U	107
Figura 49. Imagen Errónea Animación Vocal U	108
Figura 50. Ventana de acceso Animación Letra S	109
Figura 51. Reconocimiento de Voz Animación Letra S	110
Figura 52. Ventana de acceso Animación Letra Ch	111
Figura 53. Reconocimiento de Voz Animación Letra Ch	112
Figura 54. Retroalimentación Reconocimiento de Voz Letra Ch	112
Figura 55. Porcentaje de Reconocimiento de Imágenes	116
Figura 56. Porcentaje de Reconocimiento de Voz	117

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Pseudocódigo Reconocimiento de Voz en Python	123
ANEXO 2 Pseudocódigo Reconocimiento de Voz en Visual Studio	126
ANEXO 3 Manual de Usuario	128

INTRODUCCIÓN

El presente documento muestra el desarrollo del proyecto final de carrera, el cual tiene como objetivo principal el diseño e implementación de un sistema interactivo basado en métodos de reconocimiento de imágenes y voz para la rehabilitación de implantados cocleares. El sistema interactivo como herramienta aplicada a la rehabilitación de la población infantil, le permitirá al paciente obtener mejores beneficios en cuanto a las necesidades rutinarias de rehabilitación considerando los gastos médicos que deben solventar los pacientes y la no asistencia continúa a los controles de fonoaudiología que atrasan su aprendizaje.

Durante la investigación es posible determinar que el área de rehabilitación del implantado coclear requiere de recurso humano profesional en fonoaudiología con conocimiento y/o formación en el método auditivo verbal el cual tiene como objetivo enseñar al usuario a escuchar para poder volver a hablar desarrollando las habilidades denominada recepción, comprensión y expresión basándose en los diferentes métodos como lo es el verbo tonal donde se hace uso del cuerpo como un emisor.

Del mismo modo existe una relación entre la pausa y el tiempo promoviendo la progresión lingüística y auditiva mediante la actividad de ritmo corporal y musical así se establece una relación entre el usuario y el rehabilitador que perdura a lo largo de la vida del implantado, esto genera una dependencia del usuario así como una necesidad constante de aprendizaje para el desarrollo auditivo que muchas veces no se supe así como los conflictos con el entorno que no permite que el usuario alcance el desarrollo auditivo deseado.

Para éste antiguo mecanismo será de gran ayuda obtener una herramienta que permita una rehabilitación más amena y moderna, este desarrollo está basado en un sistema interactivo que dispondrá de avanzada tecnología tal como sistemas computarizados que permitan el desarrollo de un entorno usuario-computadora. Éste sistema dispondrá de una cámara web y un micrófono que permitirán al paciente interactuar mediante una interfaz de usuario; donde se reconocerán comandos de voz e imágenes, será de fácil acceso y manejo, brindando soluciones prácticas y conllevando a óptimos resultados en el largo proceso de rehabilitación favoreciendo eficientemente a la población infantil de implantados.

La elaboración e implementación de un sistema interactivo para el proceso de rehabilitación auditiva-visual del implantado coclear, aporta como herramienta capaz de generar una retroalimentación al paciente a través del reconocimiento, análisis de imágenes y de voz, esto con el fin de mantener un constante interés y desarrollo de habilidades auditivas en la población infantil, basadas en ejercicios de estimulación auditiva, de forma interactiva, aprovechando los sistemas computaciones existentes en la actualidad.

La metodología establecida consiste en llevar a cabo la elaboración de un informe con la información recopilada sobre los requerimientos del sistema basado en una investigación acerca del implante coclear, las etapas de rehabilitación, la inclusión de tecnología aceptada para su implementación en personas y la rehabilitación auditiva-verbal para implantados cocleares a través de la revisión bibliográfica en libros, tesis y bases de datos. El desarrollo del proyecto se evidencia en las siguientes etapas:

Análisis de información para el desarrollo y puesta en marcha del sistema interactivo a través de la estrategia computacional escogida para la rehabilitación de implantados cocleares a través de definición y recopilación del marco teórico, desarrollo de diagramas de casos de uso y diagramas de secuencia correspondientes al usuario (paciente) y al médico especialista.

Diseñar el modelo computacional que permita la interacción entre el sistema y el paciente a través de una cámara que se fundamenta en la definición de las etapas de rehabilitación a través de los protocolos y sistemas de rehabilitación que serán utilizados para su aplicabilidad, mediante la asesoría científica de personal de salud especializado en el área, definición de algoritmos para la construcción del sistema y el lenguaje de programación que se adapte eficientemente en la implementación del sistema interactivo.

Comprobar diferentes métodos y herramientas para el reconocimiento de voz para que el modelo computacional se adapte a las rutinas de rehabilitación de los implantados cocleares, se analizarán los resultados obtenidos a través del uso de diversas herramientas para el reconocimiento de voz con el fin de escoger el sistema que proporcione mayor funcionalidad.

Diseño del sistema interactivo: Como resultado surge un documento, que contiene la descripción de la organización global del sistema y la descripción de lo que cada una de sus partes hace, así como la manera en que se combinan la ingeniería con la medicina.

Finalmente es implementado el sistema interactivo para la rehabilitación a través del modelo auditivo-visual del implantado coclear que posibilita tener una herramienta que apoye el desarrollo auditivo y que permita que el implantado coclear se adapte a la rehabilitación.

1. ANTECEDENTES

A continuación se presentan los antecedentes de trabajos de grado y bases de datos enfocadas en el aprendizaje y control de pacientes con pérdida auditiva.

(Hernández, 2003), diseñó e implementó un prototipo de ayudante electrónico para personas con pérdida auditiva el cual les permitirá establecer una comunicación básica con personas oyentes, para esto fue necesario estudiar y analizar las limitaciones y ventajas del lenguaje utilizado por personas con pérdida auditiva profunda para comunicarse entre ellos y con personas oyentes, se elaboró un diseño del prototipo del ayudante con una pantalla LCD, un teclado alfanumérico y un parlante, igualmente se implementó una tarjeta electrónica encargada de la adquisición y publicación del mensaje o los mensajes que el usuario desee expresar.

(Guohong, Sha, & Xuan, 2004), desarrollaron un software de aplicación con base de datos utilizando Delphi 6 para gestionar los datos de los pacientes con implante coclear contiene varios módulos funcionales utilizados para grabar a los pacientes, consta de una evaluación médica y audiológica, la evaluación de la capacidad auditiva, evaluación del habla y condición del lenguaje, la evaluación de la condición psicológica, la rehabilitación y la formación específica, la programación del procesador, el seguimiento y apoyo, entre otros. También puede generar varios informes, convertir los datos del paciente en formato SPSS para fines estadísticos.

Para la rehabilitación de usuarios con prótesis coclear, (Jaouhar, Rbjean, & Zied, 2000) presentan un avanzado software utilizado por los médicos y técnicos para la instalación de los implantes cocleares y la evaluación de los resultados, puede ser utilizado por cualquiera de los especialistas o de los pacientes durante el proceso de rehabilitación. Esta herramienta se compone esencialmente de dos partes.

La primera parte se utiliza para la instalación del implante; se determina el rango dinámico de la corriente eléctrica que puede ser utilizada con el paciente. También establece cuál de los canales de estimulación diferentes es explotable.

La segunda parte se utiliza para las pruebas y la evaluación de los resultados de las estrategias de estimulación diferentes.

El Implante Coclear (IC) es una opción muy eficaz para aquellas personas que sufren pérdida de audición. Pero para realizar la operación de implante coclear vendría a través de un procedimiento muy complicado. Muchas evaluaciones exhaustivas o exámenes deben llevarse a cabo antes de la operación quirúrgica, y un programa de seguimiento debe estar plenamente comprometido por los portadores de implantes cocleares. (Guohong, Sha, & Shuqiand, 2008) proponen un esquema de red inalámbrica para el software, donde se discuten los requisitos

de una tecnología inalámbrica al usuario. Su objetivo es mejorar la eficiencia en el trabajo, para proporcionar un mejor servicio a los pacientes y a los candidatos IC.

Las personas con pérdida auditiva a menudo tienen dificultades para comunicarse por teléfono. La claridad de la voz telefónica es considerablemente inferior a la claridad del habla cara a cara. Esto es en parte debido a la falta de señales visuales, ancho de banda limitado, teléfono y ruido de fondo. (Haifeng, Dorman & Loizou, 2003) proponen un adaptador de teléfono inalámbrico que se puede utilizar para enviar la señal de audio directamente a un audífono o procesador de implante coclear. Este adaptador está basado en tecnología Bluetooth. Tres usuarios con implantes cocleares se pusieron a prueba con la propuesta teléfono-adaptador informando buena calidad de voz.

La frecuencia del pulso real en sistemas de implantes cocleares es un parámetro esencial en términos de rendimiento del reconocimiento y la preferencia de los pacientes. Encontrar la frecuencia del pulso ideal parece ser un tema de hoja eterno independientemente de la estrategia de codificación empleada y la arquitectura de la matriz de electrodos. Al mismo tiempo, implantados reaccionan sensiblemente a los cambios en las tasas, que hace que el diseño de tales ensayos sea difícil. Los resultados de las simulaciones dan una idea de por qué las tasas totales de ambos impulsos demasiado bajos o demasiado altos se manifiestan en los malos resultados. Los experimentos incluidos en este estudio por los investigadores (Baljic, Harczos, *et al*, 2008) resaltan la importancia de los retrasos bióticos cocleares e instar a su aplicación en las futuras estrategias de implantes cocleares el procesamiento del habla.

(Da Silva, Comerlato, *et al*, 2011), buscan verificar la aplicabilidad de un software en la rehabilitación de niños con pérdida auditiva. A través de la aplicación del Software Auxiliar de Rehabilitación Auditiva SARDA. La muestra fue de 17 niños con deficiencia auditiva, diez con implantes cocleares (IC) y siete con audífonos. El protocolo de entrenamiento se aplicó durante 30 minutos, dos veces durante una semana, durante el tiempo necesario para completar las estrategias propuestas en el software. Las estrategias de SARDA tienen básicamente la misma estructura, con un nivel de dificultad progresiva. El programa consta de tres fases (inicial, intermedio y avanzado). El SARDA propone una base de datos a través de Internet, estrategias de programación y la disponibilidad de entrenamiento auditivo.

A continuación en la Tabla 1 se presenta un resumen general donde se especifican detalladamente los antecedentes que se tomaron en cuenta para la realización del proyecto de grado.

Tabla 1. Resumen General de Antecedentes

Título del Proyecto	Autor	Tema Principal	Campo de Aplicación
Prototipo de un ayudante electrónico con síntesis de voz y visualización, para la comunicación de personas con pérdida auditiva	Johanna Paola Hernández Osorio	Diseño de un prototipo electrónico para personas con pérdida auditiva. (Hernández, 2003)	Social y Medicina
Una aplicación de Base de datos para gestionar los datos de los pacientes con un implante coclear	Zhou Guohong, Liu Sha & Wu Xuan	Diseño de un software de aplicación con base de datos para soporte de datos de los pacientes con implante coclear. (Guohong, Sha, & Xuan, 2004)	Medicina
Una herramienta de software avanzado para la evaluación y rehabilitación de usuarios con prótesis coclear	Mouine Jaouhar, Fontaine Rbjean & Chtourou Zied	Diseño de Software para instalación de implantes cocleares y evaluación de resultados en el proceso de rehabilitación. (Jaouhar, Rbjean, & Zied, 2000)	Medicina
Un software de base de datos para implante coclear por tecnología inalámbrica	Zhou Guohong, Liu Sha & Luo Shuqian	Desarrollo de Software mediante tecnología inalámbrica para proporcionar una mejor eficiencia en los pacientes con implante coclear. (Guohong, Sha, & Shuqiand, 2008)	Base de datos, Informática y Sistemas
Un dispositivo de teléfono de asistencia basado en la tecnología Bluetooth para usuarios de implantes cocleares	Qian Haifeng, M.F. Dorman & P.C. Loizou	Adaptador de teléfono inalámbrico basado en tecnología Bluetooth para enviar señal de audio directamente a un audífono del implante coclear. (Haifeng, Dorman & Loizou, 2003)	Sistemas Neuronales e Ingenierías de Rehabilitación

Fuente: los autores

Tabla 1. (Continuación)

Título del Proyecto	Autor	Tema Principal	Campo de Aplicación
Efectos de retardo indebido del espectro en el reconocimiento de voz con Implantes Cocleares: Un estudio de simulación	Izet Baljic, Tamás Harczos, Andrés Katai & Frank Klefenz	Estudio de simulación basado en el rendimiento del reconocimiento de voz en pacientes con implantes cocleares. (Baljic, Harczos, Katai & Klefenz, 2008)	Biomédica
Software para la rehabilitación de niños con discapacidad auditiva	Mariane Da Silva, Ademir Comerlato, Sheila Balen, & Maria Bevilacqua	Diseño de base de datos para entrenamiento de la capacidad de percepción del habla en silencio y ruido en implantados cocleares. (Da Silva, Comerlato, Balen, & Bevilac, 2011)	Medicina

Fuente: los autores

Cada uno de los antecedentes expuestos con anterioridad hacen relevancia a los diferentes mecanismos que han sido desarrollados para conllevar un óptimo rendimiento en cuanto a la rehabilitación de los pacientes con implantes cocleares, estos mecanismos han logrado de cierta manera suplir las necesidades diarias que afrontan las personas con pérdida auditiva y que por ende permiten simplificar la comunicación con personas oyentes.

Así mismo es posible evidenciar diferentes aplicaciones y/o herramientas que se han elaborado con el fin de mejorar los diferentes aspectos que incluye el implante coclear sin embargo en el caso del antecedente “Prototipo de un ayudante electrónico con síntesis de voz y visualización, para la comunicación de personas con pérdida auditiva” se basa en un componente electrónico que se desarrolló para personas sordas que no poseen ayudas auditivas como lo es el implante coclear; éstos tienen otras necesidades y la terapia tiene otros objetivos.

En el caso de los restantes antecedentes se enfocan en aspectos relacionados con el manejo de la información médica de los usuarios de implante coclear tales como la evaluación audiológica, habilidades auditivas e información que le compete a los diferentes organismos médicos a lo largo del proceso desde la cirugía hasta la rehabilitación a través de la adquisición y manejo de información por bases de datos como lo son los antecedentes “Aplicación de Base de datos para gestionar los datos de los pacientes con un implante coclear” y “Software de base de datos para implante coclear por tecnología inalámbrica” estas dos aplicaciones tienen un propósito estadístico el cual busca mantener un control de

la información que se genera a partir del usuario mientras el sistema que se desarrolló contiene un registro básico que sirve para su identificación y asociación a la terapia.

Entre los antecedentes “Un dispositivo de teléfono de asistencia basado en la tecnología Bluetooth para usuarios de implantes cocleares” y “Efectos de retardo indebido del espectro en el reconocimiento de voz con Implantes Cocleares: Un estudio de simulación”. Ofrecen mejoras al Implante coclear a través de la simulación o la modificación propia del dispositivo y no se orientan a la rehabilitación como una ayuda.

El antecedente “Una herramienta de software avanzado para la evaluación y rehabilitación de usuarios con prótesis coclear” busca encontrar cual es la más adecuada evaluación y rehabilitación dependiendo de las diferentes marcas y series de implante coclear que se encuentra en el mercado para este toma variables como el grado de inserción de electrodos, la programación del implante y el estado de la cóclea.

Por último se encuentra el “Software para la rehabilitación de niños con discapacidad auditiva” el cual hace un análisis estadístico sobre los resultados del test entorno a variables como como la edad y el tipo de ayuda auditiva es decir si tiene implante coclear u otra ayuda como audífonos y si hay señal de ruido o no.

Concluyendo que los antecedentes no se concentran en la rehabilitación ni en las necesidades del terapeuta sino en otros aspectos del Implantado coclear además es necesario destacar que la rehabilitación para pacientes con implante coclear difiere a un paciente con otras ayudas auditivas. Además este proyecto busca generar un diálogo entre la máquina y el usuario por medio de la cámara y el micrófono basándose en la detección y discriminación de las vocales y los sonidos ling utilizados comúnmente en la terapia; es importante aclarar que hay varios desarrollos entorno al implante coclear pero la mayoría no tiene el asesoramiento médico (fonoaudiólogo(a)) por lo que estos son bastantes infructuosos o no se enfocan en la rehabilitación.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan los principales conceptos teóricos utilizados para llevar a cabo la ejecución e implementación del sistema interactivo.

2.1 IMPLANTE COCLEAR (IC)

El IC es un sistema artificial de avanzada tecnología formado por componentes externos e internos, cuya misión es transformar las señales sonoras del ambiente en impulsos eléctricos que serán conducidos hasta el sistema nervioso central (SNC). Este dispositivo intenta sustituir el proceso de transducción y los fenómenos bioeléctricos que se producen en las células ciliadas del órgano de Corti, para transmitir las aferencias auditivas al nervio coclear, cuando aquéllas se encuentran dañadas (Loizou, 1998).

2.1.1 Partes del implante coclear.

A continuación en la Fig.1 se presenta el dispositivo electrónico que se confiere a las personas con pérdida auditiva.

Figura 1. Implante coclear



Fuente: Los autores

2.1.1.1 Partes internas del implante coclear.

- Receptor-estimulador: Se implanta en el hueso mastoides, detrás de la oreja. Envía las señales eléctricas a los electrodos.

- Electrodo: Se introducen en la cóclea, adaptándose a la curvatura del caracol. Los electrodos llevan los impulsos eléctricos producidos estimulando las células nerviosas que aún funcionan. Estos estímulos pasan a través del nervio auditivo al cerebro, que los reconoce como sonidos.

Ambas partes se unen a través de un cable y de un imán.

2.1.1.2 Partes externas del implante coclear.

- Micrófono: Recoge el sonido ambiental y lo lleva al procesador.
- Procesador: Selecciona y codifica los sonidos.
- Transmisor: Envía los sonidos codificados al receptor-estimulador.

2.2 REHABILITACIÓN DE IMPLANTADOS COCLEARES

El proceso de rehabilitación o terapia del habla se dirige al desarrollo de las habilidades auditivas y al lenguaje en niños con pérdida auditiva congénita o adquirida en el período pre-lingual, y pueden seguir las etapas de desarrollo del niño; así mismo el proceso de restauración auditiva después del período crítico de desarrollo del lenguaje oral.

A través de los años se han desarrollado diferentes estrategias para la formación y rehabilitación auditivo-verbal desde el desarrollo de software elaborado por empresas privadas e incluso software libre de forma que el audiólogo pueda tener acceso a este e incluso a bases de datos para el seguimiento del proceso terapéutico, de esta forma varias empresas han generado desarrollos como lo es SIEMENS con el software denominado eARena (Auditory Training for Patients) Advanced Bionics y TigerSpeech con el software Hearing Your Life Rehabilitation entre otros. (Balén & Silva, 2011).

Esta representación de animaciones a través del uso de sistemas interactivos permite a los niños mantener interés y la motivación durante el entrenamiento generando un tipo de retroalimentación. (Thibodeau, 2007).

Así mismo el programa de entrenamiento auditivo computarizado debe ser adecuado para la edad del paciente en cuanto al tipo de tarea y diseño del programa con lo cual el diseño debe ser atractivo y accesible para cada edad y sus peculiaridades. (Balén & Silva, 2011).

A continuación se mencionan los niveles de tratamiento necesarios y llevados a cabo en la rehabilitación de implantados cocleares.

2.2.1 Niveles de tratamiento

- **Detección.** Se proveerá al paciente de la capacidad de indicar la presencia o ausencia de sonido.
- **Discriminación.** Se mostrará al paciente por medio de la ejercitación si dos sonidos o palabras que oye son iguales o diferentes aunque no las comprenda.
- **Identificación.** Se enseñará al paciente a diferenciar los sonidos según su duración, ritmo y entonación. Se harán prácticas en la identificación de palabras simples.
- **Reconocimiento.** Se enseñará a distinguir qué sonidos está oyendo (con y sin referencia visual)
- **Comprensión.** Se enseñará a integrar todos los aspectos del sistema del lenguaje en general y la comprensión de la palabra hablada.

En el nivel de detección el entrenamiento se hará en un principio, con sonidos ambientales, musicales, vocales y consonánticos: Sonido-acción. (Monfort, 1991).

2.3 SISTEMA INTERACTIVO

La interactividad es entendida como la relación que se establece entre los seres humanos y las máquinas, ésta se realiza a través del hardware o software permitiendo la comunicación entre el sujeto y la máquina, pero también son importantes los programas, aplicaciones y diseño presentados al usuario. La eficacia de la interfaz radica en su capacidad para implicar al usuario y por tanto, favorecer la interactividad. (Brenda, 1986)

La interacción entre el usuario y la máquina se realiza a través de la denominada interfaz gráfica, pero las herramientas que hacen posible la interactividad son muy variadas. En esencia se basan en el uso de una serie de herramientas textuales o gráficas que aparecen en la pantalla que permiten al usuario identificar y distinguir los contenidos y la forma de acceder a ellos, y las posibilidades de navegación. (Brenda, 1986)

El mayor nivel interactivo se basa en una estructura de múltiples ramificaciones y en los que se ofrece al usuario la posibilidad de acceder a los contenidos desde diferentes puntos de vista. El desarrollo tecnológico ha permitido crear interfaces "inteligentes", que pueden "recordar" o guardar en la memoria algunas preferencias del usuario. La interfaz puede abarcar aspectos cognitivos y emocionales del usuario. (Brenda, 1991)

Se evalúan aspectos como:

- La naturalidad, la riqueza, flexibilidad, multidimensional y simultaneidad de la interacción.
- La posibilidad de creación de contenidos, flexibilidad y riqueza.
- El grado de satisfacción, el interés generado, el placer obtenido por los usuarios durante esta interacción. (Granollers & Lorés, 2005).

2.4 SISTEMA INTERACTIVO DE APRENDIZAJE

Un sistema de aprendizaje Interactivo puede considerarse simétrico y sincrónico. Así, las perturbaciones producidas en el sistema por el paciente crean reacciones dentro del sistema de aprendizaje. Algunas de estas reacciones se dirigen directamente hacia el alumno en forma de feedback. El feedback producido por el sistema de aprendizaje puede actuar como un tipo de perturbación que capacita al sistema estudiante para modificar o adaptar la naturaleza de cualquier otra perturbación que pueda este generar. Como una consecuencia de este proceso de diálogo general pueden ocurrir varios tipos de cambios en el sistema de aprendizaje. (Granollers & Lorés, 2005).

2.5 PREPARACIÓN DEL SISTEMA DE IMÁGENES

Antes de capturar, analizar y procesar las imágenes que serán usadas en la aplicación, se debe preparar el sistema de imágenes. El sistema de imágenes depende del tipo y del ambiente en el que se desarrollará la aplicación, tomando en cuenta lo siguiente:

- Asegurarse que el dispositivo de captura satisface las necesidades de resolución deseadas.
- Asegurarse que el lente capture las imágenes de interés con el foco requerido.
- Asegurarse que la iluminación en el lugar de la aplicación produce el suficiente contraste entre la imagen y el fondo para su óptima localización.

- Posicionar la cámara de manera que quede paralela con la imagen a inspeccionar, con la intención de reducir distorsión de perspectiva de la imagen. (Reconocimiento de Imágenes, s.f.)

2.6 RECONOCIMIENTO DE VOZ

El proceso de reconocimiento automático de voz dota a las máquinas de la capacidad de recibir mensajes orales. Tomando con entrada la señal acústica recogida por un micrófono, el proceso de reconocimiento automático del habla tiene como objetivo final decodificar el mensaje contenido en la onda acústica para realizar las acciones pertinentes. Para lograr este fin, un sistema de reconocimiento de voz necesitaría conjugar una gran cantidad de conocimientos acerca del sistema auditivo humano, sobre la estructura del lenguaje, la representación del significado de los mensajes y sobre todo el autoaprendizaje de la experiencia diaria. (Castro, Mattos, Pardo & Perpiñan, 2005)

2.7 ENTORNO DE PROGRAMACIÓN

2.7.1 Php.

PHP es un lenguaje de script que se ejecuta del lado del servidor, el código PHP se incluye en una página HTML normal. Por lo tanto, se puede comparar con otros lenguajes de script que se ejecutan según el mismo principio. A diferencia de un lenguaje como JavaScript, donde el código se ejecuta del lado del cliente (en el explorador), el código PHP se ejecuta del lado del servidor. El resultado de esta ejecución se incrusta en la página HTML, que se envía al navegador. Este último no tiene conocimiento de la existencia del procesamiento que se ha llevado a cabo en el servidor. Ésta técnica permite realizar páginas web dinámicas cuyo contenido se puede generar total o parcialmente en el momento de la llamada de la página, gracias a la información que se recopila en un formulario o se extrae de una base de datos. (Heurtel, s.f.)

2.7.2 Lenguaje JavaScript.

JavaScript fue diseñado para ser un lenguaje de elaboración de scripts que pudieran incrustarse en archivos HTML. No es compilado, sino que, en vez de ello, es interpretado por el navegador. A diferencia de Java, que primero es convertido a código de byte fácil de interpretar, JavaScript es leído por el navegador como código fuente. JavaScript fue creado para darle más dinamismo a las páginas

web, es decir permite dar movimiento a una página logrando interactividad con los usuarios. (Sánchez, 2001)

A continuación en la Tabla 2 se presenta el contenido correspondiente al lenguaje JavaScript.

Tabla 2. Contenido lenguaje JavaScript

Variables	Etiquetas que se refieren a un valor cambiante.
Operadores	Pueden usarse para calcular o comparar valores.
Expresiones	Cualquier combinación de variables, operadores, y declaraciones que evalúan algún resultado.
Sentencias	Una sentencia puede incluir cualquier elemento de la gramática de JavaScript. Las sentencias de JavaScript pueden tomar la forma de condicional, bucle, o manipulaciones del objeto.
Objetos	Estructura “contenedora” de variables, procedimientos y funciones, cada valor refleja una propiedad individual de ese objeto.
Funciones y Métodos	Una función es un conjunto de elementos que realizan alguna acción. Puede aceptar los valores entrantes (los parámetros que le asignemos a la función), y puede devolver un valor saliente. Un método se refiere a la función contenida en un objeto.

Fuente: (Sánchez, 2001)

2.7.3 Mysql.

MySQL es un sistema de administración de bases de datos relacionales rápido, sólido y flexible. Es ideal para crear bases de datos con acceso desde páginas web dinámicas, para la creación de sistemas de transacciones on-line o para cualquier otra solución profesional que implique almacenar datos, teniendo la posibilidad de realizar múltiples y rápidas consultas.

MySQL ofrece varias ventajas respecto a otros sistemas gestores de bases de datos:

- Tiene licencia pública, permitiendo no solo la utilización del programa sino también la consulta, modificación de su código fuente.

- MySQL utiliza el lenguaje SQL (Structured Query Language - Lenguaje de Consulta Estructurado) siendo este el lenguaje de consulta más usado y estandarizado para acceder a bases de datos relacionales. Soporta la sintaxis estándar del lenguaje SQL para la realización de consultas de manipulación, creación y selección de datos.
- Es un sistema cliente/servidor, permitiendo trabajar como servidor multiusuario y de subprocesamiento múltiple, es decir, cada vez que se establece una conexión con el servidor, el programa servidor crea un subproceso para manejar la solicitud del cliente, controlando el acceso simultáneo de un gran número de usuarios a los datos y asegurando el acceso solo a usuarios autorizados. (Cobo, Gómez, Pérez & Rocha, 2005)

2.7.4 Netbeans IDE.

Es un entorno de desarrollo, una herramienta para que los programadores puedan escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Está escrito en Java pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación tales como HTML5, PHP, C/C++ entre otros. Existe además un número importante de módulos para extender el NetBeans IDE. NetBeans IDE es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. (Oracle, s.f.)

Las características principales de la herramienta Netbeans IDE se presentan a continuación.

2.7.4.1 Características principales.

- Asistentes para la creación y configuración de distintos proyectos, incluida la elección de algunos frameworks.
- Acceso a base de datos desde el propio Netbeans podemos conectarnos a distintos sistemas gestores de bases de datos, como pueden ser Oracle, MySql y demás, y ver las tablas, realizar consultas y modificaciones, y todo ello integrado en el propio IDE.
- Se integra con diversos servidores de aplicaciones, de tal manera que podemos gestionarlos desde el propio IDE: inicio, parada, arranque en modo debug, despliegues. Entre otros podemos usar Apache Tomcat, GlassFish, JBoss, WebLogic, Sailfin, Sun Java System Application Server. (Oracle, s.f.)

2.7.5 Adobe Flash Professional CC.

Adobe Flash Professional CC proporciona un entorno de edición para crear contenido de animación y multimedia para web, lo cual permite que los diseñadores visuales creen experiencias interactivas de aspecto similar en escritorios y dispositivos móviles. (Adobe, 2014)

Al igual que otros tipos de animación, Adobe Flash organiza las imágenes y sonidos en capas y fotogramas para crear animaciones 2D utilizadas en páginas web y sitios web con contenido multimedia. Estas animaciones pueden ser reproducidas por un reproductor Flash, embebido (o no) en el navegador. El reproductor también puede realizar otras tareas con contenido multimedia, como crear animaciones, editar imágenes, sonido, jugar o programar juegos, entre otros.

Ambas formas de animación agrupan el contenido multimedia, especialmente las imágenes, en fotogramas, como una película. La diferencia es que, mientras que la animación tradicional supone la generación de todos y cada uno de los fotogramas, en animaciones simples, Flash genera automáticamente los fotogramas intermedios entre un origen y un final.

Por otra parte, Flash también trabaja con animación tradicional (interpolación clásica), consistente en la secuencia de fotogramas independientes que al reproducirla da la sensación de movimiento a dibujos o fotografías para crear una animación más real. Se recomienda utilizar este formato en animaciones complejas y difíciles. (Adobe, 2014)

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos propuestos se definen las siguientes etapas:

Inicialmente se desarrollan diagramas UML (Unified Modelling Lenguaje) y diagramas de secuencia tanto para el usuario (paciente) y el médico especializado; en éstos se establece una serie de requerimientos los cuales especifican las partes que compone el desarrollo del software.

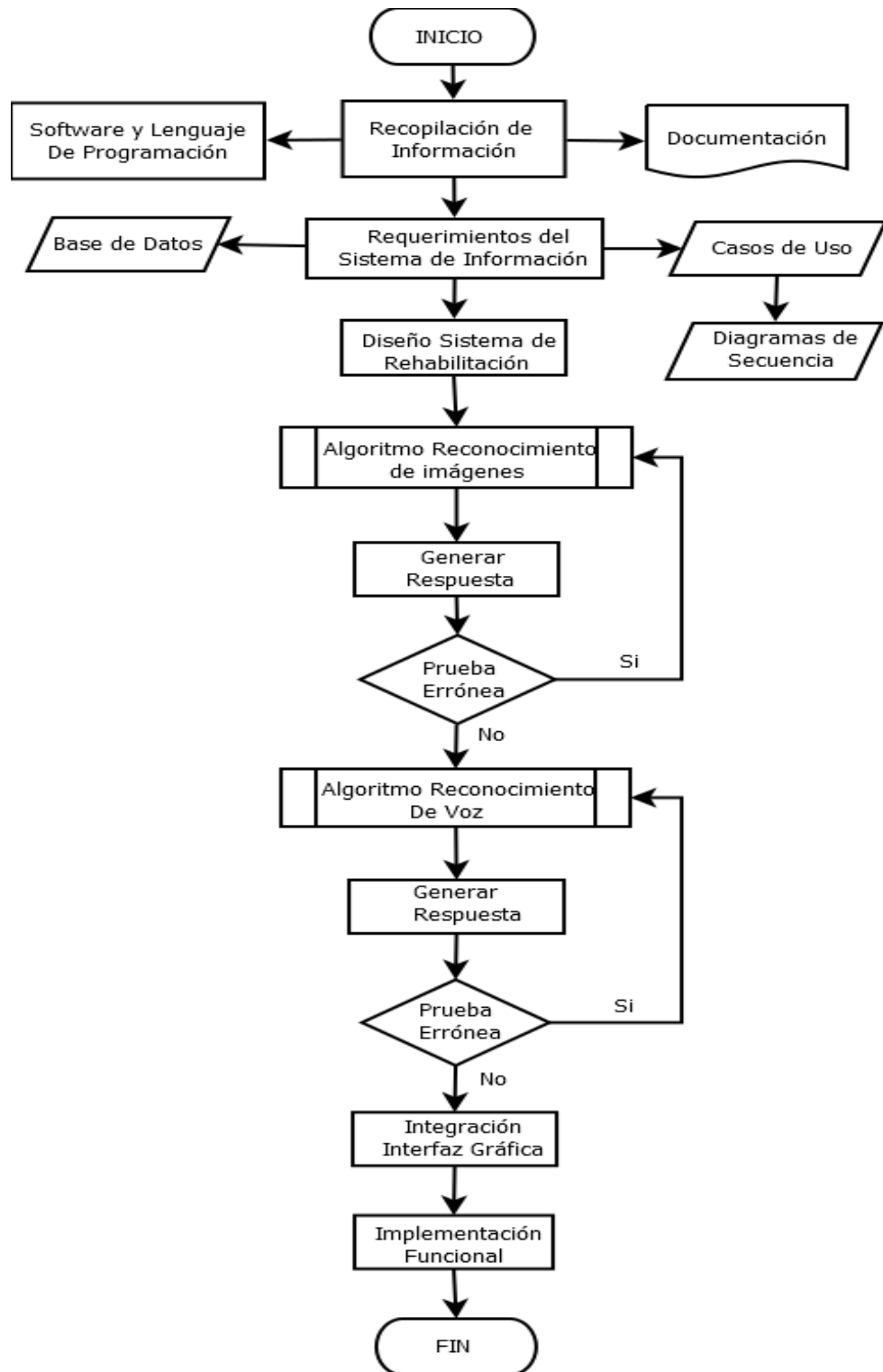
Para la realización del proyecto se hará uso del Software Netbeans IDE usando la aplicación PHP, así mismo se tendrá configurado el sistema WAMP (Windows + Apache + MySQL + PHP). Seguidamente se configura una base de datos que permitirá la interacción entre los usuarios, en ésta se podrá acceder a operaciones de registro, consulta, modificación y actualización de datos de los usuarios por parte del médico especializado, El médico podrá llevar un registro de la historia clínica de los pacientes así como un control sobre el nivel y avance de tratamiento en que estos se encuentran. En la base de datos se guardará la información organizada en tablas de los datos de acceso correspondiente a cada usuario.

A continuación se diseña la interfaz de usuario a partir de la base de datos creada. El usuario tendrá fácil acceso al sistema y contará con varias opciones que brindarán información al mismo, una vez el usuario se encuentre registrado por el médico podrá acceder al sistema interactivo desde la opción sistema de rehabilitación, por lo que podrá realizar respectivamente su rutina de aprendizaje. El sistema interactivo para la rehabilitación a través del modelo auditivo-visual del implantado coclear cuenta con diversas animaciones web desarrolladas en el Software Adobe Flash Professional CC, éstas a su vez se exportan a la aplicación PHP en Netbeans IDE para su posterior comunicación con la base de datos.

Finalmente se implementa el reconocimiento de imágenes por medio del uso de una cámara web, el paciente accede a diversas animaciones, éste deberá mostrar las imágenes que corresponden a cada una de ellas, si estas imágenes son correctas podrá proseguir al reconocimiento de voz. Posteriormente se implementa la comunicación entre el usuario y computador por medio del reconocimiento de voz, en esta última etapa el paciente deberá reproducir el sonido consecuente al sonido vinculado con la animación que se esté ejecutando, si el sonido que se detecta del paciente es correcto o incorrecto al igual que en el reconocimiento de imágenes el sistema proyectará a través de animaciones su respectiva retroalimentación.

En la Fig.2 se expondrá un diagrama de flujo de la metodología anteriormente presentada.

Figura 2. Diagrama de flujo Metodología



Fuente: Los autores

4. DISEÑO DEL SISTEMA

En esta sección se especifican detalladamente los diagramas de casos de uso y diagramas de secuencia para cada uno de los usuarios que podrán acceder al sistema, así mismo se presentarán las respectivas especificaciones de los casos de uso, de las que se componen los procesos principales de los actores que intervienen en el desarrollo del Software.

4.1 DIAGRAMAS CASOS DE USO

A continuación se presentan los diagramas de casos de uso teniendo en cuenta la interacción entre el usuario (paciente) y el médico especialista, así como la accesibilidad de cada actor frente a las diversas operaciones que se ejecutan en el sistema de información.

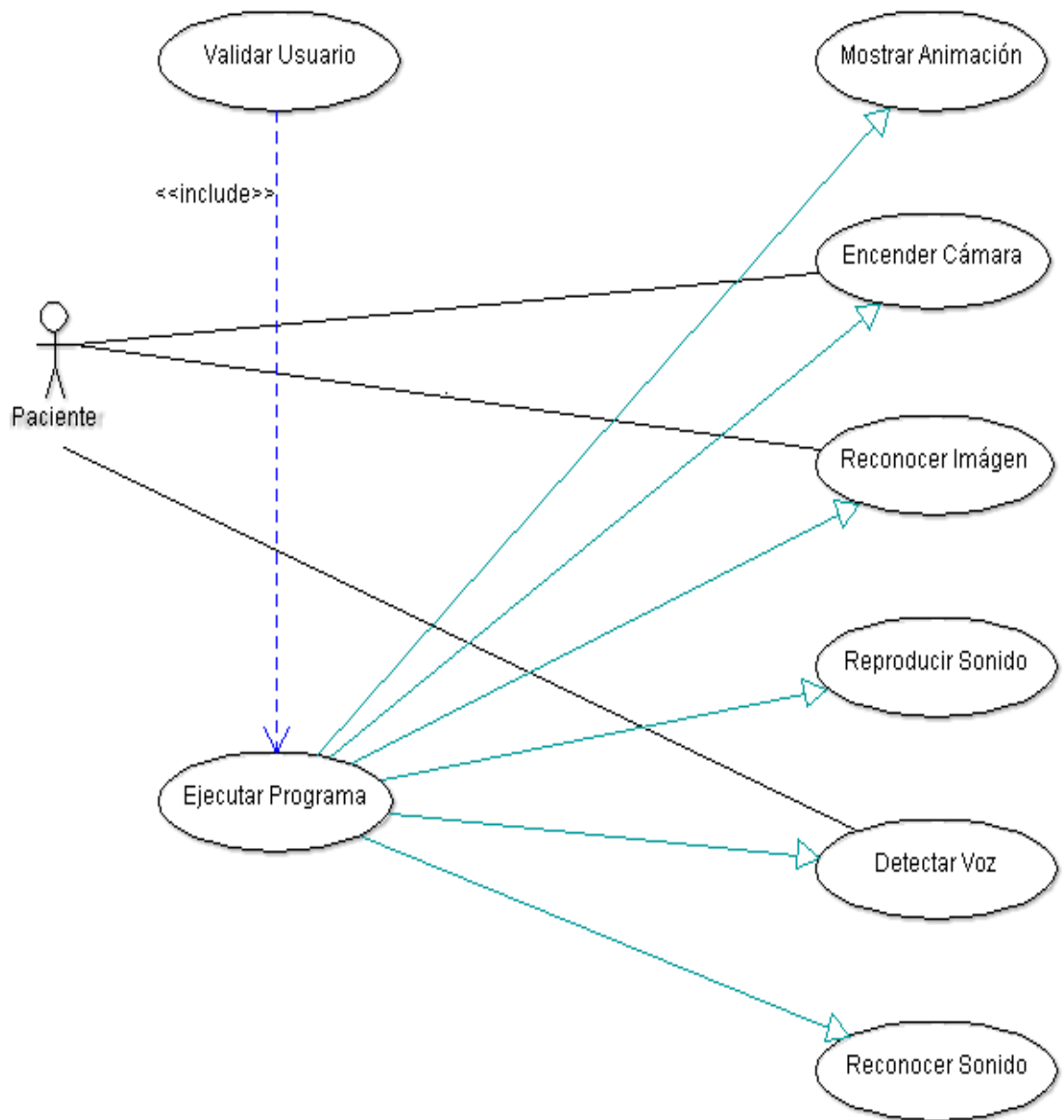
4.1.1 Casos de uso del Paciente

El diagrama de caso de uso planteado para el usuario (paciente) se puede observar en la Fig.3 en el cual se especifican las acciones que este actor podrá efectuar teniendo en cuenta que las mismas solo se harán presentes si el usuario a iniciado sesión correctamente y si ha sido registrado con anterioridad por el médico especializado. El paciente no podrá realizar ninguna acción sobre sí mismo ni sobre el médico, es decir no tiene permisos para la creación de su propio usuario, ni ingresar y/o consultar información de datos.

4.1.2 Casos de uso del Doctor

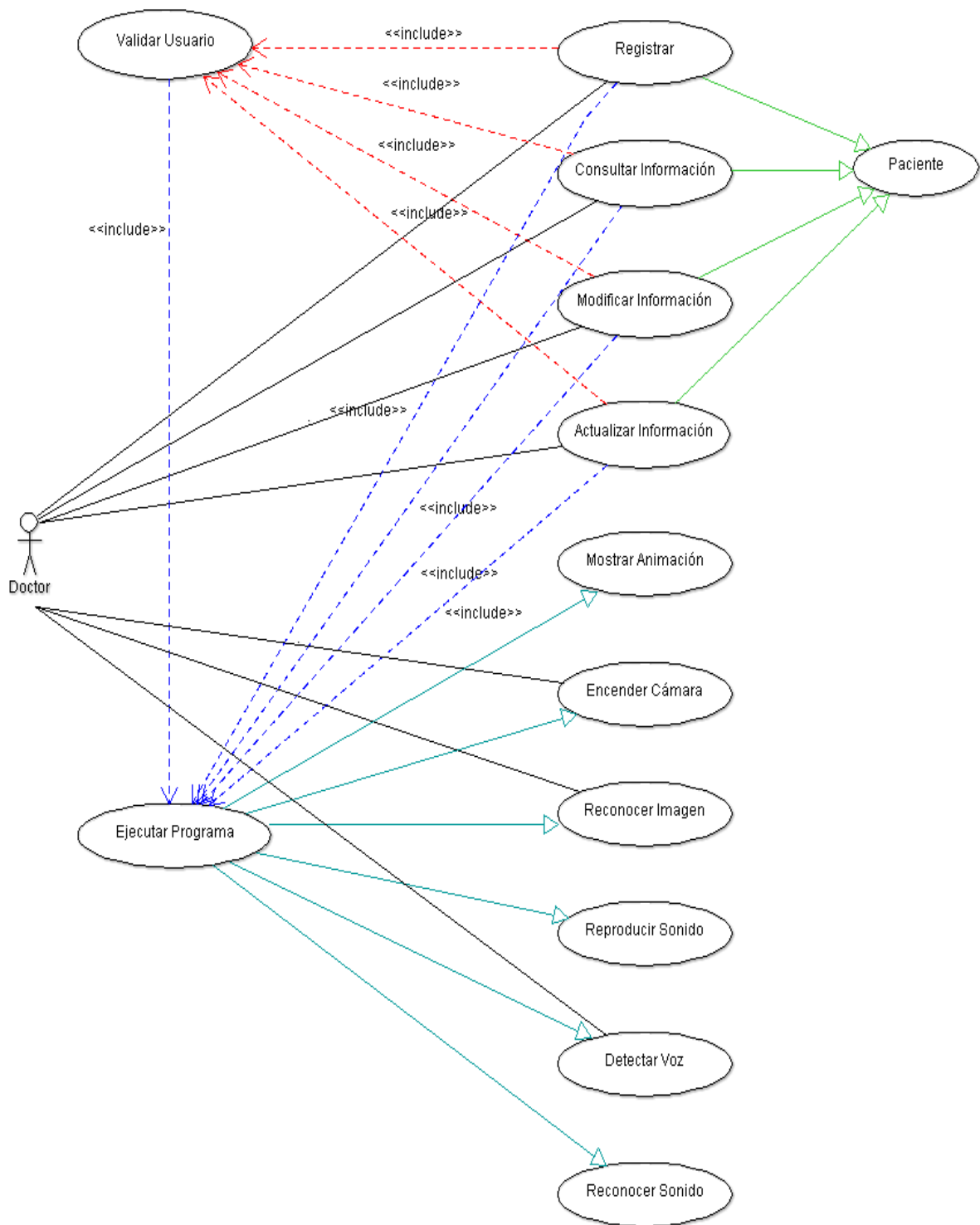
El diagrama de caso de uso planteado para el doctor se puede observar en la Fig.4, al igual que el usuario se especifican las operaciones que este actor podrá efectuar tales como registrar, consultar, modificar y actualizar información del paciente. Este Actor tiene acceso a todo el manejo de datos del paciente, es quien puede realizar todas las acciones en la base de datos.

Figura 3. Diagrama casos de uso del Paciente



Fuente: Los autores

Figura 4. Diagrama casos de uso del Doctor



Fuente: Los autores

4.2 ESPECIFICACIONES DE LOS CASOS DE USO

A continuación se darán a conocer las especificaciones correspondientes para cada caso de uso pertenecientes a los actores usuario (paciente) y médico especialista.

4.2.1 Especificación Casos de uso del Paciente.

En la Tabla 3 se especifica el caso de uso Validar Usuario en donde el actor usuario (paciente) podrá acceder al sistema de aprendizaje diligenciando el usuario y contraseña obtenidos con anterioridad por parte del médico especializado.

Tabla 3. Especificación Caso de Uso Validar Usuario

Caso de Uso	Validar Usuario
Actor	Paciente
Tipo	Inclusión
Propósito	Se valida un usuario ya registrado en el sistema.
Resumen	Este caso de uso se inicia por el usuario (paciente), en donde debe ingresar su respectivo <i>usuario</i> y <i>clave</i> , una vez validados estos datos podrá ingresar a ejecutar el programa correspondiente.
Precondiciones	Se requiere que el usuario haya sido registrado con anterioridad por el médico especializado.
Excepciones	Si el <i>usuario</i> o <i>clave</i> no se validaron el usuario no podrá ingresar al sistema o si el <i>usuario</i> no ha sido registrado.

Fuente: Los autores

En la Tabla 4 se presenta el caso de uso Ejecutar Programa en donde el usuario podrá acceder a la información suministrada en el sistema de información.

Tabla 4. Especificación Caso de Uso Ejecutar Programa

Caso de Uso	Ejecutar Programa
Actor	Paciente
Tipo	Inclusión
Propósito	Se ejecutará el programa una vez iniciada la sesión.
Resumen	Este caso de uso se inicia por el usuario, en donde ejecuta el programa y tiene acceso a las diversas opciones de las que se compone el sistema.
Precondiciones	Se requiere que el <i>usuario</i> haya conseguido iniciar la sesión o el <i>usuario</i> haya sido validado.
Excepciones	Si el usuario no ha iniciado sesión no podrá ejecutar el respectivo programa.

Fuente: Los autores

En la Tabla 5 se presenta el caso de uso Mostrar Animación, es decir el usuario dispondrá de diversas opciones para realizar la rutina de aprendizaje, estas opciones se compone de vocales y sonidos ling tales como las letras S y Ch.

Tabla 5. Especificación Caso de Uso Mostrar Animación

Caso de Uso	Mostrar Animación
Actor	Paciente
Tipo	Primario
Propósito	Mostrar animación con el fin de que sea ejecutado posteriormente el caso de uso Reconocer Imagen
Resumen	El sistema mostrará distintas animaciones, en donde el usuario podrá interactuar y llevar un aprendizaje más ameno.
Precondiciones	Se requiere que el usuario haya sido validado por el sistema.
Excepciones	Si el usuario no es validado por el sistema no podrá ingresar al sistema

Fuente: Los autores

En la Tabla 6 se presenta el caso de uso Encender Cámara, esta acción debe ejecutarse por el usuario para proceder al reconocimiento de imágenes.

Tabla 6. Especificación Caso de Uso Encender Cámara

Caso de Uso	Encender Cámara
Actor	Paciente
Tipo	Primario
Propósito	Encender la cámara una vez validado el usuario para proceder a la ejecución de la rutina de aprendizaje a través del reconocimiento de imágenes
Resumen	Este caso de uso se inicia por el usuario, con el fin de visualizar las imágenes que serán reconocidas por el sistema.
Precondiciones	Se requiere que el usuario haya sido validado por el sistema, tenga la cámara web conectada y haya ingresado al caso de uso mostrar animación.
Excepciones	Ninguno

Fuente: Los autores

En la Tabla 7 se presenta el caso de uso Reconocer Imagen, es decir el usuario deberá mostrar las imágenes al lente de la cámara, siendo estas las que corresponden a la animación que se esté visualizando en pantalla.

Tabla 7. Especificación Caso de Uso Reconocer Imagen

Caso de Uso	Reconocer Imagen
Actor	Paciente
Tipo	Primario
Propósito	Reconocer la imagen mostrada por el usuario en la rutina de aprendizaje.
Resumen	Una vez el usuario acceda a el caso de uso mostrar animación se iniciará la rutina de aprendizaje, el usuario deberá mostrar la imagen a la cámara correspondiente a la animación, sí esta es correcta se ejecutará el caso de uso Reproducir Sonido.
Precondiciones	Se requiere haber ejecutado anteriormente el caso de uso Encender Cámara así como tener las imágenes referentes a la rutina de aprendizaje del usuario.
Excepciones	Ninguno

Fuente: Los autores

En la Tabla 8 se presenta el caso de uso Reproducir Sonido, esta acción se ejecuta por el sistema, en donde se reproducirá el sonido que corresponde a cada una de las animaciones que componen el sistema de aprendizaje.

Tabla 8. Especificación Caso de Uso Reproducir Sonido

Caso de Uso	Reproducir Sonido
Actor	Paciente
Tipo	Primario
Propósito	Se reproducirá el sonido una vez el caso de uso Reconocer imagen se esté ejecutando.
Resumen	El sistema reproducirá sonidos mediante animaciones para que el usuario reconozca y aprenda diariamente, seguidamente se ejecutará el caso de uso detectar voz.
Precondiciones	Se requiere que se haya ejecutado el caso de uso Reconocer imagen
Excepciones	Ninguno

Fuente: Los autores

En la Tabla 9 se presenta el caso de uso Detectar Voz, Esta acción es ejecutada por el usuario en donde deberá reproducir mediante un micrófono el mismo sonido que está reproduciendo la animación mostrada en pantalla.

Tabla 9. Especificación Caso de Uso Detectar Voz

Caso de Uso	Detectar Voz
Actor	Paciente
Tipo	Primario
Propósito	Detectar la voz del usuario
Resumen	Este caso de uso se inicia por el usuario. Se detectará la voz del usuario, donde éste reproducirá el sonido correspondiente a la animación que esté mostrando el sistema.
Precondiciones	Se requiere que se haya ejecutado el caso de uso Reproducir Sonido.
Excepciones	Ninguno

Fuente: Los autores

En la Tabla 10 se presenta el caso de uso Reconocer Sonido, este tiene como fin reconocer el sonido que el usuario este pronunciando.

Tabla 10. Especificación Caso de Uso Reconocer Sonido

Caso de Uso	Reconocer Sonido
Actor	Paciente
Tipo	Primario
Propósito	El sistema reconocerá el sonido que efectuó el usuario con el fin de determinar si la letra o sonido es referente a la animación que se esté ejecutando.
Resumen	Se reconocerá el sonido que el usuario esté pronunciando, así el sistema generará una retroalimentación donde se dará a conocer al usuario si está pronunciando o generando el sonido respectivo a la animación ejecutada.
Precondiciones	Se requiere que se haya reconocido la imagen y se haya reproducido el sonido referente a la animación, así mismo el sistema debe detectar que el micrófono esté conectado
Excepciones	En caso de que no se haya reconocido ninguna imagen

Fuente: Los autores

4.2.2 Especificación Casos de uso del Doctor.

En la Tabla 11 se presenta el caso de uso Validar Usuario, El doctor podrá acceder al sistema de información diligenciando el usuario y contraseña obtenidos.

Tabla 11. Especificación Caso de Uso Validar Usuario

Caso de Uso	Validar Usuario
Actor	Doctor
Tipo	Inclusión
Propósito	Se valida un usuario ya registrado en el sistema.
Resumen	Este caso de uso se inicia por el Doctor en donde debe ingresar su respectivo <i>nombre de usuario</i> y <i>clave</i> , una vez validados estos datos podrá ingresar a ejecutar el programa correspondiente.
Precondiciones	Se requiere que el Doctor haya sido registrado previamente.
Excepciones	Si el <i>usuario</i> o <i>clave</i> no se validaron el usuario no podrá ingresar al sistema o si el Doctor no ha sido registrado.

Fuente: Los autores

En la Tabla 12 se presenta el caso de uso Registro de Usuario, El médico realizará el registro de cada paciente diligenciando los datos personales, con el fin de llevar un control sobre el historial clínico de cada paciente.

Tabla 12. Especificación Caso de Uso Registro de usuario

Caso de Uso	Registro de usuario
Actor	Doctor
Tipo	Primario
Propósito	El Doctor puede ingresar un usuario (paciente) a través del registro.
Resumen	En este caso el Doctor una vez a ingresado al sistema puede registrar los datos tanto personales como principales en la historia médica del paciente.
Precondiciones	Se requiere que el Doctor haya sido registrado con anterioridad y que tenga permiso para el registro del usuario.
Excepciones	Si el Doctor no tiene permiso para registrar los usuarios.

Fuente: Los autores

En la Tabla 13 se presenta el caso de uso Consultar Información, en donde el médico especialista consultará a través del documento del paciente toda la información pertinente del historial clínico del mismo. Esta acción no produce ningún cambio respecto a los datos almacenados en la base de datos del sistema de información.

Tabla 13. Especificación Caso de uso Consultar Información

Caso de Uso	Consultar Información
Actor	Doctor
Tipo	Primario
Propósito	El Doctor puede consultar la información de un paciente a través del número de identificación para informarse sobre el paciente.
Resumen	En este caso el Doctor ingresa a través de una barra de búsqueda, ingresa el número de identificación del usuario (paciente) y consulta cierta información referente al paciente así como el nivel en el que se encuentra en el sistema de reconocimiento.

Fuente: Los autores

Tabla 13. (Continuación)

Precondiciones	El Doctor debe ser validado por el sistema y el usuario ya debe estar registrado.
Excepciones	Solo el Doctor puede visualizar ésta información.

Fuente: Los autores

En la Tabla 14 se presenta el caso de uso Modificar Información, el médico podrá modificar los datos suministrados en el historial clínico del paciente.

Tabla 14. Especificación Caso de uso Modificar información

Caso de Uso	Modificar información
Actor	Doctor
Tipo	Primario
Propósito	El Doctor puede modificar la información del paciente que considere pertinente.
Resumen	El Doctor podrá modificar la información del paciente seleccionando la opción que desea modificar.
Precondiciones	El Doctor debe ser validado por el sistema y se debe cumplir el caso de uso Consultar Información previamente.
Excepciones	Ninguno

Fuente: Los autores

En la Tabla 15 se presenta el caso de uso Actualizar Información, esta acción se ejecuta para actualizar los datos modificados del paciente en el sistema de información.

Tabla 15. Especificación Caso de uso Actualizar Información

Caso de Uso	Actualizar información
Actor	Doctor
Tipo	Primario
Propósito	El Doctor puede actualizar la información del paciente que considere pertinente.
Resumen	El Doctor modifica la información del paciente, una vez modificado se actualizará éste valor, se imprimirá en pantalla y la información anterior será guardada en el historial.

Fuente: Los autores

Tabla 15. (Continuación)

Precondiciones	El Doctor debe ser validado por el sistema y se debe cumplir el caso de uso Consultar Información.
Excepciones	Ninguno

Fuente: Los autores

En la Tabla 16 se presenta el caso de uso Ejecutar Programa, en donde el médico podrá acceder a la información suministrada en el sistema de información.

Tabla 16. Especificación Caso de Uso Ejecutar Programa

Caso de Uso	Ejecutar Programa
Actor	Doctor
Tipo	Inclusión
Propósito	Se ejecutará el programa una vez iniciada la sesión.
Resumen	Este caso de uso se inicia por el Doctor, en donde ejecuta el programa y tiene acceso a las diversas opciones de las que se compone el sistema.
Precondiciones	Se requiere que el <i>Doctor</i> haya conseguido iniciar la sesión o el <i>usuario</i> haya sido validado.
Excepciones	Si el usuario no ha iniciado sesión no podrá ejecutar el respectivo programa.

Fuente: Los autores

4.3 DIAGRAMAS DE SECUENCIA

En esta sección se presentan los diagramas de secuencia en el cual se muestra la interacción existente entre los actores que componen el sistema y las acciones que pueden efectuar.

4.3.1 Diagrama de Secuencia del Paciente.

El diagrama de secuencia planteado para el usuario (paciente) se observa en la Fig.5 en donde se evidencia mediante objetos los diferentes casos de uso implementados en el sistema. El diagrama de secuencia inicia en el ingreso de usuario para su posterior validación de los datos, una vez validado, el *usuario* podrá acceder al *sistema de rehabilitación* solicitando a la *interfaz gráfica* el despliegue de la pantalla principal del caso de uso *mostrar animación*.

Posteriormente se inicia el caso de uso *encender cámara* en donde siendo reconocida la cámara el *usuario* procederá a la *captura de la imagen* solicitando al *sistema* el *reconocimiento y retroalimentación* de la misma, una vez la imagen sea la correcta el *sistema* enviará el evento *visualización reconocimiento de voz* a la *interfaz gráfica*. Ya accedido al reconocimiento de voz el *usuario* deberá proceder a la *conexión del micrófono*, siendo éste detectado, la *interfaz de usuario* iniciará el caso de uso *reproducir sonido* correspondiente a la animación en que se encuentra el usuario.

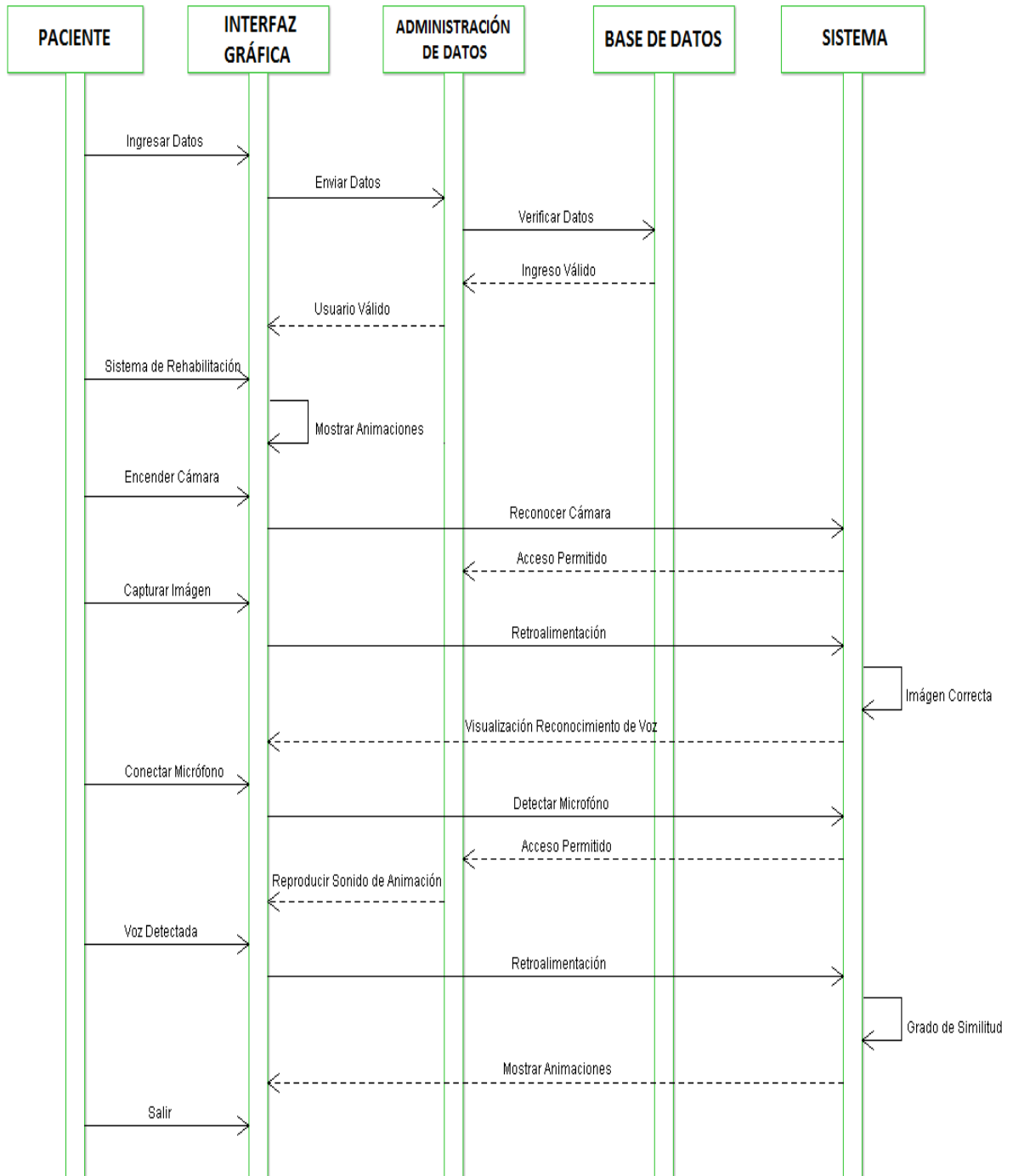
Finalmente se efectuará el caso de uso *detectar voz* iniciado por el *usuario*, que a su vez enviará el evento *retroalimentación* al *sistema*, el *sistema* detectará si el grado de similitud de la voz del usuario coincide o no con el sonido reproducido de las animaciones, si éste es acertado, el *sistema* solicitará a la *interfaz gráfica* el despliegue de las restantes animaciones concernientes al sistema de rehabilitación de los implantados.

4.3.2 Diagrama de Secuencia del Doctor

El diagrama de caso de uso planteado para el doctor se puede observar en la Fig.6, en donde se especifican la interacción entre los objetos a nivel de eventos que se envían entre sí. Este actor podrá acceder a los casos de uso registrar, consultar, modificar, actualizar además de los casos de usos suministrados para el usuario (paciente). El diagrama de secuencia inicia en el ingreso de usuario para su posterior validación de los datos, una vez validado, el *doctor* podrá ingresar a la información del *paciente*, podrá acceder a los casos de uso *registrar pacientes, solicitar, modificar y consultar información*. Así mismo el *doctor* tendrá acceso al

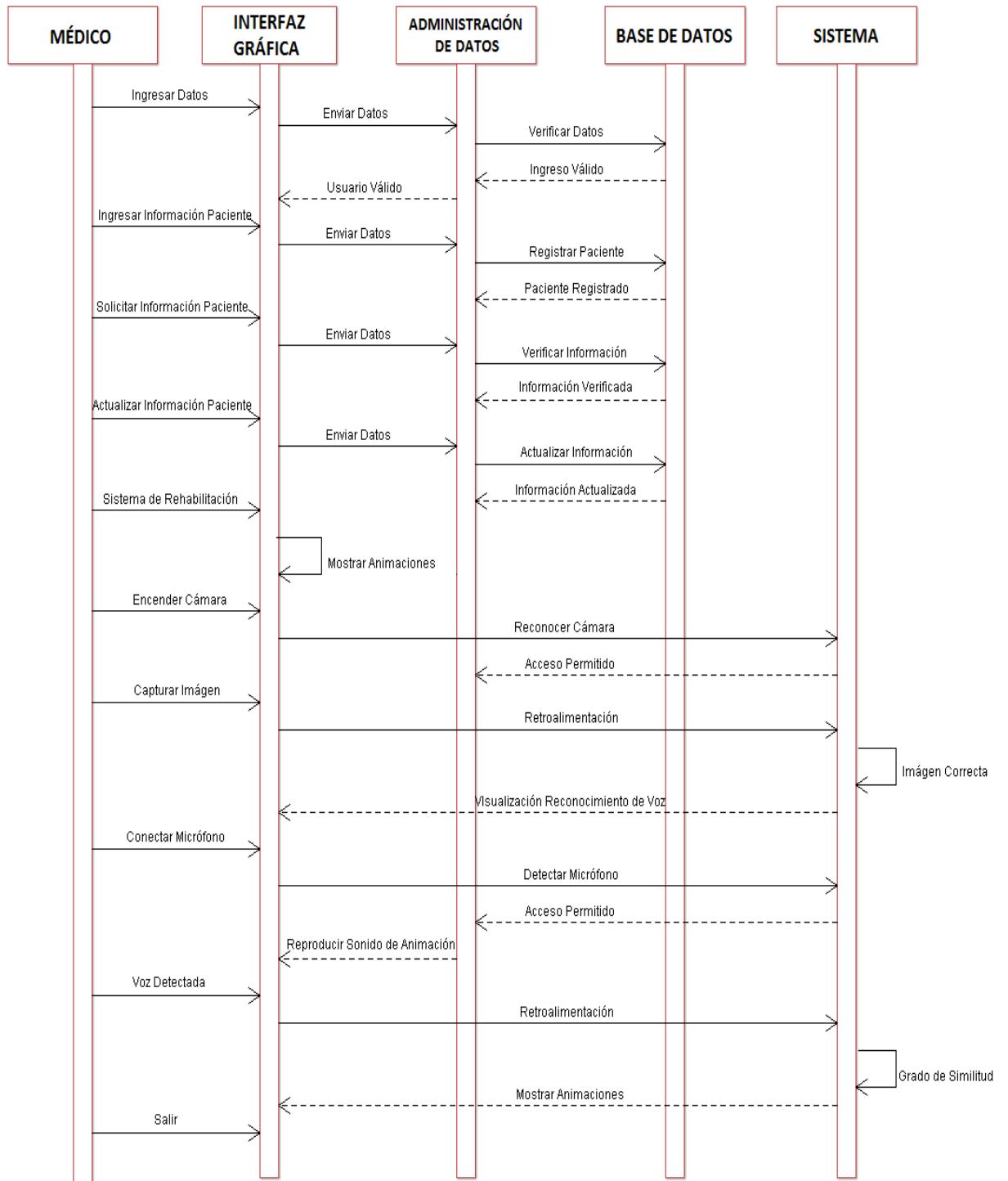
sistema de rehabilitación el cual consta de los mismos eventos que se especificaron con anterioridad en el diagrama de secuencia del paciente.

Figura 5. Diagrama de Secuencia Paciente



Fuente: Los autores

Figura 6. Diagrama de Secuencia Doctor



Fuente: Los autores

5. ALGORITMOS IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA

A continuación se hace énfasis en los algoritmos implementados en el sistema interactivo, como lo son: El algoritmo de reconocimiento de imágenes, algoritmo de reconocimiento de voz y algoritmo de las animaciones implementadas en flash.

5.1 ALGORITMO DE RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES

El algoritmo de reconocimiento de imágenes se fundamenta en las siguientes etapas:

5.1.1 Capturar, Seleccionar y Almacenar la Imagen.

Para la ejecución del algoritmo de reconocimiento de imágenes en primer lugar se declaran las variables globales video, canvas, context y reconocimiento para acceder a estos objetos en cualquier segmento del código.

La aplicación getUserMedia permite conexión a la entrada de la cámara web sin algún otro complemento es decir sin necesidad de instalar aplicaciones ya que los datos se procesan y se envían directamente al navegador.

Para proceder a la captura de imágenes se debe definir el método getUserMedia(), el cual es para especificar el tipo de medio al que se quiere acceder. En este caso acceder a la cámara web, para esto el primer parámetro especificado será video.

Inicio

Var

Video, canvas, context, reconocimiento

```
navigator.getUserMedia <- navigator.getUserMedia ◦ navigator.webkitGetUserMedia ◦  
navigator.mozGetUserMedia ◦ navigator.msGetUserMedia ◦ navigator.oGetUserMedia;
```

```
    Si (navigator.getUserMedia)
```

```
        navigator.getUserMedia ({video: true}, handleVideo, videoError);
```

```
    Fin Si
```

El elemento video es el encargado de tomar la secuencia de vídeo desde la webcam y mostrarla en la pantalla.

Funcion handleVideo (stream)

```
    video.src <- window.URL.createObjectURL (stream);
```

Fin **funcion**

Si el usuario no otorga permiso para acceder a la cámara web o se encuentra con algún otro tipo de error al obtener la secuencia del video se especifica la función de error `videoError(e)` para manejar las condiciones del error.

function videoError(e)

Fin **funcion**

El evento `DOMContentLoaded()` se activa cuando el elemento ha sido completamente cargado y analizado. El método `canvas.getContext('2d')` es llamado para dejar al elemento `<canvas>` listo para trabajar, este método genera un contexto de dibujo que será asignado al lienzo. La referencia al elemento `<canvas>` fue almacenada en la variable `elemento` y el contexto de dibujo fue creado por `getContext('2d')`.

Funcion `document.addEventListener('DOMContentLoaded'()`

```
v <- document.getElementById ('videoElement');
canvas <- document.getElementById('canvas');
context <- canvas.getContext('2d');
w <- canvas.width;
h <- canvas.height;
false);
```

Fin **funcion**

El método `context.drawImage(v,0,0,w,h)` del API de `<canvas>` hace que resulte cómodo dibujar fotogramas de `<video>` en `<canvas>`, especificando atributos de ancho y alto del lienzo en pixeles, estos valores deberán ser números enteros no negativos.

Funcion `draw (v,c,w,h)`

```
Si (v.paused o v.ended) return false;
context.drawImage(v,0,0,w,h);
uri <- canvas.toDataURL("image/png");
imgtag.src <- uri;
```

Fin Si

Fin **funcion**

El siguiente método `document.getElementById ('save')`. Graba el estado del lienzo, incluyendo la matriz de transformación y propiedades de estilo.

Funcion `document.getElementById ('save').addEventListener ('click', (e)`


```
draw (v,context,w,h);  
);
```

Fin **funcion**

Mediante el método `sel.files[0]` se obtiene el archivo seleccionado o la captura de la cámara. El método `ReadAsDataURL` se utiliza para leer el contenido del archivo especificado.

Funcion `sel.addEventListener ('change', (e)`

```
f <- sel.files[0];  
fr <- new FileReader ();  
fr.onload <- receivedData;  
fr.readAsDataURL (f);  
)
```

Fin **funcion**

El atributo `imgtag.src` declara la URL del medio a ser incluido en el documento.

Funcion `receivedData ()`

```
imgtag.src <- fr.result;
```

Fin **funcion**

Fin

5.1.2 Preprocesamiento.

En el preprocesamiento el objetivo consta de eliminar de la imagen cualquier tipo de ruido o imperfección que no pertenezca al carácter, así como normalizar el tamaño del mismo. El preprocesamiento se desarrolla mediante la binarización de la imagen definida a continuación.

5.1.2.1 Binarización de la imagen.

Para realizar el reconocimiento de imágenes el primer algoritmo implementado es el algoritmo de binarización de la imagen, este algoritmo consiste en dar paso a una imagen de escala de grises o de color a una imagen binaria es decir a una imagen de blanco y negro con el fin de mantener las propiedades elementales de la imagen.

- **Método Histograma**

El método para binarizar la imagen se basa a partir de un histograma, el histograma grafica con el número de píxeles por cada nivel de gris que aparezca en la imagen. Una vez binarizada la imagen se elige un valor dentro de los niveles de grises (umbral), los niveles de grises menores al umbral calculado se convierten en negro (toman un valor 0) y los niveles de grises mayores al umbral se convierten en blanco (toman un valor 255).

El siguiente algoritmo hace referencia a la binarización de la imagen a través del método del histograma.

i será igual al número de filas y j será igual al número de columnas. La variable (Imagen) será la imagen original en niveles de gris de tamaño (filas, columnas) y la variable (Img) Será la imagen binarizada.

Inicio

Funcion [Img] <- Binarización (img, umbral)

[f,c] <- size (imagen);

Para i <- 1: f

Para j <- 1: c

Si imagen (i,j) < umbral **entonces**

En la imagen binaria Img se inicializan a cero todos los valores de la matriz

 Img (i,j) <- 0;

Sino

 Img (i,j) <- 255;

Fin Si

Fin Para

Fin Para

Fin Funcion

Fin

5.1.3 Segmentación de la Imagen.

El algoritmo de segmentación de la imagen se efectúa una vez la imagen es binarizada, donde se deberán segmentar las componentes conexas que componen la imagen, la segmentación se basa en la descomposición de un texto en diferentes entidades lógicas, en localizar y separar las zonas de interés de la imagen como lo son (dimensión, superficie, densidad, entre otros).

La segmentación o fragmentación de la imagen se puede desarrollar mediante la detección de bordes, el método de detección de bordes se define a continuación.

5.1.3.1 Método detector de bordes Canny.

El método detector de bordes Canny identifica y localiza discontinuidades en la intensidad de los píxeles de la imagen, para la detección de bordes se hace uso de la primera derivada que utiliza el valor cero en todas las regiones donde no varía la intensidad y tiene un valor constante en toda la transición de intensidad. El detector de bordes consiste en tres pasos:

- **Obtención de Gradiente:** Se aplica un filtro gaussiano a la imagen para suavizar la imagen y eliminar el ruido existente, el suavizado se obtiene promediando los valores de intensidad de los píxeles del entorno de vecindad con una máscara de convolución. Para calcular el filtro gaussiano se utiliza la siguiente ecuación:

$$G_{\sigma}(i, j) = c * e^{-\left(\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (1)$$

Donde

i, j = Representan la fila y columna de cada elemento de la máscara considerando que el origen se encuentra en el centro de dicha máscara.

c = Constante por la que se debe multiplicar cada elemento para que la suma de todos ellos sea igual a 1.

σ = Desviación estándar del filtro cuyo valor está comprendido entre 0 y 3 (cuánto más cercano a 3 sea el valor de σ , más suavizada quedará la imagen original).

Una vez suavizada la imagen, para cada píxel se obtiene la magnitud y la orientación del vector gradiente, El vector gradiente de una imagen $f(x,y)$ en un punto (x,y) , se define como un vector bidimensional dado por la siguiente ecuación:

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x(x, y) \\ G_y(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2)$$

El vector gradiente es un vector perpendicular al borde que apunta en la dirección de máxima variación de intensidad es decir de negro a blanco. Su magnitud $|G[f(x,y)]|$ y dirección $\phi(x,y)$ vienen dadas por:

$$|G[f(x, y)]| = \sqrt{G_x^2(x, y) + G_y^2(x, y)} \quad (3)$$

$$\phi(x, y) = \arctg \frac{G_y(x, y)}{G_x(x, y)} \quad (4)$$

Cuanto mayor sea esta variación de intensidad, mayor será la magnitud del vector gradiente.

- **Supresión no máxima:** Se logra el adelgazamiento del ancho de los bordes, obtenidos con el gradiente; para esto se consideran cuatro direcciones identificadas por las orientaciones 0°, 45°, 90°, 135° con respecto al eje horizontal. Para cada píxel se encuentra la dirección que mejor se aproxime a la dirección del ángulo del gradiente.
- **Histéresis de umbral:** Se aplica una función de histéresis basada en dos umbrales, de forma que el primero de los umbrales sea más pequeño que el segundo. Para cada punto de la imagen se debe localizar el siguiente punto de borde no explorado que sea mayor que el segundo valor de umbral. A partir de dicho punto, se siguen las cadenas de máximos locales conectados en ambas direcciones perpendiculares a la normal del borde siempre que sean mayores que el primer valor de umbral. En este paso se pretende reducir la posibilidad de aparición de ruido. (Cúrras & Traba, 2013)

El siguiente algoritmo hace referencia al método detector de bordes de Canny.

Se deben considerar cuatro direcciones por las orientaciones 0°, 45°, 90°, 135° identificadas como d1, d2, d3 y d4.

Inicio

$d_i \leftarrow [0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ]$

Para cada píxel (i,j) encontrar la dirección d_k que mejor se aproxima a la dirección $G_O(i,j)$ que viene a ser la perpendicular del borde.

Para píxel (i,j)

$$d_k \leftarrow |d_k - G_O(i, j)|$$

Si la magnitud del gradiente G_m es menor que uno de sus vecinos en la dirección d_k , al píxel (i,k) de Img se le asigna el valor cero, $Img(i,j) = 0$ de otro modo $Img(i,j)$ será igual a $G_m(i,j)$

Si $G_m(i, j) < |d_k - G_O(i, j)|$ **entonces**

$$Img(i, j) \leftarrow 0$$

```

Sino
  Img (i,j) <- Gm (i,j)
Devolver Img
Fin Si
Fin Para
Fin

```

5.1.4 Adelgazamiento de los componentes de la imagen.

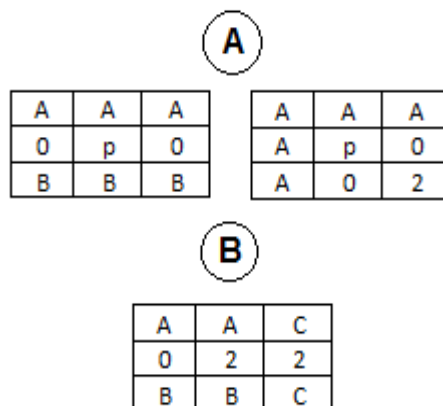
Esta etapa consiste en borrar sucesivamente los puntos del borde de cada componente conexas de la imagen, para que la misma conserve las propiedades pertenecientes a la original. El borrado debe hacerse paralelamente señalando los píxeles a eliminar todos a la misma vez. Este algoritmo hace posible el reconocimiento satisfactorio de las letras que hacen parte del sistema de rehabilitación. El adelgazamiento de los componentes de la imagen se realiza mediante el método Pavlidis definido a continuación.

5.1.4.1 Método Pavlidis.

El método de esqueletización de Pavlidis resulta conveniente debido a que permite trabajar con las características significativas de la imagen a reconocer.

Este método se basa en los píxeles esqueléticos el cual son aquellos que presentan alguna similitud con alguna de las plantillas presentadas a continuación en la Fig.7

Figura 7. Plantillas del reconocimiento de píxeles esqueléticos



Fuente: Los Autores

- En las plantillas del apartado **A**, al menos un píxel de los grupos marcados como A o B debe ser diferente de cero, los píxeles que se encuentran marcados con el número 2 se denotan como píxeles esqueléticos.
- En la plantilla del apartado **B**, si ambos píxeles marcados como C son diferentes de cero, entonces los píxeles marcados con C o A pueden tener cualquier valor, de lo contrario al menos un píxel de cada par marcados como A y B deben ser diferentes de cero.

La esquelización busca reducir la forma de la imagen con el fin de encontrar únicamente las características útiles de la imagen. Este método implementa una mezcla de procesamiento secuencial y paralelo donde solo se analizan los píxeles cuyo vecino-n sea cero, y donde los valores se analizan en la siguiente secuencia $\{n=0,2,4,6\}$.

El siguiente algoritmo hace referencia al método Pavlidis.

Inicio

Pix <- 1;

Skel <- 0;

Pix es usado para denotar la existencia de píxeles esqueléticos, Skel se utiliza cuando alguna vecindad de un píxel es similar a alguna de las plantillas existentes en p.

Mientras Pix <- 1;

Pix <- 0;

Índices de los vecinos de un determinado punto, se recorre toda la imagen.

Para k <- 1 hasta 4;

f será el número de filas de la matriz, c será el número de columnas de la matriz que recorren la imagen.

Para i <- i+d hasta f-d;

Para j <- i+d hasta c-d;

Si (p <- 1 y j-vecino <- 1) **entonces**

Skel <- 0;

Si la vecindad de p concuerda con alguna plantilla, el valor de Skel se actualiza de lo contrario no se actualiza. Se reemplazan todos los píxeles con valor de tres por valor cero.

Si Skel = 1 **entonces**

img (i,j) <- 2;

```

                Sino
                Img (i,j) <- 3;
                Pix <- 1;
            Fin Si
        Fin Si
    Fin Para
Fin Para
Fin Mientras
Fin

```

5.1.5 Comparación con patrones.

En esta etapa se deben comparar los caracteres obtenidos con unos patrones que se encuentran almacenados en una base de datos, esta etapa es fundamental para lograr el adecuado reconocimiento de los caracteres. Por lo que se hace uso del método de proyección explicado a continuación.

5.1.5.1 Método de Proyección.

En este método se obtienen proyecciones verticales y horizontales del carácter a reconocer y se compararan con el alfabeto de todos los caracteres posibles hasta encontrar la máxima coincidencia. La distancia mínima determinará el carácter ganador.

Para hallar la proyección vertical de una imagen se utiliza la siguiente ecuación.

$$Pv[y] = \sum_{i=1}^w f[i, y] \quad y = 1,2,3, \dots, h \quad (5)$$

Para hallar la proyección horizontal de una imagen se utiliza la siguiente ecuación.

$$Ph[x] = \sum_{i=1}^h f[x, i] \quad x = 1,2,3, \dots, w \quad (6)$$

Donde

w = Representa los pixeles a lo ancho

h = Representa los pixeles a lo alto

f = Corresponde a un valor discreto de la intensidad en un punto (x,y)

x, y = Corresponden a las coordenadas espaciales

Finalmente al ser detectadas las imágenes por el sistema, el método `console.log ('Imagen')` emite un mensaje en la página web con la letra capturada de la cámara web o del archivo seleccionado, teniendo en cuenta que se especifica el método `canvas.getContext('2d')` que genera un contexto de dibujo que será asignado al lienzo. La referencia al elemento `<canvas>` fue almacenada en la variable `elemento` y el contexto de dibujo fue creado por `getContext('2d')`.

Funcion Images (image)

```
console.log ('Imagen');
canvas <- document.createElement ('canvas')
canvas.width <- image.naturalWidth;
canvas.height <- image.naturalHeight;
canvas.getContext ('2d').drawImage (image, 0, 0)
```

En la siguiente instrucción se especifica el reconocimiento de una de las vocales (**vocal e**) que compone el sistema interactivo teniendo en cuenta que el usuario accede específicamente a ésta animación del sistema de rehabilitación desde la página web.

Una vez el usuario haya accedido a ésta animación y a través de una cámara web realice la captura de la imagen de la consonante o vocal que desee reconocer en este caso la **vocal e**, el sistema inmediatamente verificará si la imagen es correcta o incorrecta mediante una interpretación de la posición en que se encuentra ubicada la vocal (**vocal e**) en el alfabeto por medio de la variable **reconocimiento**.

Si **reconocimiento** es `>='e'` significa que la consonante de la variable **reconocimiento** está ubicada primero que la **vocal “e”** es decir, las consonantes (**a,b,c,d**) se encuentran ubicadas antes que la **vocal “e”** y Si **reconocimiento** es `<='f'` significa que la consonante de la variable **reconocimiento** se encuentra ubicada después de la **vocal “e”** en el alfabeto, es decir, las restantes letras, por lo que ésta condicional permite la retroalimentación al usuario donde se sabe si la imagen seleccionada es la correcta, a través de la función `window.location`, por lo que siendo la condición verdadera, se ejecutará la ventana de afirmación.

Si la condición es falsa, se ejecutará la ventana de negación. Es necesario realizar la condicional tanto para consonantes minúsculas como mayúsculas para evitar cualquier error en el reconocimiento de la imagen como se muestra a continuación.

Si (reconocimiento `>='e'` y **reconocimiento** `<='f'`) **entonces**

```
window.location <- "Afirmacion_e.php"
```

Sino si (reconocimiento `>='f'`) **entonces**

```
window.location <- "Negacion_e.php"
```


Sino si (reconocimiento >='E' y reconocimiento <='F') **entonces**

window.location <- "Afirmacion_e.php"

Sino si (reconocimiento >='F') **entonces**

window.location <- "Negacion_e.php"

Sino

window.location <- "Negacion_e.php"

Fin **Si**

Fin **funcion**

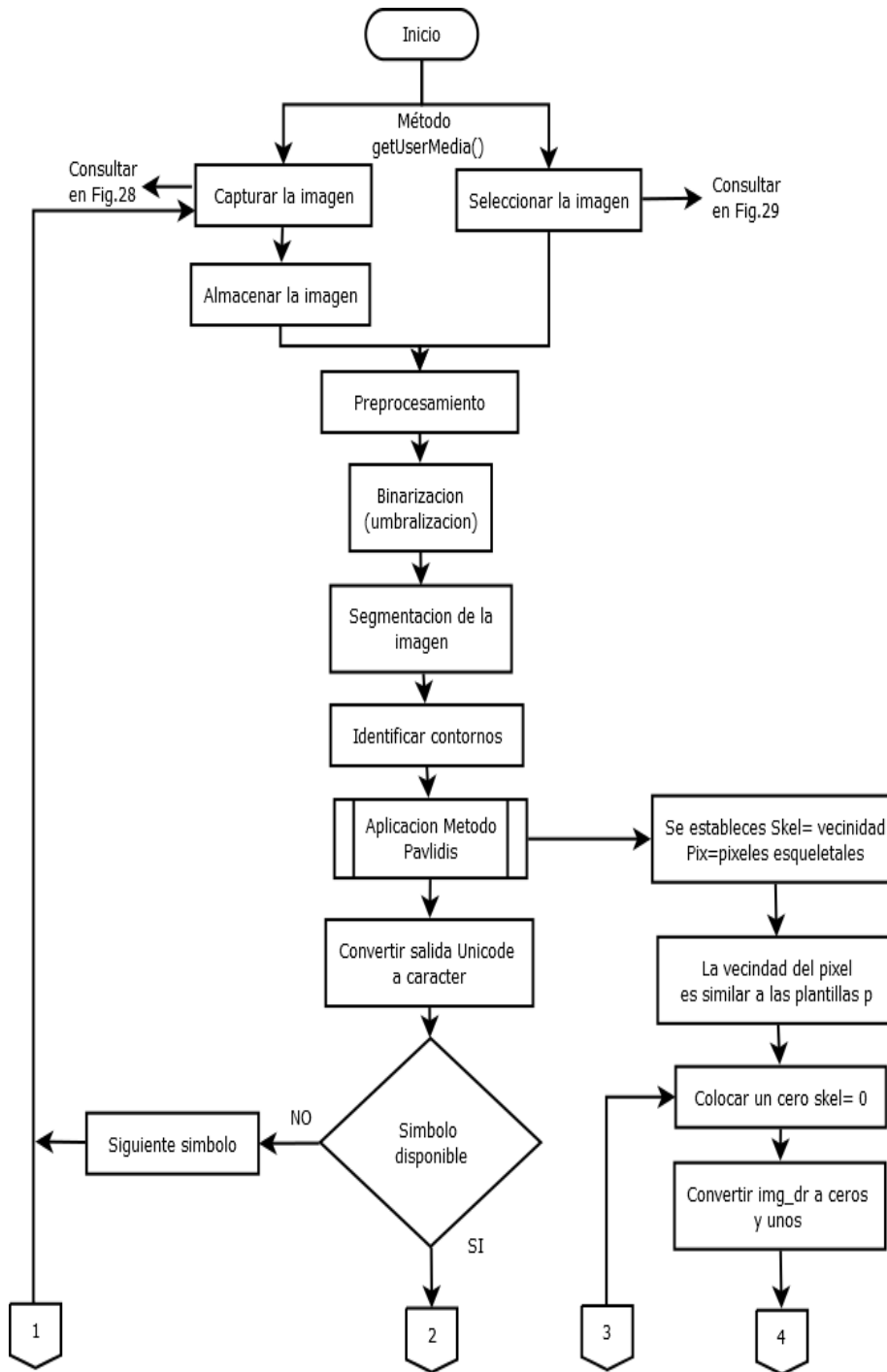
Fin

El desarrollo de estas condicionales se hace necesario para cada una de las vocales y sonidos ling usados en el sistema es decir para la las letras (a, e, i, o, u, s, ch)

A continuación mediante un diagrama de flujo representado en la Fig.8 se especifica detalladamente el funcionamiento del algoritmo de reconocimiento de imágenes.

5.1.6 Diagrama de Flujo: Algoritmo de Reconocimiento de Imágenes

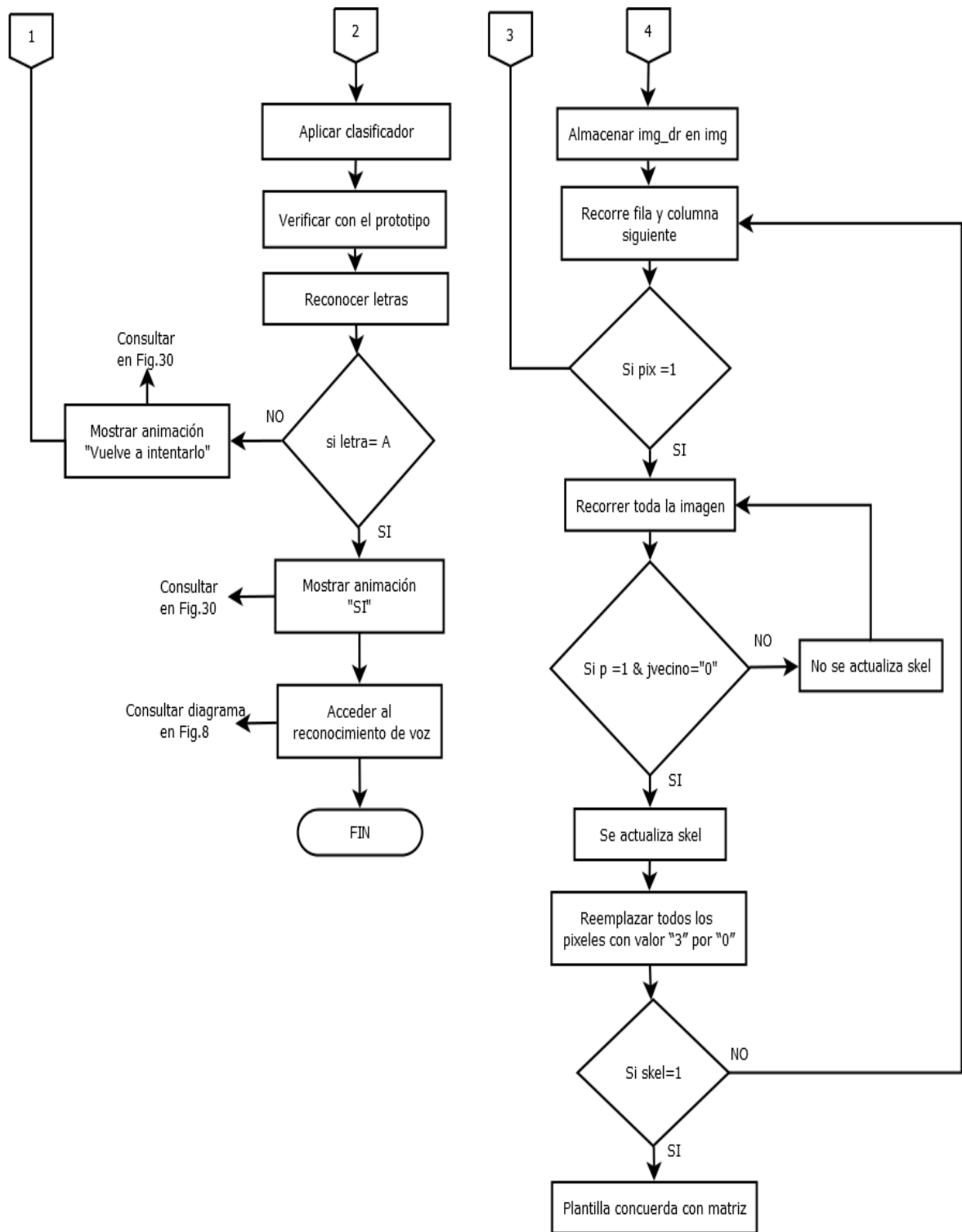
Figura 8. Diagrama de Flujo Reconocimiento de Imágenes



Continúa

Fuente: Los autores

Figura 8. (Continuación)



Fuente: Los autores

5.2 ALGORITMO RECONOCIMIENTO DE VOZ

Para la realización del reconocimiento de voz fue necesario comprobar diferentes métodos y herramientas para que el modelo computacional se adapte a las rutinas de rehabilitación de los implantados cocleares las cuales se detallan a continuación teniendo en cuenta la opción más adaptable y viable en la comunicación e interacción entre usuario y máquina.

5.2.1 Reconocimiento de voz en Python

Se comprobaron dos diferentes paquetes de Python que permiten el reconocimiento de voz. Es posible observar que para que estas dos librerías funcionen fue necesario descargar Pyaudio que funciona como librería para asignar puertos de entrada y salida tanto para el micrófono como para los auriculares.

5.2.1.1 Speech.

Esta librería de Python permite el reconocimiento de voz a través de Windows en este caso es posible asignar la fuente a través de la creación de una instancia (Micrófono) éste imprime en pantalla (cmd) lo que el usuario está diciendo, también permite asignarle ciertas funciones a comandos de voz; por ejemplo el iniciar o dejar de escuchar al usuario además de esto es posible determinar un tiempo de espera de respuesta.

Esta librería presenta ciertas desventajas en primer lugar el lenguaje de reconocimiento ya que éste no se puede cambiar y está predeterminado en inglés por otro lado a pesar de hacer ciertas pruebas se evidencia errores en el reconocimiento una de las pruebas que se realizó fue un dictado de números en el idioma por defecto presentando errores de reconocimiento del 90% de las palabras dictadas así como retraso en el procesamiento; otra desventaja se presenta en la integración ya que presenta un lenguaje diferente al que se basó el proyecto por lo que es necesario un interpretador con el fin de unir Python y JavaScript para esto se comprobó con compiladores como Jython que permite programar en Python para la plataforma Java o Pyjs la cual es una plataforma que permite compilar de Python a JavaScript con el fin de que éste funcione en el navegador y se integre con el procesador de imágenes es allí donde se encuentra otra dificultad ya que éste no podrá funcionar en todos los navegadores ni en ciertas versiones lo que impide en gran parte ser un programa con accesibilidad y que se adapte fácilmente a cualquier medio.

5.2.1.2 Speech Recognition.

Esta librería es funcional en Windows con el API de Google Chrome Speech Recognition por lo que fue relevante hacer pruebas desde la consola de Python y con el API de Google; esta librería permite modificar el idioma que viene por defecto a través de la función Recognizer(), ésta puede ser determinada por el usuario dependiendo de las necesidades; en este caso se hacen pruebas en español.

En la primera prueba se encontró problemas con la detección de la voz por lo que fue necesario seleccionar el puerto de entrada desde la consola de Python sin embargo al hacer las pruebas se encontró que el sonido que se reconoce debe ser monofónico y en la mayoría de los computadores los micrófonos funcionan en estéreo por lo que no se podría integrar o generaría otro gasto al tener que adquirir un conversor. Al hacer las pruebas con el API de Google Chrome este tiene requerimientos sobre versión de Speech Recognition y PyAudio que se debe implementar los cuales no funcionan o no se pueden instalar en las diferentes plataformas es así como no se pudieron hacer pruebas con el API de Google debido a los requisitos en las versiones de instalación que posee; por otro lado la implementación del API de Google no se puede utilizar en proyectos que se puedan comercializar solo para el desarrollo científico o individual.

En el Anexo 1 se podrán detallar los pseudocódigos del reconocimiento de voz implementados en Python.

5.2.2 Reconocimiento de voz en Visual Studio

5.2.2.1 System Speech Recognition.

Para realizar el reconocimiento de voz se hace uso de la aplicación System Speech Recognition en el Software Visual Studio, ésta aplicación proporciona funcionalidad con la que se puede adquirir y controlar la entrada de voz, crear gramáticas de reconocimiento de voz y capturar información de los eventos generados por el reconocimiento de voz. Esto se debe a que las herramientas de Visual Studio incluyen un completo editor de código, un eficaz depurador, un generador de perfiles especializado y extensa compatibilidad con lenguajes de programación.

En el Anexo 2 se encuentra especificado el pseudocódigo implementado en Visual Studio. Las pruebas realizadas con vocales y sonidos link evidencian que el reconocimiento de voz funciona correctamente teniendo en cuenta que el usuario debe reproducir los sonidos bastante claros y con un rango de voz alto, igualmente se tiene en cuenta que esta aplicación tiene como ventaja el reconocimiento del habla en diversos idiomas incluidos el inglés y el español. Finalmente se pueden

incluir reglas gramaticales es decir incluir información de palabras con el fin de identificar con mayor eficacia la entrada hablada.

Debido a que el reconocimiento de voz se ejecutó mediante la aplicación WPF (Windows Presentation Foundation) que permite el desarrollo de interfaces de interacción de Windows e incluye facilidades de animación, video, audio o gráficos 3D y permite cargar elementos mediante código C# se presenta la desventaja en la implementación de manera directa con la página web puesto que para lograr la interacción es necesario incluir Microsoft Silverlight que permitirá crear diversas aplicaciones para sitios web.

5.2.3 Reconocimiento de voz en Netbeans IDE

5.2.3.1 Web Kit Speech Recognition.

El algoritmo de reconocimiento de voz cuenta con la biblioteca JQuery de Javascript, esta biblioteca permite interactuar con documentos HTML de manera simplificada. Para implementar el reconocimiento de voz es necesario trabajar con la aplicación webkitSpeechRecognition el cual contiene las propiedades necesarias para tener acceso al audio del navegador Chrome y éste a su vez convertirlo en texto. El algoritmo de reconocimiento de voz se enlaza mediante la aplicación PHP en Netbeans, y éste a su vez se enlaza junto con el algoritmo de reconocimiento de imágenes y el algoritmo de las animaciones generadas en Adobe Flash Professional CC.

La aplicación webkitSpeechRecognition puede ser utilizada solo si es compatible con el navegador, por lo que la versión a utilizar debe ser la versión 25 o posterior del navegador Google Chrome, una vez la aplicación sea soportada se podrá acceder al sistema de reconocimiento con facilidad.

A continuación en la Tabla 17 se podrá observar en detalle las características de las herramientas y métodos aplicados para el reconocimiento de voz teniendo en cuenta cuál de estos es considerado el más viable para implementar en el sistema de rehabilitación.

Tabla 17. Características de los métodos aplicados al reconocimiento de voz

Herramienta	Python	Python	Visual Studio	Netbeans IDE
Método	Speech	Speech Recognition	System Speech Recognition	Web Kit Speech Recognition
Posibilidad de reconocimiento de voz en idioma español	no	si	si	si
Eficacia en detección de voz del usuario	baja	baja	alta	muy alta
Calidad	baja	baja	alta	muy alta
Identificación de vocales y sonidos ling	baja	baja	alta	muy alta
Impide la integración con el reconocimiento de imágenes	si	si	si	no
Implementación directa con páginas web	no	no	no	si

Fuente: Los autores

El reconocimiento de voz implementado en Netbeans IDE con ayuda de la aplicación escrita en JavaScript es la solución más viable que se implementó, puesto que sus ventajas se asemejan a que los usuarios puedan hablar desde la aplicación web invitando a que el mismo usuario sea quien permita el acceso a su micrófono directamente desde la página web, así como su grado de eficacia en el reconocimiento de palabras.

El proceso de reconocimiento de voz requiere de varias etapas, las cuales independientemente de la técnica empleada se deberá considerar lo siguiente:

- Extracción de características
- Técnica de identificación y clasificación de los parámetros (modelo de reconocimiento)

Para llevar a cabo el reconocimiento de voz, es necesario considerar como aspecto primordial una correcta extracción de las características de identificación de las consonantes a reconocer.

- **Extracción de Características**

Los sistemas actuales de reconocimiento dividen la información de la identidad del usuario en dos categorías.

- ✓ Información de bajo nivel que aportan las características fonéticas y acústicas del usuario durante la pronunciación.
- ✓ Información de alto nivel que aportan las características lingüísticas del usuario.

- **Preprocesamiento**

En cuanto al preprocesamiento del reconocimiento de voz, las características del tracto vocal determinan la pronunciación de cada fonema. Al emplear la etapa del preprocesamiento aumenta el porcentaje de reconocimiento del sistema puesto a que se fundamenta en la eliminación de ruidos.

Los sistemas de reconocimiento del habla basados en Modelos Ocultos de Markov experimentan una reducción importante de su rendimiento.

- **Modelo de Reconocimiento (Modelos Ocultos De Markov)**

Los modelos ocultos de Markov permiten modelar por fonema o palabra en vez de partes de expresiones. El costo asociado con los errores en reconocimiento es mucho más bajo.

Por consecuencia, se usa la notación

$$\lambda = (A, B, \pi) \tag{7}$$

Donde

λ = Representa el modelo

A = Representa la matriz de distribución de probabilidad de cada estado de transición

B = Representa la matriz de observación de los símbolos de la distribución de probabilidad

π = Representa la matriz de distribución del estado inicial

Los parámetros del modelo definen la medida de probabilidad para O

$$P(O|\lambda) \quad (8)$$

El problema básico que debe ser resuelto por el modelo es que dada la secuencia de observación $O = (O_1, O_2, \dots, O_T)$ y el modelo λ , como se selecciona una secuencia de estados correspondiente $Q = (q_1, q_2, \dots, q_T)$ que sea óptima en algún sentido.

Para dar solución a este problema el algoritmo de Viterbi encuentra la mejor de las secuencias de estados, $Q = (q_1, q_2, \dots, q_T)$, para una secuencia de observaciones dada $O = (O_1, O_2, \dots, O_T)$.

El algoritmo de Viterbi aplicado al reconocimiento de voz estima la secuencia más probable de estados durante la producción de la palabra, y la probabilidad final para esa secuencia de estados usando el criterio de maximización a posteriori de $P(O|\lambda)$. Su formulación es:

Para encontrar la mejor secuencia de estados Q asociada a la secuencia de vectores de observación O dados los vectores:

$$Q = (q_1, q_2, \dots, q_T) \quad (9)$$

$$O = (O_1, O_2, \dots, O_T) \quad (10)$$

Se define el conjunto de probabilidades acumuladas

$$\delta_t(i) = \max q_i P(q_1, q_2, q_3 \dots q_t = i, o_1, o_2, o_3 \dots o_t / M) \quad (11)$$

Que son las probabilidades de las secuencias óptimas de estados hasta el instante “ t ” y que terminan en el estado i .

El procedimiento completo para encontrar la mejor secuencia de estados es:

$$q_t = T_{t+1}(q_{t+1}), t = T - 1, T - 2, T - 3, \dots, 1 \quad (12)$$

Dada la secuencia de observaciones se calcula $P(O|\lambda)$, para $1 < i < N_w$, siendo N_w el número de palabras del vocabulario, Q es la palabra representada por el modelo λ que produce la máxima probabilidad $P(O|\lambda)$.

Para la implementación de dicho algoritmo se definen cuatro funciones de llamada fundamentales para el proceso de reconocimiento; las cuales se ejecutarán cuando el reconocimiento de voz empiece, termine, de un resultado, o un error.

Para la ejecución del algoritmo de reconocimiento de voz en primer lugar se declaran las variables globales `final_transcript`, `recognizing`, `ignore_onend`, `start_timestamp`, para acceder a estos objetos en cualquier segmento del código.

Posteriormente se incorpora la aplicación `webkitSpeechRecognition` para que los usuarios puedan acceder al reconocimiento de voz dentro de la página web.

Var

```
final_transcript, recognizing, ignore_onend, start_timestamp
```

Inicio

```
Si (!('webkitSpeechRecognition' in window)) entonces
```

```
  Sino
```

```
    start_button.style.display <- 'inline-block';
```

```
    recognition <- new webkitSpeechRecognition ();
```

```
    recognition.continuous <- true;
```

```
  Fin Si
```

La función `recognition.onstart`, se ejecuta cuando se solicita permiso al usuario para acceder al micrófono y para iniciar el reconocimiento de voz.

Funcion `recognition.onstart ()`

```
  recognizing <- true;
```

```
  showInfo ('info_speak_now');
```

```
  start_img.src <- 'imagenes/microfono10.jpg';
```

Fin funcion

La función `recognition.onerror` es llamada cuando el usuario no ha conectado el micrófono, no ha dado el permiso para acceder al micrófono que el navegador solicita o cuando el sistema no detecta la voz del usuario.

Funcion `recognition.onerror (event)`

```
  Si (event.error = 'no-speech') entonces
```

```
    start_img.src <- 'imagenes/microfono11.png';
```

```
    showInfo ('info_no_speech');
```

```
    ignore_onend <- true;
```

```
  Fin Si
```

```
  Si (event.error = 'audio-capture') entonces
```

```
    start_img.src <- 'imagenes/microfono11.png';
```

```
    showInfo ('info_no_microphone');
```

```
    ignore_onend <- true;
```

```
  Fin Si
```

```

Si (event.error = 'not-allowed') entonces
    Si (event.timeStamp - start_timestamp < 100) entonces
        showInfo ('info_blocked');
    Sino
        showInfo ('info_denied');
    Fin Si
        ignore_onend <- true;
Fin Si

```

Fin funcion

La función recognition.onend se ejecuta cuando termina la entrada de audio reproducida por el usuario.

```

Funcion recognition.onend ( )
    recognizing <- false;
    Si (ignore_onend) entonces
        devolver
    Fin Si
        start_img.src <- 'imagenes/microfono11.png';
    Si (no final_transcript) entonces
        showInfo ('info_start');
    Fin Si
        showInfo ("");
    Si (window.getSelection) entonces
        window.getSelection().removeAllRanges();
        range <- document.createRange();
        range.selectNode (document.getElementById('final_span'));
        window.getSelection().addRange(range);
    Fin Si

```

Fin funcion

La función recognition.onresult es llamada cuando se ha reconocido el texto que ha reproducido el usuario a través del micrófono. Los resultados recibidos del reconocimiento de voz son almacenados en la variable final_transcript.

```

Funcion recognition.onresult (event)
    interim_transcript = "";
    Si (typeof (event.results) = 'undefined') entonces

```

```

        recognition.onend <- null;
        recognition.stop ();
        upgrade ();
    Fin Si

    Para (i <- event.resultIndex; i < event.results.length; i <- i+1 hacer) {
        Si (event.results [i].isFinal) entonces
            final_transcript += event.results [i][0].transcript;
        Sino
            interim_transcript += event.results [i][0].transcript;
        Fin Si
    Fin Para

```

En la siguiente instrucción se verifica si la condición de la variable final_transcript es igual a la vocal o letra en que se encuentre el usuario, si la condición es verdadera, se ejecutará la ventana de afirmación y si la condición es falsa, se ejecutará la ventana de negación.

```

    Si (final_transcript = 'e') entonces
        window.location <- "Afirmacion.php"
    Sino
        window.location <- "Negacion_sonido_e.php"

    Si (final_transcript o interim_transcript)
        showButtons ('inline-block');
    Fin Si
Fin Si
Fin funcion

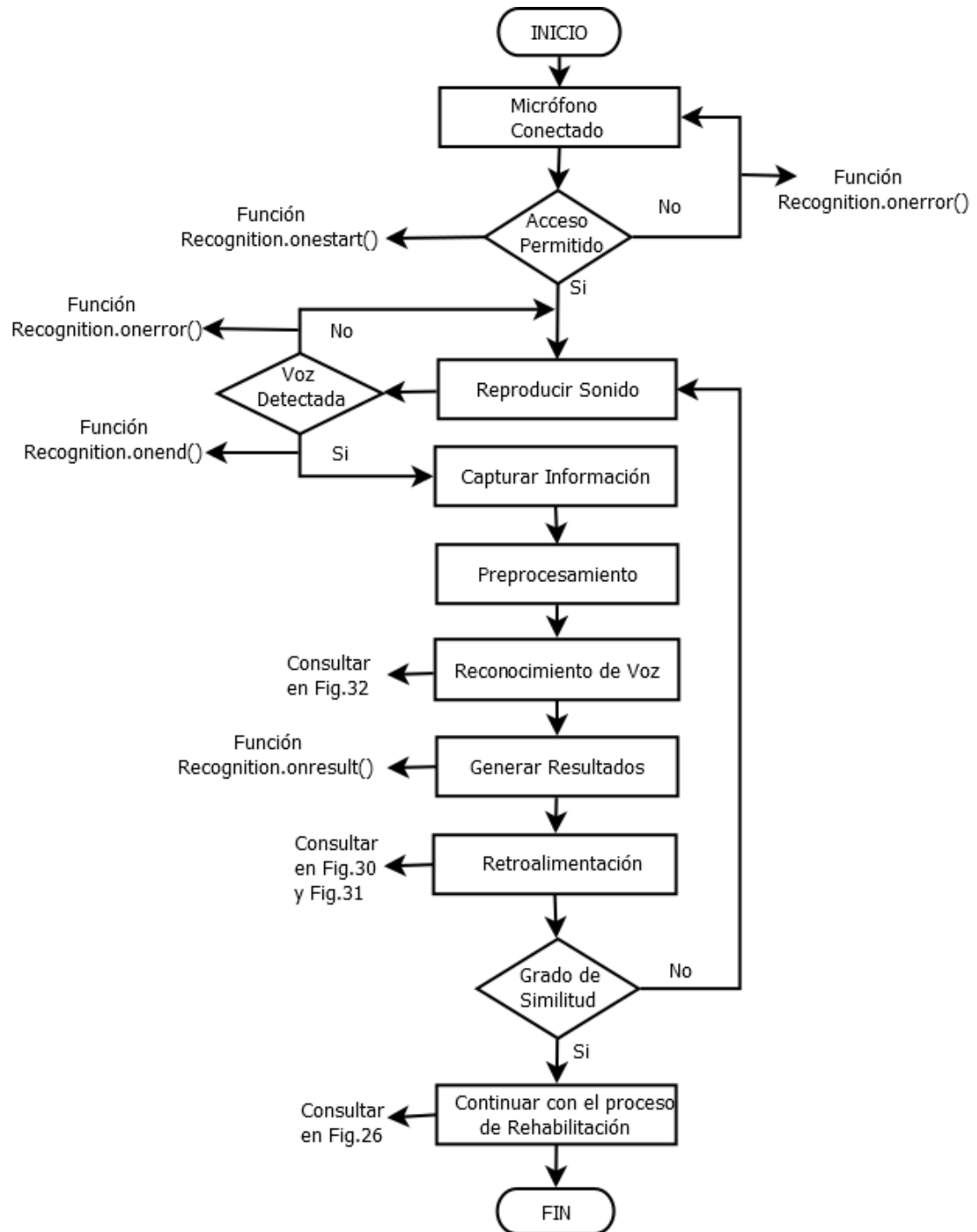
```

Fin

Estas funciones se indicarán posteriormente en el diagrama de flujo presentado en la Fig.9

5.2.4 Diagrama de Flujo: Reconocimiento de Voz

Figura 9. Diagrama de Flujo Reconocimiento de Voz



Fuente: Los autores

5.3 ALGORITMO PARA ANIMACIONES IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

Las animaciones que hacen parte del sistema de rehabilitación se implementaron en el Software Adobe Flash Professional CC, cada animación realizada crea diversas bibliotecas de Javascript que permiten la introducción a un elemento canvas es decir un entorno para reproducción de audio y creación de animaciones dinámicas. Estas bibliotecas son enlazadas junto con el sistema de información implementado en el Software Netbeans IDE. Finalmente son vinculadas todas las animaciones al sistema de rehabilitación donde se logra evidenciar una interacción confortable entre usuario-máquina.

A continuación se presenta el pseudocódigo utilizado para cada animación del sistema de rehabilitación donde el contenido de éste se fundamenta en las siguientes funciones: (init, handleFileLoad, handleComplete y playSound), las cuales permiten crear un contenido web moderno por lo que son el punto de entrada para reproducir cualquier contenido situado en el escenario.

5.3.1 Pseudocódigo: Animaciones implementadas en el sistema de rehabilitación

En primer lugar se declaran las variables globales canvas, stage y exporRoot para acceder a estos objetos en cualquier segmento del código.

La función init es ejecutada para inicializar la página web, dentro de ésta función los recursos de la imagen y sonido son cargados mediante la biblioteca PreLoadJS. El elemento canvas se fundamenta en la región dibujable y dinámica de la página web.

Inicio

Funcion init()

```
canvas <- document.getElementById ("canvas");  
images <- images|{|};  
var loader <- new createjs.LoadQueue (false);  
loader.installPlugin (createjs.Sound);  
loader.addEventListener ("fileload", handleFileLoad);  
loader.addEventListener ("complete", handleComplete);  
loader.loadManifest (lib.properties.manifest);
```

Fin funcion

La función `handleFileLoad` se activa cuando el archivo ha sido cargado.

```
Funcion handleFileLoad(evt)
    Si (evt.item.type = "image") entonces
        images[evt.item.id] <- evt.result;
Fin funcion
```

La función `handleComplete` es llamada una vez se carguen todas las propiedades del sonido y de la imagen, posteriormente se asigna la variable global `exportRoot` encargada del contenido de la animación, seguidamente se da lugar a la clase `Ticker` la cual se utiliza para regular la velocidad de los fotogramas de la imagen y cada vez que se presente alguna actualización del marco la obliga a volver a dibujar nuevamente el escenario.

```
Funcion handleComplete()
    exportRoot <- new lib.holasi ();
    stage <- new createjs.Stage (canvas);
    stage.addChild (exportRoot);
    stage.update ();
    createjs.Ticker.setFPS (lib.properties.fps);
    createjs.Ticker.addEventListener ("tick", stage);
Fin funcion
```

La función `playSound` proporciona funcionalidad en la reproducción de un archivo de audio.

```
Funcion playSound(id, loop)
    createjs.Sound.play(id,
        createjs.Sound.INTERRUPT_EARLY, 0, 0, loop);
Fin funcion
Fin
```

6. DISEÑO DEL SISTEMA INTERACTIVO

A continuación se presentará detalladamente la implementación del sistema interactivo para la rehabilitación de niños con implante coclear, en donde se especificarán el diseño de la base de datos, diseño de interfaz, creación de animaciones web, funcionamiento detallado tanto del reconocimiento de imágenes como del reconocimiento de voz.

6.1 DISEÑO DE BASE DE DATOS

Para el diseño de la base de datos es necesaria la creación de tablas que evidencien la información contenida dentro del sistema de información. Por medio de WampServer que permite administrar fácilmente bases de datos del lado de PHP, MySQL y PhpMyAdmin se desarrollará la aplicación web requerida.

A través de la herramienta MySQL Workbench 6.1 ICE que integra la administración, diseño y creación de bases de datos se crearan diagramas EER (enhanced entity-relationship) de manera detallada, en donde se especifican las características de las tablas, campos, claves y relaciones entre tablas.

En la Fig.10 se presentan los diagramas EER en donde se especifica el nombre de cada formulario con la información pertinente de cada usuario teniendo en cuenta los requerimientos que se hacen obligatorios a la hora de implementar el sistema de información.

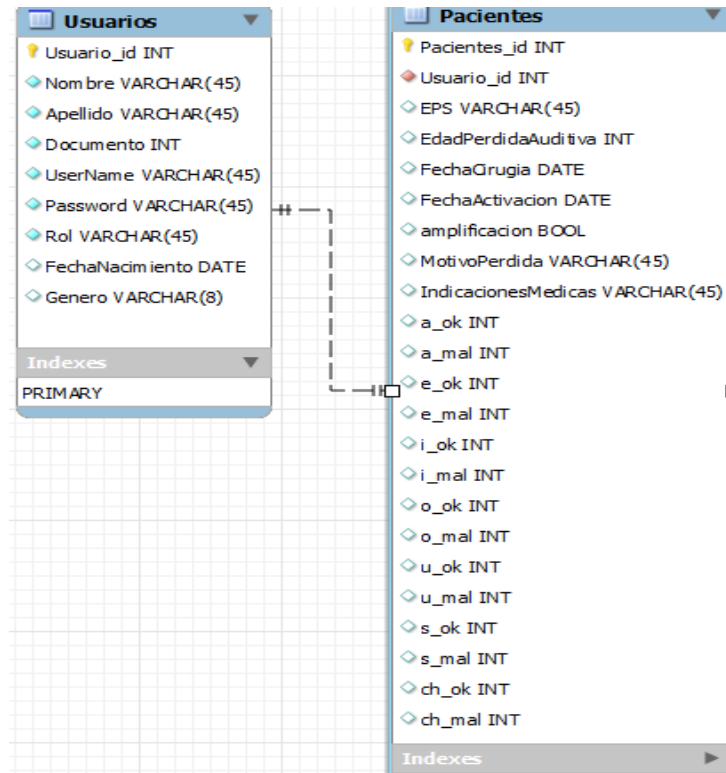
La relación y dependencia que tienen estos formularios son creados en la base de datos especificando la llave primaria, así mismo estos datos se verán relacionados con la interfaz de usuario brindando al médico especialista la opción de llevar un control de la historia clínica de cada uno de sus pacientes, así como la creación de los mismos, con el fin de que se pueda ingresar al sistema de rehabilitación.

Una vez diseñados los diagramas EER se administran las conexiones de la herramienta con la base de datos MySQL. Cada uno de los nombres vinculados en los formularios son creados dentro de la aplicación PhpMyAdmin, esta aplicación permite especificar dentro de tablas los siguientes ítems:

- Campo del Formulario
- Tipo de formulario
- Tamaño de formulario
- Restricciones del formulario

Una vez diligenciados los datos solicitados en PhpMyAdmin, se podrán visualizar sus respectivas características dentro de la base de datos creada.

Figura 10. Relación de Formularios



Fuente: Los autores

En la Fig.11 se evidencia la tabla de registros de los Usuarios. A través de PhpMyAdmin se consultan los datos que se almacenan en la base de datos, es decir se consultan los resultados del registro de cada uno de los usuarios tanto del médico como del paciente, una vez se encuentren registrados podrán ingresar a sus respectivas acciones mencionadas anteriormente en los diagramas de casos de uso.

Figura 11. Formulario Usuarios

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra	Acción
1	Usuario id	int(11)			No	Ninguna	AUTO_INCREMENT	Cambiar
2	Nombre	varchar(45)	utf8_general_ci		No	Ninguna		Cambiar
3	Apellido	varchar(45)	utf8_general_ci		No	Ninguna		Cambiar
4	Documento	int(11)			No	Ninguna		Cambiar
5	UserName	varchar(45)	utf8_general_ci		No	Ninguna		Cambiar
6	Password	varchar(45)	utf8_general_ci		No	Ninguna		Cambiar
7	Rol	varchar(45)	utf8_general_ci		No	Ninguna		Cambiar
8	FechaNacimiento	date			Sí	NULL		Cambiar
9	Genero	varchar(8)	utf8_general_ci		Sí	NULL		Cambiar

Fuente: Los autores

Figura 12. Consulta de Usuarios

Usuario_id	Nombre	Apellido	Documento	UserName	Password	Rol	FechaNacimiento	Genero
2	Pepito	P	456	Pepito	456	paciente	1990-05-04	Hombre

Como se observó en la Fig.12 se registró correctamente el paciente, en donde se vinculan todos los datos que se presentaron en el formulario de usuarios de la Fig.11

En la Fig.13 se evidencia la tabla de información de los Pacientes. A través de PhpMyAdmin se consultan los datos que se almacenan en la base de datos, es decir se consulta la información de los pacientes y los resultados que se obtienen en el sistema de rehabilitación. Es importante aclarar que al acceso a esta información únicamente será concedido en la sesión del médico especializado.

Figura 13. Formulario Pacientes

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra	Acción
1	Pacientes_id	int(11)			No	Ninguna	AUTO_INCREMENT	Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
2	Usuario_id	int(11)			No	Ninguna		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
3	EPS	varchar(45)	utf8_general_ci		Sí	NULL		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
4	EdadPerdidaAuditiva	int(11)			Sí	NULL		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
5	FechaCirugia	date			Sí	NULL		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
6	FechaActivacion	date			Sí	NULL		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
7	amplificacion	tinyint(1)			Sí	NULL		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
8	MotivoPerdida	varchar(45)	utf8_general_ci		Sí	NULL		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
9	IndiccionesMedicas	varchar(45)	utf8_general_ci		Sí	NULL		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
10	a_ok	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
11	a_mal	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
12	e_ok	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
13	e_mal	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
14	i_ok	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
15	i_mal	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
16	o_ok	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
17	o_mal	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
18	u_ok	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
19	u_mal	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
20	s_ok	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
21	s_mal	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
22	ch_ok	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más
23	ch_mal	int(11)			Sí	0		Cambiar Eliminar Primaria Único Índice Más

Figura 14. Consulta Formulario de Pacientes

FechaCirugia	FechaActivacion	amplificacion	MotivoPerdida	IndiccionesMedicas	a_ok	a_mal	e_ok	e_mal	i_ok	i_mal	o_ok	o_mal	u_ok	u_mal	s_ok	s_mal	ch_ok	ch_mal
2015-03-01	2015-03-04	1	no se	no se	2	11	0	2	0	0	0	3	0	3	0	1	0	2

Fuente: Los autores

Como se observó en la Fig.14 se ha realizado el registro de la información pertinente del paciente es decir el historial clínico, así mismo fue almacenada la rutina que el paciente realizó en el sistema de rehabilitación. Son vinculados todos los datos que se presentaron en formulario de pacientes de la Fig.13.

Como se mencionó anteriormente únicamente en la sesión del médico especializado se almacenan las pruebas que realiza cada paciente, pues consiste en saber cuántas veces practica el paciente y cuantos intentos buenos o erróneos tuvo al momento de reconocer las letras, así el doctor llevará un seguimiento sobre el mismo paciente. En la sección 6.3 se podrá observar detalladamente el funcionamiento del sistema de información.

6.1.1 Diagrama de Clases

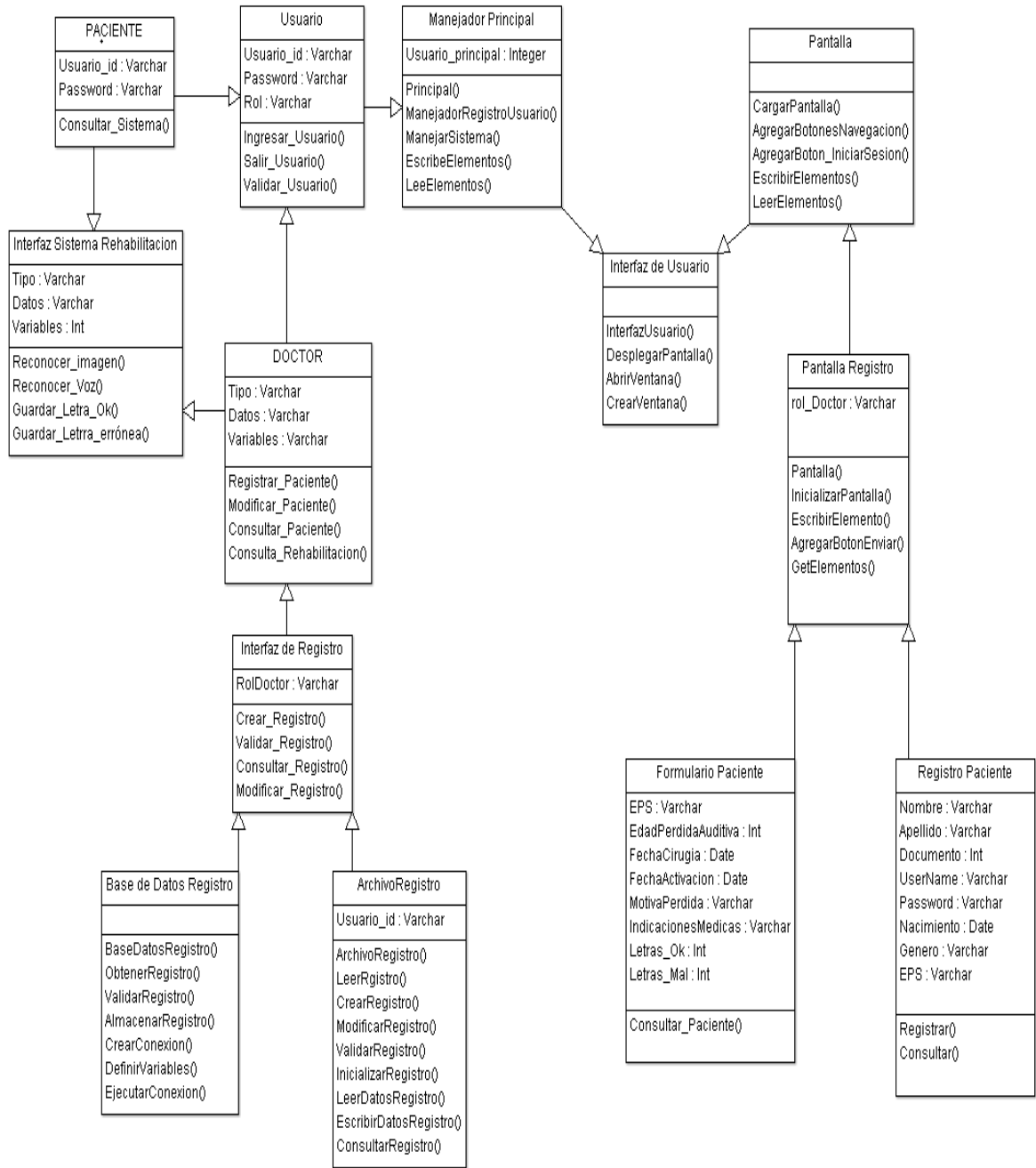
Cada formulario tiene interacción y dependencia con el otro formulario de la base de datos, la relación que existe entre cada formulario se describe detalladamente en los diagramas de clases, donde se especifican las propiedades de cada objeto y las posibles acciones que pueden realizar en la ejecución de la interfaz gráfica.

Mediante el diagrama de clases se almacena la información de cada objeto así como el ambiente en que se desenvuelve cada usuario. El diagrama de clases se compone de las siguientes secciones.

- Nombre de la Clase
- Atributos de la Clase
- Operaciones y/o acciones de la Clase

En la Fig.15 se evidencian las acciones que tienen los usuarios frente al sistema de información. Se señalan las diferentes acciones que pueden ser ejecutadas las como lo son: Registrar, Consultar, Modificar y Actualizar. Teniendo en cuenta que únicamente el Rol Doctor es quien puede realizar todas las acciones sobre el Rol Paciente.

Figura 15. Diagrama de Clases



Fuente: Los autores

6.2 DISEÑO DE LA HMI

El sistema interactivo se basa en las normas para la elaboración de páginas web y de accesibilidad debido a que está dirigido a personas con discapacidades en especial el W3C (World Wide Web Consortium) el cual funciona como un estándar para el desarrollo de páginas web y el manejo de la misma; a través de éste es posible tener una guía del diseño y construcción de páginas web como el que se implementó en el sistema. Una de las bases que brinda éste estándar es la unión entre HTML Y CSS (Hojas de estilo cascada). El cual permite al diseñador separar el contenido del estilo del documento como la fuente y tamaño de letra. Esto permite que exista una guía de diseño; la cual es posible diseñar para que se adapte a los diferentes navegadores.

Otra parte importante de la W3C es la accesibilidad la cual es fundamental en el diseño para los diferentes usuarios. Una de estas es el daltonismo por lo que entre los colores de la página web se procuró no utilizar ni el color verde ni el color rojo en las opciones de selección o formularios con el fin de evitar dificultades. También es importante mantener un fondo blanco ya que para muchas personas puede ser estresante o incluso difícil de navegar; también es necesario incluir sólo el texto necesario sin sobrecargar al usuario y por el contrario incluir información básica que permita la concentración adecuada al usuario; así como mantener un tamaño de letra apropiado que no agote o impida el buen manejo del sistema.

Por otro lado se encuentra el reconocimiento de voz el cual según los estándares debe adaptarse a los diferentes navegadores y funcionar con el puerto de voz del equipo. El W3C también expone los principios de arquitectura los cuales se utilizaron para la construcción del sistema; se mantuvo a lo largo de la programación la adaptabilidad de tal forma que las imágenes, animaciones e información que se utilizaron en el sistema se adapten a los navegadores así como a las diferentes resoluciones de pantalla sin deformarse o desorganizarse.

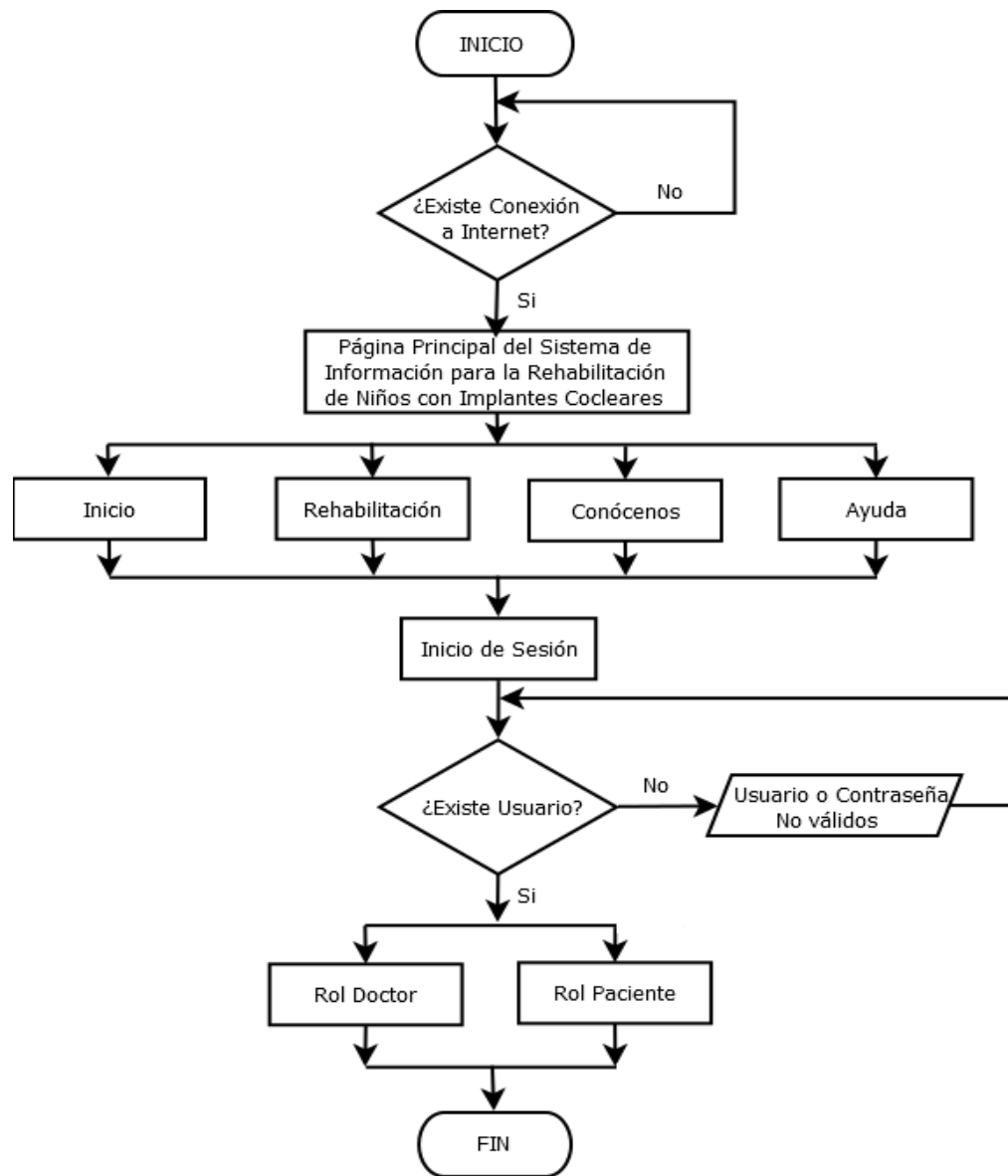
En el caso de la base de datos la información que se adquiere es sensible es decir que afectan la intimidad del Titular o cuyo uso indebido puede generar su discriminación, tales como aquellos que revelen el origen racial o étnico, así como los datos relativos a la salud, a la vida sexual y los datos biométricos por lo tanto para su manejo se debe regir bajo la Ley estatutaria 1581 de 2012 la cual indica cómo se debe hacer la adquisición y manejo de estos datos el cual usualmente es regido por una ONG o una entidad sin ánimo de lucro, se debe aclarar que la empresa que compre el sistema es el que se encarga y rige por la anterior norma.

A continuación se presenta el diseño de la HMI (Human Machine Interface) a través de mapas de navegación representados para el Inicio de Sesión, para el acceso al sistema del Doctor y del Paciente.

6.2.1 Mapa de navegación Inicio de Sesión

En la presente sección se podrá observar en detalle el diseño de la interfaz de usuario basada en la rehabilitación de niños con implante coclear. Para esto se presenta en la Fig.16 un mapa de navegación del sistema de información en donde se identifican los pasos a seguir para permitir el acceso al sistema basado en el tipo de usuario y contraseña que se esté ingresando.

Figura 16. Mapa de Navegación Inicio de Sesión

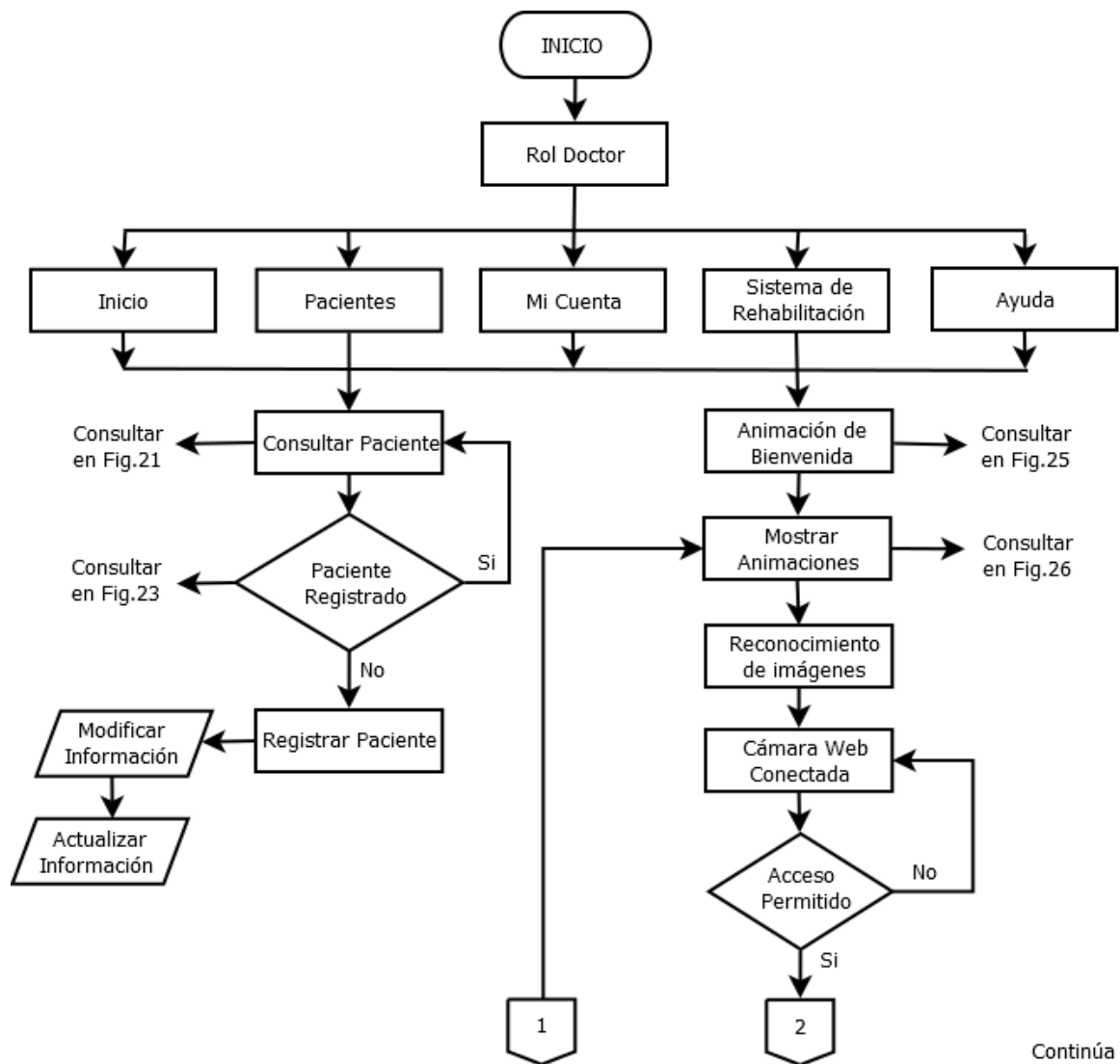


Fuente: Los autores

6.2.2 Mapa de navegación sistema Rol Doctor

En el siguiente mapa de navegación observado en la Fig.17 se evidencia el acceso del usuario al sistema Rol Doctor. Una vez validado el acceso, el doctor podrá registrar y consultar el historial clínico de los pacientes por medio de la opción *Pacientes*, así mismo podrá acceder al sistema de aprendizaje por medio de la opción *Sistema de Rehabilitación* y a las diversas informaciones para el usuario suministradas en el sistema de información tales como *Inicio*, *Mi Cuenta*, y *Ayuda*.

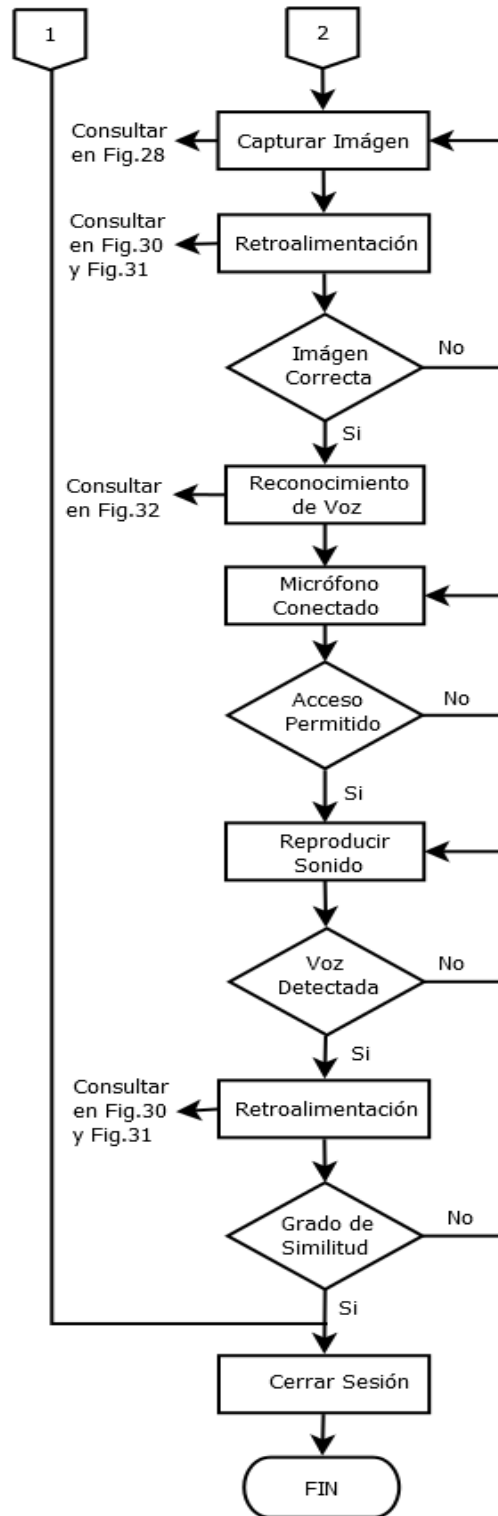
Figura 17. Mapa de Navegación Sistema Rol Doctor



Continúa

Fuente: Los autores

Figura 17. (Continuación)

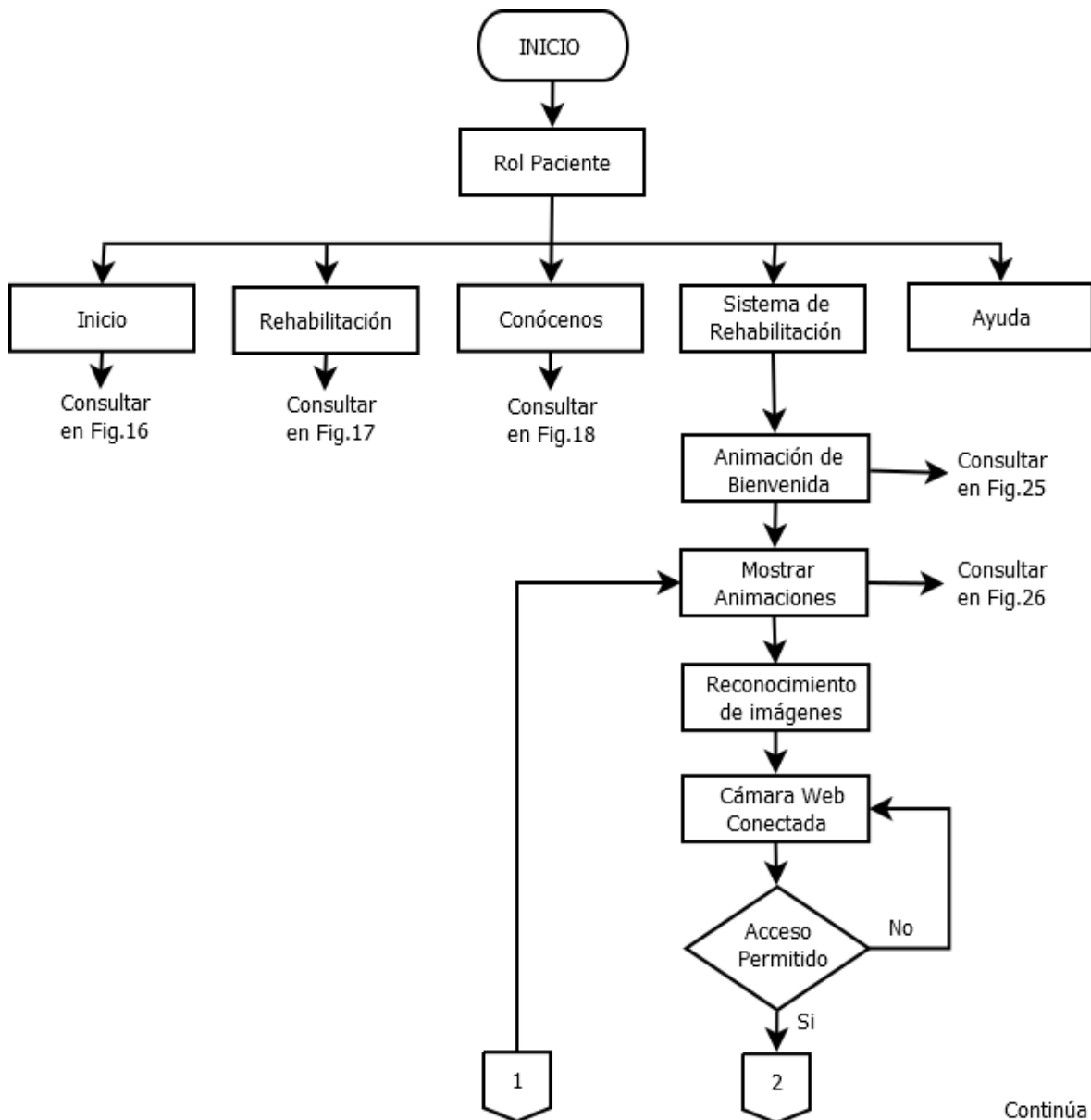


Fuente: Los autores

6.2.3 Mapa de navegación sistema Rol Paciente

En la Fig.18 se presenta el mapa de navegación para el acceso al sistema Rol Paciente. Una vez validado el acceso, el paciente podrá acceder al sistema de aprendizaje por medio de la opción “Sistema de Rehabilitación” y a las diversas informaciones suministradas en el sistema de información tales como “Inicio”, “Rehabilitación”, “Conócenos” y “Ayuda.”

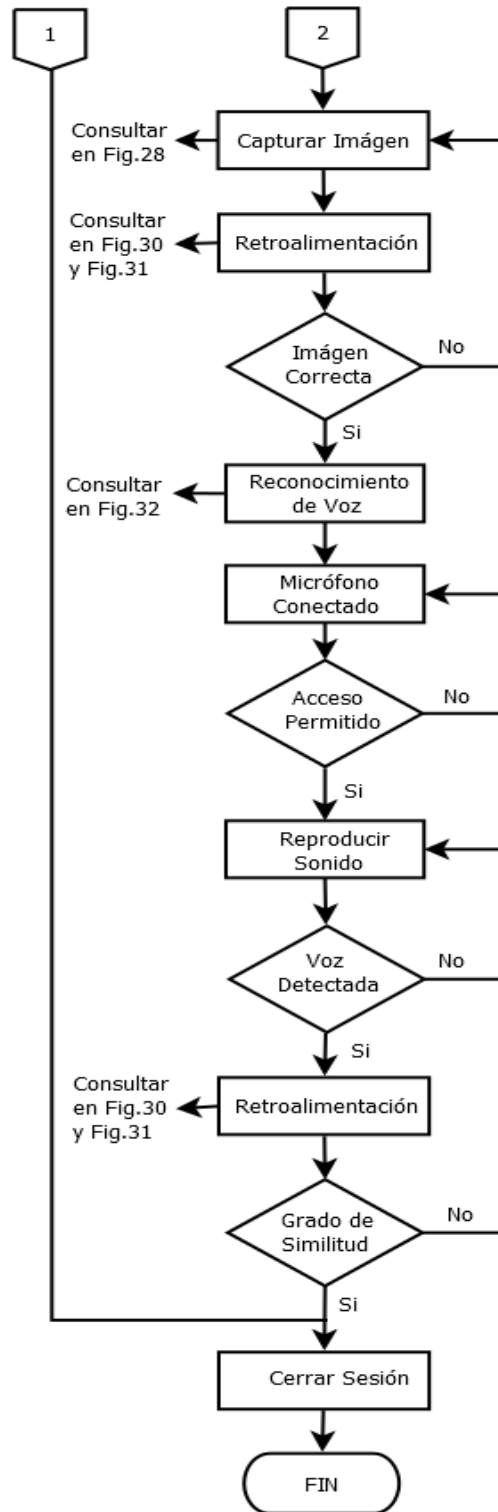
Figura 18. Mapa de Navegación Sistema Rol Paciente



Fuente: Los autores

Continúa

Figura 18. (Continuación)



Fuente: Los autores

6.3 PANTALLAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Los colores que distinguen la ejecución de la HMI son el azul y el blanco, esta interfaz fue elaborada e implementada por medio del Software Netbeans IDE usando la aplicación PHP, se escoge este Software debido a las múltiples opciones y facilidades que éste ofrece para el desarrollo e interacción de páginas web. Dicho esto a continuación se dará acceso a cada una de las ventanas de las que se compone el sistema.

6.3.1 Pantalla de *Inicio*.

La página principal que se mostrará al ingresar a la página web del sistema será la de ventana de Inicio mostrada en la Fig.19, en esta ventana se explica el concepto de implante coclear y su funcionamiento.

Figura 19. Ventana de acceso a Inicio



Fuente: Los autores

6.3.2 Pantalla de acceso a *Rehabilitación*.

En la ventana de rehabilitación visualizada en la Fig.20 se expone como se debe llevar a cabo el proceso de rehabilitación, así como la cantidad de beneficios que obtienen los pacientes.

Figura 20. Ventana de acceso a Rehabilitación



REHABILITACIÓN

El IC se ha afianzado como una opción efectiva en la habilitación y rehabilitación de las personas (niños y adultos) y con deficiencia auditiva sensorial profunda bilateral. Las ganancias en habilidades auditivas, comunicativas y los beneficios psicológicos, sociales y educativos que se obtienen, responden no sólo a las características individuales de la persona, sino también a las condiciones técnicas y humanas que ofrezca cada programa de implante en particular.

Una condición para el éxito con el implante es la participación activa de la familia, los padres, el equipo interdisciplinario y los maestros, articulados en un trabajo centrado en la persona, para crear y mantener las condiciones de modo que los usuarios del implante ingresen a ambientes ricos en estímulos auditivos, apoyen el trabajo en habilidades a través de las experiencias cotidianas y en general garanticen y propicien los medios y las condiciones de aprendizaje y bienestar para garantizar la calidad de vida del usuario.

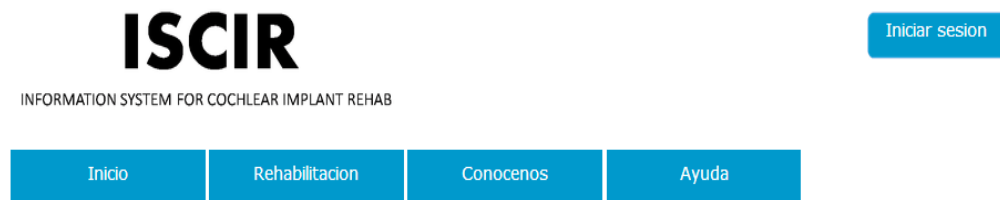


Fuente: Los autores

6.3.3 Pantalla de acceso a *Conócenos*.

En esta ventana de acceso a conócenos de la Fig.21 se dará una breve explicación del significado de un sistema interactivo, así mismo del funcionamiento y utilidades desarrolladas para la rehabilitación del implantado.

Figura 21. Ventana de acceso a Conócenos



Que es un sistema interactivo

Un sistema de aprendizaje Interactivo es aquel que a través de las acciones producidas en el sistema por el paciente se crean reacciones dentro del sistema de aprendizaje. Estas reacciones hacen parte de una retroalimentación hacia el usuario en este caso el paciente de tal manera se genera un dialogo entre el sistema de rehabilitación y el paciente.

Nuestro sistema interactivo

Nuestro sistema interactivo permite la comunicación entre el paciente y el sistema a través de una cámara web y un micrófono por lo que es necesario contar con estos elementos. El sistema se enfoca como una herramienta de apoyo para la rehabilitación de implantados cocleares centrándose en la etapa de detección de sonidos ling y vocales

Fuente: Los autores

6.3.4 Pantalla de *Ayuda*.

En esta sección se brindará a los usuarios el funcionamiento detallado del sistema a través del manual de usuario especificado en el Anexo 3.

6.3.5 Pantalla de *Inicio de Sesión*.

En la Fig.22 se dará acceso a la ventana de Inicio de Sesión, en esta ventana se deberá ingresar el Nombre de Usuario y su respectiva Contraseña, teniendo en cuenta que ya debió ser creada con anterioridad la cuenta del usuario (paciente) o del doctor por un ente autorizado. En caso de que la cuenta ya haya sido creada y el Nombre de Usuario y Contraseña ingresados son correctos se dará acceso

inmediato al sistema de aprendizaje, así mismo a las opciones de consulta y registro de pacientes.

Figura 22. Ventana de acceso a Inicio de Sesión

The screenshot shows the ISCIR login interface. At the top left is the logo 'ISCIR' with the subtitle 'INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB'. To the right is a blue button labeled 'Iniciar sesion'. Below this is a horizontal navigation bar with four blue buttons: 'Inicio', 'Rehabilitacion', 'Conocenos', and 'Ayuda'. The main content area features a grey box titled 'Inicio de Sesión' containing two input fields: 'Nombre de usuario:' and 'Contraseña:'. Below these fields is a grey button labeled 'Entrar'.

Fuente: Los autores

En caso de que el usuario y/o contraseña no sean válidos, no se podrá ingresar al sistema de rehabilitación tal como se evidencia en la Fig.23

Figura 23. Usuario y contraseña no válidos

This screenshot is identical to Figure 22 but includes an error message. Above the 'Inicio de Sesión' box, the text 'Usuario o contraseña no validos' is displayed in red. The rest of the interface, including the ISCIR logo, subtitle, navigation bar, and login form, remains the same.

Fuente: Los autores

6.3.6 Ingreso al Sistema Rol Doctor.

Para ingresar al sistema rol doctor el usuario y/o contraseña ya fueron validados, por lo que el doctor podrá ingresar a la consulta, modificación, actualización y registro de pacientes.

6.3.6.1 Pantalla de acceso a *Consulta de Pacientes*.

En la Fig.24 se ingresará a la ventana de pacientes, en donde se podrá consultar la historia clínica de los pacientes únicamente por la Sesión del médico especializado, El médico accederá digitando el Número de documento del paciente del que desee obtener información.

Figura 24. Ventana de acceso a Consulta de Pacientes

ISCIR
INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB

Cerrar sesion
Laura doctor

Inicio Pacientes Mi cuenta Sistema de Rehabilitacion Ayuda

Numero de documento del paciente
Documento del paciente:
Entrar

Consultar Paciente
Registro de Paciente

Fuente: Los autores

En caso de que el paciente no se encuentre registrado ver Fig.25, el doctor deberá dirigirse a la opción de registro de paciente.

Figura 25. Paciente no registrado

Fuente: Los autores

Si el paciente ya se encuentra registrado, al acceder con el número de documento del paciente se podrá consultar la respectiva historia clínica como se muestra en la Fig.26

Figura 26. Paciente registrado

Información del paciente	
Nombre del paciente	Pepito
Apellido del paciente	P
Numero de documento	456
Usuario	Pepito
Rol usuario	paciente
Fecha de Nacimiento	1990-05-04
Edad	25
EPS	Salud
Genero	Hombre
Fecha de cirugía	2015-03-01
Fecha de activacion	2015-03-04
Foto	
Motivo de la pérdida auditiva	no se
Amplificacion	Si
Edad de la pérdida auditiva	5
Indicaciones Medicas	no se
Resultados sistema de rehabilitacion	
Numero de pruebas letra A buena respuesta	2
Numero de pruebas letra E buena respuesta	0

Fuente: Los autores

Así mismo el doctor podrá consultar los resultados del sistema de rehabilitación del paciente, es decir, sabrá cuantas veces practica el paciente y cuantos intentos buenos o erróneos tuvo al momento de reconocer la letra, como se evidencia en la Fig.27. Esto se hace con el fin de que el doctor lleve un control sobre el paciente y así mismo esté al tanto de las letras que se deben reforzar en el paciente.

Figura 27. Resultados sistema de rehabilitación

The screenshot displays the ISCIR web application interface. At the top left is the logo 'ISCIR' and the text 'INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB'. On the top right, there is a 'Cerrar sesion' button and the user's name 'laura doctor'. Below this is a navigation menu with buttons for 'Inicio', 'Pacientes', 'Mi cuenta', 'Sistema de Rehabilitacion', and 'Ayuda'. The main content area is divided into two sections: 'Información del paciente' and 'Resultados sistema de rehabilitacion'. To the right of the patient information table are two buttons: 'Consultar Paciente' and 'Registro de Paciente'.

Información del paciente	
Nombre del paciente	Pepito
Apellido del paciente	P
Numero de documento	456
Usuario	Pepito
Rol usuario	paciente
Fecha de Nacimiento	1990-05-04
Edad	25
EPS	Salud
Genero	Hombre
Fecha de cirugía	2015-03-01
Fecha de activacion	2015-03-04
Foto	
Motivo de la perdida auditiva	no se
Amplificacion	Si
Edad de la perdida auditiva	5
Indicaciones Medicas	no se

Resultados sistema de rehabilitacion	
Numero de pruebas letra A buena respuesta	2
Numero de pruebas letra E buena respuesta	0
Numero de pruebas letra I buena respuesta	0
Numero de pruebas letra O buena respuesta	0
Numero de pruebas letra U buena respuesta	0
Numero de pruebas letra S buena respuesta	0
Numero de pruebas letra Ch buena respuesta	0
Numero de pruebas letra A Errores	11
Numero de pruebas letra E Errores	2
Numero de pruebas letra I Errores	0
Numero de pruebas letra O Errores	3
Numero de pruebas letra U Errores	3

Fuente: Los autores

6.3.6.2 Pantalla de acceso a *Formulario de Registro de Pacientes*.

La Fig.28 permite diligenciar el Formulario de Registro de los Pacientes, esta opción será al igual que en la Consulta de Pacientes únicamente autorizada para el médico especializado, en donde éste deberá diligenciar un formulario completo de la información pertinente del historial clínico del paciente.

Figura 28. Ventana de acceso a Formulario de Registro de Pacientes

The screenshot displays a web interface for patient registration. At the top, a navigation bar contains five items: 'Inicio', 'Pacientes', 'Mi cuenta', 'Sistema de Rehabilitación', and 'Ayuda'. Below this, the main content area is titled 'Formulario de registro'. On the right side of this area, there are two buttons: 'Consultar Paciente' and 'Registro de Paciente'. The registration form itself consists of the following fields:

- Nombres: Text input field.
- Apellidos: Text input field.
- Numero de documento: Text input field.
- Nombre de usuario: Text input field.
- Contraseña: Text input field.
- Seleccione su rol: Dropdown menu with 'Paciente' selected.
- Fecha de nacimiento: Date picker showing 10/2/2015.
- EPS: Dropdown menu with 'Sanitas' selected.
- Genero: Dropdown menu with 'Hombre' selected.
- Fecha de cirugía: Date picker showing 10/2/2015.
- Fecha de activación: Date picker showing 10/2/2015.
- Foto: File upload button labeled 'Seleccionar archivo' and the text 'Ningún archivo seleccionado'.
- Motivo de la pérdida auditiva: Text area.
- Amplificación: Dropdown menu with 'Si' selected.
- Edad de la pérdida auditiva: Text input field.
- Indicaciones Medicas: Text area.

An 'Enviar' button is located at the bottom left of the form.

Fuente: Los autores

6.3.6.3 Pantalla de acceso a *Sistema de Rehabilitación*.

Para permitir el ingreso a la ventana del Sistema de Rehabilitación presentada en la Fig.29 los usuarios deberán ingresar con su nombre de usuario y contraseña creados previamente, la página principal cuenta con un saludo de bienvenida.

Figura 29. Ventana principal de acceso al Sistema de Rehabilitación



Fuente: Los autores

Al dar clic en la opción siguiente se mostrarán varias opciones de las animaciones a las que el paciente debe ingresar con frecuencia ya que son necesarias para llevar un ameno aprendizaje. Estas animaciones se basan en Fonemas Vocálicos (Vocales), Fonema Sordo (S) y Fonema Palatal (Ch). Ver Fig.30

Figura 30. Ventana de acceso a Animaciones



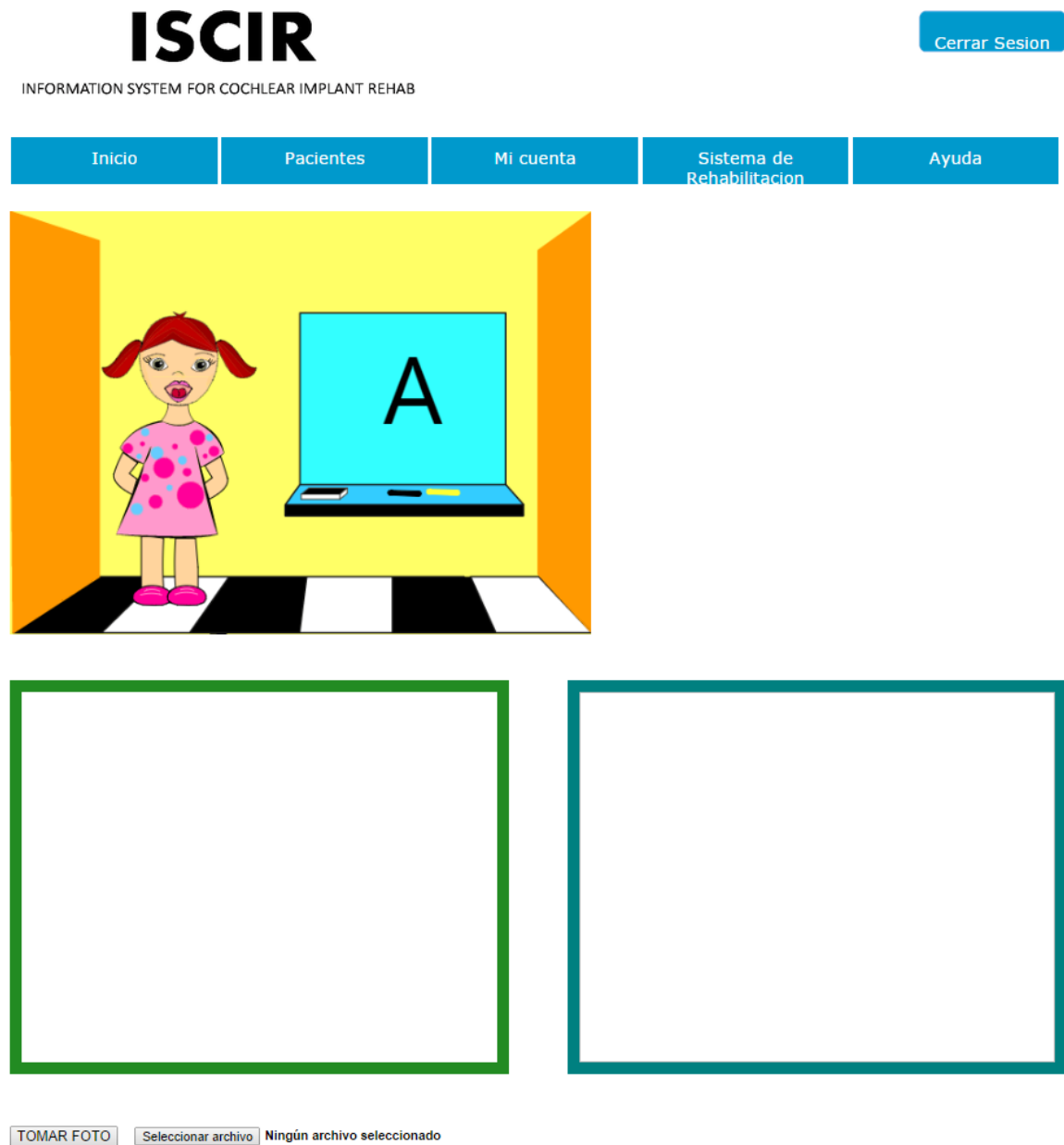
Fuente: Los autores

A continuación se dará ingreso a una de las animaciones con el fin de especificar el funcionamiento del sistema.

6.3.6.4 Pantalla de acceso Animación de la Vocal A.

En la Fig.31 se ingresa a la animación de la Vocal A, esta animación cuenta con el sonido correspondiente al fonema vocálico, así como el modo de articulación es decir que al pronunciar este sonido la abertura de la boca será máxima. En esta misma ventana se visualizan dos recuadros los cuales son usados para el reconocimiento de imágenes ya sea por medio de una cámara web o por la selección de un archivo guardado en la computadora.

Figura 31. Ventana de acceso Animación Vocal A



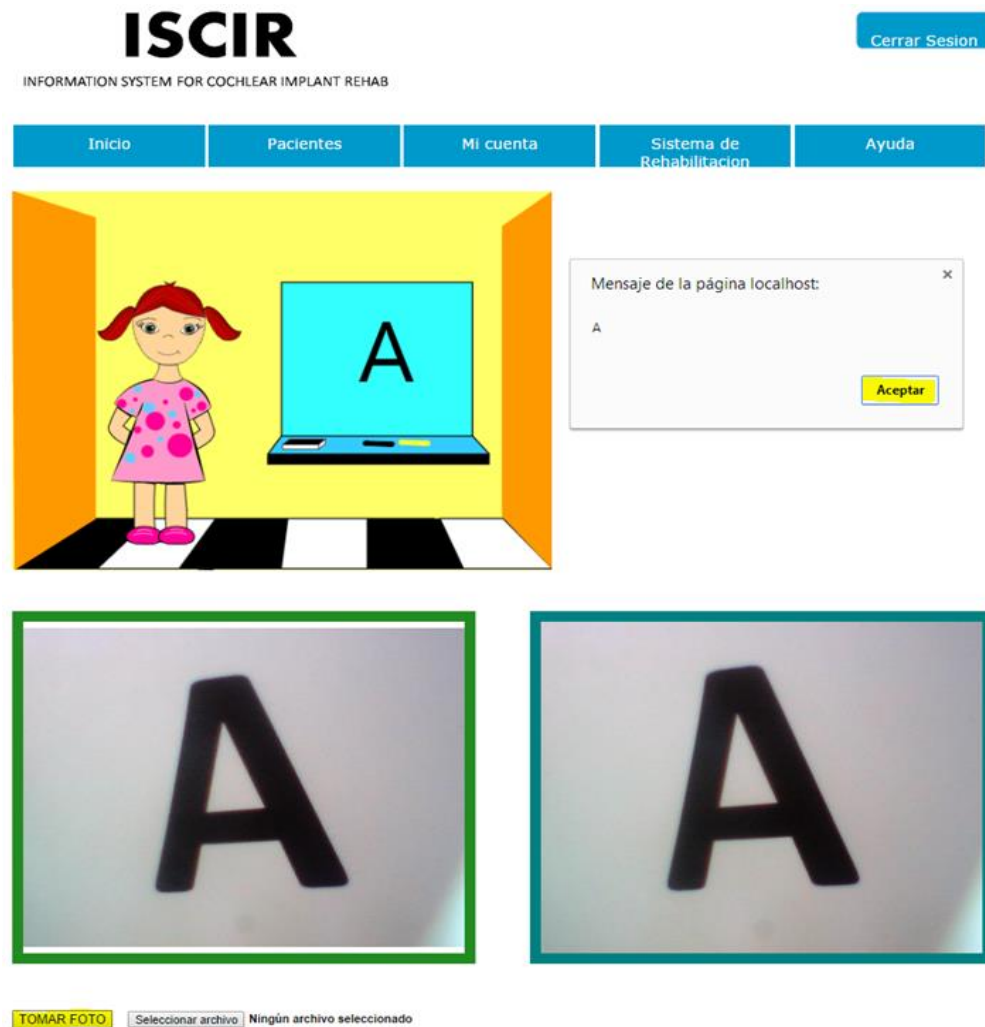
Fuente: Los autores

✓ **RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES**

El paciente debe identificar la letra que se esté reproduciendo y visualizando en la animación, primero el paciente debe permitir el acceso a la cámara web, seguidamente ubicar frente al lente de la cámara la imagen de la letra que se desee capturar, siendo ésta la que corresponde a la animación actual en este caso

la Vocal A, ésta imagen se visualizará en el recuadro de color verde ubicado en el lado izquierdo de la pantalla, al dar clic en el botón TOMAR FOTO, inmediatamente la imagen a reconocer aparecerá en el recuadro de color azul ubicado al lado derecho de la pantalla, del mismo modo aparecerá un mensaje de alerta con la letra reconocida tal como se evidencia en la Fig.32. Hay que tener en cuenta que debe existir buena iluminación en el lugar que se ejecute la aplicación, es necesario que la imagen este en las mejores condiciones así como evitar que la imagen se encuentre borrosa y/o manchada con el fin de evitar que se presente algún problema en el proceso de reconocimiento. Por otro lado si las imágenes a reconocer son letras minúsculas o mayúsculas el sistema las distinguirá perfectamente y no se presentará ningún error de ejecución.

Figura 32. Reconocimiento de Imágenes Vocal A. Uso de Cámara Web



Fuente: Los autores

En caso de que las imágenes se encuentren guardadas en el computador se podrá acceder desde el botón de Selección de Archivo para su posterior reconocimiento. Ver Fig.33

Figura 33. Reconocimiento de Imágenes Vocal A. Uso de Selección de Archivo

The screenshot displays the ISCIR web application interface. At the top left is the logo "ISCIR" in large black letters, with the subtitle "INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB" below it. A "Cerrar Sesión" button is located in the top right corner. A navigation bar contains five buttons: "Inicio", "Pacientes", "Mi cuenta", "Sistema de Rehabilitación", and "Ayuda".

The main content area features a cartoon illustration of a girl with red pigtails and a pink polka-dot dress standing next to a computer monitor displaying the letter "A". To the right of this illustration is a message box titled "Mensaje de la página localhost:" containing the character "a" and an "Aceptar" button.

Below the illustration are two image selection options: a green-bordered box with a white background and a "TOMAR FOTO" button, and a teal-bordered box containing a photograph of a handwritten letter "a" on a textured surface. Below these options is a "Seleccionar archivo" button and the filename "aCaptura1.JPG".

Fuente: Los autores

Una vez se ha reconocido la imagen que el paciente ha seleccionado ya sea por medio de la opción de cámara web o por la opción de selección de archivo, el sistema dará la retroalimentación al paciente. Si la imagen es correcta, se abrirá una ventana con una animación que reproducirá un sonido de felicitación así como se observa en la Fig.34. En caso contrario, es decir la imagen escogida por el paciente es errónea sobrevendrá lo que se evidencia en la Fig.35

Figura 34. Retroalimentación de Imagen Correcta



Fuente: Los autores

Como se observó en la Fig.34 solamente si la imagen escogida por el paciente es correcta podrá acceder a la opción de reconocimiento de voz, puesto que si la imagen es errónea deberá seguir intentando hasta lograr llegar a la fase de reconocimiento de voz.

Figura 35. Retroalimentación de Imagen Errónea



Fuente: Los autores

✓ **RECONOCIMIENTO DE VOZ**

En esta fase del sistema de aprendizaje para niños con implante coclear los pacientes deberán reproducir el sonido que se efectúa en la animación que se presenta en pantalla dando clic sobre el icono del micrófono. Ver Fig.36

Si es correcto o incorrecto el sonido producido por el paciente existirá la debida retroalimentación en el sistema, ver imágenes previamente presentadas en la Fig.34 y en la Fig.35

Figura 36. Reconocimiento de Voz



Fuente: Los autores

A continuación se presentarán las pruebas correspondientes a las restantes animaciones de las que se compone el sistema de rehabilitación.

7. PRUEBAS DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

Se realizaron una serie de pruebas para observar la funcionalidad existente en el sistema interactivo, para esto se tiene en cuenta el color y tamaño de fuente de los caracteres que componen las imágenes pertenecientes al sistema de aprendizaje, así mismo se realizaron diversas pruebas con imágenes de todas las letras del alfabeto con el fin de asegurar del funcionamiento adecuado del sistema. A continuación se presenta el sistema de rehabilitación en su total funcionalidad haciendo énfasis en imágenes correctas y en imágenes erróneas.

7.1 Acceso Animación de la Vocal E

En la Fig.37 se ingresa a la animación de la Vocal E, esta animación cuenta con el sonido correspondiente al fonema vocálico, así como el modo de articulación es decir que al pronunciar este sonido la abertura de la boca será media.

Figura 37. Ventana de acceso Animación Vocal E



Fuente: Los autores

Debido a que la imagen de la Fig.37 anteriormente presentada fue reconocida correctamente y correspondía a la animación mostrada en pantalla se podrá acceder a la siguiente fase de rehabilitación es decir el reconocimiento de voz tal como se muestra en la Fig.38

Figura 38. Retroalimentación Imagen Correcta Vocal E



Fuente: Los autores

Una vez se ingrese al reconocimiento de voz y una vez escuchado el sonido reproducido por la animación, posteriormente se dará clic en el micrófono y el usuario procederá a reproducir el sonido cuando se muestre en pantalla el icono de color rojo con las palabras "Habla Ahora", como se muestra en la Fig.39

Siendo reconocido por el sistema el sonido reproducido por el usuario, se dará su respectiva retroalimentación, indicando que podrá acceder a las siguientes animaciones del proceso de aprendizaje. Ver Fig.40

Figura 39. Reconocimiento de Voz Vocal E



Fuente: Los autores

Figura 40. Retroalimentación Reconocimiento de Voz Vocal E



Fuente: Los autores

7.2 Acceso Animación de la Vocal I

En la Fig.41 se ingresa a la animación de la Vocal I, esta animación cuenta con el sonido correspondiente al fonema vocálico, así como el modo de articulación, es decir que al pronunciar este sonido la abertura de la boca será mínima.

Figura 41. Ventana de acceso Animación Vocal I

The screenshot shows the ISCIR web application interface. At the top left is the logo "ISCIR" in large black letters, with the subtitle "INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB" below it. A blue button labeled "Cerrar Sesion" is in the top right. A navigation bar contains five items: "Inicio", "Pacientes", "Mi cuenta", "Sistema de Rehabilitacion", and "Ayuda". The main content area features a cartoon illustration of a girl with red pigtails and a pink dress standing next to a whiteboard with a large black letter "I" on it. A modal dialog box titled "Mensaje de la página localhost:" is open, displaying the character "i" and an "Aceptar" button. Below the illustration are two square image preview windows, each showing a large black lowercase letter "i" on a light gray background. At the bottom, there are three buttons: "TOMAR FOTO", "Seleccionar archivo", and "Ningún archivo seleccionado".

Fuente: Los autores

Siendo la imagen seleccionada por el usuario la correcta en este caso la animación de la vocal “i”, se accede al sistema de reconocimiento de voz como se observa en la Fig.42. El usuario deberá reproducir el sonido correspondiente a la palabra “ISLA” para proseguir a las siguientes animaciones del sistema de rehabilitación.

Figura 42. Reconocimiento de Voz Animación Vocal I

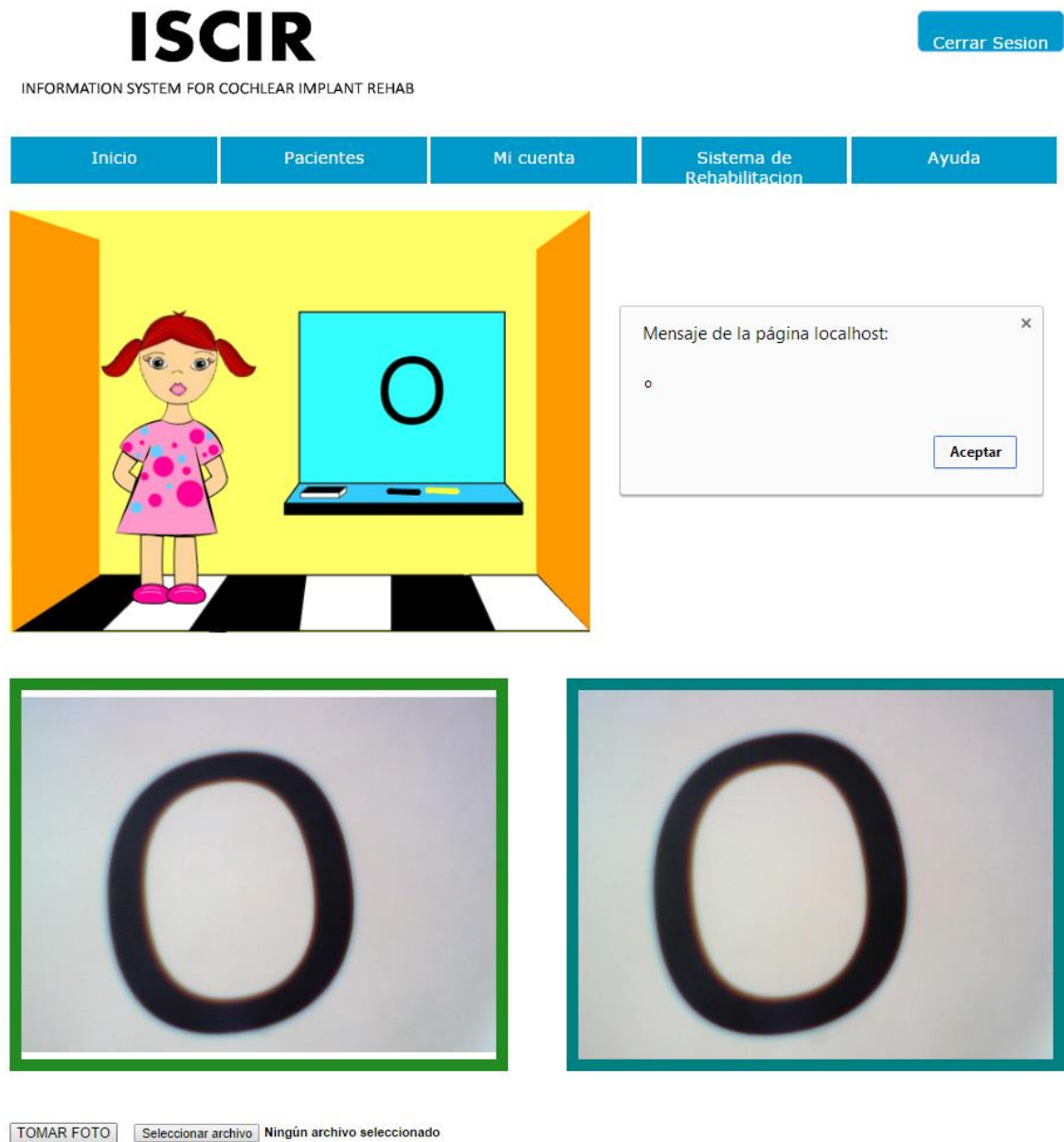


Fuente: Los autores

7.3 Acceso Animación de la Vocal O

En la Fig.43 se ingresa a la animación de la Vocal O, esta animación cuenta con el sonido correspondiente al fonema vocálico, así como el modo de articulación es decir que al pronunciar este sonido la abertura de la boca será media o semiabierta.

Figura 43. Ventana de acceso Animación Vocal O



Fuente: Los autores

Como la imagen de la Fig.43 es la correcta se podrá acceder al reconocimiento de voz, pero en este caso se realizará una prueba en cuestión de que el usuario no escoja la imagen que corresponde a la animación.

Figura 44. Imagen Errónea Animación Vocal O

The screenshot shows the ISCIR web application interface. At the top, the logo "ISCIR" is displayed in large black letters, with the subtitle "INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB" below it. A blue button labeled "Cerrar Sesion" is in the top right corner. A navigation menu contains five items: "Inicio", "Pacientes", "Mi cuenta", "Sistema de Rehabilitacion", and "Ayuda". The main content area features a cartoon girl with red pigtails and a pink dress standing next to a monitor displaying the letter "O". A modal message box titled "Mensaje de la página localhost:" is overlaid on the right, containing the letter "D" and an "Aceptar" button. Below the main content, two images of the letter "D" are shown side-by-side, one with a green border and one with a teal border. At the bottom, there are two buttons: "TOMAR FOTO" and "Seleccionar archivo d.JPG".

Fuente: Los autores

Como se observó en la Fig.44, al encontrarse en la animación de la vocal O se selecciona una imagen con una letra diferente en este caso la letra "D" y además de esto se puede visualizar un cambio de color en la letra, donde no presentará ningún problema en la ejecución y el sistema la reconocerá arrojando su

respectiva retroalimentación de incorrecto “vuelve a intentarlo” como se evidencia en la Fig.45

Figura 45. Retroalimentación Imagen Errónea Animación Vocal O

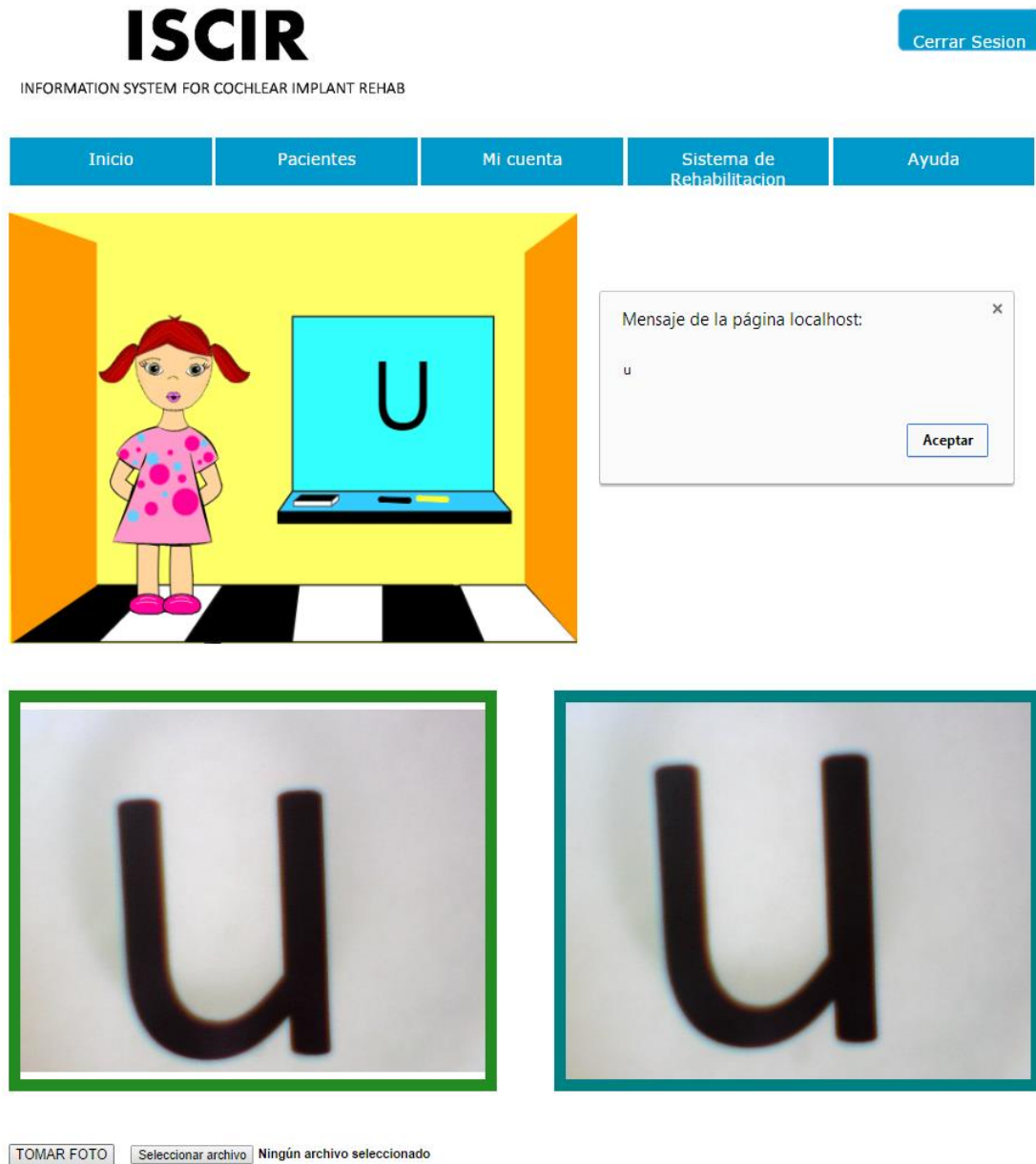


Fuente: Los autores

7.4 Acceso Animación de la Vocal U

En la Fig.46 se ingresa a la animación de la Vocal U, esta animación cuenta con el sonido correspondiente al fonema vocálico, así como el modo de articulación es decir que al pronunciar este sonido la abertura de la boca será mínima o cerrada.

Figura 46. Ventana de acceso Animación Vocal U



Fuente: Los autores

Una vez realizada la retroalimentación de la imagen de la Fig.47 y ésta siendo correcta se accede al sistema de reconocimiento de voz, en este caso el usuario deberá reproducir el sonido correspondiente a la palabra “UNIVERSO” como se muestra en la Fig.48

Figura 47. Retroalimentación Imagen Correcta Animación Vocal U



Fuente: Los autores

Figura 48. Reconocimiento de Voz Animación Vocal U



Fuente: Los autores

A continuación en la animación de la vocal U se escogerá una imagen errónea con la letra “ñ”, al igual que en la animación de la vocal O se cambiará el color de la letra de la imagen y evidentemente el sistema la reconocerá adecuadamente como se muestra en la Fig.49. Pero al no corresponder a la de la animación deberá volver a intentarlo sin poder acceder a la fase de reconocimiento de voz.

Figura 49. Imagen Errónea Animación Vocal U

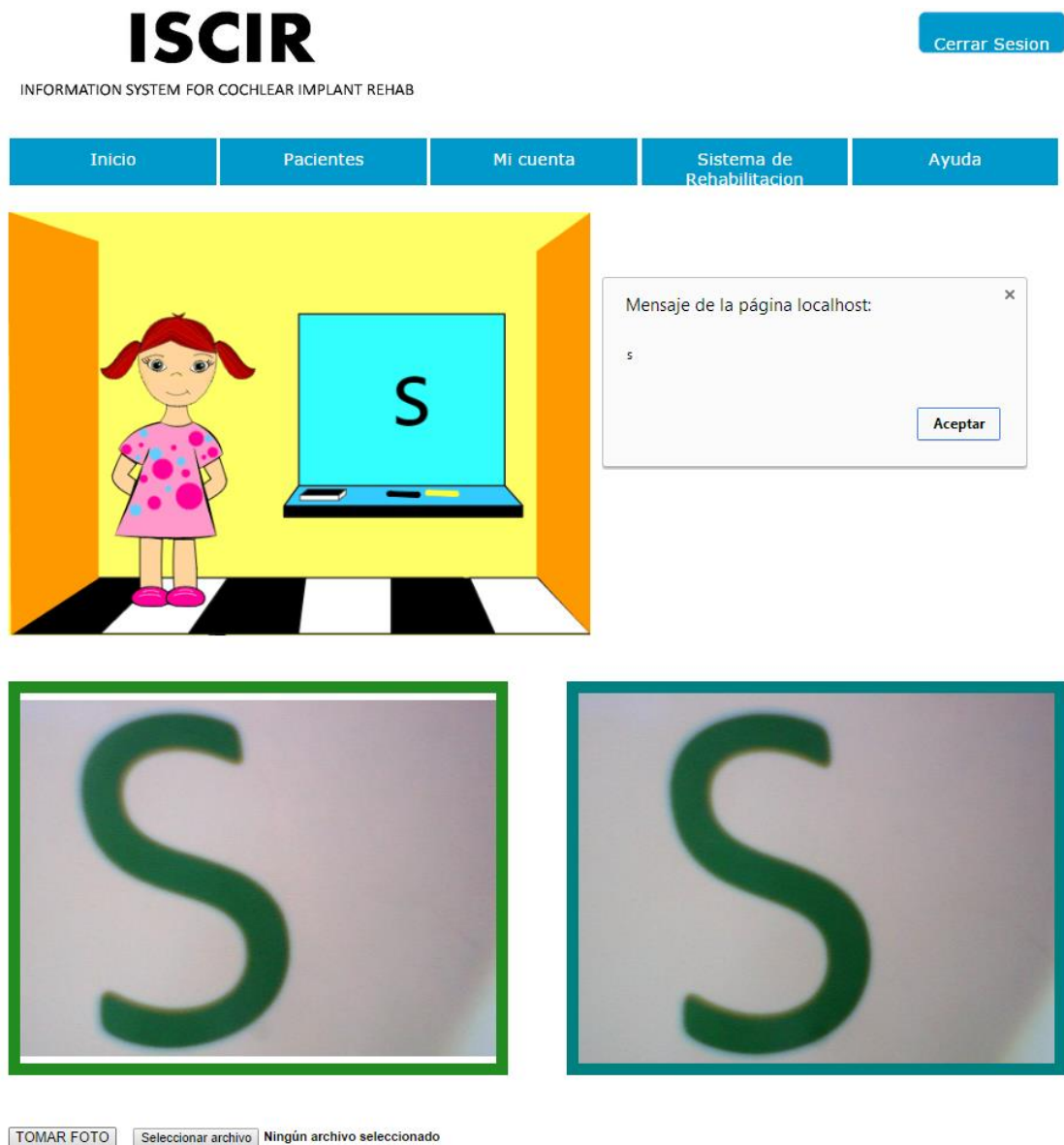
The screenshot shows the ISCIR web application interface. At the top left is the logo "ISCIR" and the text "INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB". A "Cerrar Sesión" button is in the top right. A navigation menu contains "Inicio", "Pacientes", "Mi cuenta", "Sistema de Rehabilitacion", and "Ayuda". The main content area features a cartoon girl character standing next to a laptop displaying the letter "U". A modal message box titled "Mensaje de la página localhost:" displays the character "ñ" and an "Aceptar" button. Below the main content are two image upload options: "TOMAR FOTO" and "Seleccionar archivo", with the text "Ningún archivo seleccionado" below them.

Fuente: Los autores

7.5 Acceso Animación de la Letra S

En la Fig.50 se ingresa a la animación de la Letra S, esta animación cuenta con el sonido correspondiente al fonema sordo es decir son aquellos en donde no vibran las cuerdas vocales y en donde su punto de articulación es la posición de la lengua sobre la raíz de los dientes superiores.

Figura 50. Ventana de acceso Animación Letra S



Fuente: Los autores

Debido a que la imagen de la Fig.50 corresponde a la animación de la letra S y al realizar la retroalimentación la imagen es correcta, se accede al reconocimiento de voz. Mostrado en la Fig.51, donde el usuario deberá reproducir el sonido correspondiente al reproducido por la animación en este caso la palabra “SAPO”. Si esto es correcto podrá proseguir a las restantes animaciones.

Figura 51. Reconocimiento de Voz Animación Letra S

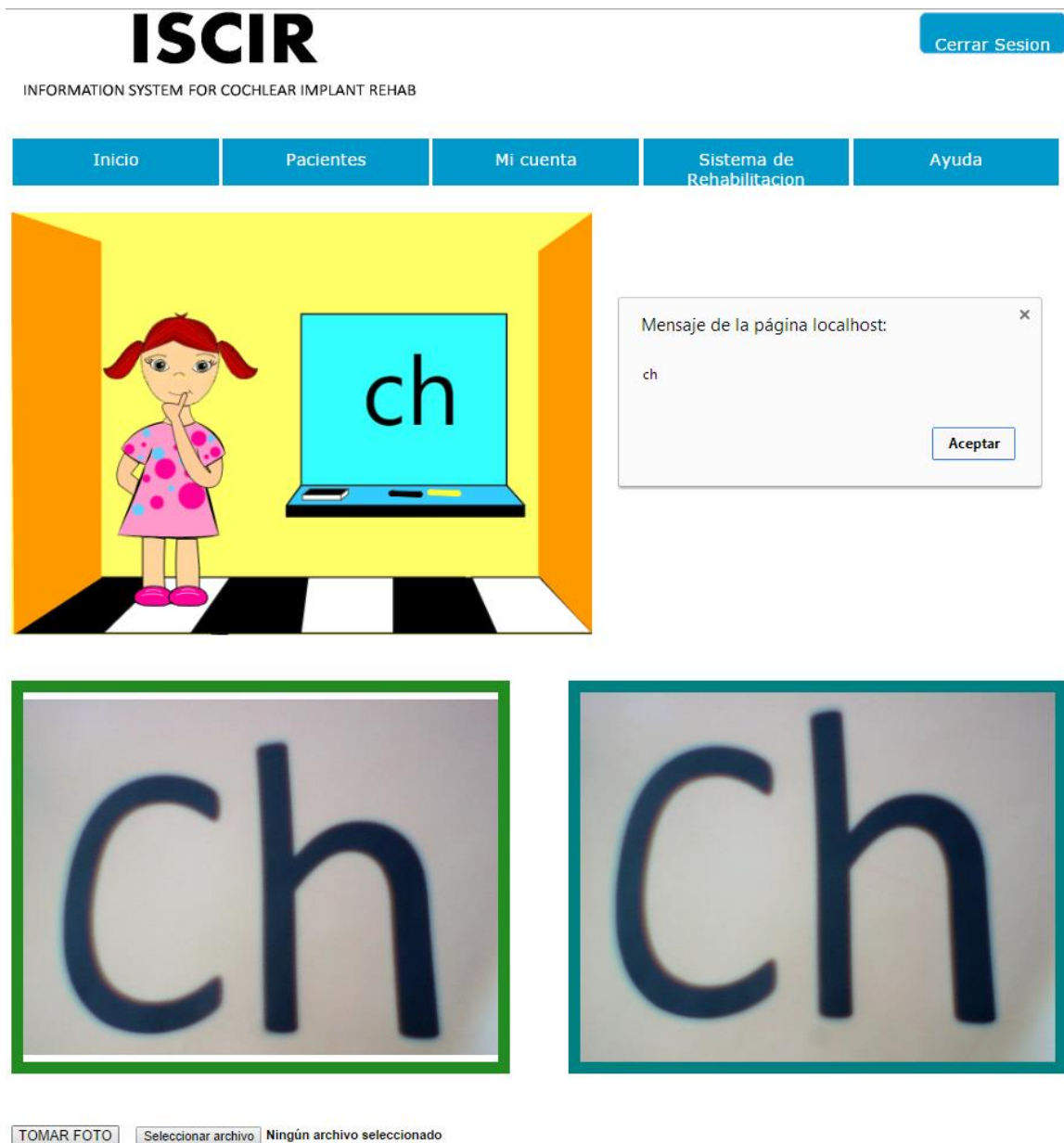


Fuente: Los autores

7.6 Acceso Animación de la Letra CH

En la Fig.52 se ingresa a la animación de la Letra CH, esta animación cuenta con el sonido correspondiente al fonema sordo y palatal lo que significa que el paladar y la lengua son los órganos que intervienen en la producción del sonido.

Figura 52. Ventana de acceso Animación Letra Ch



Fuente: Los autores

Como la imagen de la Fig.52 corresponde a la animación de la letra CH y al realizar la retroalimentación la imagen es correcta, se accede al reconocimiento de voz. Mostrado en la Fig.53, el usuario deberá reproducir el sonido correspondiente al reproducido por la animación en este caso la palabra "CHILE". Si esto es correcto podrá proseguir a las restantes animaciones como se evidencia en la Fig.54

Figura 53. Reconocimiento de Voz Animación Letra Ch



Fuente: Los autores

Figura 54. Retroalimentación Reconocimiento de Voz Letra Ch



Fuente: Los autores

ÁNÁLISIS DE RESULTADOS

El desarrollo de un sistema interactivo que se fundamenta en la rehabilitación de niños con implantes cocleares se orienta a las necesidades de mejora en calidad de vida del usuario con discapacidad auditiva. El proceso y culminación del proyecto se evidencia gracias al enfoque y asesoría dados por una especialista en fonoaudiología el cual solidifica el progreso del proyecto generando de manera significativa aportes que garanticen a los pacientes el mejor entrenamiento y el más indicado en cada una de las etapas de aprendizaje y en donde el proceso de rehabilitación se base en la capacidad de distinguir diferentes sonidos como lo son el de las vocales y sonidos ling que conlleven al paciente a una satisfactoria y mejorada comunicación con el entorno.

Las etapas que hacen parte del sistema interactivo se desglosan en lograr un correcto desempeño y alta calidad que evidencie el mejor sistema de rehabilitación llevado a cabo para los pacientes con implantes cocleares, como se pudo comprobar en las diversas pruebas desarrolladas para el reconocimiento de imágenes se observa con claridad el éxito del reconocimiento en todas las imágenes necesarias y que hacen parte fundamental en la implementación del sistema interactivo, así mismo se tuvo en cuenta que al momento de realizar dichas pruebas se contó con excelente iluminación y distancia mínima entre el lente de la cámara y las imágenes, además de esto fue necesario garantizar el tamaño y tono de color más pertinentes para los caracteres de las imágenes a reconocer, una vez se tienen en cuenta las características mencionadas se resuelve satisfactoriamente la etapa de reconocimiento de imágenes.

El reconocimiento de imágenes presenta mejor viabilidad en el sistema cuando se desea reconocer la vocal O puesto que según las pruebas aplicadas el porcentaje de reconocimiento es de un 90% es decir, que al variar el tipo y color de fuente se presentará menor posibilidad de error esto se debe al procesamiento de la imagen ya que este depende en gran medida del método de Pavlidis, como se observa la vocal O es una letra que tiene una geometría constante por lo que el esqueleto que se genera de las diferentes O al ser comparada con la plantilla es más exacta que las otras letras. A partir de estas pruebas se estableció el mejor tipo, tamaño y color de fuente convenientes para llevar a cabo el sistema de aprendizaje con esto se evitarán posibles fallas en el sistema.

A continuación para las pruebas realizadas en el reconocimiento de imágenes y para comprobar su eficacia, se escogieron imágenes con distintos tipos de fuente realizando un cambio de tamaño y color en cada una de ellas.

En la Tabla 18 se observan las pruebas realizadas para imágenes con la Letra A

Tabla 18. Pruebas reconocimiento Letra A

LETRA A			
FUENTE	TAMAÑO	COLOR	RECONOCIMIENTO
Arial	24	Negro	Si
Calibri	72	Amarillo	No
Times New Roman	50	Rojo	Si
Cooper Black	48	Café	Si
Eras Bold ITC	60	Azul	Si

Fuente: Los autores

En la Tabla 19 se observan las pruebas realizadas para imágenes con la Letra E

Tabla 19. Pruebas reconocimiento Letra E

LETRA E			
FUENTE	TAMAÑO	COLOR	RECONOCIMIENTO
Arial	24	Negro	Si
Calibri	72	Verde	No
Times New Roman	50	Rojo	Si
Cooper Black	48	Azul	No
Eras Bold ITC	60	Azul	Si

Fuente: Los autores

En la Tabla 20 se observan las pruebas realizadas para imágenes con la Letra I

Tabla 20. Pruebas reconocimiento Letra I

LETRA I			
FUENTE	TAMAÑO	COLOR	RECONOCIMIENTO
Arial	30	Negro	Si
Calibri	80	Verde	No
Times New Roman	45	Rojo	Si
Cooper Black	60	Azul	No
Eras Bold ITC	50	Azul	Si

Fuente: Los autores

En la Tabla 21 se observan las pruebas realizadas para imágenes con la Letra O

Tabla 21. Pruebas reconocimiento Letra O

LETRA O			
FUENTE	TAMAÑO	COLOR	RECONOCIMIENTO
Arial	24	Negro	Si
Calibri	72	Amarillo	Si
Times New Roman	50	Rojo	Si
Cooper Black	48	Café	Si
Eras Bold ITC	60	Azul	Si

Fuente: Los autores

En la Tabla 22 se observan las pruebas realizadas para imágenes con la Letra U

Tabla 22. Pruebas reconocimiento Letra U

LETRA U			
FUENTE	TAMAÑO	COLOR	RECONOCIMIENTO
Arial	20	Negro	Si
Calibri	90	Amarillo	No
Times New Roman	34	Rojo	Si
Cooper Black	50	Café	Si
Eras Bold ITC	70	Azul	Si

Fuente: Los autores

En la Tabla 23 se observan las pruebas realizadas para imágenes con la Letra S

Tabla 23. Pruebas reconocimiento Letra S

LETRA S			
FUENTE	TAMAÑO	COLOR	RECONOCIMIENTO
Arial	30	Negro	Si
Calibri	50	Amarillo	No
Times New Roman	64	Rojo	Si
Cooper Black	40	Café	Si
Eras Bold ITC	45	Azul	Si

Fuente: Los autores

En la Tabla 24 se observan las pruebas realizadas para imágenes con la Letra CH

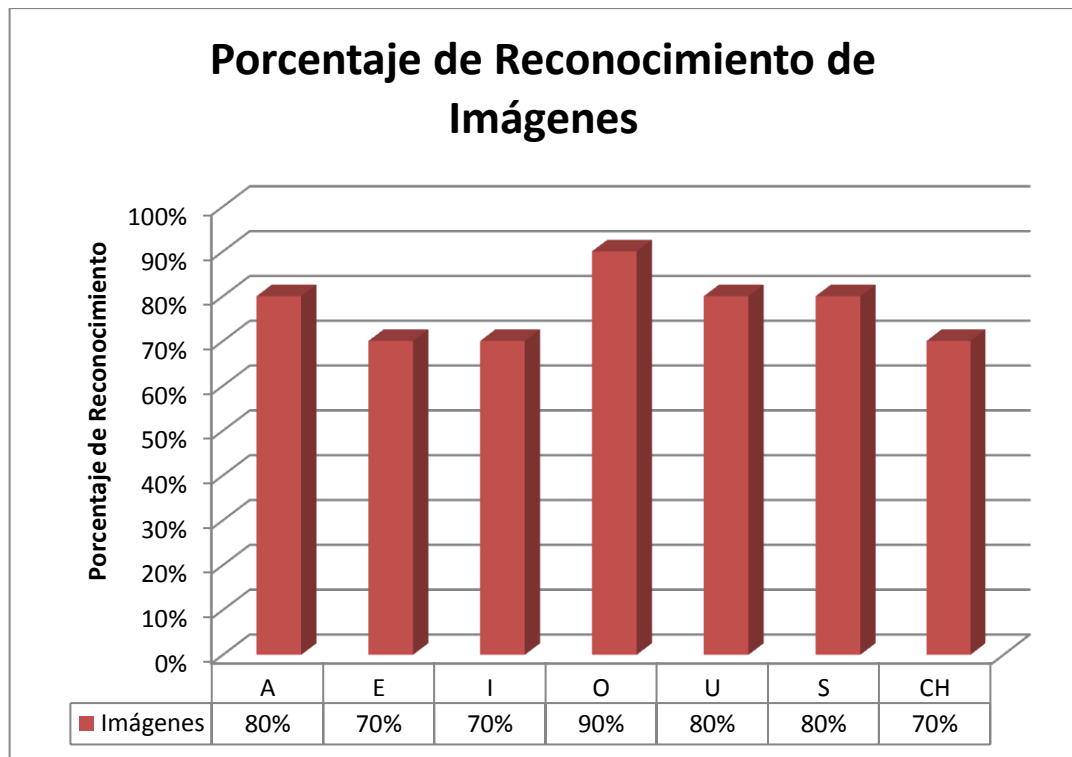
Tabla 24. Pruebas reconocimiento Letra CH

LETRA CH			
FUENTE	TAMAÑO	COLOR	RECONOCIMIENTO
Arial	50	Negro	Si
Calibri	40	Verde	No
Times New Roman	70	Rojo	Si
Cooper Black	30	Azul	No
Eras Bold ITC	45	Azul	Si

Fuente: Los autores

A continuación en la Fig.55 mediante una gráfica se especificará el porcentaje de reconocimiento teniendo en cuenta las tablas anteriormente presentadas.

Figura 55. Porcentaje de Reconocimiento de Imágenes

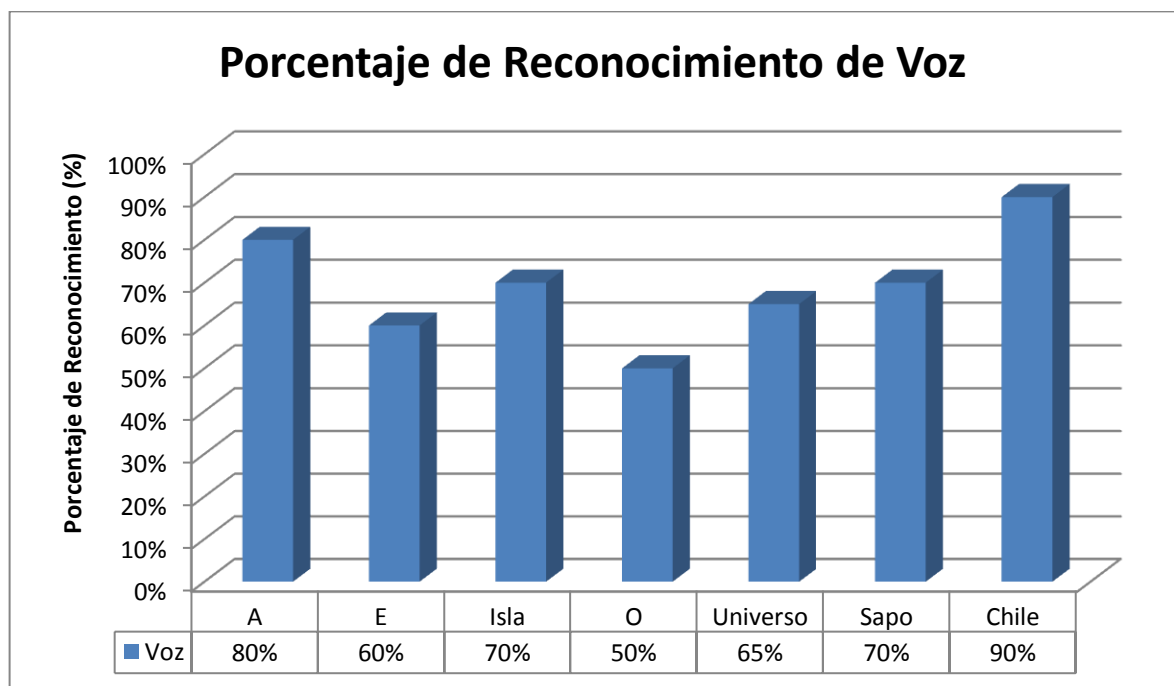


Fuente: Los Autores

En cuanto a la etapa de reconocimiento de voz se tuvo en cuenta el uso de un micrófono en óptimas condiciones, así como una distancia considerable entre la boca y el micrófono, un tono de voz medianamente alto y con la mayor claridad posible esto con el fin de que el sistema detecte la voz favorablemente, tras diversas pruebas se evidencia que entre menos ruido externo exista, el sonido producido por la voz será captado por el sistema de manera más eficiente.

En la Fig.56 se establece el grado de eficacia del reconocimiento de voz a través del uso de la aplicación webkitSpeechRecognition implementada en JavaScript en donde la palabra “Chile” es la que presenta el porcentaje con mayor posibilidad de acierto en un 90%

Figura 56. Porcentaje de Reconocimiento de Voz



Fuente: Los Autores

CONCLUSIONES

- Al comprobar diversos métodos y herramientas la aplicación webkitSpeechRecognition definida por google es la mejor opción para implementar el reconocimiento de voz debido a que esta aplicación es más robusta y posibilita la implementación de manera directa con páginas web lo que hace más eficiente el sistema de rehabilitación; siendo el reconocimiento de voz como condición fundamental para llevar a cabo las rutinas de rehabilitación de los implantados cocleares y a partir de las pruebas realizadas se considera viable y adaptable al sistema interactivo logrando interacción y permitiendo establecer una comunicación amena entre usuario-máquina.
- El reconocimiento de imágenes a partir del uso de una cámara web permite que el usuario tenga una fácil adaptación frente al sistema interactivo, teniendo en cuenta que los costos de rehabilitación reducirían moderadamente y el usuario obtendría una excelente herramienta que satisfaga el progreso auditivo.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el reconocimiento de imágenes es importante resaltar que las condiciones a las que son expuestas las imágenes garantizan la calidad en el reconocimiento por lo que se considera que el reconocimiento tiene un margen de error mínimo pues no todas las imágenes son reconocidas como se esperaría; el no reconocimiento de las mismas se evidencia tanto en las imágenes que contienen un tamaño de fuente menor a 20 como en los tonos de color claro, por lo contrario las imágenes con tamaño de fuente superior a 20 y tonos de color fuerte son los indicados ya que se eliminaría por completo cualquier error en el reconocimiento, lo cual garantizaría, facilitaría y optimizaría la capacidad de aprendizaje y la mejora en la calidad de vida del usuario.
- En cuanto a los resultados logrados en el desarrollo de la página web se presenta una aplicación compacta y flexible en JavaScript, el diseño de la interfaz de usuario desarrollada brinda comodidad y eficiencia al usuario, siendo ésta de fácil entendimiento y proporcionando confiabilidad al usuario; la ejecución de la base de datos garantiza un control de acceso al sistema, brindando capacidad al médico especializado de obtener información a través de la ya almacenada y su vez por medio de consultas podrá llevar un control rutinario del historial clínico del paciente.
- Las herramientas que se utilizaron así como el lenguaje de programación se determinan de tal manera que no existan problemas de compatibilidad y que por ende se adapte a las diferentes tecnologías. El sistema busca mejorar la rehabilitación al permitir su integración con sistemas que fomenten la atención de los pacientes.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones de este proyecto y para la implementación de trabajos futuros, se sugiere lo siguiente:

Para iniciar la rehabilitación de los niños con implante coclear a través del sistema interactivo es necesario que los usuarios tengan acceso a una cámara web y un micrófono y estos se encuentren en óptimas condiciones.

Para iniciar el reconocimiento de imágenes es de suma importancia que los pacientes cuenten con las imágenes correspondientes al sistema de rehabilitación proporcionadas por el médico especialista, en este caso las vocales y las letras S y Ch. Hay que tener en cuenta que estas imágenes se deben encontrar en buena calidad es decir no deben estar borrosas ni manchadas. Los caracteres de las imágenes podrán ser tanto en negro como en color, teniendo en cuenta que deben ser de tonos oscuros para establecer un adecuado reconocimiento.

Cuando se ejecute el sistema se debe asegurar que exista buena iluminación en el lugar, así como posicionar la imagen correctamente frente al lente de la cámara.

En cuanto al reconocimiento de voz los usuarios deberán hablar lo más claro posible para que el sistema logre reconocer la información emitida sin error alguno. De igual forma el usuario debe contar con la versión 25 o posterior del navegador Google Chrome puesto que es la soportada para el funcionamiento óptimo del reconocimiento de voz.

Únicamente tendrán acceso al sistema de rehabilitación los usuarios debidamente registrados por el médico especialista, de lo contrario solo tendrán acceso a la información proporcionada en la página web.

En el sistema de rehabilitación es posible mejorar las animaciones a través de dibujos más realistas los cuales se enfoque aún más en la pronunciación es decir en la boca de la animación; de manera de que visualmente llame aún más la atención del usuario para esto se necesita un diseñador gráfico el cual elabore estos dibujos para proceder con su programación.

El sistema como se evidencia actualmente presenta una de las etapas de rehabilitación la cual es el reconocimiento y detección; debido a su diseño permite programar otras pruebas que sirvan en el proceso de rehabilitación; con el fin de que el sistema sea cada vez más completo y se adapte a las diferentes necesidades de los usuarios

En cuanto a la base de datos ésta contiene información que permite identificar al paciente al ingresar por lo que si se quisiera agregar más información médica se recomienda modificar la base de datos con el fin de obtener más datos del

paciente y de su tratamiento, además ésta contiene información esencial del paciente por lo tanto es imprescindible que se haga un consentimiento de tratamiento de datos en un medio comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- Hernández, P. (2003). *Prototipo de un ayudante electrónico con síntesis de voz y visualización, para la comunicación de personas con pérdida auditiva*. Tesis pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá.
- Guohong, Z., Sha, L., & Xuan, W. (2004). Una aplicación de Base de datos para gestionar los datos de los pacientes con un implante coclear. *IEEEExplore*, (2). Beijing.
- Jaouhar, M., Rbjean, F., & Zied, C. (2000). Una herramienta de software avanzada para la evaluación y rehabilitación de usuarios con prótesis coclear. *IEEEExplore*, (2). Canadá.
- Guohong, Z., Sha, L., & Shuqiand, L. (2008). Un software de base de datos para implante coclear busca por tecnología inalámbrica. *IEEEExplore*, (2). Beijing.
- Haifeng, Q., Dorman, M., & Loizou, P. (2003). Un dispositivo de teléfono de asistencia basado en la tecnología Bluetooth para usuarios de implantes cocleares. *IEEEExplore*, (11). USA.
- Baljic, I., Harczos, T., Katai, A., & Klefenz, F. (2008). Efectos de retardo indebido del espectro en el reconocimiento de voz con Implantes Cocleares: un estudio de simulación. *IEEEExplore*. Ilmenau.
- Balen, S., Bevilacqua, M., Da Silva, M., & Comerlato, A. (2011). Software para la rehabilitación de niños con discapacidad auditiva. *Scielo*.
- Monfort, M (1991). *La rehabilitación del deficiente auditivo con implante coclear*. Rev. Logop. Fon. Audiol. Vol. XI, 4, 204-211.
- Brenda L. (1986). *Interface as mimesis*. Hillsdale NJ. Laurence Erlbaum Associates.
- Brenda L. (1991). *Computers as theater*. Massachusetts. Addison-Wesley.
- Granollers T., Lores J. (2005). *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. UOC. Vol I, 92-103
- Reconocimiento de imágenes. (s.f.). Recuperado el 25 de Julio de 2014, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/ramirez_r_ja/capitulo4

- Castro, J., Mattos, L., Pardo, J., Perpiñan, G., & Torres, C. (2005). *Reconocimiento automático del habla utilizando la transformada de fourier y redes neuronales*. Recuperado el 21 de Agosto de 2014, de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/01_general/revista_6/13102011/19.pdf.
- Heurtel, O. (s.f.). *Desarrollar un sitio web dinámico e interactivo*. Barcelona: ENI.
- SÁNCHEZ MAZA, M. (2001). *JavaScript*. Antequera: Innovación y Cualificación,SL.
- COBO, Á., GÓMEZ, P., PÉREZ, D., & ROCHA, R. (2005). *PHP y MySQL Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web*. España: Díaz de Santos.
- ORACLE. (s.f.). *NetBeans*. Obtenido de https://netbeans.org/index_es.html.
- ADOBE. (2014). *Adobe Flash Professional CC*. Recuperado el 21 de Agosto de 2014, de <http://helpx.adobe.com/es/flash/using/whats-new.html>
- CÚRRAS MARTÍNEZ, M., & TRABA MARTÍNEZ, L. (12 de 03 de 2013). *Detección de Bordes*. Recuperado el 29 de Agosto de 2014, de <http://carpente.es/archivos/fic/opt/va/Teoria/02%20%20DeteccionBordes.pdf>

ANEXOS

De los anexos hacen parte: El pseudocódigo del reconocimiento de voz en Python, pseudocódigo reconocimiento de voz en Visual Studio y Manual de Usuario para acceder al sistema interactivo para la rehabilitación de implantados cocleares.

ANEXO 1 Pseudocódigo Reconocimiento de Voz en Python

Para la ejecución de los algoritmos de voz por Python es necesaria la descarga de ciertas librerías para hacer funcionar los algoritmos de voz debido a que el reconocimiento se hace a través de un micrófono fue necesario descargar PyAudio y hacer su instalación para la clase micrófono en caso de los dos algoritmos implementados.

El primer algoritmo funciona con la API de reconocimiento de Windows

Inicialmente se agrega la instrucción `import speech` la cual permite hacer el reconocimiento de voz la carga y descarga de las gramáticas; de igual manera solo si se necesita también se puede agregar la librería `Time` que permite determinar un tiempo de espera en el sistema

Inicio

```
import speech
import time
```

Se ejecuta un ciclo el cual contiene una serie de instrucciones mientras la condición sea verdadera

Mientras True:

```
    phrase <- speech.input()
    speech.say("You said %s" % phrase)
    Si phrase == "turn off":
    Fin Si
```

Fin Mientras

Se inicializa la variable `phrase = speech.input()` que permite el acceso al motor de reconocimiento en esta la entrada `speech.input()` inicializa el reconocimiento de voz y se almacena en la variable `%phrase`

```
speech.say("You said %s" % phrase)
```

La instrucción `speech.say("You said %s" % phrase)` retorna e imprime el resultado de la palabra escuchada si esta se encuentra en la base de datos de la librería

Si `phrase == "turn off"`

Fin Si

Se establece el condicional `Si phrase == "turn off"` en caso de que el usuario diga la siguiente palabra se ejecuta la finalización del reconocimiento de voz; si el usuario no la utiliza se seguirá con el reconocimiento

```
listener <- speech.listenforanything(callback)
```

La instrucción `speech.listenforanything` ocurre cuando no hay dictado por parte de la persona esta retorna `callback` la cual es una cadena que contiene el texto que se escucho

Mientras `listener.islistening()`:

```
time.sleep(.5)
```

Fin mientras

La condición `listener.islistening()` es verdadera si la persona no se ha detenido en cierto lapso de tiempo una vez esta se detenga de hablar el sistema de reconocimiento se detiene

Fin Funcion

Se hace uso del reconocimiento de voz de python pero esta vez con el API de google Chrome para este también se utiliza PyAudio ya que requiere de la clase micrófono

```
import speech_recognition as sr
```

Se importa la librería de reconocimiento de voz a través de la función `import speech_recognition as sr` la cual funciona con el API de Google Speech Recognition y para su programación se le asigna como `sr`.

```
r <- sr.Recognizer()
```

Crea una nueva instancia denominada `Recognizer` la cual contiene una recopilación de la funcionalidad del reconocimiento de voz. Este permite seleccionar y determinar el lenguaje en el cual se hace el reconocimiento a través de `recognizer:"es-mx"` se selecciona el lenguaje en este caso español

with sr.Microphone() as source:

La función with sr.Microphone() as source: permite utilizar el micrófono defecto como fuente de audio

```
audio <- r.listen(source)
```

En la variable audio = r.listen(source) se almacena en listen la primera palabra y se extrae la información

try:

```
print("You said " + r.recognize(audio))
```

Se hace la ejecución de un bloque try en donde se hace el reconocimiento de lo que se almaceno en la variable "audio" usando el Google Speech Recognition y se imprime en pantalla el resultado

```
except LookupError
```

```
print("Could not understand audio")
```

La instrucción "except LookupError" se carga cuando no se logra un correcto reconocimiento

ANEXO 2 Pseudocódigo Reconocimiento de Voz en Visual Studio

Inicio

Inicialmente se agrega la instrucción `System.Speech.Recognition` para lograr trabajar con el reconocimiento de voz.

```
using System.Speech.Recognition;  
namespace WpfApplication2
```

```
    public partial class MainWindow : Window
```

Se hace uso de las clases `SpeechRecognitionEngine` y `SpeechRecognizer`, el cual permiten configurar la entrada, iniciar y detener el reconocimiento de voz, la carga y descarga de las gramáticas, y modificar las propiedades del motor de reconocimiento de voz que afecta el reconocimiento.

```
        SpeechRecognitionEngine _recognizer <- new SpeechRecognitionEngine();
```

```
    public MainWindow()
```

```
        InitializeComponent();
```

```
    private void buttonRec_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
```

Se utiliza la clase `SpeechRecognitionEngine _recognizer`, para aplicaciones que necesitan el control exclusivo de reconocimiento de voz, brinda acceso a cualquier motor de reconocimiento de voz instalado, es decir, la configuración de audio que por defecto se encuentre instalado en el sistema operativo.

```
        _recognizer.SetInputToDefaultAudioDevice();
```

El objeto `recognizer.LoadGrammar` permite crear y cargar la gramática de diversos idiomas es decir identifica el audio de las palabras a reconocer.

```
        _recognizer.LoadGrammar(new DictationGrammar());
```

El evento `recognizer.SpeechRecognized` sucede cuando las palabras emitidas por el usuario han sido reconocidas.

```
        _recognizer.SpeechRecognized += new  
        EventHandler<SpeechRecognizedEventArgs>(_recognizer_SpeechRecognized);
```

Para que suceda el evento `recognizer.SpeechRecognized` hay que reconocer el habla del usuario a través del evento `recognizer.RecognizeAsync`.

```
        _recognizer.RecognizeAsync(RecognizeMode.Multiple);
```

El objeto `SpeechRecognizedEventArgs` permite mostrar el resultado de la palabra enviada por el usuario proporciona información sobre los eventos `Grámatica`, `SpeechRecognized` y `SpeechRecognitionEngine` del reconocimiento de voz.

```
void _recognizer_SpeechRecognized(object sender, SpeechRecognizedEventArgs e)
```

El objeto `RecognizedWordUnit` proporciona la unidad de voz reconocida, para cada palabra reconocida se agrega la palabra en texto.

```
foreach (RecognizedWordUnit word in e.Result.Words)
```

```
listBoxResul.Items.Add(word.Text);
```

Fin funcion

Fin

ANEXO 3 Manual de Usuario

A continuación se describirá el manual de usuario tanto para el doctor como para el paciente, el cual consiste en orientar y dar a conocer el manejo detallado del funcionamiento del sistema de manera que los usuarios accedan con la mayor facilidad posible.

1. Ingreso al Sistema Rol Doctor

El doctor podrá ingresar a la base de datos de los pacientes, con el fin de consultar la historia clínica y realizar el registro de los mismos. Esto se hará por medio de la opción “Iniciar Sesión”, donde el doctor debe ingresar su Nombre de usuario y Contraseña como se observa en la Fig.1.

Figura 1. Inicio de Sesión

The image shows the login page for the ISCIR system. At the top left is the logo 'ISCIR' with the subtitle 'INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB'. To the right is a blue button labeled 'Iniciar sesion'. Below the logo is a horizontal navigation bar with four buttons: 'Inicio', 'Rehabilitacion', 'Conocenos', and 'Ayuda'. The main content area is titled 'Inicio de Sesión' and contains a login form with the following elements:

- Nombre de usuario:
- Contraseña:
- Entrar button

Fuente: Los autores

El doctor podrá consultar la historia clínica de los pacientes a través de la opción “Pacientes”, deberá digitar el número de documento del paciente y podrá acceder siempre y cuando el paciente ya haya sido registrado con anterioridad, observar Fig.2.

Figura 2. Consultar Paciente



Fuente: Los autores

Una vez el número de documento del paciente se encuentre registrado, el sistema proyectará la información del paciente evidenciada en la Fig.3.

Figura 3. Información del Paciente



Fuente: Los autores

Por medio de la opción “Pacientes” el doctor podrá realizar el registro de pacientes, diligenciando un formulario completo con la información pertinente del paciente. Una vez terminado los campos del formulario, el doctor deberá dar clic en enviar para guardar efectivamente los datos del paciente, tal como se evidencia en la Fig.4.

Figura 4. Registro de Paciente

ISCIR
INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB

Cerrar sesion
Laura
doctor

Inicio Pacientes Mi cuenta Sistema de Rehabilitacion Ayuda

Formulario de registro

Nombres

Apellidos

Numero de documento

Nombre de usuario

Contraseña:

Seleccione su rol

Fecha de nacimiento

EPS

Genero

Fecha de cirugia

Fecha de activacion

Foto Ningún archivo seleccionado

Motivo de la perdida auditiva

Amplificacion

Edad de la perdida auditiva

Indicaciones Medicas

Enviar

Consultar Paciente

Registro de Paciente

Fuente: Los autores

2. Ingreso al Sistema Rol Paciente

El paciente deberá ingresar por la opción “Iniciar Sesión”, estando allí tendrá que digitar su Nombre de Usuario y Contraseña proporcionados por el doctor, tal como se observa en la Fig.5.

Figura 5. Inicio de Sesión



ISCIR
INFORMATION SYSTEM FOR COCHLEAR IMPLANT REHAB

Iniciar sesion

Inicio Rehabilitacion Conocenos Ayuda

Inicio de Sesión

Nombre de usuario: Pepito

Contraseña: ...

Entrar

Fuente: Los autores

Una vez validados los datos por el sistema, el paciente podrá acceder a la opción “Sistema de Rehabilitación” evidenciado en la Fig.6, el sistema mostrará en pantalla una animación de bienvenida el cual reproduce el sonido “Hola” posteriormente se accede a las respectivas animaciones que hacen parte del sistema de aprendizaje dando clic en la opción “Siguiente”.

Figura 6. Sistema de Rehabilitación



Fuente: Los autores

A continuación se mostrará en pantalla las animaciones correspondientes al sistema de aprendizaje, cada una de las animaciones contiene el sonido de las vocales y sonidos ling tales como la “S” y “CH”, al dar clic en la animación 4 como se observa en la Fig.7 se ingresará al reconocimiento de imágenes de la vocal “O”.

Figura 7. Ingreso Animaciones Sistema de Aprendizaje



Fuente: Los autores

Una vez ingresada a la animación de la vocal “O” o a cualquiera de las restantes animaciones el usuario deberá tener conectada la cámara web y deberá proporcionar el permiso correspondiente para acceder al reconocimiento de imágenes tal como se indica en la Fig.8, posteriormente deberá mostrar la imagen al lente de la cámara siendo esta la que concierne a la animación mostrada en pantalla y dar clic en “TOMAR FOTO” tal como se observa en la Fig.9, así mismo se brindará la respectiva retroalimentación al usuario como se observa en la Fig.10.

Figura 8. Accediendo a Cámara Web



Fuente: Los autores

Figura 9. Reconocimiento de imágenes



Fuente: Los autores

Figura 10. Retroalimentación de Imagen Correcta



Fuente: Los autores

Una vez la imagen sea correcta se podrá acceder al reconocimiento de voz del sistema de rehabilitación, dando clic en la opción “Reconocimiento de Voz”. Seguidamente se debe permitir el acceso al micrófono tal como se observa en la Fig.11.

Figura 11. Accediendo al micrófono



Fuente: Los autores

El usuario deberá dar clic en el micrófono, cuando el micrófono se encuentre de color rojo y aparezca el mensaje “Habla Ahora”, el usuario reproducirá el sonido correspondiente a la animación mostrada en la Fig.12.

Figura 12. Reconocimiento de Voz



Fuente: Los autores

En caso de que la voz no sea detectada como se indica en el mensaje de la Fig.13 el usuario deberá dar clic en el micrófono nuevamente para volver a reproducir el sonido correspondiente a la animación.

Figura 13. Voz no Detectada



Fuente: Los autores

Si el sonido reproducido por el usuario es el correcto podrá proseguir a las siguientes fases de rehabilitación tal como se indica en la Fig.14. Finalizado esto se deberá cerrar la cuenta haciendo clic en la opción “Cerrar Sesión”

Figura 14. Retroalimentación Reconocimiento de voz



Fuente: Los autores