

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS

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

PROYECTO TÉCNICO: DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA CAJA MULTI-MODULAR INTERACTIVA PARA EL SOPORTE DE LA TERAPIA DEL LENGUAJE PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD Y DESÓRDENES DE LA COMUNICACIÓN.

Autores:

Christian Geovanny Arévalo Illescas

Julio Santiago Martínez Gutiérrez

Tutor:

Ing. Vladimir Espartaco Robles Bykbaev

Cuenca – Ecuador

2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.

Nosotros Christian Geovanny Arévalo Illescas con C.I.: 010534476-6 y Julio Santiago Martínez Gutiérrez con C.I.: 010512704-7, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana, la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación **“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA CAJA MULTI-MODULAR INTERACTIVA PARA EL SOPORTE DE LA TERAPIA DEL LENGUAJE PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD Y DESÓRDENES DE LA COMUNICACIÓN”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores, nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Noviembre del 2017



Christian Geovanny Arévalo Illescas

C.I.: 010534476-6



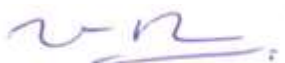
Julio Santiago Martínez Gutiérrez

C.I.: 010512704-7

CERTIFICACIÓN.

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:
“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA CAJA MULTI-MODULAR INTERACTIVA PARA EL SOPORTE DE LA TERAPIA DEL LENGUAJE PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD Y DESORDENES DE LA COMUNICACIÓN”, realizado por los autores **Christian Geovanny Arévalo Illescas** y **Julio Santiago Martínez Gutiérrez**, obteniendo el proyecto técnico, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Noviembre del 2017.



Ing. Vladimir Espartaco Robles Bykbaev

Tutor del trabajo de titulación

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.

Nosotros, Christian Geovanny Arévalo Illescas con número de cédula 0105344766 y Julio Santiago Martínez Gutiérrez con número de cédula 0105127047, autores del trabajo de titulación **“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA CAJA MULTI-MODULAR INTERACTIVA PARA EL SOPORTE DE LA TERAPIA DEL LENGUAJE PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD Y DESORDENES DE LA COMUNICACIÓN”**; certificamos que el total contenido de este proyecto técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, Noviembre del 2017.



Christian Geovanny Arévalo Illescas
C.I.: 010534476-6



Julio Santiago Martínez Gutiérrez
C.I.: 010512704-7

AGRADECIMIENTOS.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestro Tutor de proyecto técnico Ing. Vladimir Robles; además nuestros agradecimientos a quienes formaron parte en la asesoría y diseño de nuestro proyecto al Ing. Mario Ochoa, al Ing. Efrén Lema, al Ing. Cristian Tapia y al Ing. Diego Quisi, y a todos quienes durante este tiempo han formado parte del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia (GIIATA) de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca y a la Catedra Unesco por brindarnos su apoyo de manera desinteresada durante el desarrollo del presente trabajo.

Christian Arévalo – Julio Martinez.

DEDICATORIA.

En primer lugar dedico a mi padre Dios por ser mi guía espiritual, por haberme dado la oportunidad de estar con salud y de tener gran familia pero sobre todo por hacer de mí una persona correcta ante la sociedad, a pesar de todos los problemas que han transcurrido durante toda mi vida, Dios fue, es y será el único que podrá iluminar mi mente y corazón para superar todos los obstáculos que se presentarán de hoy en adelante.

A mis padres quienes me han inculcado los valores necesarios para poder afrontar cada uno de mis retos educativos y profesionales, por ser quienes en cada instante me motivaron y apoyaron en todas las metas trazadas durante todo este tiempo, por ser los mejores padres no por querer riquezas ni grandezas si no por enseñarme la humildad, el respeto y amor hacia los demás.

Christian Geovanny Arévalo Illescas

El desarrollo de este trabajo de titulación va dedicado al pilar fundamental de mi vida; mis padres, que siempre han estado conmigo y han hecho lo posible para que alcance mis sueños, gracias por todo su esfuerzo; a mis hermanas, a mis primos, a mis tíos Omar, Mónica y Manuel; quienes a través de su paciencia, esfuerzo, confianza y sabiduría me han llegado a formar como persona.

Finalmente dedico a cada una de las personas que contribuyeron a mi formación profesional, a mis docentes, amigos, compañeros de trabajo, que siempre estuvieron listos para brindarme toda su ayuda, apoyo y sus consejos el momento que más lo necesitaba.

Agradezco a Dios, por haberme otorgado una familia y amigos tan maravillosos en mi vida.

Julio Santiago Martínez Gutiérrez.

Índice de contenido

1. Resumen	1
2. Abstract	2
3. Introducción	3
4. Objetivos	5
4.1. General	5
4.2. Específicos	5
5. Estado del Arte	6
5.1. Fundamentos de los desórdenes de la comunicación.	6
5.2. Causas en las disfunciones en la integración sensorial	7
5.3. Discapacidad y Multidiscapacidad en el Ecuador	8
6. Diseño y Construcción del prototipo central.	10
6.1. Requerimientos para la construcción del prototipo.	10
6.2. Diseño y construcción de la arquitectura tecnológica del sistema.	10
6.3. Diseño y construcción del case de la caja central.	11
7. Diseño e Implementación del módulo de Administración Central	15
7.1. Estructura lógica de los módulos de terapia.	16
7.2. Selección del lenguaje de programación adecuado.	17
7.3. Diseño de la Base de Datos	17
7.4. Reportes.	18
8. Diseño e Implementación de los módulos de terapia	20
8.1. Análisis de requerimientos de terapias	20
8.2. Categorización de Terapias y diseño de las Interfaces	20
9. Diseño e Implementación de módulos clientes plug and play	24
9.1. Módulo de Control Remoto	24
9.1.1. Descripción del módulo	24
9.1.2. Arquitectura tecnológica del sistema	24
9.1.3. Diseño y Construcción del dispositivo	25
9.1.4. Funcionamiento e Interfaz Gráfica.	26
9.2. Módulo de Aplicación Móvil	27
9.2.1. Descripción del módulo	27
9.2.2. Arquitectura lógica del sistema	27
10. Experimentación y Resultados	29
10.1. Pruebas	29
10.2. Resultados	29
11. Conclusiones	33

12. Recomendaciones	34
13. Trabajo Futuro.....	35
14. Referencias	36
15. Anexos.....	38
15.1. FOTOS DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	38
15.2. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO	40
15.2.1. Módulo Central.....	40
15.2.2. Aplicación Móvil	45

Índice de Figuras

Figura 1. Gráfica de discapacidad por provincias elaborado por el CONADIS. [11]	8
Figura 2. Gráfica de tipos de discapacidad elaborada por el CONADIS. [11].	9
Figura 3. Arquitectura tecnológica del Sistema	11
Figura 4. Diseño de la cabeza del Oso de anteojos.	11
Figura 5. Diseño de las orejas del Oso de anteojos.	12
Figura 6. Diseño de la parte del cuerpo del oso de anteojos.	12
Figura 7. Partes del dispositivo impresos en 3D.....	13
Figura 8. Ensamblaje del dispositivo	13
Figura 9. Diseño exterior del dispositivo.....	14
Figura 10. Diseño final del dispositivo	14
Figura 11. Esquema lógico del módulo central.....	15
Figura 12. Esquema lógico de los módulos de terapia.	16
Figura 13. Esquema lógico del módulo central.....	18
Figura 14. Reporte Gráfico.....	18
Figura 15. Reporte mediante archivo PDF.	19
Figura 16. Interfaz Gráfica de Autonomía.....	20
Figura 17. Interfaz Gráfica de Atención.	21
Figura 18. Interfaz Gráfica de Esquema Corporal.	21
Figura 19. Interfaz Gráfica de Percepción Auditiva.	22
Figura 20. Interfaz Gráfica de Nociones.	22
Figura 21. Interfaz Gráfica de Iteración.	23
Figura 22. Interfaz Gráfica de Imitación Motriz.	23
Figura 23. Arquitectura tecnológica del Módulo Control Remoto.	25
Figura 24. Control Remoto para evaluación de terapias.....	25
Figura 25. Interfaz de conexión del dispositivo externo (Control remoto)	26
Figura 26. Arquitectura tecnológica del Módulo Aplicación Móvil.	28
Figura 27. Armado y acabado del cuerpo del módulo central.....	38
Figura 28. Armado de la Cabeza del módulo central.....	38
Figura 29. Impresión del módulo central en 3D.....	39
Figura 30. Armado de la base de módulo central.	39
Figura 31. Ventana de inicio de sesión.	40
Figura 32. Mantenimiento CRUD de Pacientes.....	40
Figura 33. Mantenimiento CRUD de terapistas.	41
Figura 34. Listado y búsqueda de terapias.....	41
Figura 35. Ventana para generar reportes.	42
Figura 36. Mantenimiento CRUD para el registro de usuarios.....	42
Figura 37. Creación de sesiones de terapia.	43
Figura 38. Categorías de terapias.	43
Figura 39. Interfaz para cargar y ejecutar videos.	44
Figura 40. Ventana de Inicio de la Sesión en la aplicación.....	45
Figura 41. Ventana para Crear o Continuar una terapia.....	45
Figura 42. Ventana de creación de terapias.....	46
Figura 43. Selección de la terapia y el nivel.	46
Figura 44. Reportes de la terapia evaluada.....	47
Figura 45. Ventana para continuar con una evaluación.....	48

Índice de Tablas

Tabla 1. Casos de Estudio	29
Tabla 2. Descripción de las terapias evaluadas	30
Tabla 3. Resultados del Caso A.....	31
Tabla 4. Resultados del Caso B.....	31
Tabla 5. Resultados del Caso C.....	32

1. Resumen

Desde no hace mucho tiempo la innovación o crecimiento tecnológico, específicamente en el ámbito de las tecnologías de la información (TIC), se muestra como una solución a grandes problemas sociales, sean estos económicos, tecnológicos, industriales, educación e innovación, etc. En el ámbito de la educación las TIC's son la herramienta perfecta para desarrollar propuestas que solucionen problemas de la sociedad. Existe un sector de la sociedad que no ha sido atendida por décadas de la manera que corresponde, que son las personas con discapacidad.

La propuesta planteada en este documento está específicamente dirigida a las personas con multidiscapacidad, ya que se ha visto la necesidad de mejorar sus condiciones de vida, en cuanto al desarrollo y aprendizaje de habilidades específicas.

El proyecto consta de un sistema central que es quien procesa, almacena, dirige y controla las diferentes actividades de evaluación de terapia. Las terapias que se almacenan en el dispositivo central son validadas por expertas del área, las cuales por medio de una evaluación técnica, física, psicológica, han podido detectar parámetros fundamentales para generar dichas terapias. Además del módulo central, también se ha implementado dos módulos externos (slim client), quienes cumplen la función de facilitar la interacción y usabilidad del dispositivo central, de manera que el paciente se sienta atraído por las características que componen dichos módulos.

La capacidad que posee el dispositivo central es la de poder almacenar toda la información de una sesión de terapia, que está compuesta por los terapeutas, pacientes, sesiones, y actividades de evaluación, esta información será almacenada en una base de datos, la cual permitirá posteriormente realizar análisis estadísticos, o un análisis evolutivo sobre un paciente, generado mediante reportes.

2. Abstract

From not so long ago the innovation or technological growth, specifically in the area of information technologies (TIC's), shown as a solution to major social problems, be they economic, technological, industrial, education and innovation, etc. In the field of education TIC's are the perfect tool to develop proposals to solve problems in society. There is a sector of society that has not been seen for decades in the way that corresponds, who are persons with disabilities.

The proposal put forward in this document is specifically targeted to people with multiple disabilities, as has been the need to improve their conditions of life, in terms of the development and learning of specific skills.

The project consists of a central system that processes, stores, manages and controls the various evaluation activities of therapy. The therapies that are stored in the central device are validated by experts in the area, which means of a technical evaluation, physical, psychological, have been able to detect the fundamental parameters to generate such therapies. In addition to the central module was also implemented two external modules (slim client), who play the role of facilitating interaction and usability of the central device, so that the patient feels attracted by the characteristics that make up these modules.

The ability of the central device is to store all the information of a therapy session, which is composed of the therapists, patients, sessions, and evaluation activities, this information will be stored in a database, which will allow then to carry out statistical analysis, or an evolutionary analysis on a patient-generated reports.

3. Introducción

Hoy en día existen diversos factores que afectan una adecuada inclusión educativa de poblaciones vulnerables. Esta situación tiene un carácter mucho más complejo en países en vías de desarrollo, debido a la falta de recursos, estructuras y personal cualificado.

Uno de los sectores más afectados a lo largo de la historia, específicamente en el Ecuador, es el campo de las personas con discapacidad; la realidad actual de acuerdo al estudio realizado por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades – CONADIS (2017) [4], de acuerdo a sus registros existen 442.021 personas con discapacidad, de las cuales 63.029 son niños y adolescentes comprendidos de la edad de 0 a 18 años. En base a estos datos, desde el año 2015 la Presidencia de la República del Ecuador ha inaugurado unidades educativas especializadas, que brindan atención a niños y adolescentes con discapacidad intelectual, física o multidiscapacidad.

Con estas inversiones realizadas por parte del Gobierno, no solo se debe apoyar a la construcción de infraestructuras; sino a su vez, desarrollar materiales innovadores que utilizarán los maestros para la enseñanza. Como manifiesta [6] el desarrollo reciente de las tecnologías robóticas ha permitido su aplicación a dispositivos para convertirlos en inteligentes, con esto se obtiene varias ventajas en la asistencia o rehabilitación de las personas con discapacidad. Además en [7] se indica que los niños que tienen discapacidad no pueden o no están dispuestos a seguir instrucciones directas de una rutina de terapia, siendo esto una de las causas para que abandonen un proceso de rehabilitación.

Por ello, es muy importante desarrollar herramientas que puedan brindar una ayuda para la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje de niños con Multidiscapacidades (ya sean estas de tipo auditiva, física, intelectual, lenguaje, visual o psicosocial). En el presente trabajo se realiza un test por medio de especialistas en el área de Educación Inicial, Estimulación Temprana e Intervención Precoz, con 3 niños de la Fundación “Pequeñitos de OSSO” (Orphanage Support Services Organization - Organización de Servicios de Apoyo al Orfanato). Estas especialistas categorizaron las terapias que deben aplicarse con apoyo de un dispositivo electrónico para llamar la atención de los niños, además de hacer una evaluación interactiva e innovadora. Con este análisis previo, planteamos el diseño, construcción e implementación de un sistema autónomo que brinde soporte a cada una de las terapias que contiene las categorías de autonomía, atención, esquema corporal, percepción auditiva, nociones, iteración, imitación motriz.

Dentro del artículo denominado “An educational approach to generate new tools for education support of children with disabilities” se enfocan en generar herramientas tecnológicas de apoyo para la educación de los niños con discapacidades, las metodologías utilizadas en este artículo están orientadas a obtener el conocimiento de los profesionales en diferentes áreas con el fin de obtener una herramienta completa para la inclusión educativa especial [14].

Además en el artículo denominado “SPELTA: An expert system to generate therapy plans for speech and language disorders” “se implementa un sistema experto diseñado para brindar apoyo en ese trabajo generando automáticamente planes de terapia que contienen actividades semianuales en las áreas de audición, estructura y función oral, formulación lingüística, lenguaje expresivo + articulación y lenguaje receptivo” [15].

Por lo tanto las investigaciones que se mencionan anteriormente permiten elaborar un concepto más claro del apoyo de las TIC's en las personas con discapacidad.

4. Objetivos

4.1. General

Diseñar y desarrollar una caja multi-modular interactiva para el soporte de la terapia del lenguaje para niños con discapacidad y desórdenes de la comunicación.

4.2. Específicos

- Estudiar y conocer los fundamentos de los desórdenes de la comunicación y la terapia de lenguaje.
- Diseñar y armar la estructura de una caja para la conexión de diversos tipos de módulos de soporte a la terapia de lenguaje empleando el modelo “conectar y usar” (plug and play).
- Diseñar e implementar un módulo de administración central que gestionará la información (datos personales, sesiones de terapia y ejercicios de intervención) de los pacientes y terapeutas.
- Diseñar e implementar un protocolo de comunicación para poder conectar módulos de soporte a la terapia y al aprendizaje de la caja.
- Diseñar e implementar 2 módulos ligeros (slim client) para cubrir 2 ejercicios o actividades de aprendizaje para la terapia de lenguaje.
- Diseñar y ejecutar un plan de experimentación para validar el sistema desarrollado.

5. Estado del Arte

5.1. Fundamentos de los desórdenes de la comunicación.

5.1.1. Integración Sensorial

La integración sensorial es uno de los campos que permite conocer los problemas infantiles de aprendizaje, comunicación, comportamiento, desarrollo y descoordinación motriz, tales como la hiperactividad, la mala inserción escolar, las disfunciones relacionadas con el autismo o las dificultades en el proceso de alimentación. De acuerdo a lo que se manifiesta en [1], nos indica que la integración sensorial es “la organización de las sensaciones para producir conductas adaptivas y aprendizajes”; esta teoría fue elaborada y puesta en práctica por A. Jean Ayres en el año 1979, la misma que permite el funcionamiento adecuado entre el cerebro y el cuerpo humano. El proceso de integración sensorial inicia en las áreas sensoriales del cerebro (Sistema Nervioso Central), a partir de la información que llega a él de las diferentes partes del cuerpo así como del ambiente (gusto, vista, oído, tacto, olfato, movimiento, gravedad).

“La parte principal del cerebro responsable de la integración sensorial es el tronco encefálico. Si existe una disfunción en este campo, puede suceder que este no haya madurado totalmente. Por lo tanto el nivel superior del cerebro, la corteza, trata de asumir su función. Como la corteza es el área del cerebro donde se produce el pensamiento, el estudiante tiene dificultades para realizar funciones motrices automáticas. Los movimientos parecen lentos, agitados y torpes, se necesita la corteza para la concentración y el aprendizaje. Como se encuentra ocupada por las funciones del movimiento del tronco encefálico, no está disponible para atender plenamente a las actividades escolares.” [2]

Para poder aplicar una terapia, se debe realizar una evaluación previa del niño aplicando diferentes test, uno de los recomendados es el SIPT, que contiene 17 pruebas relacionadas con aspectos visuales, táctiles, etc; permite medir la eficacia de dichos procesos sensoriales; además se pueden aplicar otros test como son Perfil Sensorial de Dunn o el Sensory Measure de Parham y Ecker, que brindan información del niño ante diferentes eventos sensoriales [3].

- **Intervención**

Para realizar una intervención siempre hay que tomar en cuenta el entorno donde se aplicará dicha evaluación; la misma que debe estar especialmente diseñada para ofrecer experiencias que cubran las necesidades sensoriales del niño y le ayuden a organizar sus respuestas. La participación debe ser activa, además cada actividad debe ser individualizada y adaptada a las realidades de cada niño, para que la misma proporcione la experiencia sensorial que el niño necesita y busca, todo en base al juego [8].

- **Tratamiento**

Según lo que manifiesta Moya [3], el tratamiento debe estar a cargo de un terapeuta ocupacional con formación en la teoría e intervención en integración sensorial. Por otra parte, es importante indicar que las terapias deben incluir actividades que proporcionen estimulación vestibular (del equilibrio y los movimientos corporales), propioceptiva (de los receptores que perciben la posición de los músculos, la presión y temperatura) y táctil. Las actividades deben estar diseñadas incrementando gradualmente las demandas al niño para conseguir unas respuestas cada vez más maduras y organizadas.

- **Respuestas al tratamiento**

“Cuando la terapia de integración sensorial es exitosa, el niño es capaz de procesar información sensorial compleja de una manera más eficiente que antes”. Algunos niños después de aplicar estas terapias comenzarán a demostrar adelantos en el desarrollo del lenguaje, mientras que otros mejorarán significativamente en las tareas escolares, ya que el sistema nervioso comienza a funcionar de manera eficiente [8].

5.2. Causas en las disfunciones en la integración sensorial

Según Moya [3], de acuerdo a los estudios realizados se puede establecer tres posibles causas de las disfunciones en la integración sensorial:

- **Genética:** La probabilidad de tener alguna disfunción en la Integración Sensorial aumenta si existen antecedentes familiares que presenten dichas dificultades. Existen también determinados síndromes hereditarios en los que se describen estas disfunciones.
- **Ambiental:** Los niños que pasan sus primeros meses o años de vida en orfanatos o centros en los que han permanecido apartados del mundo exterior y se ven reducidas sus experiencias sensoriales.
- **Privación de estimulación sensorial:** Es la manera de cómo reacciona la persona en diferentes ambientes en los que esté expuesto. Estudios científicos con cámaras de privación sensorial permiten observar lo que sucede a un adulto normal cuando ninguno de sus sentidos recibe estímulos, han observado cómo los procesos mentales empiezan a desorganizarse. Se genera un estado anormal de ansiedad e incluso empieza a sufrir alucinaciones.
- **Factores Desconocidos:** Existen ocasiones en las cuales no se conoce la causa y sin embargo aparecen estas disfunciones en la persona.

5.3. Discapacidad y Multidiscapacidad en el Ecuador.

Después de revisar los fundamentos de los desórdenes de la comunicación, y conocer sus posibles causas, se procedió a realizar la búsqueda de información sobre el número de personas que posean una discapacidad y multidiscapacidad en nuestro país. Vale mencionar que el Ministerio de Educación del Ecuador [9] define a la multidiscapacidad como una asociación a varias discapacidades de orden físico, mental, sensorial, emocional o de comportamiento social de una misma persona. En un niño/a o persona con multidiscapacidad tiene más de un diagnóstico y esto depende exclusivamente a las áreas afectadas; ya que el nivel de intensidad varía según la capacidad del niño y las necesidades del mismo.

A su vez la Organización Mundial de la Salud (OMS) [10] señala que “la discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas, y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales”. De acuerdo al estudio realizado por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades en el Ecuador (CONADIS) [4] existen 422.041 personas con discapacidad registradas hasta Junio del 2017, encontrando un alto número de personas con discapacidad en la provincia del Guayas como se evidencia en la Figura 1, además se puede encontrar que la mayor discapacidad que posee una persona es de tipo Física e Intelectual como presenta la Figura 2.

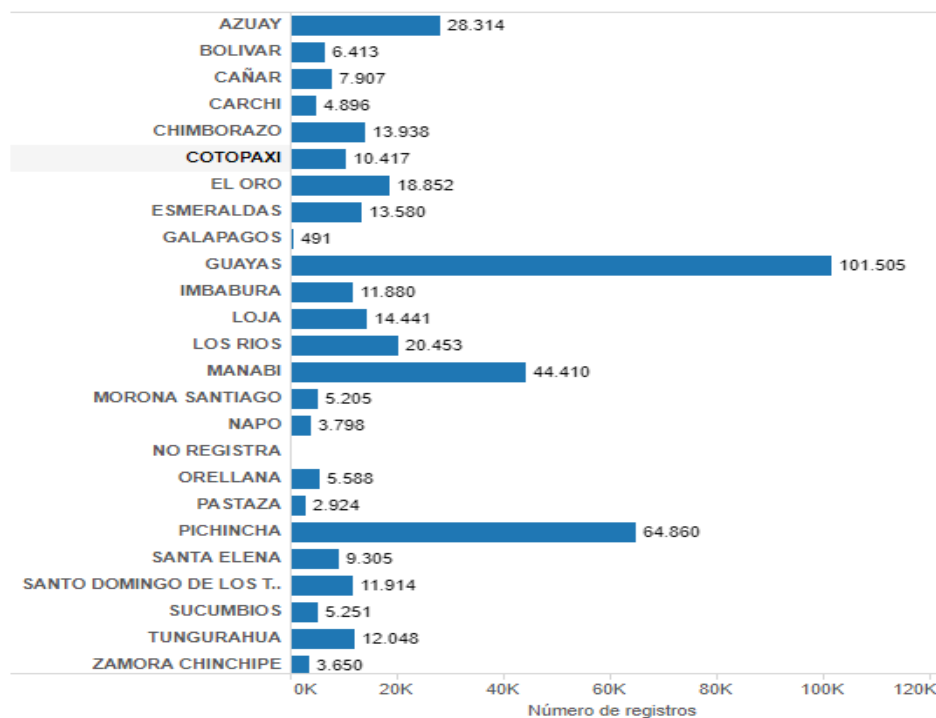


Figura 1. Gráfica de discapacidad por provincias elaborado por el CONADIS. [11]

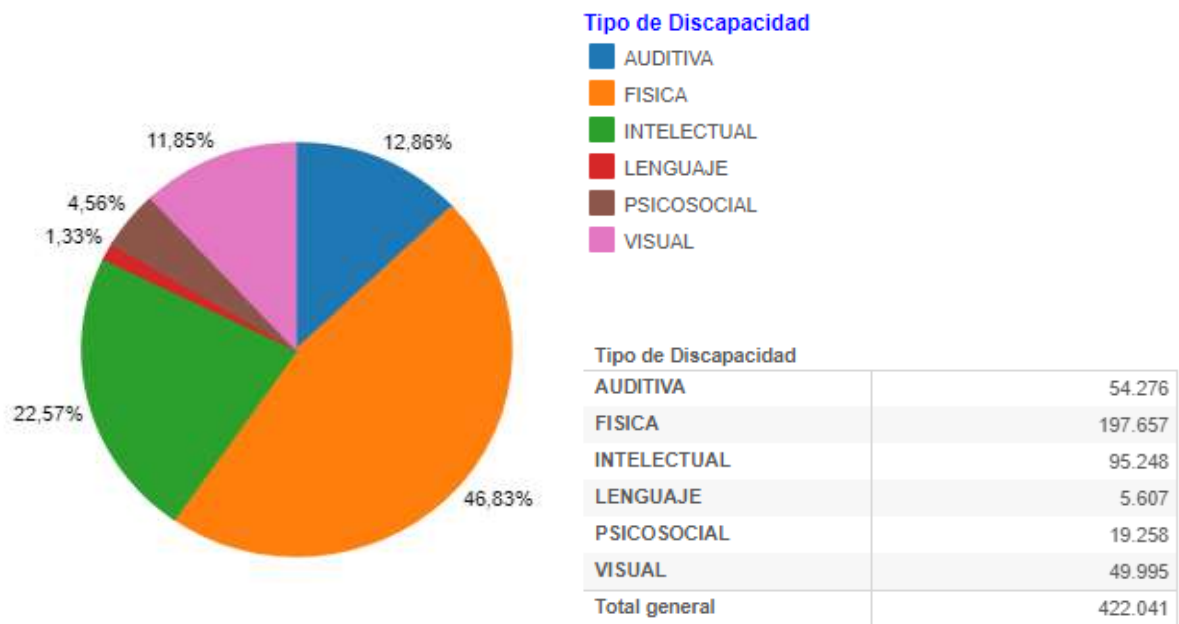


Figura 2. Gráfica de tipos de discapacidad elaborada por el CONADIS. [11].

Después de conocer los fundamentos de los desórdenes de la comunicación, el enfoque se centra en el aprendizaje de los niños con multidiscapacidad, a esto se le incluye terapias que permitan incrementar gradualmente las demandas de aprendizaje de niños para obtener mejores respuestas al tratamiento; además de la inclusión de tecnologías llamativas para el proceso de aprendizaje. Con estas ideas se plantea una alternativa tecnológica para que los niños puedan manifestar sus sentimientos, emociones y permita aprender de las diferentes acciones naturales de la vida, estimulando directamente la parte visual, táctil y auditiva en los pacientes por medio de la sensopercepción¹.

¹ Captación de estímulos externos para ser procesados e interpretados por el cerebro.

6. Diseño y Construcción del prototipo central.

6.1. Requerimientos para la construcción del prototipo.

Basándose en un principio que el dispositivo será utilizado por niños con discapacidad múltiple, se solicitó a profesionales de las áreas de: educación inicial, estimulación temprana e intervención precoz, Ingeniería Electrónica; para que brinden su criterio profesional y así nuestra caja central cumpla con las características necesarias en cuanto a su tamaño, funcionalidad, interacción y usabilidad para niños con multidiscapacidad. El aporte de las Licenciadas de educación inicial fue fundamental porque ellas en conjunto con nosotros llegamos al acuerdo de elaborar una caja en forma de oso, además categorizaron las actividades que deben ser aplicadas a los niños. El ingeniero electrónico, recomendó el tamaño de la caja, los materiales que deben ser utilizados y el proceso de construcción que deberá tener la caja.

6.2. Diseño y construcción de la arquitectura tecnológica del sistema.

En la figura 3 se presenta el diseño de la arquitectura tecnológica del sistema, tomando como referencia el artículo denominado “e-Ucumari: A multimedia device based on ontologies for pedagogical support of children with multiple disabilities”, el cual describe los materiales utilizados y como estos se conectan y comunican entre sí.

El dispositivo posee un sistema embebido como es un Raspberry pi 3, el mismo que actúa como el módulo central de la arquitectura, el cual controla las interfaces en entrada, salida y el procesamiento de toda la información y registro de datos que se realicen en las terapias. Además, posee un circuito electrónico que controla el encendido y apagado del dispositivo, esto mediante un interruptor que está conectado a una batería recargable la cual alimenta a todo el sistema; en esta arquitectura se consideró la necesidad de que los niños con multidiscapacidad tengan otra alternativa de interactuar con el dispositivo, con lo que se implementó unos pulsantes, que permiten realizar algunas terapias de acorde a las discapacidades que tiene el niño. Los pulsantes están conectados al circuito electrónico y la captación de datos se realiza mediante los pines GPIO² del Raspberry. También se presenta una pantalla táctil con una resolución de 1024 x 600 px; esta permite visualizar todas las actividades de evaluación así como videos, imágenes, etc; además de parlantes donde el niño podrá escuchar órdenes, sonidos, que emite el dispositivo. Otra de las opciones que permite la caja es de conectar dispositivos de almacenamiento externo, sean estos usb, discos duros los cuales serán utilizados básicamente para almacenar los reportes generados por las evaluaciones de terapia que se realicen. [12]

² GPIO.- Pin genérico en un chip, cuyo comportamiento puede ser programado por el usuario.

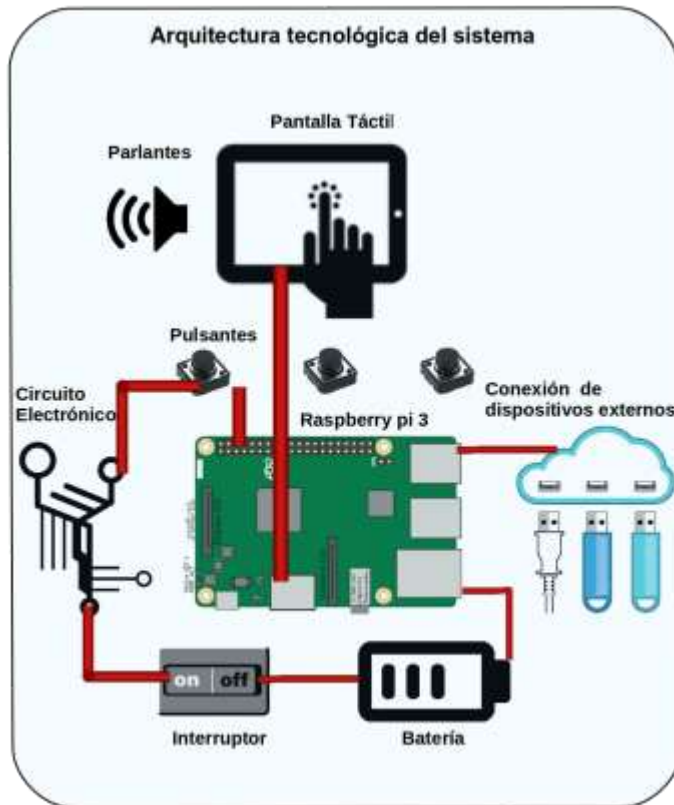


Figura 3. Arquitectura tecnológica del Sistema

6.3. Diseño y construcción del case de la caja central.

El diseño fue realizado con ayuda del software Inventor, que permite crear figuras en tres dimensiones; posteriormente las figuras diseñadas fueron creadas en una impresora 3D modelo Lulzbot Taz.

El case de la caja fue elaborado por partes; la primera es la parte de la cabeza del oso, esta contiene una pantalla táctil capacitiva de 7 pulgadas LCD con soporte estándar para uso de dispositivos embebidos como el Raspberry pi 3, en esta pantalla se visualizarán las terapias de intervención, así como videos, imágenes, etc.

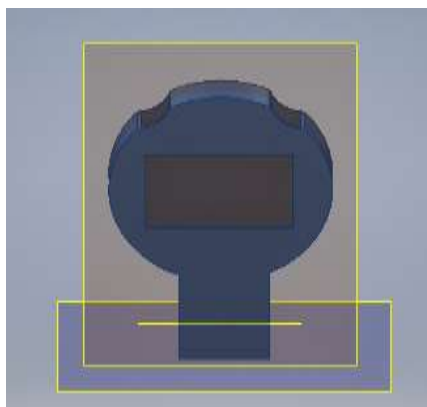


Figura 4. Diseño de la cabeza del Oso de anteojos.

En la Figura 5, tenemos las orejas del oso, en la cual se ha insertado parlantes, con la funcionalidad de poder emitir sonidos correspondientes a los vídeos, audios de las actividades, y órdenes de interacción entre los pacientes (niños con multidiscapacidad) y las terapias de intervención.

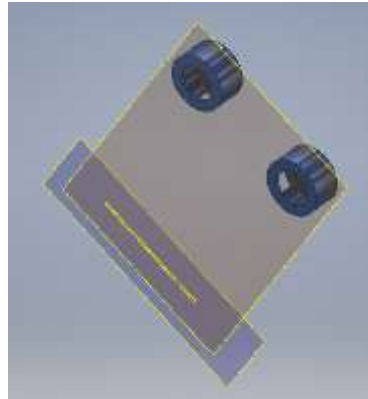


Figura 5. Diseño de las orejas del Oso de anteojos.

La Figura 6 representa el cuerpo del oso, en esta sección se encuentra un sistema embebido Raspberry Pi 3, 5 pulsantes que están conectados por medio del circuito de control GPIO, la batería, el circuito de encendido, un hub USB³ y una tarjeta de audio externa.

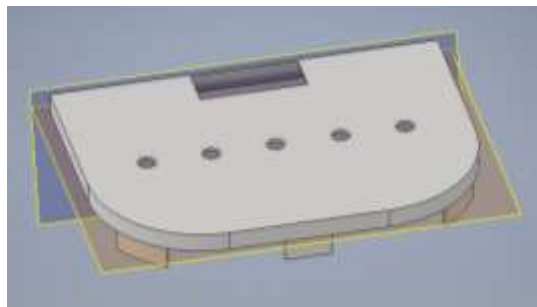


Figura 6. Diseño de la parte del cuerpo del oso de anteojos.

El diseño se realizó en partes, esto por limitaciones específicas de la Impresora 3D, la cual no permite imprimir piezas de gran tamaño, por consecuencia estas piezas fueron perfeccionadas de tal manera que se puedan acoplar una con otra. Otro motivo por el cual se realizó por partes es porque el dispositivo tiene la opción de poder armarse y desarmarse las veces que sean necesarias, considerando fundamentalmente que pueden existir daños electrónicos y estos imperiosamente deben ser corregidos a la brevedad posible.

En el proceso de construcción se acoplan las partes electrónicas en los lugares ya definidos anteriormente, y se procede a unir las partes mediante tornillos,

³ hub USB.- Dispositivo que permite concentrar varios puertos USB, permitiendo la conexión con la máquina mediante un solo bus o cable.

obteniéndose una estructura flexible y consistente, como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 7. Partes del dispositivo impresos en 3D



Figura 8. Ensamblaje del dispositivo

En el aspecto exterior del dispositivo se lo diseño con una estructura semejante a un oso de anteojos, considerando que esta especie se encuentra en peligro de extinción, es nativa de Sudamérica y en su mayoría habitan en los Andes del Ecuador, dándole al dispositivo un realce de pertenencia ecuatoriana. [13]



Figura 9. Diseño exterior del dispositivo

Al terminar el armado de la estructura de la caja y la decoración del dispositivo, se obtiene el producto final que se visualiza en la figura 10.



Figura 10. Diseño final del dispositivo

7. Diseño e Implementación del módulo de Administración Central

En el desarrollo del Módulo de Administración Central se han establecido los parámetros tanto de gestión de información, como la definición de terapias; este módulo se encarga de la administración completa del sistema, en relación al ingreso de datos, almacenamiento, procesamiento, gestión de terapias, y de los módulos externos (plug and play) que se puedan conectar al módulo central.

En la estructura lógica del módulo central podemos observar las capas que comprenden la misma como se puede apreciar en la figura 11, misma que permitirán gestionar los parámetros y datos del sistema, así como la interacción con los módulos adicionales sean estos de terapia o módulos de intervención externos (módulos plug and play y del que corresponde al dispositivo móvil).

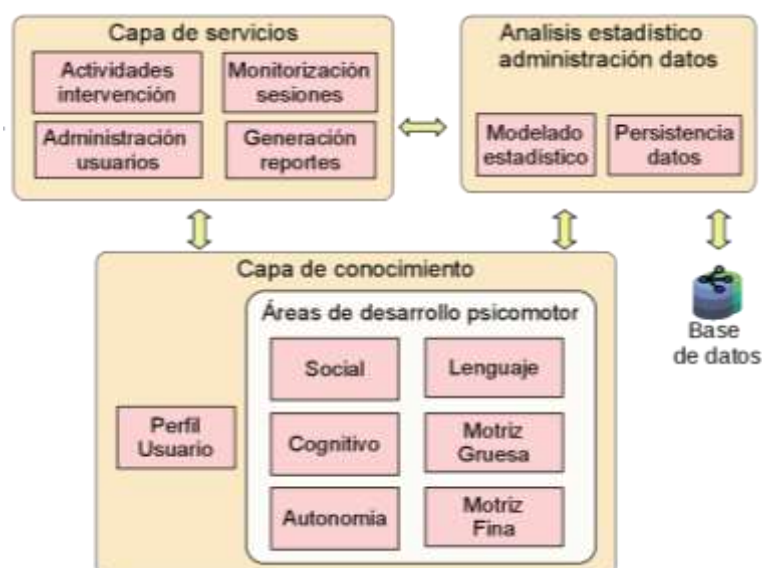


Figura 11. Esquema lógico del módulo central

La capa de servicios: Encargada de gestionar todas las terapias creadas para la evaluación, además de la administración de los usuarios, la cual está separada en dos secciones, la primera son los usuarios de terapia; los cuales podrán realizar las evaluaciones, la segunda son los usuarios de administración que se encargan de gestionar el ingreso de las diferentes secciones, como pacientes, terapeutas, roles, etc. El dispositivo a su vez cuenta con el monitoreo de sesiones que son las terapias que se han realizado por los diferentes terapeutas; también se obtiene la generación de reportes; existen dos tipos de reportes, un reporte gráfico que muestra el resultado de la intervención realizada a un paciente y un reporte mediante archivo pdf, el cual describe todas las actividades de terapia realizadas.

La capa de análisis estadístico y administración de datos: Tiene como finalidad gestionar y persistir toda la información generada mediante las interfaces gráficas y las actividades de terapia.

La capa de conocimiento: Se fundamenta en todas las actividades de terapia que serán evaluadas a los pacientes, las actividades están divididas en diferentes áreas de conocimiento como son la Autonomía, Lenguaje, Social, Motriz

gruesa, Motriz fina y Cognitivo, todas estas categorías, contienen cada una de ellas varias terapias relacionadas al área, como característica fundamental es que estas categorías de terapia están planificadas dependiendo del perfil que tiene el paciente a ser evaluada.

7.1. Estructura lógica de los módulos de terapia.

La estructura lógica de los módulos de terapia está dividida por las diferentes categorías que se establecieron con las profesionales de educación; como:

- **Autonomía:** categoría que se enfoca a actividades de aseo y vestimenta, como por ejemplo lavarse las manos.
- **Atención:** correspondiente a actividades que permiten captar la atención del niño por medio de juegos como por ejemplo reventar globos o armar rompecabezas. En el Esquema Corporal se enfoca al aprendizaje del cuerpo humano con actividades auditivas y de interacción.
- **Percepción Auditiva:** se enfoca en los diferentes sonidos que hay en el ambiente, como sonidos de los animales, de la naturaleza, etc.
- **Nociones:** se hace actividades de conocimiento o de la perspectiva para identificar por parte del paciente sobre objetos de la misma característica pero con una distinta ubicación en el espacio.
- **Iteración:** se pretende hacer actividades de distracción e interacción como dibujar objetos o interactuar físicamente con el dispositivo por medio de los sonidos.
- **Imitación Motriz:** pretende por medio de imágenes gif hacer que el paciente pueda imitar las diferentes acciones en forma de un aprendizaje continuo.

En la figura 12 se puede mostrar el esquema lógico de los módulos de terapia.

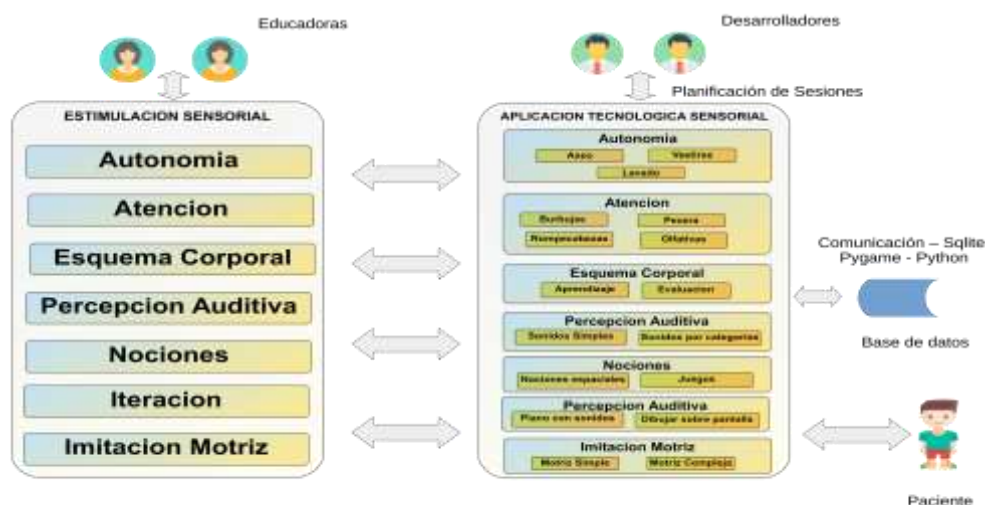


Figura 12. Esquema lógico de los módulos de terapia.

7.2. Selección del lenguaje de programación adecuado.

Tomando en cuenta que se ha utilizado dispositivos embebidos de bajo costo, como son los sistemas embebidos, que poseen características, en cuanto a procesamiento de bajo nivel, almacenamiento reducido, etc. La selección del lenguaje de programación debe ser bien compaginada con las características del microprocesador (Raspberry Pi 3).

La decisión ha sido utilizar el lenguaje de programación C++, el cual posee características de bajo nivel en cuanto al procesamiento, este incluye el concepto de punteros, que permite eliminar espacio de memoria después de ejecutar un proceso, permitiendo dinamizar la compilación del programa de una manera ágil y rápida.

Para crear las diferentes terapias, se ha considerado la cantidad de imágenes, sonidos que van a utilizar en su ejecución así como el rendimiento que tendrá sobre un sistema embebido, el lenguaje de programación seleccionado es Python con apoyo de la librería denominada pygame. Esta librería contiene un conjunto de módulos enfocados a crear videojuegos en dos dimensiones de una manera muy práctica. La elección de esta librería fue por dos motivos específicos, la primera es que permite manejar de manera sencilla la interacción de sonidos con pictogramas y la segunda que esta librería trae funcionalidades específicas en el área de videojuegos. Con ayuda de pygame se logró que la ejecución de las terapias sea más rápida, con lo cual su interacción con el modulo central programado en C++ es muy eficiente. Las pruebas de ejecución de una terapia realizada en pygame y ejecutada desde C++ tienen tiempos de respuesta de 3 segundos, aproximadamente.

7.3. Diseño de la Base de Datos

El motor de la base de datos (DB) seleccionado fue SQLite ya que es ligero, rápido, portable, y responde eficientemente en sistemas embebidos con aplicaciones pequeñas; por esta razón se ha seleccionado como la base de almacenamiento de toda la información generada en las terapias, así como los datos relacionados con pacientes, terapistas, paciente-terapista, login y terapia. La tabla pacientes se encarga de guardar la información de las personas que van a ser evaluadas con las diferentes terapias; en la tabla terapistas se registran los datos de los profesionales que realizarán el proceso de evaluación; la tabla paciente-terapista almacena el registro de las terapias, el paciente que será evaluado y el terapeuta que ejecuta la terapia (sesión); en la tabla terapia se almacena toda la información que genere el momento de realizar la terapia y la tabla login registra las credenciales de los terapistas. La DB con sus respectivas relaciones y campos se muestra a continuación en la Figura 13.

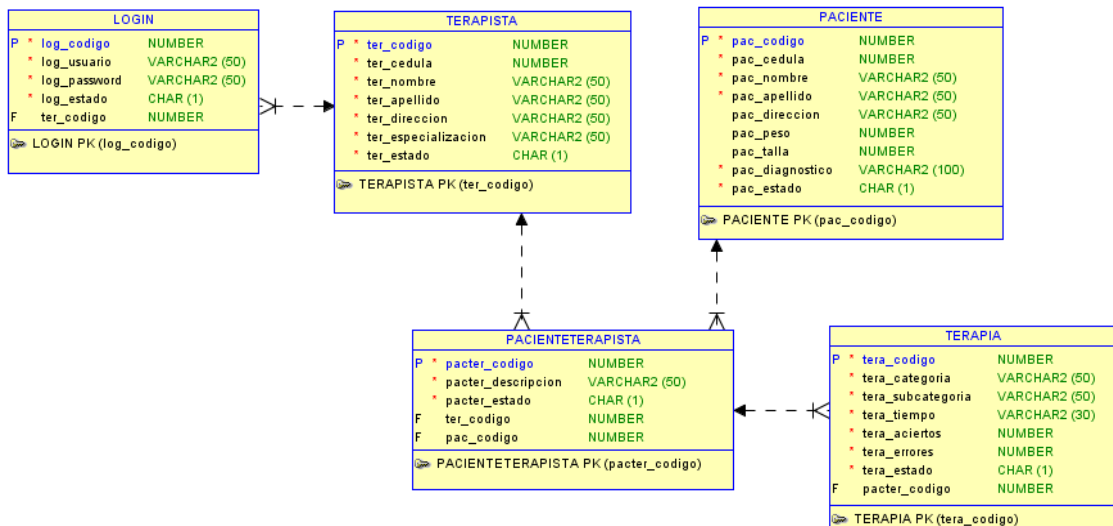


Figura 13. Esquema lógico del módulo central.

7.4. Reportes

En este apartado el módulo central, permite generar reportes sobre las actividades de terapia; estos reportes están enfocados a que se pueda realizar una evaluación comparativa sobre el progreso de aprendizaje y desarrollo de habilidades de los niños con multidiscapacidad. La información que se presenta está dividida en dos grupos; en el primero se visualiza de forma gráfica, la cual contiene información de cada una de las actividades que ha realizado el paciente. La información presentada contiene frecuencias con ítems de aciertos, errores y tiempo que le tomó realizar la terapia, como se muestra en la Figura 14.

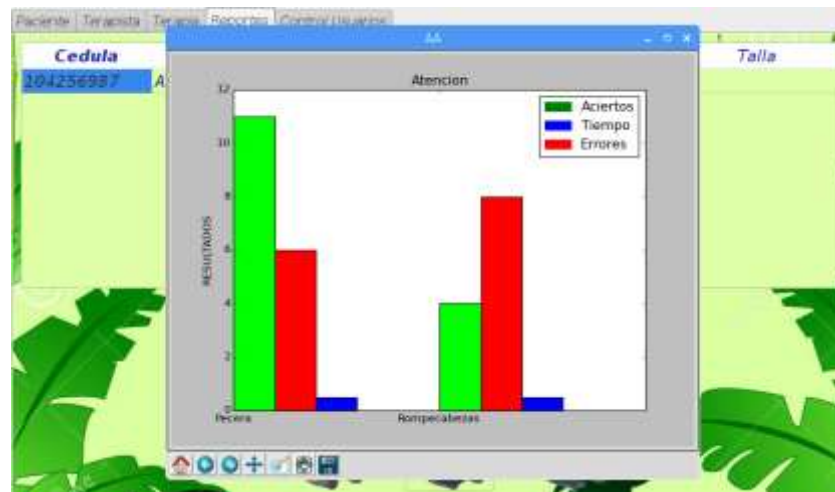


Figura 14. Reporte Gráfico

La segunda forma de presentar la información es mediante un archivo PDF, donde se muestra la misma información del reporte gráfico, con algunos parámetros extras, como son el nombre del paciente, la hora que genera el reporte y la fecha.

Además con la gran diferencia que este tipo de reportes pueden ser almacenados en un dispositivo externo, como se muestra en la Figura 15.



Manuel Pereira
18:33:34
mar. jul. 11 2017

REPORTE DE ACTIVIDADES DE TERAPIA



ACIERTOS	ERRORES	TIEMPO	TERAPIA	SUB TERAPIA
4	5	1 min y 42 seg.	Atencion	Atencion
30	14	0 min y 33 seg.	Aprendizaje	Aprendizaje
29	0	2 min y 50 seg.	Atencion	Atencion
6	2	1 min y 35 seg.	Percepcion Auditiva	Percepcion Auditiva
91	13	6 min y 52 seg.	Atencion	Atencion
6	1	1 min y 6 seg.	Autonomia	Autonomia

Figura 15. Reporte mediante archivo PDF.

8. Diseño e Implementación de los módulos de terapia

8.1. Análisis de requerimientos de terapias

En esta sección se ha contado con dos especialistas en el área de la educación inicial pertenecientes a las Universidad del Azuay, las cuales han aplicado diferentes metodologías, que permiten establecer el grado de discapacidad en cada uno de los niños que han sido evaluados. En este caso se han realizado los test en 3 niños con multidiscapacidad; es así que se han detectado un gran número de terapias, específicamente 21 actividades que permiten tratar áreas en específico de cada niño. Para el caso A se plantearon 7 actividades diferentes, para el caso B son 6 actividades y en caso C son 7 actividades.

8.2. Categorización de Terapias y diseño de las Interfaces

Tomando en cuenta que los casos de estudio son muy complejos por el grado de multidiscapacidad que posee cada niño se propuso agrupar cada actividad en una categoría que represente la discapacidad a ser evaluada mediante una actividad de terapia. De igual forma, es muy importante mencionar que esta categorización fue realizada por las expertas en el área, ya que cada actividad ayuda a desarrollar una destreza o habilidad específica en el paciente. A continuación se muestra las categorías con las diferentes terapias de evaluación y sus interfaces gráficas.

- Autonomía: Acciones de Aseo, Prendas de Vestir, Aprendizaje de lavado de manos y Enseñanza de lavado de manos.



Figura 16. Interfaz Gráfica de Autonomía.

- Atención: Burbujas, Rompecabezas, Elementos cotidianos, Pecera artificial, Elementos olfativos.



Figura 17. Interfaz Gráfica de Atención.

- Esquema Corporal: Aprendizaje de las partes del cuerpo humano, Enseñanza de armado del cuerpo humano.



Figura 18. Interfaz Gráfica de Esquema Corporal.

- Percepción Auditiva: Aprendizaje de sonidos simples, Evaluación sobre los sonidos simples, Aprendizaje de sonidos complejos por categorías, Evaluación de sonidos complejos por categorías.



Figura 19. Interfaz Gráfica de Percepción Auditiva.

- Nociones: Juego de Globos, Nociones de ambientes espaciales.

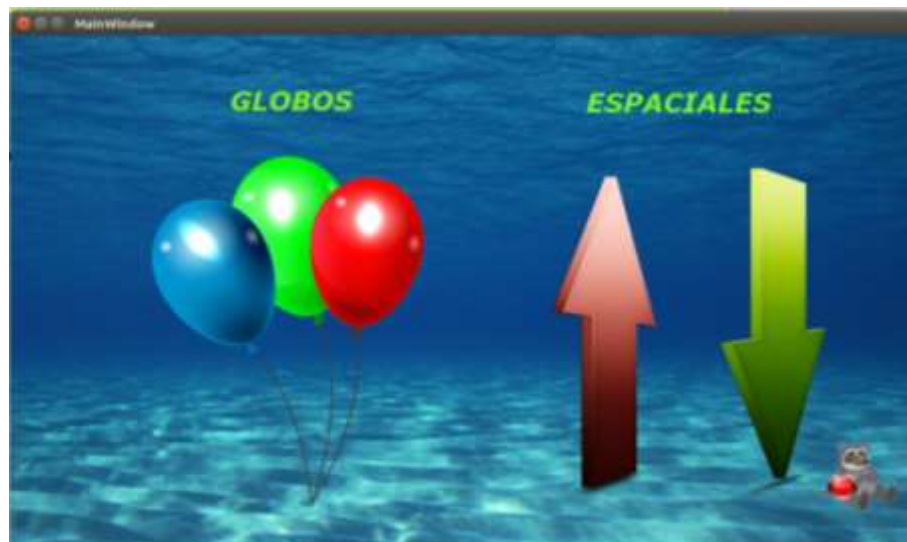


Figura 20. Interfaz Gráfica de Nociones.

- Iteración: Captación de sonido mediante un piano, Pantalla para dibujo con diferentes colores.

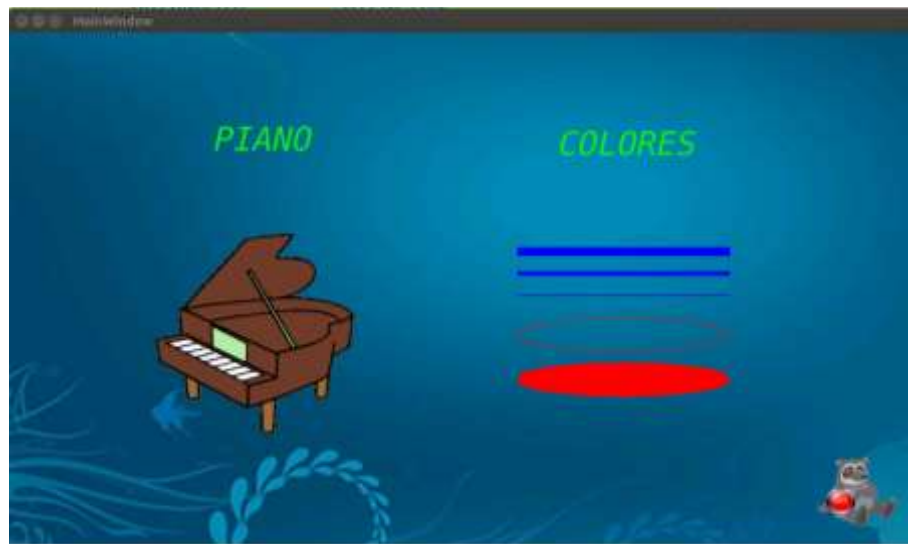


Figura 21. Interfaz Gráfica de Iteración.

- Imitación Motriz: Terapia de motricidad fina, Terapias de motricidad compleja.



Figura 22. Interfaz Gráfica de Imitación Motriz.

9. Diseño e Implementación de módulos clientes plug and play

Una de las funcionalidades que posee el dispositivo central (caja), es poder interactuar con dispositivos o módulos externos que implementan servicios específicos, es decir un módulo que cumpla con una función definida y este pueda acoplarse o conectarse de una manera fácil con el módulo central, quien maneja el procesamiento, almacenamiento de todas las terapias.

En esta sección se plantea dos módulos ligeros, que interactúan con el dispositivo central; el objetivo de esto es que se puedan crear nuevas funcionalidades de terapia, con esto se obtiene una gama de alternativas que permitan al paciente mejorar sus destrezas y habilidades. El primer módulo denominado control remoto, tiene una conexión serial con el módulo principal y el segundo es una aplicación móvil que se conecta mediante una comunicación inalámbrica (wireless) para interactuar con la categoría Fonemas, a continuación se especifica el funcionamiento de cada uno de estos módulos.

9.1. Módulo de Control Remoto

9.1.1. Descripción del módulo

Tomando en cuenta que el campo de la multidiscapacidad es muy complejo y abarca muchas dificultades para las personas que tienen estas discapacidades, se ha visto la necesidad de crear un módulo externo que tiene una forma de control remoto o también denominado joystick. El problema principal que se detectó en varias personas es la discapacidad motriz, aspecto que dificulta su libre movimiento y por ende es dificultoso que este tipo de pacientes puedan realizar las terapias de una forma confortable o cómoda. Por lo tanto este control tiene el objetivo de que el paciente pueda realizar parte de las terapias en cualquier condición física que se encuentre, mediante el control remoto (siempre que pueda realizar pulsaciones de los botones). Un aspecto importante a tener en cuenta es que las terapias a realizarse con el control deben ser definidas de forma que estas puedan acoplarse al dispositivo ya que este solo contiene botones y por ende se limita a interactuar con actividades que requieren una mayor complejidad.

9.1.2. Arquitectura tecnológica del sistema

La arquitectura del dispositivo está compuesta por un microprocesador de bajo nivel, el cual es un Arduino Nano, que posee la característica fundamental de tamaño reducido, esto posibilita realizar prototipos de bajo coste, tamaño reducido y con pocos requerimientos para procesamiento. A esto se añade un circuito electrónico que controla las señales que se emiten por los pulsantes al Arduino. En la etapa final estas señales serán enviadas al módulo central de terapias a través de una conexión serial como se muestra en la Figura 23.

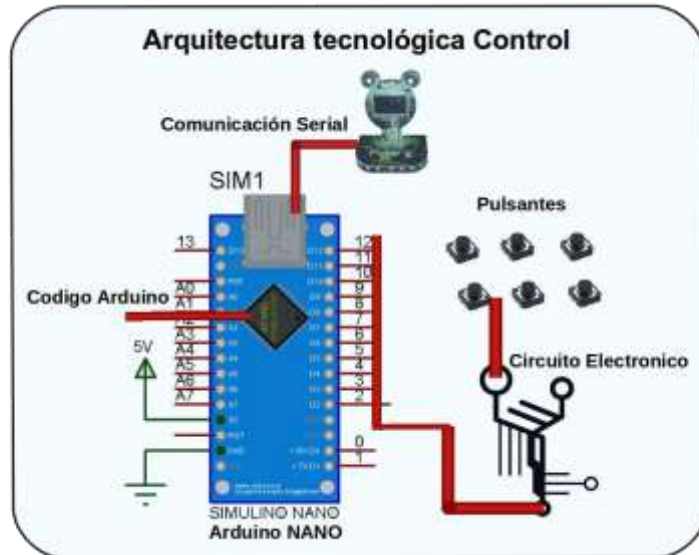


Figura 23. Arquitectura tecnológica del Módulo Control Remoto.

9.1.3. Diseño y Construcción del dispositivo

Para la elaboración del diseño se utilizó el software Inventor, este permitió generar un modelo en 3 dimensiones, con características muy específicas, como el tamaño del dispositivo que es compacto, lo que brinda comodidad de uso para los pacientes (niños con multidiscapacidad).

Una vez diseñado el dispositivo se procedió a imprimir en la impresora 3D en dos partes, estas posteriormente se les acopló la tarjeta Arduino Nano, con el circuito correspondiente y los pulsantes. En otra instancia se procedió a unir las dos partes, utilizando tornillos obteniendo el siguiente resultado como se muestra en la Figura 24.



Figura 24. Control Remoto para evaluación de terapias.

9.1.4. Funcionamiento e Interfaz Gráfica.

Para el funcionamiento del control remoto, se tiene una interfaz gráfica que permite realizar la conexión entre el dispositivo externo y el módulo central, esta interfaz permite seleccionar el dispositivo a utilizar con el número de bound rate⁴ y la terapia a ser realizada; además posee la opción de conectar y desconectar la sesión del dispositivo externo con el módulo central, como se indica en la Figura 25.



Figura 25. Interfaz de conexión del dispositivo externo (Control remoto)

⁴ Bound Rate.- Velocidad de Transmisión del Puerto Serial.

9.2. Módulo de Aplicación Móvil

9.2.1. Descripción del módulo

Para crear el módulo móvil, se analizó la complejidad que tienen los terapeutas al momento de utilizar la caja. El problema se evidenció el momento de abrir una terapia, ya se pierde mucho tiempo el tener que reubicar al alumno para abrir una nueva terapia; con esto se plantea una solución para acelerar la apertura de las terapias de la caja, a través del uso de aplicaciones móviles que ayude al terapeuta a crear una terapia de forma rápida y sin tener que movilizarse hasta el módulo central.

Se procede a la construcción de una aplicación móvil, con ayuda del framework QT Android que es una herramienta de desarrollo Open Source, permite el diseño de las interfaces, la programación de secuencias lógicas de la aplicación y la generación del archivo para la instalación en el dispositivo. Esta aplicación se comunica con el modulo central y permite generar terapias de aprendizaje de fonemas; en la misma se permitirá seleccionar un nivel (principiante y avanzado) de complejidad de la terapia, y al pulsar sobre el botón iniciar de la aplicación, se desplegará automáticamente la ventana con la terapia seleccionada en la caja. Al finalizar la terapia se mostrará un reporte gráfico con el tiempo, errores, aciertos, terapeuta y el paciente.

El protocolo de comunicación de la aplicación con la caja será a través de socket⁵ wireless TCP/IP, que permite enviar y recibir datos de manera síncrona y asíncrona; el flujo de datos será de 1 cuando todo este correcto y 0 cuando algo falle dentro de la ejecución del programa. En términos generales, la caja debe estar conectado a una señal inalámbrica denominada OSSO, que permite abrir un socket para comunicarse con la caja por medio de un router, con esto la aplicación busca la dirección IP⁶ del servidor y establece la conexión.

9.2.2. Arquitectura lógica del sistema

La aplicación Android implementada presenta tres módulos de Presentación, Servicios de Interfaz y Servicios Generales.

En el módulo de Presentación se encuentran las interfaces que posibilitan que el terapeuta interactúe con la aplicación, además de permitir abrir una terapia que se encuentre guardado en la caja. El módulo de servicios interfaz se encarga de generar los reportes de la terapia cuando esta se cumpla en el módulo central, a fin de visualizar información de la aplicación como los errores, y los aciertos cometidos por el niño. El módulo de servicios generales es el encargado de realizar la comunicación entre la aplicación y la caja, enviando y recibiendo los datos según como se generen en la aplicación; para que se cumpla esta comunicación el dispositivo donde este desplegado la aplicación deberá conectarse a una señal de red inalámbrica (wireless) que tenga la dirección de red 192.168.1.0 y que por medio

⁵ Socket.- Canal de comunicación para el intercambio de datos entre dispositivos.

⁶ IP.- Número que identifica a un dispositivo en la red.

de este canal pueda acceder a los datos que contiene en la caja alojados en una base de datos SQLite.

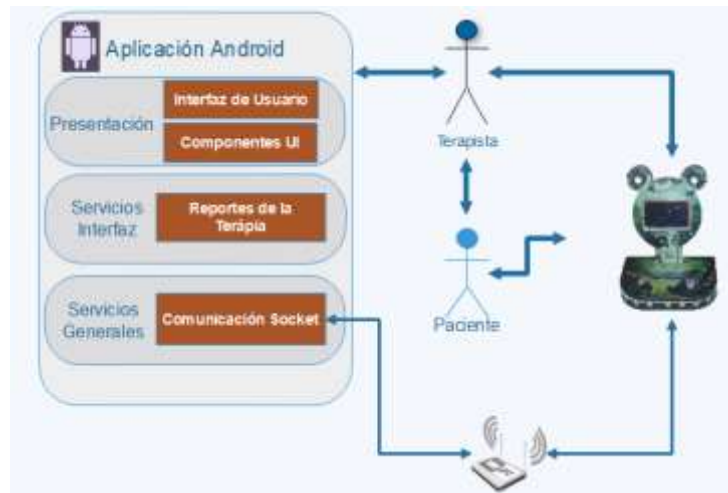


Figura 26. Arquitectura tecnológica del Módulo Aplicación Móvil.

10. Experimentación y Resultados

El proceso de evaluación del dispositivo se llevó a cabo con el apoyo de las Licenciadas en Educación Inicial, Estimulación Temprana e Intervención Precoz, Daniela Ochoa y Gabriela Tigre a través un plan de intervención con el dispositivo físico. Este plan tiene como objetivo evaluar las destrezas y habilidades de los niños con multidiscapacidad y posteriormente verificar si ha existido un avance significativo en el aprendizaje de los niños con las sesiones de terapia realizadas.

10.1. Pruebas

Este proceso se ha desarrollado en la Fundación “Organización de Servicios de Apoyo al Orfanato” (OSSO), específicamente dentro del Proyecto “Los pequeñitos de OSSO”, el cual acoge a niños con discapacidad profunda/multidiscapacidad e igualmente a niños sin discapacidad (0 a 6 meses). Actualmente, la Fundación OSSO atiende a un total de 26 personas entre niños y jóvenes a los cuales se brinda atención médica, terapias y cuidado diario. En virtud de lo expuesto y considerando que el personal con que se cuenta en esta y otras instituciones es escaso, así como la dificultad de realizar procesos de intervención con niños con multidiscapacidad, hemos desarrollado esta herramienta tecnológica de apoyo para el desarrollo de habilidades psicomotrices en esta población con las cual se procedió a realizar las pruebas respectivas.

10.2. Resultados

A fin de validar la propuesta planteada en este documento se realizó una intervención a 5 niños de la Fundación OSSO, específicamente el Proyecto “Los Pequeñitos de OSSO” durante un período de 2 meses. De este grupo de niños, 3 fueron intervenidos con metodología apoyada en TIC's y los restantes con una metodología tradicional.

Casos	Edad Cronológica	Diagnóstico	Tipo de multidiscapacidad
1	9 años	Hipotiroidismo congénito, baja talla, estrabismo divergente y astigmatismo.	Discapacidad Visual y Auditivo *Residuos visuales y auditivos
2-C	4 años	-----	Retraso en el desarrollo sin discapacidad
3	4 años	Trastorno del espectro autista e hipoacusia bilateral.	Discapacidad Auditiva y Trastorno del Espectro Autista (TEA) *Residuos auditivos
4-A	4 años	PCI, epilepsia y ceguera.	Discapacidad Visual y Motriz
5-B	4 años	PCI hipotónico, desnutrición grave, hipoacusia central bilateral, retraso del crecimiento y displasia congénita de cadera.	Discapacidad Auditiva y Motriz * Residuos auditivos

Tabla 1. Casos de Estudio

Para la evaluación se tomaron 3 casos que serán denominados como los pacientes A, B, C, en principio se definió una descripción de la terapia acorde a la discapacidad que tenía cada niño, por ende se realizaron varias terapias por la multidiscapacidad de poseen cada paciente.

A Continuación se muestra una tabla con la descripción a la que se enfoca a cada una de las terapias que se realizaron en los diferentes casos de estudio.

Descripción	Paciente
Dirige y enfoca la mirada durante pocos segundos cuando le hablan	A
Identifica las partes finas y gruesas del cuerpo y su funcionalidad	C
Camina con poco apoyo motivado por estímulos Multisensorial	B
Identifica en el propio cuerpo nociones espaciales	C
Identificar sonidos provenientes del ambiente	B
Identificar sonidos del ambiente	A
Dirigir y mantener por hasta 3 minutos su atención a estímulos	A
Participa de juegos Multisensorial	C
Disfruta de juegos Multisensorial	B
Imitación Motriz	A
Imitación Motriz	B
Imitación Motriz	C
Comprensión de acciones	C
Colabora activamente en actividades de la vida diaria	B
Identificar sonidos provenientes del ambiente por categorías	C
Experimenta y disfruta con objetos cotidianos	A
Colabora en el seguimiento de rutinas diarias	A
Colabora en el seguimiento de rutinas diarias	B
Colabora en el seguimiento de rutinas diarias	C

Tabla 2. Descripción de las terapias evaluadas

Una vez registrada todas la terapias, se procedió a evaluar a cada paciente en las diferentes áreas o categorías de terapia. Como se menciona en el punto 10, diseño e implementación de los módulos de terapia, cada categoría de terapia tiene diferentes actividades respecto a esa categoría.

La forma de evaluar los resultados se basan en 3 parámetros, que son los Aciertos, Errores y el tiempo que se tomó en hacer la terapia, estos resultados pueden ser analizados desde diferentes perspectivas, por lo que el análisis que se realizó fue basado en la cantidad de aciertos vs la cantidad de errores que pudo

tener en una actividad, así como el tiempo que se demora en cada sesión con respecto a una anterior.

En el caso A se trabajó con las Categorías de Atención y Percepción Auditiva; en atención se trabajó con tres actividades diferentes en lo cual se obtuvieron resultados aceptables ya que los aciertos en 2 de los 3 casos fueron superiores a los errores, y en la percepción auditiva se trabajó básicamente con sonidos de diferente índole obteniendo una variación de mejora con respecto a los errores que fueron disminuyendo sesión tras sesión como se muestra en la siguiente tabla.

Categoría	Subcategoría	Tiempo(min)	Aciertos	Errores
Atención	Pecera	2	4	5
Atención	Olfativas	2	20	0
Atención	Cotidianos	7	91	13
Percepción Auditiva	Sonidos generales	4	6	7
Percepción Auditiva	Sonidos generales	1	6	1
Percepción Auditiva	Sonidos generales	1	6	0
Percepción Auditiva	Sonidos generales	1	1	1

Tabla 3. Resultados del Caso A

En el caso B se evaluó con las categorías de Autonomía y Percepción Auditiva; en autonomía se trabajó dos actividades que son vestirse y lavado de manos, en las cuales se obtuvieron excelentes resultados ya que no existió errores, un factor a tomar en cuenta es que se aplicó ayuda supervisada en ambas actividades con lo cual redujo exitosamente el margen de error, en cuanto a la percepción auditiva se trabajó en los sonidos por categoría, aquí se reflejan sonidos del ambiente, naturaleza, animales, cosas, etc. Los resultados que se obtuvieron en relación a los errores fueron muy variantes, de igual manera en el tiempo de terapia se pudo reflejar que mientras más tiempo se demoró en realizar la terapia menor fueron los errores, como se muestra en la siguiente tabla.

Categoría	Subcategoría	Tiempo(min)	Aciertos	Errores
Autonomía	Vestirse	1	6	0
Autonomía	Lavado Manos	1	2	0
Percepción Auditiva	Sonidos categoría	2	6	1
Percepción Auditiva	Sonidos categoría	2	6	2
Percepción Auditiva	Sonidos categoría	3	6	0
Percepción Auditiva	Sonidos categoría	1	6	2
Percepción Auditiva	Sonidos categoría	1	6	3

Tabla 4. Resultados del Caso B

En el caso C se evaluaron las categorías de Nociones, Atención, Esquema Corporal, Autonomía y Percepción Auditiva; en cuanto a nociones se validó las espaciales que tratan de identificar a un mismo objeto en una diferente posición en el espacio y los globos en donde se pretende ver la lateralidad, los resultados arrojados fueron aceptables hubo más aciertos que errores en una porción de tiempo más alta; en la atención se hicieron actividades de la pecera que pretende captar la atención mediante el aumento de tamaño de los peces en un ambiente acuático, objetos cotidianos de la vida diaria, el armado de un rompecabezas y el reventar burbujas, con resultados muy satisfactorios ya que en ninguna de las actividades hubo más errores que aciertos y en otras aún mejor no existió errores; el esquema corporal se pretende reconocer las partes del cuerpo humano, armando una figura humana como tal, obteniendo resultados intermedios, en la autonomía se validó las prendas de vestir y el lavado de manos con buenos resultados donde existió más aciertos que errores y en la percepción auditiva se pudo observar que distinguió perfectamente bien los sonidos ya que el margen de error fue bajo, como se muestra en la siguiente tabla.

Categoría	Subcategoría	Tiempo(min)	Aciertos	Errores
Nociones	Espaciales	5	4	4
Nociones	Globos	3	7	3
Atención	Pecera	2	119	55
Atención	Cotidianos	1	30	14
Atención	Rompecabezas	1	6	0
Atención	Burbujas	3	29	0
Esquema Corporal	Cuerpo Humano	7	10	8
Autonomía	Vestirse	1	6	1
Autonomía	Lavado Manos	1	6	3
Percepción Auditiva	Sonidos categoría	3	18	7
Percepción Auditiva	Sonidos categoría	1	15	3

Tabla 5. Resultados del Caso C

11. Conclusiones

Al momento de planificar la construcción de este dispositivo tecnológico, como parte fundamental para que lo propuesto tenga un impacto en la sociedad con especial énfasis en la población que tiene multidiscapacidad, es imprescindible contar con un equipo multidisciplinario de trabajo, que aporte con ideas desde sus diferentes puntos de vista. En este proyecto, se contó con el apoyo de un Ingeniero electrónico, Licenciadas en Educación Inicial, Estimulación Temprana e Intervención Precoz e Ingenieros de Sistemas. Este trabajo en conjunto permitió generar un producto de acorde a las necesidades planteadas para este sector vulnerable de la población que son los niños con multidiscapacidad.

En el proceso de diseño y construcción del prototipo, la utilización de una impresora 3D fue fundamental para generar una forma adecuada del dispositivo, esto permite colocar componentes de una manera estratégica, lo cual es fundamental para una adecuada interacción de los niños con el dispositivo.

En la experimentación realizada en la fundación OSSO se pudo observar que la interacción de los niños con el dispositivo fue muy satisfactoria; como primer parámetro el dispositivo llamó mucho la atención de los niños, lo cual se produjo una atracción hacia el mismo, esto facilitó que las terapistas puedan realizar de mejor manera los procesos de enseñanza con las terapias. Otro aspecto importante fue la facilidad de uso que tiene el dispositivo al utilizar los pacientes en cada una de las terapias.

En cuanto a los resultados que se obtuvieron en los procesos de evaluación se pudo observar en unos casos una mejora sustancial y en otros una mejora porcentualmente baja; esto debido al grado de multidiscapacidad que tienen los niños. Esto se puede comprender ya que mientras mayor sea el grado de multidiscapacidad menor es el aprendizaje, pero con grandes posibilidades de que a largo plazo el niño pueda adquirir nuevas destrezas y habilidades.

12. Recomendaciones

Se recomienda en cuanto a la impresión del prototipo en la impresora 3D un material plástico denominado PLA, este tiene ventajas de no emitir gases nocivos, lo que permite que la impresión se pueda realizar en un espacio cerrado y la característica más importante, es que tiene un rango más amplio de colores como son; transparente, fluorescente, semitransparente, etc. También este material es adaptable a todo tipo de impresora y no necesita una base de impresión caliente, se puede imprimir sin base. [5]

En cuanto a las tecnologías utilizadas se recomienda sistemas embebidos de alto rendimiento, es decir que tengan módulos incorporados en el mismo dispositivo, como un Raspberry Pi 3, que tiene un módulo WiFi, bluetooth, etc. Esto facilita que la configuración sea más sencilla al momento de usar el dispositivo.

Por otra parte las librerías o lenguajes de programación que se utilice tiene que ser de bajo nivel, esto no quiere decir que sean menos potentes que los lenguajes de alto nivel, sino que estos permiten que la ejecución o compilación del software sea más rápida y eficiente en cuanto a tiempos; es un parámetro fundamental para el rendimiento del programa. Esta característica es fundamental ya que el software está ejecutándose sobre un sistema embebido con recursos limitados en cuanto a su procesamiento y almacenamiento, por lo cual sugerimos emplear lenguajes como C++ y Python.

Además en el diseño de las interfaces gráficas del módulo central, como los módulos de terapia, se recomienda que estas sean realizadas por un Diseñador gráfico, lo cual dará un mayor realce a la aplicación.

13. Trabajo Futuro

Aumentar las actividades de terapia: En esta sección se podría generar más terapias que puedan brindar un mejor soporte para las evaluaciones de las destrezas y habilidades, ya que las actividades existentes en el dispositivo están realizadas para los casos de estudio que se analizaron anteriormente; por ende es necesario globalizar estas actividades para que se puedan abarcar más problemas con multidiscapacidad, es importante mencionar que las actividades que se pretendan realizar tienen que ser planificadas por expertos en el área, con lo cual los resultados serán de mayor validez y realce.

Mejorar el material plástico utilizado para el dispositivo: Uno de los parámetros que se pudo observar en la utilización del dispositivo es que como se trabaja con niños con multidiscapacidad; el dispositivo es vulnerable a que se caiga o se rieguen sustancias líquidas; por eso se plantea que el material a utilizar podría ser de madera, el cual es más resistente y duradero.

Realizar un análisis de datos inteligente: El dispositivo actualmente genera reportes en base a la información registrada y la información que se genera en las actividades de terapia, el análisis que se hace es fundamentalmente estadístico, en cuanto a las variables que se manejan, como tiempo, aciertos, errores; esto se fundamenta en ver el proceso de mejora que tiene el paciente de una sesión a otra en base a las variables mencionadas anteriormente. Como un planteamiento a futuro es que este análisis sea realizado por técnicas inteligentes o sistemas expertos, que permitan en base a un conjunto de datos recolectados o almacenados dar una evaluación o diagnóstico más cercano y eficiente al problema.

14. Referencias

- [1]. PALACIOS, A. C. INTEGRACION SENSORIAL _. Consulta: Agosto-2017- [Online]. Available: [http://www.agapasm.com.br/Artigos/Integracion% 20sensorial.pdf](http://www.agapasm.com.br/Artigos/Integracion%20sensorial.pdf).
- [2]. Corporación Chilena de Integración Sensorial, (2010). Curso “Teoría de tratamiento de Integración Sensorial” Santiago de Chile. pp.1-101.
- [3]. Moya, D., & Matesanz, B. La teoría de la integración sensorial.
- [4]. Información estadística de personas con discapacidad. Recuperado de: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
- [5]. “ABS y PLA, diferencias, ventajas y desventajas”, Consulta: Julio-2017. [Online]. Available: <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102837127-abs-y-pla-diferencias-ventajas-y-desventajas>
- [6] Monllor, M., Roberti, F., Neto, A. F., Toibero, J. M., & Carelli, R. (2014). Diseño de un bastón robotizado para asistencia a personas con discapacidades. Bs. As. VIII Jornada Argentina de Robotica.
- [7] Buitrago, J. A., Ramírez, J., & Caicedo, E. INTERVENCIONES TERAPÉUTICAS PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ ASISTIDA POR ROBOTS.
- [8]. Moya, D. La integración sensorial como parte de la rehabilitación infantil _. Consulta: Agosto-2017- [Online]. Available: <http://xn--daocerebral-2db.es/publicacion/articulo-la-integracion-sensorial-como-parte-de-la-rehabilitacion-infantil/>
- [9]. Ministerio de Educación del Ecuador. Discapacidades: conceptos elementales. Consulta: Agosto-2017- [Online]. Available: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/Discapacidades-conceptoselementales.pdf>
- [10]. Organización Mundial de la Salud. Discapacidades. Consulta: Agosto-2017- [Online]. Available: <http://www.who.int/topics/disabilities/es/>
- [11]. Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. Información Estadística de personas con discapacidad. Consulta: Agosto-2017- [Online]. Available: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
- [12]. Tigre, G., Ochoa, D., Arevalo, C. Robles, V., Quisi, D., Pesantez F., & Martínez, J. e-Ucumari: A multimedia device based on ontologies for pedagogical support of children with multiple disabilities”
- [13]. “Tremarctos ornatus”. Consulta: Junio-2017 - [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Tremarctos_ornatus

[14] Bykbaev, V. R., Vélez, E. P., & Guerra, P. I. (2011, December). An educational approach to generate new tools for education support of children with disabilities. In e-Education, Entertainment and e-Management (ICEEE), 2011 International Conference on (pp. 80-83). IEEE.

[15] Robles-Bykbaev, V. E., López-Nores, M., Pazos-Arias, J. J., & Arévalo-Lucero, D. (2015). SPELTA: An expert system to generate therapy plans for speech and language disorders. *Expert Systems with Applications*, 42(21), 7641-7651.

15. Anexos

15.1. FOTOS DE TRABAJO DE TITULACIÓN



Figura 27. Armado y acabado del cuerpo del módulo central.



Figura 28. Armado de la Cabeza del módulo central.

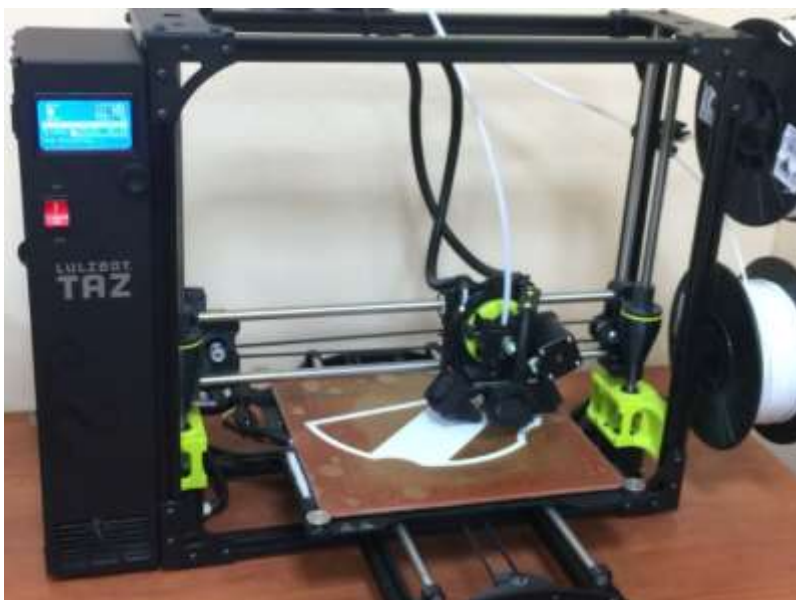


Figura 29. Impresión del módulo central en 3D.

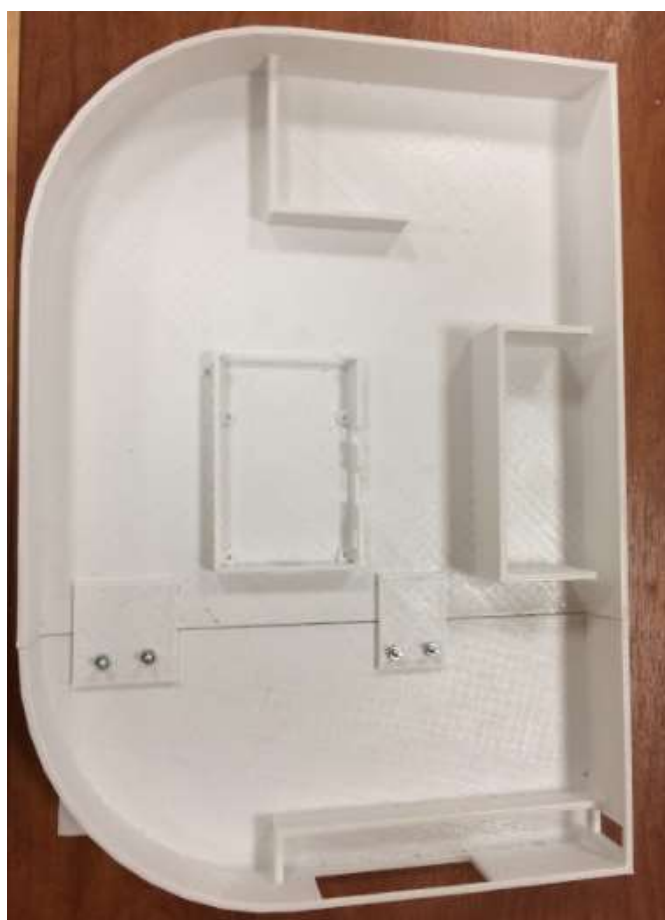


Figura 30. Armado de la base de módulo central.

15.2. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

15.2.1. Módulo Central.

En esta sección se explica las ventanas del administrador y de las terapias. Iniciamos con la venta de inicio de sesión o también denominada autenticación, en esta ventana se registra el usuario y contraseña que permite acceder a la sección de administrador o de terapia, dependiendo el rol que tenga cada usuario como se muestra en la Figura 31.



Figura 31. Ventana de inicio de sesión.

Si el usuario es de tipo administrador, este podrá realizar actividades de manejo de información, es decir poder ingresar, ver, modificar, eliminar, a pacientes, como se muestra en la Figura 32.



Figura 32. Mantenimiento CRUD⁷ de Pacientes

⁷ CRUD.- Crear, Leer, Actualizar y Borrar.

Además se puede hacer el mantenimiento CRUD en la ventana terapeuta como se indica en la Figura 33.



Figura 33. Mantenimiento CRUD de terapeutas.

Otra actividad del usuario administrador es poder listar todas las terapias, además de tener un filtro de búsqueda por el número de cédula del paciente para obtener las terapias que se han realizado, como se muestra en la Figura 34.



Figura 34. Listado y búsqueda de terapias

Una opción importante del administrador es poder generar reportes sobre las actividades de terapias, esto se hace mediante la selección de un paciente que ha realizado alguna terapia, como se muestra en la Figura 35.



Figura 35. Ventana para generar reportes.

La última ventana que maneja el Administrador es precisamente poder crear, editar, eliminar usuarios para realizar las terapias establecidas en el dispositivo, como se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Mantenimiento CRUD para el registro de usuarios.

En la interfaz de los usuarios que tienen el rol de Terapistas, pueden crear sesiones de terapias, en la cual se registra una descripción de la terapia que se va a realizar con la asignación del paciente, como se muestra en la Figura 37.



Figura 37. Creación de sesiones de terapia.

Una vez creada la sesión de terapia, se presenta la siguiente ventana donde se debe seleccionar una categoría de la terapia que se requiere realizar, estas categorías están enfocadas al diagnóstico médico que tiene cada niño con discapacidad múltiple, como se muestra en la Figura 38.



Figura 38. Categorías de terapias.

Como método de aprendizaje también se ha establecido una sección donde se pueda cargar videos nuevos, y visualizar los mismos tal como indica la Figura 39.



Figura 39. Interfaz para cargar y ejecutar videos.

15.2.2. Aplicación Móvil

Al momento de abrir la aplicación nos encontramos con la ventana de bienvenida la cual nos permite ingresar nuestro usuario y contraseña que está creado en el módulo central. Antes de enviar los datos primero revisa si estamos conectados a una red y si en la misma está el *socket* abierto para la conexión. La aplicación nos mostrará mensajes en caso de ser incorrecta las credenciales o de no estar abierto el canal de comunicación (*socket*).



Figura 40. Ventana de Inicio de la Sesión en la aplicación.

Después nos presenta la siguiente ventana (Figura 41), en la que nos permite seleccionar la opción de crear una nueva terapia o continuar con una evaluación de una terapia anterior que ya ha sido creada.



Figura 41. Ventana para Crear o Continuar una terapia.

En caso de seleccionar en la figura anterior la opción de crear una nueva terapia nos presenta la Figura 42, en donde se encuentra un listado de los pacientes; en esta lista se deberá seleccionar el paciente y también se debe ingresar la descripción de la terapia que va a ser evaluada.



Figura 42. Ventana de creación de terapias.

Después de crear la terapia nos presenta la ventana de fonemas en la cual se debe seleccionar el fonema que se va a realizar la evaluación y el nivel de complejidad que son dos un nivel principiante y otro avanzado. En el nivel principiante se muestra una actividad con dos imágenes y en el avanzado se muestra tres imágenes.



Figura 43. Selección de la terapia y el nivel.

Cuando se ha pulsado el botón *iniciar* se abrirá en el módulo central la terapia para que el paciente pueda ser evaluado, al mismo tiempo en la aplicación se mostrará un mensaje que la terapia ha iniciado y para que el usuario no abra otra terapia se deshabilita los botones de regresar e iniciar para evitar conflictos. Al finalizar la terapia en la caja, se abrirá en la aplicación una ventana donde nos muestra el reporte final de la actividad con el tiempo, el número de errores y aciertos, el paciente y el terapeuta que evaluó.

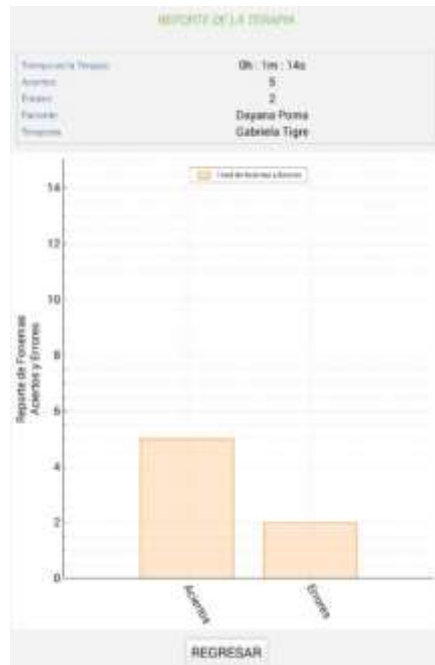


Figura 44. Reportes de la terapia evaluada.

Por otra parte, en la interfaz de *Continuar una Terapia* nos presentará las terapias creadas y se deberá seleccionar una para continuar con la evaluación de las actividades pendientes.

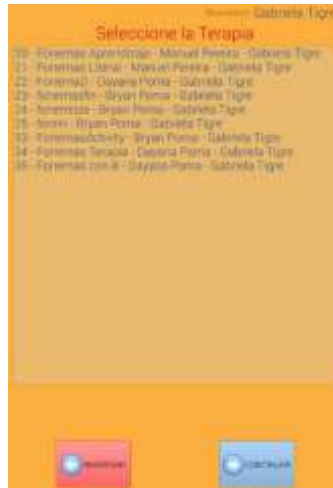


Figura 45. Ventana para continuar con una evaluación.

Y luego nos presenta la ventana de la Figura 43. En donde el terapeuta deberá seleccionar un fonema a evaluar y el nivel de complejidad.