



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT DE
ESTIMULACIÓN SENSORIAL PARA NIÑOS CON
DISCAPACIDAD INTELECTUAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA
ESPECIALIZADA “CARLOS GARBAY” DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

AUTORES:

WILMER PATRICIO RAMÍREZ TIERRA

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

JHONATAN SEGUNDO ARIAS GARCÉS

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT DE
ESTIMULACIÓN SENSORIAL PARA NIÑOS CON
DISCAPACIDAD INTELECTUAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA
ESPECIALIZADA “CARLOS GARBAY” DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

AUTOR: WILMER PATRICIO RAMÍREZ TIERRA

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: JHONATAN SEGUNDO ARIAS GARCÉS

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

DIRECTOR: ING. FRANKLIN GEOVANNI MORENO MONTENEGRO

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Wilmer Patricio Ramírez Tierra y Jhonatan Segundo Arias Garcés

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Wilmer Patricio Ramírez Tierra y Jhonatan Segundo Arias Garcés, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de mayo de 2024



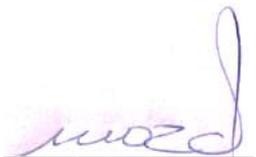
Wilmer Patricio Ramírez Tierra
060474853-3



Jhonatan Segundo Arias Garcés
060357817-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT DE ESTIMULACIÓN SENSORIAL PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA “CARLOS GARBAY” DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”** , realizado por los señores: **WILMER PATRICIO RAMÍREZ TIERRA y JHONATAN SEGUNDO ARIAS GARCÉS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Verónica Elizabeth Mora Chunllo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-07
Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2024-05-07
Ing. Mario Alejandro Paguay Alvarado ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2024-05-07

DEDICATORIA

El respectivo trabajo de titulación primeramente lo dedico a Dios porque me ha dado la fuerza y valentía para poder culminar un sueño el cual se ha hecho realidad, aunque no ha sido nada fácil pese a las dificultades que se han presentado en mi camino me siento feliz porque lo he logrado. De igual manera lo dedico a mi querida familia, mis padres Víctor Ramírez y Laura Tierra que han sido un pilar fundamental en todo el proceso de mi carrera que con su apoyo y consejos he podido salir adelante y no desmayarme en los peores momentos, también como olvidarme de mis hermanos y hermanas que han estado ahí apoyándome en todo momento en este trayecto, por tal motivo este logro alcanzado es para toda mi familia quienes han sido mi única motivación.

Wilmer

Este proyecto de tesis va dedicado primeramente a Dios por darme salud y vida, en segundo lugar a mis padres Jorge Arias y María Garces ya que los dos fueron parte muy esencial en mi vida porque me apoyaron en todo sentido y nunca perdieron la confianza en mí de poder lograr este triunfo tan anhelado y en tercer lugar que son también importante mis hermanos Renan, Fabian, Dianita Aracely y Alisson que siempre estuvieron conmigo en las buenas y malas me han apoyado en todo sentido han sido una parte fundamental en mi vida y a todos quienes me apoyaron en esta carrera estudiantil siempre contarán con mi apoyo.

Jhonatan

AGRADECIMIENTO

Nosotros como estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos por abrirnos las puertas y brindarnos toda la dedicación a lo largo de nuestra trayectoria académica en esta prestigiosa institución y en especial a la facultad de Informática y Electrónica por la calidad de la educación y la orientación que hemos recibido de nuestros excelentes y profesionales docentes que nos han aportado conocimientos, experiencia y perspectivas únicas que han enriquecido nuestra formación para ser grandes profesionales. Agradecemos a nuestros familiares y amigos que han estado a nuestro lado, animándonos a seguir nuestros sueños y metas. Sus consejos, comprensión y paciencia han sido fundamentales durante la etapa como estudiantes para vencer los desafíos y obstáculos que se han presentado en el camino.

Wilmer

Jhonatan

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1	Problema general de investigación.....	2
1.2	Problemas específicos de investigación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general.....</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	2
1.4	Justificación.....	3
1.4.1	<i>Justificación teórica.....</i>	3
1.4.2	<i>Justificación aplicativa.....</i>	4

CAPITULO II

2	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
2.1	La tecnología en el campo de la Educación Especial.....	6
2.1.1	<i>Generalidades y antecedentes.....</i>	6
2.1.2	<i>Beneficios de la tecnología en la educación especial.....</i>	7
2.1.3	<i>Características principales sobre la educación especial.....</i>	8
2.1.4	<i>Principios generales de la educación especial.....</i>	9
2.1.4.1	<i>Normalización.....</i>	9
2.1.4.2	<i>Individualización.....</i>	9

2.1.4.3	<i>Integración</i>	10
2.1.4.4	<i>Sectorización</i>	10
2.1.5	<i>Educación especial en Ecuador</i>	10
2.1.5.1	<i>Tipos de discapacidades más comunes en el Ecuador</i>	11
2.1.5.2	<i>Discapacidad en Riobamba</i>	12
2.2	Enfoques terapéuticos aplicado a personas con capacidades especiales	12
2.2.1	<i>Estimulación temprana</i>	12
2.2.2	<i>Estimulación cognitiva</i>	13
2.2.3	<i>Estimulación sensorial</i>	13
2.2.3.1	<i>Estimulación sensorial y sus beneficios</i>	14
2.2.3.2	<i>Origen y características de un espacio sensorial</i>	16
2.2.3.3	<i>Espacios sensoriales</i>	17
2.2.3.4	<i>Módulos para estimulación sensorial</i>	17
2.2.3.5	<i>Discapacidad Intelectual (DI)</i>	18
2.2.3.6	<i>Características de personas con Discapacidad Intelectual</i>	20
2.2.3.7	<i>Causas de enfermedades y trastornos asociados</i>	20
2.2.3.8	<i>Tratamientos aplicados a personas con DI</i>	21
2.2.3.9	<i>Dimensiones de Inclusión y Participación Social</i>	22
2.3	Internet de las Cosas (IoT)	23
2.3.1	<i>Arquitectura IoT</i>	24
2.3.1.1	<i>Arquitectura orientada a servicios (SOA)</i>	25
2.3.1.2	<i>Arquitectura basada en API</i>	26
2.3.2	<i>Gestión de infraestructura</i>	26
2.3.2.1	<i>Fog computing</i>	27
2.3.2.2	<i>Cloud computing</i>	27
2.3.2.3	<i>Edge computing</i>	27
2.4	Sistema IoT y sus componentes	28
2.4.1	<i>Hardware</i>	28
2.4.1.1	<i>Unidad de procesamiento</i>	29

2.4.1.2	<i>Sensores</i>	29
2.4.1.3	<i>Actuadores</i>	30
2.4.2	<i>Middleware</i>	31
2.4.2.1	<i>Uso de tecnologías de conectividad</i>	31
2.4.2.2	<i>Aplicación de protocolos de comunicación</i>	32
2.4.2.3	<i>Almacenamiento y recepción de datos</i>	33
2.4.2.4	<i>Uso de plataformas para análisis de datos</i>	34
2.4.3	<i>Aplicación Móvil</i>	34
2.4.3.1	<i>Características de una aplicación móvil</i>	34
2.4.3.2	<i>Tipos de aplicación móvil</i>	35
2.4.3.3	<i>Pila de tecnología de una aplicación móvil</i>	36
2.4.3.4	<i>Funcionamiento de una aplicación móvil</i>	37

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	38
3.1	Técnicas de estimulación utilizadas en niños con Discapacidad Intelectual	38
3.1.1	<i>Terapia con realidad virtual</i>	38
3.1.2	<i>Terapia asistida por animales</i>	38
3.1.3	<i>Terapia Multisensorial</i>	40
3.1.3.1	<i>Sala blanca</i>	40
3.1.3.2	<i>Sala negra</i>	40
3.1.3.3	<i>Sala aventura</i>	41
3.1.4	<i>Terapia Cognitivo-Conductual</i>	41
3.1.5	<i>Terapia Ocupacional</i>	42
3.1.6	<i>Musicoterapia</i>	42
3.2	Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay”	42
3.3	Esquema general del sistema IoT	43
3.3.1	<i>Diseño y construcción de los módulos del sistema IoT</i>	44
3.3.1.1	<i>Modulo 1: Juego de frutas</i>	45

3.3.1.2	<i>Modulo 2: Juego de aseo</i>	55
3.3.1.3	<i>Modulo 3: Rutas musicales</i>	61
3.3.1.4	<i>Modulo 4: Juego de olores</i>	67
3.3.2	<i>Desarrollo de la aplicación móvil del sistema IoT</i>	76
3.3.2.1	<i>Creación de la interfaz gráfica de usuario</i>	79
3.3.2.2	<i>Comunicación entre Dispositivos mediante WiFi</i>	81
3.3.2.3	<i>Almacenamiento de datos en la nube</i>	83

CAPITULO IV

4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	86
4.1	Pruebas para evaluar la eficiencia de los módulos electrónicos	86
4.1.1	<i>Evaluación de eficiencia de los módulos en estudiante 1</i>	86
4.1.2	<i>Evaluación de eficiencia de los módulos en estudiante 2</i>	89
4.1.3	<i>Evaluación de eficiencia de los módulos en estudiante 3</i>	91
4.1.4	<i>Resultados de la eficiencia de desempeño de los módulos electrónicos</i>	93
4.2	Pruebas de usabilidad de la aplicación móvil	96
4.2.1	<i>Evaluación de la métrica de usabilidad del aplicativo</i>	96
4.2.2	<i>Resultados de la usabilidad de la aplicación móvil</i>	100

CAPITULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1	CONCLUSIONES	102
5.2	RECOMENDACIONES	103

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Tipos de discapacidades.....	11
Tabla 2-2: Interpretación de los resultados CI.....	20
Tabla 2-3: Causas de la discapacidad intelectual.....	21
Tabla 2-4: Tipos de actuadores	30
Tabla 3-1: Áreas de estimulación	45
Tabla 3-2: Comparación de tarjetas de desarrollo	46
Tabla 3-3: Comparación de sensores.....	48
Tabla 3-4: Especificaciones técnicas de led RGB	49
Tabla 3-5: Especificaciones técnicas del módulo DFPlayer Mini	50
Tabla 3-6: Especificaciones técnicas del módulo OLED.....	50
Tabla 3-7: Relación de colores con aromas	68
Tabla 3-8: Comparación de sensores.....	69
Tabla 3-9: Especificaciones técnicas del relé	70
Tabla 3-10: Especificaciones técnicas del humidificador	71
Tabla 3-11: Comparación de plataformas o Sistemas Operativos	76
Tabla 3-12: Comparación de lenguajes de programación.....	78
Tabla 3-13: Comparación de proveedores de servicio en la nube.....	83
Tabla 4-1: Datos del estudiante 1 en la terapia de estimulación sensorial	86
Tabla 4-2: Datos del estudiante 2 en la terapia de estimulación sensorial	89
Tabla 4-3: Datos del estudiante 3 en la terapia de estimulación sensorial	91
Tabla 4-4: Tiempo empleado en la terapia del estudiante 1	94
Tabla 4-5: Tiempo empleado en la terapia del estudiante 2.....	95
Tabla 4-6: Tiempo empleado en la terapia del estudiante 3.....	95
Tabla 4-7: Datos de la encuesta de la pregunta 1	97
Tabla 4-8: Datos de la encuesta de la pregunta 2	97
Tabla 4-9: Datos de la encuesta de la pregunta 3	98
Tabla 4-10: Datos de la encuesta de la pregunta 4	99
Tabla 4-11: Datos de la encuesta de la pregunta 5	100

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Educación especial	8
Ilustración 2-2: Estimulación sensorial.....	16
Ilustración 2-3: Discapacidad Intelectual.....	19
Ilustración 2-4: Internet de las Cosas.....	23
Ilustración 2-5: Arquitectura IoT de tres capas.....	24
Ilustración 2-6: Cloud, Fog and Edge Computing	27
Ilustración 2-7: Componentes del Sistema IoT.....	28
Ilustración 2-8: Tarjetas de desarrollo	29
Ilustración 2-9: Tipos de sensores	30
Ilustración 2-10: Actuadores	31
Ilustración 2-11: Desarrollo de una aplicación móvil	37
Ilustración 3-1: Terapia asistida por animales	39
Ilustración 3-2: Sala blanca	40
Ilustración 3-3: Sala negra.....	41
Ilustración 3-4: Sala aventura.....	41
Ilustración 3-5: Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay	42
Ilustración 3-6: Sistema general IoT.....	44
Ilustración 3-7: Diseño del módulo juego de frutas	45
Ilustración 3-8: Diagrama de flujo del módulo juego de frutas.....	51
Ilustración 3-9: Circuito esquemático del módulo de frutas	52
Ilustración 3-10: Diseño de la placa PCB del módulo de frutas.....	53
Ilustración 3-11: Diseño en 3D del módulo de frutas	54
Ilustración 3-12: Construcción y ensamblaje del módulo de frutas	55
Ilustración 3-13: Diseño del módulo juego de aseo	55
Ilustración 3-14: Diagrama de flujo del módulo de aseo	57
Ilustración 3-15: Circuito esquemático del módulo de aseo	58
Ilustración 3-16: Diseño de la placa PCB del módulo de aseo.....	59
Ilustración 3-17: Diseño en 3D del módulo de aseo	60
Ilustración 3-18: Construcción y ensamblaje del módulo de aseo	61
Ilustración 3-19: Diseño del módulo rutas musicales	61
Ilustración 3-20: Diagrama de flujo del módulo rutas musicales	63
Ilustración 3-21: Circuito esquemático del módulo rutas musicales	64
Ilustración 3-22: Diseño de la placa PBC del módulo rutas musicales	65
Ilustración 3-23: Diseño en 3D del módulo rutas musicales.....	66

Ilustración 3-24:	Construcción y ensamblaje del módulo rutas musicales	67
Ilustración 3-25:	Diseño del módulo de olores	67
Ilustración 3-26:	Diagrama de flujo del módulo de olores.....	72
Ilustración 3-27:	Circuito esquemático del módulo juego de olores	73
Ilustración 3-28:	Diseño de la placa PBC del módulo de olores	74
Ilustración 3-29:	Diseño en 3D del módulo de olores.....	75
Ilustración 3-30:	Construcción y ensamblaje del módulo de olores.....	76
Ilustración 3-31:	Interfaz gráfica de la aplicación móvil	79
Ilustración 3-32:	Aplicación de etiquetas XML.....	80
Ilustración 3-33:	Alineamiento de botones en la interfaz.....	80
Ilustración 3-34:	Registro de usuario en la interfaz	81
Ilustración 3-35:	Mapeo de puertos de comunicación	82
Ilustración 3-36:	Permisos de conectividad a WiFi	82
Ilustración 3-37:	Almacenamiento de datos en la nube	84
Ilustración 3-38:	Almacenamiento de datos en formato JSON	85
Ilustración 4-1:	Evaluación del módulo de frutas en estudiante 1	87
Ilustración 4-2:	Evaluación del módulo de aseo en estudiante 1	87
Ilustración 4-3:	Evaluación del módulo Rutas musicales en estudiante 1	88
Ilustración 4-4:	Evaluación del módulo de olores en estudiante 1	88
Ilustración 4-5:	Evaluación del módulo de frutas en estudiante 2.....	89
Ilustración 4-6:	Evaluación del módulo de aseo en estudiante 2.....	90
Ilustración 4-7:	Evaluación del módulo Rutas musicales en estudiante 2.....	90
Ilustración 4-8:	Evaluación del módulo de olores en estudiante 2	91
Ilustración 4-9:	Evaluación del módulo de frutas en estudiante 3.....	92
Ilustración 4-10:	Evaluación del módulo de aseo en estudiante 3.....	92
Ilustración 4-11:	Evaluación del módulo Rutas musicales en estudiante 3	93
Ilustración 4-12:	Evaluación del módulo de olores en estudiante 3	93
Ilustración 4-13:	Diagrama progresivo en la terapia sensorial de estudiante 1	94
Ilustración 4-14:	Diagrama progresivo en la terapia sensorial de estudiante 2	95
Ilustración 4-15:	Diagrama progresivo en la terapia sensorial de estudiante 3	96
Ilustración 4-16:	Resultado porcentual de la pregunta 1	97
Ilustración 4-17:	Resultado porcentual de la pregunta 2.....	98
Ilustración 4-18:	Resultado porcentual de la pregunta 3.....	99
Ilustración 4-19:	Resultado porcentual de la pregunta 4.....	99
Ilustración 4-20:	Resultado porcentual de la pregunta 5.....	100

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Oficio de autorización de la Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay

ANEXO B: Costo de la implementación del sistema

ANEXO C: Evaluación de los módulos electrónicos

ANEXO D: Instalación de punto de acceso para los módulos

ANEXO E: Datasheet de los microcontroladores utilizados

ANEXO F: Diseño de circuitos de los módulos

ANEXO G: Encuesta

ANEXO H: Código del Sistema IoT

RESUMEN

La Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay no cuentan con muchos equipos de terapia tecnológicos que permitan mejorar las habilidades de aprendizaje en la terapia de sus niños, razón por la cual los terapeutas de la institución han venido trabajando con equipos tradicionales siendo esto un problema de un posible retraso en el desarrollo de su inteligencia, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de Integración Curricular fue diseñar e implementar un sistema de estimulación sensorial con tecnología de Internet de las Cosas para niños con Discapacidad Intelectual de la Unidad Carlos Garbay de la ciudad de Riobamba. El desarrollo del sistema IoT fue realizado bajo las recomendaciones de profesionales en estimulación, quienes se basan en la metodología Snoezelen. Esta metodología se centra en proporcionar una experiencia sensorial positiva y significativa, adaptada a las necesidades individuales de cada persona. El sistema IoT consta de cuatro módulos interactivos diseñados para fomentar el desarrollo cognitivo, motor y sensorial de los niños a través de diversas actividades. Estos módulos están equipados con microcontroladores, sensores y actuadores, los cuales estimulan la participación activa de los niños al captar estímulos sensoriales. Además, el prototipo incluye una aplicación móvil destinado a monitorear el tiempo del progreso del niño en la terapia facilitando la gestión de información de los niños que participen en la terapia. Mediante esta metodología se pudo observar resultados positivos al incluir el sistema IoT de estimulación sensorial, donde los niños usaron los módulos electrónicos y en cada sesión lograron completar su terapia en menor tiempo que fue monitoreado por la aplicación. Se concluye que en la Institución cuentan con pocos sistemas basados en tecnología para la terapia de sus niños por lo que se recomienda que se incluyan más equipos tecnológicos en la educación especial para mejorar el desarrollo de su inteligencia.

Palabras clave: <INTERNET DE LAS COSAS>, <ESTIMULACIÓN SENSORIAL>, <DISCAPACIDAD INTELLECTUAL>, <MODULOS ELECTRÓNICOS>, <SALAS SNOEZELLEN>, <APLICACIÓN MÓVIL>, <TERAPIA>.

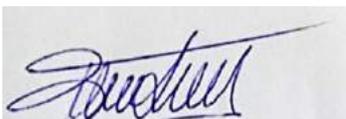


0391-DBRA-UPT-2024

SUMMARY

Carlos Garbay Specialized Primary School lacks advanced technological therapy equipment that could enhance the learning abilities in therapy for its children. Consequently, therapists at the institution have been working with traditional equipment, potentially causing a delay in the development of the children's intelligence. Therefore, the Curricular Integration project goal was to design and implement a sensory stimulation system using Internet of Things (IoT) technology for children with Intellectual Disabilities at the Carlos Garbay School in Riobamba City. The IoT system was developed following recommendations from professionals in stimulation therapy, who base their approach on the Snoezelen methodology. This methodology focuses on providing a positive and meaningful sensory experience, customizing individual needs. The IoT system consists of four interactive modules designed to promote cognitive, motor, and sensory development with children through various activities. These modules were equipped with microcontrollers, sensors, and actuators which stimulate active participation by responding to sensory stimuli. Additionally, the prototype includes a mobile application to monitor the progress duration of each child's therapy enabling information management for the children participating. Using this methodology positive results were observed by integrating the IoT sensory stimulation system, where children engaged with the electronic modules and were able to complete their therapy sessions in less time, which was monitored by the application. It is concluded that the institution lacks sufficient technology-based systems for the therapy of its children, and it is recommended that more technological equipment be included in special education to enhance the development of their intelligence.

Keywords: <INTERNET OF THINGS>, <SENSORY STIMULATION>, <INTELLECTUAL DISABILITY>, <ELECTRONIC MODULES>, <SNOEZELLEN ROOMS>, <MOBILE APPLICATION>, <THERAPY>.



Lic. Maritza Larrea Mg.

0603370784

INTRODUCCIÓN

La tecnología hoy en día se ha introducido en diferentes campos uno de ellos es la educación especial un gran ejemplo es la terapia de niños con capacidades especiales, el cual es un campo en constante evolución, por ende, las tecnologías actuales con enfoques terapéuticos permiten mejorar la calidad de vida de los niños que padecen alguna discapacidad. La tecnología como el Internet de las Cosas (IoT) se ha vuelto más relevante en la actualidad debido al crecimiento exponencial de la tecnología y su accesibilidad. La IoT se refiere a la interconexión de dispositivos físicos a través de internet, lo que permite la recopilación y el intercambio de datos en tiempo real. Esta tecnología ofrece interesantes oportunidades para mejorar la terapia en niños con distintas discapacidades, ya que puede ayudar a adaptar las intervenciones terapéuticas a las necesidades específicas de cada niño.

En la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay” cuentan con varios recursos y sistemas para dar estimulación en la terapia de los niños donde han visto un avance y logro en el proceso de los niños. Por esta razón se ve en la necesidad de desarrollar el proyecto de un sistema de estimulación sensorial aplicando la tecnología IoT, el cual se pretende desarrollar este tipo de sistema con elementos electrónicos que puedan ayudar a mejorar el estilo de vida de niños que tienen distintas discapacidades y puedan desarrollar sus habilidades y ser más independientes en la vida cotidiana.

En el presente trabajo de Integración Curricular se encuentra detalladamente la parte teórica de conceptos fundamentales sobre técnicas de simulación sensorial, a continuación, se realiza una evaluación de los elementos necesarios para el desarrollo del sistema IoT, seguidamente la construcción e implementación según los requerimientos analizados y finalmente se evalúa la eficiencia de desempeño y la usabilidad del sistema IoT, siendo este documento una guía y aporte para futuros sistemas de estimulación sensorial.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Problema general de investigación

¿Cómo diseñar e implementar un sistema IoT de estimulación sensorial para niños con discapacidad intelectual de la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay” de la ciudad de Riobamba?

1.2 Problemas específicos de investigación

¿Para qué estudiar las técnicas de estimulación utilizadas en terapia de niños con discapacidad intelectual?

¿Cómo analizar la infraestructura IoT de estimulación sensorial que permita determinar los componentes necesarios para el desarrollo del proyecto?

¿Cómo diseñar el prototipo de módulos electrónicos que se ajuste a las necesidades de los niños para la estimulación sensorial?

¿Cómo implementar el sistema IoT de estimulación sensorial una vez analizados los requerimientos?

¿Cómo evaluar la eficiencia de desempeño y la usabilidad del sistema IoT?

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Diseñar e implementar un sistema IoT de estimulación sensorial para niños con discapacidad intelectual de la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay” de la ciudad de Riobamba.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Estudiar las técnicas de estimulación utilizadas en terapia de niños con discapacidad intelectual.
- Analizar la infraestructura IoT de estimulación sensorial que permita determinar los componentes necesarios para el desarrollo del proyecto.
- Diseñar el prototipo de módulos electrónicos que se ajuste a las necesidades de los niños para la estimulación sensorial.

- Implementar el sistema IoT de estimulación sensorial una vez analizados los requerimientos.
- Evaluar la eficiencia de desempeño y la usabilidad del sistema IoT.

1.4 Justificación

1.4.1 *Justificación teórica*

Para la realización del respectivo proyecto se hizo un enfoque al internet de las cosas y técnicas de estimulación sensorial para determinar los beneficios que pueden aportar en niños con discapacidad intelectual. El IoT tiene el potencial de transformar la vida de las personas y más aún aquellas que padecen alguna discapacidad. Cabe recalcar que algunas de sus tecnologías están diseñadas específicamente para personas con alguna discapacidad que mediante su utilización logren ser más independientes en la sociedad. Un claro ejemplo es el sistema BLIND-Net apoyado en Internet de las Cosas (IoT) y dispositivos electrónicos, el cual busca asistir a personas invidentes en el desarrollo de sus actividades diarias, permitiéndoles guiarse y desenvolverse en entornos cerrados sin depender de los bastones que suelen utilizar (Díaz 2022). Con respecto a la estimulación sensorial se puede aplicar a través de diferentes medios, incluyendo la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato. En terapia ocupacional, por ejemplo, se utilizan diferentes técnicas para estimular los sentidos de los pacientes, como la exposición a diferentes texturas y temperaturas, la realización de actividades con luz y sonido, y la aplicación de terapias de aromaterapia. La estimulación sensorial ha sido objeto de numerosos estudios científicos en las últimas décadas, que han demostrado sus efectos beneficiosos en diferentes poblaciones. Esta técnica es ampliamente utilizada en terapias ocupacionales, de rehabilitación y de desarrollo infantil, entre otras áreas (Ruiz 2023).

La creación de una infraestructura de IoT requiere de seleccionar los elementos necesarios de hardware, software y componentes de red. Las organizaciones deben tener los dispositivos adecuados que puedan recopilar datos de manera eficiente, las aplicaciones apropiadas que puedan procesar y almacenar los datos y los componentes de red adecuados para garantizar que los datos se transmitan de forma segura entre dispositivos. Esta elección dependerá tanto de las decisiones de diseño tomadas como del entorno en el que el software y hardware deban funcionar correctamente. Crear una infraestructura de IoT es un paso importante para las organizaciones que desean aprovechar esta tecnología. Al invertir en los componentes y servicios correctos, las organizaciones pueden garantizar que su infraestructura de IoT sea segura, confiable y esté actualizada (Frackiewicz 2023).

Para crear un sistema o aula multisensorial es necesario diseñar un espacio con elementos atractivos en el cual, mediante una estrategia cuidadosamente planificada, los niños puedan trabajar en sus capacidades mediante el estímulo a cada uno de sus sentidos. Existe un proyecto en Madrid el cual surge de la necesidad en desarrollar nuevas pruebas normativas y otros recursos que ayuden en el tratamiento y en la prevención del TDAH (Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad). El sistema ayudará a los terapeutas a realizar diagnósticos y predecir el comportamiento futuro de los niños en esta área. Utilizando la tecnología de computación en la nube y la aparición de aplicaciones de Internet de las Cosas (Dolón 2020, p. 6). Por tal motivo se pretende diseñar e implementar un sistema IoT de estimulación sensorial para niños con discapacidad intelectual haciendo uso de elementos necesarios como dispositivos físicos, conectividad, plataformas, nube, software, seguridad, gestión de datos y gestión de energía, donde al integrar todo se pueda recopilar datos en tiempo real y proporcionar beneficios a través del análisis y el control.

La gestión de los dispositivos conectados es crucial para acceder y mantener los dispositivos que realizan tareas e informes de datos en aplicaciones de misión crítica. Estos dispositivos deben ser supervisados en cuanto a seguridad y tiempo de funcionamiento y actualizados con parches y mejoras. Para que los administradores puedan realizar estas funciones, es necesario que la implementación de soluciones en el Internet de las Cosas se conecte de manera efectiva con las plataformas de administración de aplicaciones específicas para IoT. La gestión de dispositivos es la capacidad de acceder, diagnosticar y gestionar de forma remota la funcionalidad de sus dispositivos implementados en IoT (Locke 2021).

1.4.2 *Justificación aplicativa*

Con el respectivo proyecto se pretende construir un sistema de estimulación sensorial para niños con discapacidad intelectual de la Unidad Educativa Carlos Garbay haciendo uso del internet de las cosas (IoT) con el propósito de ayudar a docentes y terapeutas que trabajan en instituciones de aprendizaje y rehabilitación a potenciar las capacidades de las personas que presentan algún tipo de discapacidad sensorial, cognitiva y motora, del mismo modo evitar o disminuir un posible retraso en el desarrollo de su inteligencia.

Primeramente, se estudiará las técnicas de estimulación utilizadas en terapia de niños con discapacidad intelectual que nos permita determinar la terapia más adecuada y sus beneficios para su estimulación. Luego se analizará la infraestructura IoT de estimulación sensorial que nos permita determinar los componentes necesarios para el desarrollo del sistema. A continuación, se diseñará el prototipo de cuatro módulos electrónicos que se ajuste a las necesidades de los niños

con discapacidad intelectual para la estimulación sensorial con los que van a interactuar en la terapia. El módulo 1: Juego de frutas (estimula el lenguaje oral, la vista, el tacto y la audición); el módulo 2: Juego de aseo (estimula el lenguaje oral, la vista, el tacto y la audición); el módulo 3: Rutas musicales (estimula la audición, la vista, el tacto y lenguaje de los niños) y el módulo 4: Juego de olores (destinada principalmente para la estimulación olfativa, visual, táctil y auditiva). Seguidamente se implementará el sistema IoT de estimulación sensorial una vez analizados los requerimientos necesarios mencionados a continuación: El bloque de usuarios corresponde a los niños que harán uso de estos módulos para su estimulación y el docente o terapeuta que gestionará la aplicación móvil, a través del cual podrá realizar el seguimiento del progreso de la terapia de los niños. En el bloque de interfaz hace referencia a los componentes de hardware y software que interactúan los niños y terapeutas. Los niños realizan la estimulación con los módulos usando varios elementos como placas de desarrollo, sensores, actuadores (luces, colores, sonidos, olores, pulsadores y más). También existirá una aplicación móvil encargada de monitorear el progreso de la terapia de los niños. En el bloque del servidor web se ubica la aplicación móvil (programación en la nube), enfocándose en el control y manejo de contenidos, tales como autenticación en la aplicación, registro de usuarios, pacientes, registros para verificar el progreso de la terapia de los niños y los reportes personales. Y el bloque de base de datos representa el almacenamiento de datos e información manejada por la aplicación móvil, así como perfiles de los niños y terapeuta, el control de avance de cada sesión de la terapia de los niños y finalmente se realizará pruebas de funcionamiento del sistema IoT donde se evaluará la eficiencia de desempeño y la usabilidad.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El presente capítulo representa el estudio o exploración teórica necesaria para avanzar en el desarrollo de la investigación del proyecto. Se incluirán explicaciones detalladas sobre conceptos esenciales del tema y las particularidades de los componentes utilizados en la construcción del prototipo del sistema IoT.

2.1 La tecnología en el campo de la Educación Especial

2.1.1 Generalidades y antecedentes

En la actualidad las nuevas tecnologías se han introducido en diversos campos para dar un aporte a la sociedad como es el caso de la educación especial que existe dos tendencias que se reflejan también en el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación): la escuela de educación especial, que permite la concentración de especialistas y niños con alta demanda, y la escuela inclusiva que fomenta la incorporación en la sociedad y trabaja para eliminar el estigma asociado a la discapacidad. Hay trabajos que sitúan en el segundo modelo la intervención a promover, y desde su perspectiva, el objetivo principal de las TIC es tratar de identificar las tecnologías adaptativas o de apoyo para aplicarlas a la educación inclusiva en el sistema educativo para personas con discapacidad que posibiliten su autonomía, desarrollo cognitivo, personal y social. A partir del desarrollo de un Sistema Informático Especializado (SIE), constituido por un software y un conjunto de materiales didácticos, ofrece a los profesionales de la educación especial una herramienta adicional que se adapta de manera más efectiva a sus requerimientos y a las necesidades educativas de los estudiantes con discapacidad (Guillomía 2021, p. 20).

Por otra parte, tenemos los tipos de estimulación uno de ellos muy usuales empleados en la educación o terapia de personas especiales es la estimulación sensorial que comenzó a utilizarse en la década de los 70 como apoyo a personas con discapacidad psíquica o física para que pudieran interactuar con el entorno a través de ella. A finales del año de 1970, dos terapeutas holandeses, Jan Hulsegge y Ad Verheul, experimentaron con este espacio con tal éxito que crearon una unidad o sala sensorial y crearon una palabra para definir el concepto: *snoezelen*, contracción de los verbos *snuffelen* (explorar) y *doezelen* (relajarse). La estimulación sensorial favorece la integración de los sentidos y mejora la calidad de vida de los niños mediante el uso de materiales y dispositivos que se disponen en estos espacios conocido como cuarto o sala de estimulación

multisensorial el cual es un entorno espacial que permite a los alumnos con determinadas discapacidades interactuar con el medio a través de la estimulación de sus sentidos (Ocaña 2016).

En la ciudad de Cuenca un estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana en el 2014 presenta un proyecto con el tema “Diseño e implementación de una sala multisensorial con un sistema electrónico de seguimiento y evaluación automatizado” con el objetivo de facilitar el trabajo del terapeuta en la estimulación de los sentidos, la relajación y con las herramientas apropiadas, siendo un aporte importante para la educación especial para personas que presentan diagnósticos de discapacidades como: sordo-ciegos, discapacidad intelectual, autismo, síndrome de Down, etc. La estimulación sensorial es un tratamiento muy práctico y eficaz, especialmente cuando se trata de personas con capacidades especiales, ya que de alguna manera les ayuda a entrenar el pensamiento y la psicomotricidad a través de elementos visuales, auditivos, táctiles, olfativos y gustativos (Ávila y Portocarrero 2014, p. 16).

En la ciudad de Quito el estudiante Richard de la Cruz de la Universidad Politécnica Salesiana en el 2021 presenta su proyecto de titulación con el tema “Implementación de un prototipo de sala multisensorial para ayudar a la estimulación temprana” con la finalidad de optimizar el entrenamiento de sus sentidos corporales y destrezas psicomotrices del paciente, este proyecto está compuesta por tres paneles interactivos, donde cada uno se enfoca en un grupo de sentidos, es así que; el primero de ellos permite estimular la vista y el tacto; el segundo, el oído, el tacto y la vista; y el tercero, el olfato, el tacto y la vista, siendo estos primordial para su estimulación (De la Cruz 2021, p. 25).

Basándonos en investigaciones realizadas identificamos la necesidad de construir un sistema haciendo uso del internet de las cosas (IoT) que en la actualidad nos ofrece grandes beneficios en diferentes campos ya sea en la educación, mediante esta tecnología se pretende ayudar de alguna manera a docentes y terapeutas a que trabajen de una forma favorable con personas que tienen discapacidad ya sea intelectual o motora debido a que estas personas no tienen el mismo grado de aprendizaje que los demás.

2.1.2 Beneficios de la tecnología en la educación especial

La tecnología se presenta como una herramienta poderosa que amplía los horizontes de los objetivos educativos, trascendiendo lo convencional. Es especialmente relevante su impacto positivo en las personas con necesidades especiales. En este sentido, la tecnología aporta notables beneficios a los niños con requerimientos distintos, mejorando su acceso a una educación de mayor calidad y potenciando el desarrollo de sus habilidades y competencias (Escuelitadigital 2019).

Desde la introducción de programas informáticos adaptados hasta la creación de software específicamente diseñado para personas con diversos niveles de discapacidad, la tecnología ha transformado notablemente la calidad educativa en este ámbito. Un avance significativo radica en el empleo de dispositivos electrónicos que asisten a los niños con necesidades especiales en la adquisición del lenguaje y el desarrollo de habilidades cognitivas, al mismo tiempo que facilitan su participación en actividades académicas (Escuelitadigital 2019).

2.1.3 *Características principales sobre la educación especial*



Ilustración 2-1: Educación especial

Fuente: (Upbility 2023)

La Educación Especial es un servicio que busca maximizar las habilidades de cada niño, sin excluir a ningún alumno. Luego de un seguimiento adecuado, evaluación y apoyo, se busca la integración exitosa de estos estudiantes en el sistema educativo convencional. Este tipo de educación se enfoca en atender a niños, niñas, adolescentes, jóvenes y adultos con características biológicas, psíquicas y socio-culturales diferentes, como consecuencia de antecedentes patológicos o clínicos, o de privaciones socio-económicas y culturales (Ávila y Portocarrero 2014, p. 17).

La educación especial no fue concebida con el fin de marginar al alumno ni crearle una etiqueta, su propósito es apoyar a los estudiantes con necesidades educativas particulares a través de servicios educativos como la estimulación temprana, la educación inicial y la educación básica, para facilitar su integración en el sistema educativo. En Ecuador, existen instituciones especializadas que se centran en atender a personas con diversas discapacidades, como discapacidad visual, auditiva, discapacidad intelectual, Síndrome de Down, autismo, etc (Ávila y Portocarrero 2014, p. 18).

La educación especial autentica tiene un enfoque inclusivo y social, su meta principal es promover la autonomía de los estudiantes y facilitar su integración en la sociedad. Para lograr una verdadera inclusión social, es esencial iniciar este proceso principalmente en las aulas ya que, al fomentar la inclusión en las escuelas, se sientan las bases para la inclusión en la sociedad en general. Esto permite inculcar valores en los niños y promover una mentalidad abierta, creando un entorno de tolerancia e igualdad. Si un estudiante con necesidades educativas especiales no puede ser integrado en una institución regular, se anticipa que pueda proseguir su educación en un centro de educación especial. Además, tendrá acceso a talleres de formación en autonomía funcional, los cuales tienen como propósito ayudarles a prepararse para su independencia en el futuro (Ávila y Portocarrero 2014, p. 18).

Según el informe de la Organización Mundial de la Salud del 24 de noviembre de 2021, se estima que más de mil millones de personas viven con discapacidad, representando alrededor del 15% de la población mundial. Asimismo, hasta 190 millones, es decir, aproximadamente el 3.8% de las personas de 15 años o más, enfrentan dificultades significativas en su funcionamiento diario, requiriendo a menudo servicios de atención médica (Vinueza 2022, p. 22).

2.1.4 Principios generales de la educación especial

La educación especial se enfoca en atender a estudiantes con necesidades educativas especiales, ya sea por sobredotación intelectual o bien por discapacidades psíquicas, físicas o sensoriales. Este tipo de educación se organiza siguiendo una serie de principios generales, que incluyen la normalización, la individualización, la sectorización y la integración.

2.1.4.1 Normalización

Normalizar implica ver a las personas con capacidades especiales como integrantes plenos de la sociedad, con los mismos derechos y responsabilidades. Es fortalecer sus habilidades para que puedan contribuir activamente a las tareas de la comunidad (Ávila y Portocarrero 2014, p. 18).

2.1.4.2 Individualización

La individualización implica la adaptación por parte del profesional docente de su metodología de enseñanza para atender las necesidades específicas de cada alumno de manera personalizada y ajustada a sus requerimientos particulares (Ávila y Portocarrero 2014, p. 18).

2.1.4.3 *Integración*

El objetivo de la integración es asegurar que los niños con capacidades especiales se conviertan en parte de los grupos sociales, sin negar las necesidades y desafíos que puedan enfrentar. Es importante proporcionar el apoyo necesario sin que ello conlleve a ningún tipo de discriminación (Ávila y Portocarrero 2014, p. 18).

2.1.4.4 *Sectorización*

Sectorizar se refiere al proceso de proporcionar atención y servicios a niños con capacidades especiales en el entorno geográfico o área donde residen y llevan a cabo sus actividades cotidianas (Ávila y Portocarrero 2014, p. 19).

2.1.5 *Educación especial en Ecuador*

La educación especial en el Ecuador tiene sus inicios bajo criterios de beneficencia y fue promovida inicialmente por padres de familia y algunas organizaciones privadas, a pesar de que la Constitución de la República de Ecuador respaldaba este tipo de educación. Con el paso de las décadas, surgieron instituciones dedicadas a atender a las personas con discapacidad auditiva y visual, así como a educar a aquellos que tenían retraso mental u otras limitaciones físicas (Ávila y Portocarrero 2014, p. 19).

En los años 80, se incorpora la Educación Especial como un programa de alta prioridad. Posteriormente, el Departamento Nacional de Educación Especial desarrolla un Plan General con la intención de regular la educación y, de este modo, mejorar la calidad de la educación especial a través de la formación de profesionales en este campo (Ávila y Portocarrero 2014, p. 19).

Durante los años 90, se introdujeron acuerdos ministeriales que promueven y simplifican el avance de la educación especial en Ecuador. En 1994, se establece que todas las instituciones de educación convencional deben incorporar a las personas con necesidades educativas especiales en su proceso educativo. Desde entonces hasta la fecha actual, Ecuador ha experimentado transformaciones significativas con el propósito de mejorar la enseñanza en el ámbito de la educación especial (Ávila y Portocarrero 2014, p. 19).

El Ministerio de Educación y Cultura de Ecuador se encarga de garantizar que los niños con necesidades especiales reciban educación inicial, educación básica y talleres de formación con un enfoque educativo y social. Existen instituciones especializadas diseñadas para atender a los niños que tienen necesidades educativas especiales relacionadas con discapacidades, como

discapacidad visual, auditiva, intelectual y autismo. Una vez que un niño ha recibido formación en estas instituciones, se busca su integración en un centro de educación especial. En caso de que un estudiante con necesidades educativas especiales no pueda ser incorporado en una institución regular, se espera que continúe su educación en un centro de educación especial, donde también se proporcionarán talleres de formación en habilidades para la vida diaria que les ayudarán a preparar para su independencia en el futuro (Ávila y Portocarrero 2014, p. 19).

Por otro lado, el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, en su informe del 22 de enero de 2022, estima que 471205 personas registran discapacidad en Ecuador. Esto se desglosa en porcentajes variados según grupos de edad: 0 a 3 años el 0,39%; de 4 a 6 años el 1,05%; de 7 a 12 años el 4,48%; de 13 a 18 años el 6,98%; de 19 a 24 años el 7,81%; de 25 a 35 años el 13,44%; de 36 a 64 años el 40,72%; y de 65 años en adelante el 25,12% (Vinueza 2022, p. 24).

2.1.5.1 *Tipos de discapacidades más comunes en el Ecuador*

Las personas con discapacidades son aquellas que, debido a una o varias limitaciones físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, sin importar la causa que las haya ocasionado, experimentan de manera constante restricciones en su capacidad biológica y psicológica para llevar a cabo una o varias actividades fundamentales en su vida cotidiana, en la tabla 2-1 se detallan los cinco tipos de discapacidades más comunes y su descripción (Vera 2019).

Tabla 2-1: Tipos de discapacidades

Discapacidad	Descripción	Ejemplo
Discapacidad intelectual	Es un término utilizado cuando una persona no puede alcanzar los niveles de aprendizaje esperados y enfrenta dificultades para llevar a cabo sus actividades diarias de manera convencional.	Un ejemplo sería el Síndrome de Down.
Discapacidad física	Es aquella que limita o impide el desempeño motor de la persona. Las causas de la discapacidad física muchas veces son congénitas o de nacimiento.	Un ejemplo puede ser por problemas del organismo (derrame cerebral).
Discapacidad auditiva	Aparece como invisible, ya que no presenta características físicas evidentes.	Se hace notoria por el uso de audífonos.
Discapacidad visual	Se refiere a una anomalía o desafío relacionado con el ojo o sus estructuras, que resulta en una capacidad de visión por debajo de lo común.	Una discapacidad visual suele venir de su

		nacimiento debido a una enfermedad genética.
Discapacidad psicosocial	Dentro de la discapacidad mental, se incluye la discapacidad psicosocial, que se caracteriza por alteraciones en el proceso de razonamiento y la incapacidad para interactuar de manera culturalmente aceptable con la sociedad.	Un ejemplo de discapacidad psicosocial podría ser el trastorno del espectro autista (TEA).

Fuente: (Vera 2019)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

2.1.5.2 *Discapacidad en Riobamba*

En la ciudad de Riobamba, existe una población de aproximadamente 7,111 individuos con diversas formas de discapacidad. Dentro de esta población, se identifican 2.942 personas con discapacidad física, lo que representa el 41,37% del total. Asimismo, se cuenta con 1.409 personas con discapacidad intelectual, comprendiendo el 19,81%. Además, se registran 1.512 personas con discapacidad auditiva, constituyendo el 21,26% del grupo. En cuanto a la discapacidad visual, se contabilizan 943 personas, lo que supone el 13,26%. Por último, se encuentran 305 habitantes con discapacidad psicosocial, representando el 4,29% del conjunto de personas con discapacidad en esta área (Vinueza 2022, p. 24).

Estos datos resaltan la diversidad y la complejidad de las necesidades de la población con discapacidad en Riobamba, enfatizando la importancia de programas y servicios especializados que aborden estas distintas condiciones para mejorar la calidad de vida y promover la inclusión plena en la comunidad.

2.2 **Enfoques terapéuticos aplicado a personas con capacidades especiales**

Existen diversas metodologías terapéuticas destinadas a abordar este tipo de discapacidades, que pueden involucrar otras deficiencias neurológicas, del sistema nervioso, de la percepción, del lenguaje, u otras que obstaculizan el desarrollo adecuado de un niño o niña, y que van más allá de las alteraciones motoras. Para abordar los diferentes niveles de afectación en las diversas áreas perceptivas dañadas en el individuo, es necesario recurrir a enfoques terapéuticos adicionales con el fin de reeducar y mejorar las funciones afectadas de aquellas personas (Pérez Sáez 2016, p. 7). A continuación, se mencionará algunas de ellas.

2.2.1 *Estimulación temprana*

La Estimulación Temprana es un enfoque terapéutico y educativo diseñado para impulsar y facilitar el desarrollo completo y equilibrado de los niños, alentando la mejora y recuperación de habilidades afectadas, ya sea de manera total o parcial, debido a condiciones congénitas o adquiridas, moderando sus efectos. Este tipo de estimulación es realizada durante los primeros años de vida, en la cual se pretende desarrollar al máximo las capacidades del niño o niña, teniendo presentes las etapas del desarrollo (Pérez Sáez 2016, p. 20).

Para facilitar una adecuada integración sensorial y fomentar el desarrollo desde los primeros meses de vida de un niño, es esencial implementar la estimulación temprana. Durante los primeros años, el niño tiene una mayor plasticidad cerebral, lo que significa que una estimulación temprana y apropiada desempeña un papel fundamental en su desarrollo. Cuanto más joven sea el niño, mayor será su capacidad de adaptación y más oportunidades de desarrollo tendrán en diversos aspectos de su crecimiento. Por lo tanto, es esencial ofrecer esta forma de estimulación hasta los seis años de edad. (Pérez Sáez 2016, p. 20).

2.2.2 Estimulación cognitiva

La estimulación cognitiva comprende un conjunto de técnicas y actividades destinadas a potenciar o preservar el rendimiento cognitivo en personas que presentan deficiencias mentales o han experimentado lesiones cerebrales. Estas técnicas pueden abarcar desde la participación en juegos de razonamiento, rompecabezas y la realización de ejercicios para fortalecer la memoria, entre otras opciones (López 2022).

La estimulación cognitiva se aplica en personas de todas las edades, aunque es más frecuente en adultos mayores que padecen trastornos cognitivos como la demencia, el Alzheimer o el Parkinson. Sin embargo, también puede ser beneficioso para aquellos que han experimentado una lesión cerebral, ya sea a raíz de un accidente cerebrovascular o un traumatismo craneal (López 2022).

2.2.3 Estimulación sensorial

La estimulación sensorial es el proceso de proporcionar experiencias y estímulos que activan los sentidos en niños, ya sean auditivos, visuales, táctiles, etc. Esta práctica consiste en exponer a los niños a una diversidad de estímulos sensoriales con el propósito de fomentar su desarrollo y aprendizaje. La estimulación sensorial contribuye a que los niños exploren y comprendan mejor su entorno, refuerza las conexiones neuronales y promueve el desarrollo de habilidades perceptivas a través de la exposición a una variedad de estímulos sensoriales, como sonidos,

texturas, colores, olores y sabores. De esta manera, se estimula la curiosidad, la atención y la concentración (Euroinnova 2021).

El desarrollo del cerebro en la etapa infantil implica el desarrollo global del niño a lo largo de su crecimiento. Una estimulación apropiada permitirá desarrollar al máximo las capacidades intelectuales, motoras, sociales y lingüísticas de la persona. La eficiencia de la estimulación multisensorial, ya sea en niños con o sin discapacidades, promueve el desarrollo de los sentidos mediante la estimulación de los órganos sensoriales, lo que permite a la persona percibir de manera más completa los estímulos del entorno (Pérez 2016, p. 21).

La estimulación sensorial en los niños pequeños tiene como objetivo potenciar su desarrollo al promover la unión de la información sensorial que experimentan, contribuyendo así a su aprendizaje y su interacción con el entorno. En un ambiente con estímulos cuidadosamente controlados, se fomenta la exploración, el descubrimiento y el disfrute de diversas experiencias sensoriales, permitiendo al niño una mayor libertad para experimentar (Pérez 2016, p. 22). Una vez analizado estos tres enfoques terapéuticos se decidió optar por la estimulación sensorial para el desarrollo del proyecto debido a que se ajusta a las necesidades de personas con discapacidad intelectual.

2.2.3.1 *Estimulación sensorial y sus beneficios*

La estimulación sensorial es un tipo de terapia empleada a personas que presentan diversas limitaciones en sus capacidades, abarcando desde niños y niñas con problemas en su desarrollo motor o neurológico, hasta personas mayores que padecen deficiencias cognitivas graves y demencias (Menni 2019), tales como:

- Trastornos del neurodesarrollo,
- Discapacidad intelectual,
- Daño cerebral adquirido,
- Trastornos neuromotores,
- Enfermedades degenerativas,
- Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH),
- Trastorno del espectro autista,
- Parálisis cerebral,
- Síndrome de Down, de Asperger y de Rett
- Alteraciones en el habla, la voz y la comunicación.

Las personas que experimentan enfermedades mentales, trastornos del espectro autista, deterioro cognitivo o demencias pueden experimentar perturbaciones en uno o varios de sus sistemas sensoriales. Estas perturbaciones pueden influir negativamente en su desarrollo, capacidad de aprender, así como en su comportamiento y estado emocional (Menni 2019).

Nuestros sentidos desempeñan un papel fundamental ya que son el medio a través del cual nos comunicamos y recibimos información. Entre estos sentidos se incluyen la vista, el tacto, el oído, el olfato y el gusto, así como otros como el sentido del equilibrio, la percepción del calor, la conciencia de las distintas partes de nuestro cuerpo y la capacidad de sentir dolor. Los sentidos desencadenan la actividad cerebral y nos brindan la oportunidad de nutrir nuestro cerebro con información, aprender y adquirir conocimientos. En última instancia, los sentidos son esenciales para el desarrollo de nuestra inteligencia, ya que se conectan con diversas áreas del cerebro y el sistema nervioso, formando lo que conocemos como "sistemas sensoriales" (Menni 2019).

Durante los primeros años de vida, el 85% del desarrollo neuronal se produce en los niños, lo cual resulta fundamental para promover la comunicación, la comprensión, el progreso social y el bienestar emocional. Por esta razón, se aconseja emplear la estimulación sensorial como un enfoque terapéutico en niños, contribuyendo de manera positiva a un aprendizaje significativo (Molins 2018). A continuación, se detallan los beneficios que brinda la estimulación sensorial:

- Estimula el desarrollo cognitivo y las habilidades sensoriales
- Mejora la concentración y coordinación del niño.
- Fomenta la receptividad a estímulos externos ya la comunicación, incluyendo la no verbal. Contribuye al fortalecimiento del pensamiento lógico y la organización de la información recibida.
- Aumenta tanto el deseo de aprender como la curiosidad y la atención.
- Favorece el desarrollo equilibrado de todos los sentidos.
- Mejora la propiocepción, es decir, la conciencia de uno mismo y su propio cuerpo.
- Además, potencia relaciones positivas con adultos y otros niños (Orellana 2023).

Los sistemas sensoriales desempeñan un papel crucial en la tarea de establecer una conexión entre estas personas y su entorno. Este proceso se conoce como estimulación sensorial y su propósito principal es activar los sentidos de la persona. La estimulación sensorial es una intervención diseñada para promover un sentimiento de bienestar al enriquecer la experiencia de los distintos sentidos, involucrando sonidos, luces, colores, olores y sensaciones táctiles. A través de esta práctica, contribuimos a que estas personas interactúen con su entorno (Unir 2021).



Ilustración 2-2: Estimulación sensorial

Fuente: (Unir 2021)

2.2.3.2 Origen y características de un espacio sensorial

Un espacio sensorial constituye un entorno interactivo planificado para activar los sentidos del niño, abarcando el tacto, oído, vista, olfato y gusto. En este espacio, se establece un ambiente que promueve el bienestar y la relajación, permitiendo al niño reconocer y conectarse con su entorno. Se emplean texturas, música, aromas, luces y diversos objetos con el propósito de estimular los sentidos del niño y favorecer su desarrollo físico y mental (Ávila y Portocarrero 2014, p. 23).

Las salas o espacios sensoriales tuvieron su origen en Holanda durante la década de los 70, al cual lo denominaron con el nombre de *snoezelen*, un término formado a partir de dos vocablos neerlandeses *snuffelen* y *doezelen*, que significan “impregnarse de sensaciones” y “relajarse”. En los años 90, la comunidad científica comenzó a mostrar interés en este enfoque, evaluándolo tanto desde una perspectiva terapéutica como de entretenimiento. En España, esta práctica se introdujo alrededor del año 2000 y ha ido ganando cada vez más relevancia en el tratamiento de personas con diversos trastornos, demencias y problemas de conducta (Menni 2019).

No todos los espacios sensoriales siguen estándares fijos, ya que su configuración es adaptable según el centro, los individuos, entre otros factores. Además, la sala de estimulación sensorial puede ajustarse según las nuevas necesidades que puedan surgir (Ramírez 2018, p. 15). A continuación, se menciona las siguientes características que se debe tomar en cuenta sobre un cuarto sensorial.

- **Iluminación:** Cada área dentro de la sala debe contar con su propia iluminación, que sea única y no se vea afectada por la luz exterior, con el fin de prevenir deslumbramientos.
- **Resonancia y reverberación:** Se requiere establecer períodos de silencio y asegurar que los estímulos sonoros externos no interfieran de manera perjudicial.

- **Color:** La elección de colores debe basarse en la utilidad y función de la sala, utilizando contrastes apropiados para evitar la fatiga visual.
- **Mobiliario:** Es fundamental organizar los elementos y muebles de manera adecuada para prevenir accidentes

2.2.3.3 *Espacios sensoriales*

Desde la perspectiva de la actividad, se pueden identificar dos tipos de entornos:

- **Pasivo:** Este tipo de entorno implica que el individuo se sumerge en un ambiente que lo estimula y complace a través de estímulos sensoriales.
- **Activo:** En este caso, la participación del usuario es esencial para el proceso de aprendizaje, permitiéndole tomar conciencia de los efectos de sus acciones en el entorno (relación causa-efecto) (Eneso 2012).

Los espacios o salas de estimulación sensorial, conocidas como Snoezelen, representan un recurso fundamental para el estímulo sensorial mediante la acción y la experimentación. Constituyen un cambio metodológico significativo en la estimulación de niños, niñas, personas con discapacidad y adultos mayores, colocando al individuo como el protagonista de su propio proceso de aprendizaje. El educador o terapeuta asume el rol de mediador en este contexto. Este enfoque se encuentra estrechamente ligado al entorno, ya que implica la configuración de espacios, principalmente interiores, diseñados con estímulos controlados que promueven la percepción sensorial y facilitan la adquisición del conocimiento a través de la exploración. La diversidad de estímulos en términos de intensidad, frecuencia y duración adecuada, contribuye al desarrollo integral y equilibrado, facilitando un crecimiento enriquecedor a nivel sensorial y cognitivo (Eneso 2012).

2.2.3.4 *Módulos para estimulación sensorial*

Los cuartos sensoriales están diseñados para ofrecer experiencias sensoriales mediante sonidos, interacciones táctiles, olores, percepciones luminosas, sabores y otros estímulos. Por lo general, estos elementos se distribuyen en distintas áreas de la habitación según los sentidos que se pretenden estimular, aunque también se pueden encontrar elementos o módulos destinados a activar múltiples sentidos simultáneamente (Montagud 2021).

Entre los elementos o módulos que podemos encontrar en una sala de estimulación sensorial tenemos:

- Lámparas y proyectores de luz de diferentes colores, formas e intensidades
- Fibras luminosas
- Pulsadores, interruptores y paneles táctiles que activan luces y sonidos
- Espejos y todo tipo de superficies reflectantes
- Objetos con formas, colores, materiales, texturas, dureza de todo tipo
- Columnas de burbujas
- Objetos que producen sonidos al tocarlos
- Difusores de aroma, objetos aromatizados, aceites
- Comidas líquidas, sólidas, saladas, dulces
- Mordedores y masticadores
- Elementos para la relajación como colchonetas, butacas, mecedoras
- Reproductores de música
- Instrumentos musicales
- Cama de agua con vibración al compás de la música

La amplia gama de objetos y efectos que estas salas ofrecen permite a quienes las exploran experimentar una diversidad de estímulos, siendo esta estimulación multisensorial beneficiosa tanto para fines terapéuticos como para el simple disfrute recreativo. En un contexto terapéutico, es posible que los terapeutas guíen la sesión y supervisen la aplicación de los estímulos, ayudando al paciente a tomar conciencia de su entorno e invitándolo a interactuar con los objetos. Por otro lado, en algunas situaciones se otorga total libertad a los pacientes para explorar y utilizar los objetos de la sala según su propio criterio (Montagud 2021). El respectivo análisis del proyecto se concentra en niños que presentan discapacidad intelectual, por tal motivo se aborda el concepto para proporcionar una explicación detallada del mismo.

2.2.3.5 *Discapacidad Intelectual (DI)*

La DI se distingue por limitaciones en el funcionamiento intelectual y en la conducta adaptativa, las cuales se manifiestan en las habilidades conceptuales (como la formulación de ideas, la comprensión de relaciones abstractas, el desarrollo de nuevos conceptos, la resolución creativa de problemas, el análisis de procesos, la gestión de la calidad, la innovación y creatividad, así como la planificación y la gestión del entorno), habilidades sociales y de adaptación (Moreira 2016, p. 21).



Ilustración 2-3: Discapacidad Intelectual

Fuente: (Moreira 2016)

Es importante comprender el significado de "intelecto" como antecedente. Se define como la facultad del pensamiento y proviene de la palabra latina "intelligere" (Intus = dentro, legere = leer). En este contexto, el intelecto permite discernir o reconocer la naturaleza interna o esencial de las cosas. Esta capacidad proporciona conocimiento que va más allá de los sentidos, contribuyendo al entendimiento. La función principal del intelecto es la inteligencia, involucrando tres procesos mentales: la formación de ideas, el juicio y el razonamiento. Al estar conectado con las funciones sensoriales, el intelecto requiere la acción de los sentidos y tiene la capacidad de elaborar conceptos a partir de elementos abstractos derivados de la representación sensorial (Moreira 2016, p. 21-22).

Algunos escritores caracterizan la discapacidad intelectual haciendo hincapié en el concepto conocido como Coeficiente Intelectual (CI). Este indicador refleja la ejecución de una persona en una evaluación que evalúa sus capacidades cognitivas, clasificando a las personas con discapacidad intelectual en diversos grupos y facilitando así la comprensión de la gravedad y el pronóstico de su condición (Moreira 2016, p. 22).

En 1912, el psicólogo alemán William Stern introdujo el término como una propuesta para evaluar los resultados de las pruebas de inteligencia. Este coeficiente se calculaba al dividir la edad cronológica entre la edad mental, y el resultado se multiplicaba por cien. Dos años más tarde, David Weschler desarrolló la Escala Weschler de Inteligencia para Adultos (WAIS, por sus siglas en inglés). A lo largo del tiempo, se revisó de nuevas escalas, y alrededor de 1916, se publicó la Escala de Inteligencia de Stanford-Binet, que se ha convertido en la base de los tests de inteligencia utilizados en la actualidad (Moreira 2016, p. 22).

Tabla 2-2: Interpretación de los resultados CI

Puntaje	Nivel
180 – (+)	Genio
160 – 179	Excepcionalmente dotado
145 – 159	Brillante
130 – 144	Moderadamente brillante
115 – 129	Ligeramente encima de la media
85 – 114	Rango intelectual medio
70 – 84	Barrera de la discapacidad mental
55 – 69	Discapacidad mental leve
40 – 54	Discapacidad mental moderada
25 – 39	Discapacidad mental grave
1 – 24	Discapacidad mental profunda

Fuente (Moreira 2016, p. 22)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

2.2.3.6 *Características de personas con Discapacidad Intelectual*

Las personas con discapacidad intelectual presentan las siguientes características mencionadas a continuación:

- Poseen una capacidad cognitiva limitada para adaptarse a las exigencias presentadas por el entorno familiar, social y escolar.
- Muestran una adquisición y uso deficiente del lenguaje.
- Presentan una capacidad restringida para simular, procesar y retener información, lo que les dificulta resolver problemas y situaciones.
- Experimentan dificultad para dirigir y mantener la atención en estímulos relevantes.
- En términos generales, enfrentan problemas para compartir, esperar su turno, sonreír, prestar atención, imitar y seguir instrucciones (Moreira 2016, p. 25).

2.2.3.7 *Causas de enfermedades y trastornos asociados*

La discapacidad intelectual se manifiesta antes de los 18 años y tiene una amplia gama de causas. Los factores que influyen en su desarrollo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2-3: Causas de la discapacidad intelectual

Antes o durante la concepción	<ul style="list-style-type: none">• Trastornos hereditarios: síndrome del cromosoma X frágil (causa más común).• Anormalidades cromosómicas: síndrome de Down.
Durante el embarazo	<ul style="list-style-type: none">• Desnutrición materna severa.• Infección por virus• Toxinas• Drogas• Desarrollo cerebral anormal• Preeclampsia y embarazos múltiples
Durante el parto	<ul style="list-style-type: none">• Hipoxia.• Prematurez extrema.
Después del nacimiento	<ul style="list-style-type: none">• Infecciones cerebrales: meningitis, encefalitis.• Lesión cerebral severa.• Desnutrición del bebé.• Abuso o negligencia emocional severa.• Toxinas• Tumores cerebrales y sus tratamientos.

Fuente: (Moreira 2016, p. 24)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

2.2.3.8 *Tratamientos aplicados a personas con DI*

La detección precoz y la intervención temprana constituyen los dos tratamientos esenciales y fundamentales para reducir los diversos signos asociados a la discapacidad. Los propósitos de estas intervenciones no buscan la "cura", dado que la Discapacidad Intelectual no se clasifica como una enfermedad sino como un trastorno (Pérez 2021, p. 12), por lo que el tratamiento se basa en lo siguiente:

Prevención de enfermedades y complicaciones médicas: Esto abarca la instrucción en prácticas de higiene personal destinadas a prevenir infecciones, así como a mantener un modo de vida saludable y buscar atención médica de manera oportuna frente a cualquier enfermedad.

Tratamiento de enfermedades acompañantes: Como se mencionó anteriormente, algunas personas pueden exhibir otros tipos de anomalías orgánicas, como disfunciones de órganos o síndromes genéticos.

Tratamiento de comportamientos desafiantes: Los profesionales en educación, psicología y rehabilitación tienen la capacidad de colaborar en la modificación de patrones de comportamiento, tales como rabietas, gritos o conductas inapropiadas, que podrían obstaculizar la integración de la persona en las actividades cotidianas.

Rehabilitación: Particularmente crucial en casos de deficiencias motoras, de lenguaje o escritura, contribuye al perfeccionamiento de habilidades mediante la práctica repetitiva.

Apoyo educacional:

Se requiere de un enfoque personalizado que se adapte a las habilidades y cualidades de cada persona.

Entrenamiento vocacional: Es necesario adoptar un enfoque personalizado que se ajuste a las habilidades y características individuales de cada persona.

Apoyo social: La sensación de apoyo y afecto por parte del círculo de personas que rodea a alguien es fundamental para que esa persona experimente mayor seguridad y rendimiento.

Contar con un tutor para cuestiones financieras y legales: El propósito de todas estas intervenciones es establecer un modelo que facilite que la persona alcance su máximo potencial en habilidades y pueda integrarse, en la medida de lo posible, en sus actividades tanto individuales como sociales (Femat 2023).

2.2.3.9 *Dimensiones de Inclusión y Participación Social*

Hay que tomar en cuenta cinco dimensiones importantes que hacen referencia a los diagnósticos de personas con discapacidad intelectual en la sociedad:

Dimensión I

Habilidades Intelectuales: Engloba el razonamiento, la planificación, la resolución de problemas, el pensamiento abstracto, la comprensión de conceptos complejos y el aprendizaje rápido a través de la experiencia.

Dimensión II

Adaptabilidad del Comportamiento: Incluye un conjunto de destrezas prácticas, sociales y conceptuales necesarias para la participación eficaz en la vida cotidiana. La evaluación del comportamiento adaptativo se basa en la actuación típica de una persona en las rutinas diarias y las situaciones en evolución constante, más que en su rendimiento máximo.

Dimensión III

Salud: Dado que constituye una faceta esencial del funcionamiento humano, y debido a que la condición de salud de un individuo puede influir de manera directa o indirecta en cada una de las otras cuatro dimensiones.

Dimensión IV

Participación: "La participación se define como el desempeño de las personas en actividades sociales", abarcando áreas como el hogar, el trabajo, la educación, el ocio, la vida espiritual y las actividades culturales. Su manifestación se evidencia mediante la observación del compromiso y el nivel de participación en las actividades cotidianas.

Dimensión V

Contexto: Hace referencia a los factores ambientales y personales, constituidos por características individuales que influyen en la capacidad de una persona para participar en el funcionamiento humano y en la discapacidad (Moreira 2016, p. 23).

2.3 Internet de las Cosas (IoT)



Ilustración 2-4: Internet de las Cosas

Fuente: (Tachus 2023)

Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés: “Internet of Things”), surge de la convergencia de dos dominios que previamente estaban completamente separados: los sistemas embebidos y la Internet. Los sistemas embebidos, actualmente en un periodo de crecimiento dentro de la comunidad informática, tienen sus raíces en los primeros microprocesadores desarrollados a

principios de la década de los 70. Por otro lado, Internet representa una red compuesta por millones de redes de diversos ámbitos, como lo son las redes privadas, públicas, académicas, empresariales y gubernamentales, que están interconectadas mediante una amplia variedad de tecnologías de redes electrónicas, inalámbricas y ópticas (Laguia y Hallar 2022, p. 202).

La IoT implica una estructura compuesta por sensores y dispositivos interconectados. Su función principal consiste en adquirir datos del entorno mediante sensores, intercambiar información con otros objetos y posibilitar la comunicación entre dispositivos y el entorno para que puedan llevar a cabo acciones mediante actuadores. La interacción entre los dispositivos de la red, sin la necesidad de intervención humana, destaca como una característica fundamental en los sistemas IoT. Esta particularidad ha impulsado la adaptación del enfoque convencional de desarrollo de software, considerando requisitos específicos y características particulares para satisfacer las demandas de estos sistemas. Es factible integrar un software particular sobre un sistema de Internet de las Cosas (IoT) para supervisar las operaciones del sistema y suministrar servicios y aplicaciones con propósitos más amplios (Laguia y Hallar 2022, p. 201-203).

2.3.1 *Arquitectura IoT*

Para comprender mejor el concepto de Internet de las cosas, es necesario tener conocimiento sobre su estructura. Por ello, a continuación, se describe la arquitectura del Internet de las cosas, la cual se divide en tres capas.

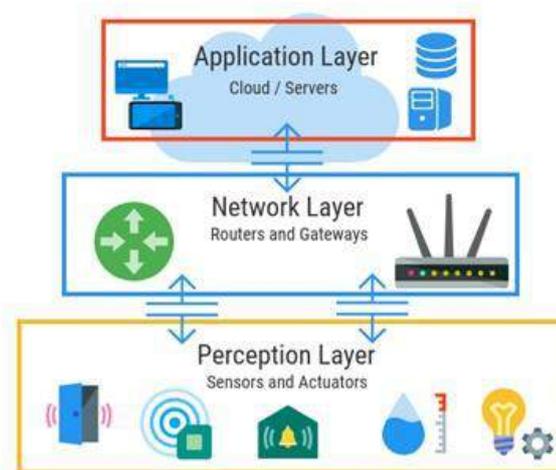


Ilustración 2-5: Arquitectura IoT de tres capas

Fuente: (Salusplay 2023)

Capa de percepción: Esta capa es el nivel más inferior dentro de la estructura y su función principal es obtener información mediante sensores y dispositivos físicos. Estos sensores recolectan datos del entorno, como temperatura, humedad, luz, movimiento, entre otros, y los

transforman en información digital. Estos datos representan el fundamento para el funcionamiento completo del sistema IoT (Lin et al. 2017).

Capa de red: Esta capa se encarga de transmitir datos a través de una conexión cableada o inalámbrica desde los sensores hacia la nube o el servidor central. Utiliza protocolos y una variedad de tecnologías de red, como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LTE, entre otras, para facilitar la comunicación entre los dispositivos IoT y la infraestructura de la red. En este nivel, es posible emplear gateways o routers para conectar y administrar los dispositivos IoT (Lin et al. 2017).

Capa de Aplicación: La capa de aplicación representa el nivel superior en la arquitectura y se dedica a manejar y procesar la información proveniente de los dispositivos IoT. En este punto se realizan análisis de datos, se toman decisiones y se proporcionan servicios y aplicaciones finales para los usuarios. Aquí es posible encontrar plataformas de gestión de datos, sistemas de análisis en tiempo real, interfaces para usuarios y servicios alojados en la nube (Lin et al. 2017).

2.3.1.1 *Arquitectura orientada a servicios (SOA)*

La arquitectura orientada a servicios (SOA, del inglés Service Oriented Architecture) son una forma de crear sistemas distribuidos basados en arquitecturas cliente-servidor. En esta estructura, los componentes del sistema son servicios independientes que se ejecutan en computadoras distribuidas, aunque a veces pueden compartir un servidor. Estas arquitecturas permiten ofrecer las funciones del sistema como servicios individuales y también construir sistemas consumiendo funciones a través de servicios proporcionados por otros sistemas. Los servicios se construyen siguiendo estándares y pueden ser invocados, publicados y descubiertos. A menudo, se confunde SOA con Software como Servicio (SaaS), pero la diferencia radica en que el primero es un modelo para construir software, mientras que el segundo es un modelo de aplicación de software. SOA puede o no utilizar servicios SaaS en su construcción (SEGURA 2016, p. 77).

Los elementos fundamentales de SOA son las siguientes:

- Los servicios son autónomos: Cada servicio se mantiene, desarrolla, despliega y actualiza de forma independiente, siendo autónomo.
- Los servicios son distribuibles: Pueden ser alojados en diferentes ubicaciones dentro de una red, ya sea localmente o de forma remota, siempre y cuando la red admita los protocolos de comunicación necesarios.

- Mantienen un bajo acoplamiento: Cada servicio opera de manera independiente de los demás, lo que permite su sustitución sin afectar a las aplicaciones que los utilizan, siempre y cuando la interfaz con el servicio siga siendo compatible.
- Los servicios se comunican mediante esquemas y contratos, no clases: Al interactuar, los servicios exponen esquemas y contratos en lugar de exponer sus clases internas.
- La compatibilidad se basa en una política definida: Esta política establece características como el transporte, el protocolo y la seguridad que deben seguir los servicios para asegurar su compatibilidad (SEGURA 2016, p. 78).

2.3.1.2 *Arquitectura basada en API*

La API (Application Programming Interface), se define como el conjunto de reglas y protocolos empleados para crear y fusionar el software de distintas aplicaciones. Estas permiten que los productos y servicios se comuniquen entre sí sin necesidad de conocer los detalles de su implementación, lo que simplifica considerablemente el proceso de desarrollo de aplicaciones, ahorrando tiempo y recursos financieros. Las APIs ofrecen flexibilidad en la simplificación del diseño, gestión y utilización de aplicaciones, generando oportunidades para la innovación al crear nuevas herramientas y productos (Galindo 2021, p. 17).

La API se conecta con un formato estándar, ya sea JSON o XML. En esta estructura, REST desempeña un papel crucial como un enfoque de desarrollo web basado en HTTP, facilitando la creación de servicios y aplicaciones utilizables por dispositivos o clientes compatibles con HTTP. REST también impone restricciones importantes: la separación cliente-servidor, que mantiene una conexión flexible entre ambos para que el cliente no requiera conocer los detalles de implementación del servidor, y a su vez, el servidor no se preocupe por el uso específico de los datos generados. Otra restricción es la ausencia de estado, lo que implica que mantener sesiones no es necesario; además, se destaca la capacidad de ser cacheable, permitiendo la implementación de caches en distintos niveles para evitar conexiones repetitivas. La interfaz uniforme establece que los recursos en un servicio REST deben tener direcciones únicas (URI) individualmente, y se basa en un sistema de capas para ofrecer escalabilidad, rendimiento y seguridad (Crespo 2019).

En cuanto a las funciones, esta arquitectura se enfoca en la creación, lectura, actualización y eliminación de datos, empleando operaciones como GET, POST, PUT y DELETE. Estas acciones respectivamente consultan y leen datos, crean, editan y eliminan información (Crespo 2019).

2.3.2 *Gestión de infraestructura*

En los últimos tiempos, se ha generado un amplio debate en torno a la expansión de los dispositivos conectados, el Internet de las Cosas (IoT), las redes 5G y la Industria 4.0, y cómo

estos están vinculados con el Cloud y el Big Data. Muchas empresas se esfuerzan por resolver el desafío de la descentralización de los datos en estos sectores, y para ello se enfrentan a los conceptos de Fog Computing y, especialmente, de Edge Computing. Sin embargo, no siempre está clara la distinción entre ellos ni cómo implementar una arquitectura o solución completa que garantice escalabilidad, resistencia y seguridad tanto en servicios como en infraestructuras (Gradiant 2018).

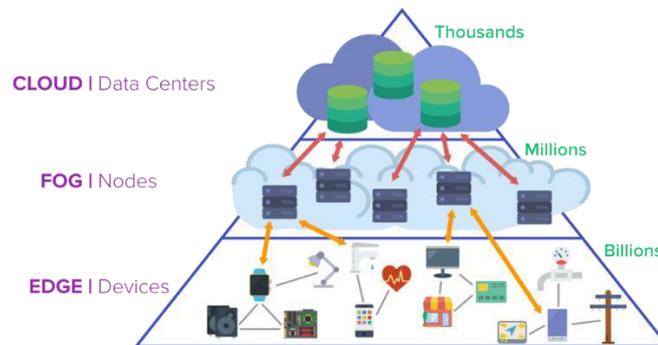


Ilustración 2-6: Cloud, Fog and Edge Computing

Fuente: (Nicklaus 2023)

2.3.2.1 *Fog computing*

El cloud computing, también conocido como computación en la nube, comprende un conjunto de tecnologías que posibilitan la utilización remota de software, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos, habitualmente a través de Internet. Se puede concebir como un servidor a distancia al cual enviamos los datos generados por nuestros procesos, y estos datos pueden ser procesados en dichos servidores mediante software o algoritmos de inteligencia artificial (Rodal 2021).

2.3.2.2 *Cloud computing*

El Fog computing o computación en la niebla puede ser descrito como una extensión de la tecnología cloud, donde los datos producidos por dispositivos y procesos no se envían directamente a la nube. En su lugar, estos datos son procesados inicialmente en centros de datos descentralizados más pequeños y cercanos, conocidos como nodos de niebla, que funcionan como intermediarios entre la nube y los diversos dispositivos de IoT, sensores, máquinas y robots. Esta estructura se asemeja a una red local, con menor latencia que una red cloud, diseñada para proporcionar respuestas inmediatas y rápidas (Rodal 2021).

2.3.2.3 *Edge computing*

El Edge computing o computación en el borde representa una forma más avanzada de procesamiento local. En este escenario, el sensor, dispositivo o aparato que recolecta los datos tiene la capacidad de procesarlos y almacenarlos en tiempo real, además de activar una respuesta de manera inmediata si se requiere. En el contexto del edge computing, los datos son procesados dentro del propio dispositivo o sensor, sin necesidad de ser transferidos a ninguna otra ubicación para su análisis o actuación (Rodal 2021).

2.4 Sistema IoT y sus componentes

Un sistema IoT hace referencia a un sistema interconectado de dispositivos físicos que están incorporados con sensores, software y otros componentes tecnológicos que les permiten recopilar y compartir datos a través de internet y consta de tres elementos principales que trabajan en conjunto para permitir su funcionalidad y conectividad, los cuales son:

- a) **Hardware:** Se refiere a dispositivos u objetos físicos que mediante tecnologías de comunicación pueda comunicarse con otros objetos, estos dispositivos hacen uso de tarjetas de desarrollo, sensores y actuadores.
- b) **Middleware:** Gestiona la comunicación entre el hardware y la aplicación, asegurando el intercambio de órdenes y datos.
- c) **Aplicación:** Controla y ajusta la parte del hardware de manera remota, supervisando el estado actual de los sensores y dirigiendo la activación de los actuadores (I2t 2018).

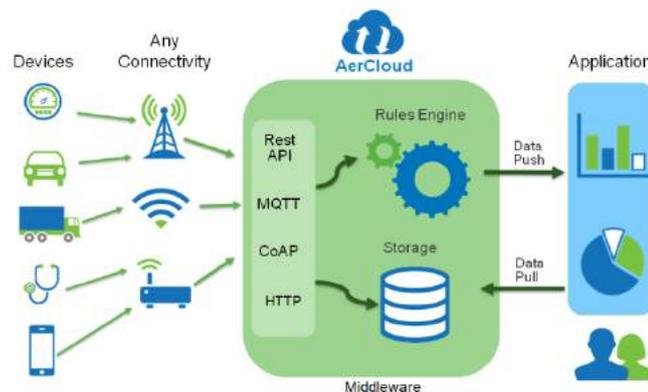


Ilustración 2-7: Componentes del Sistema IoT

Fuente: (Crespo 2019)

2.4.1 Hardware

Este es el componente central del sistema IoT. Consiste en hardware y software diseñados para recopilar datos, procesar información y comunicarse con otros dispositivos o sistemas a través de diversas tecnologías de comunicación. Este módulo puede incluir:

2.4.1.1 *Unidad de procesamiento*

Es el cerebro del dispositivo, donde se lleva a cabo el procesamiento de datos y se ejecutan las instrucciones. Puede incluir un microcontrolador o microprocesador (tarjetas de desarrollo) para realizar tareas específicas según el diseño del dispositivo.

Las tarjetas de desarrollo son placas electrónicas compactas con circuitos impresos diseñadas para diversas aplicaciones, cada una adaptada según sus características específicas. Estas tarjetas son compatibles con una amplia gama de dispositivos, como sensores, módulos inalámbricos con tecnologías específicas y tarjetas de memoria micro SD, lo que facilita la implementación rápida y sencilla en diseños de redes de sensores inalámbricos. Incorporan entradas y salidas analógicas y digitales, puertos de conexión, interfaces seriales, USB, conectores para alimentación externa, reguladores de voltaje, indicadores de transmisión y recepción, así como memoria, entre otras características específicas incluidas por cada diseñador. Además, estas tarjetas suelen contar con software de programación adaptado al sistema operativo (Windows o Linux) que se utiliza en la placa (Altamirano y Puente 2016, p. 15-16).

El mercado ofrece una amplia gama de tarjetas que han evolucionado, presentando mejoras significativas en su capacidad de operación y prestaciones con respecto a versiones anteriores (Altamirano y Puente 2016, p. 16). Entre las tarjetas más conocidos y utilizados podemos decir que son el Arduino, Raspberry Pi y NodemCU.



Ilustración 2-8: Tarjetas de desarrollo

Fuente: (IoTdesignpro 2019)

2.4.1.2 *Sensores*

Los sensores son dispositivos electrónicos que transforman medidas físicas en señales eléctricas susceptibles de ser adquiridas, procesadas y transmitidas por microcontroladores u otros dispositivos digitales. Por lo general, estos sensores emiten salidas analógicas, por lo que frecuentemente requieren o incorporan un convertidor analógico-digital para conectar las medidas físicas con el entorno digital (Andalucía 2021, p. 40).

Estos dispositivos pueden ser de naturaleza simple, enfocados en recolectar y enviar datos básicos, o bien pueden ser inteligentes. Los sensores inteligentes ofrecen capacidades avanzadas para procesar o filtrar la información, de manera que solo envían datos al concentrador central de la red IoT cuando se cumplen condiciones específicas (Andalucía 2021, p. 41). A continuación, se mencionan algunos de los sensores más comúnmente utilizados como: sensor de color, sensor de distancia, sensor de luz, sensor magnético, sensor de sonido, sensor de temperatura, etc.

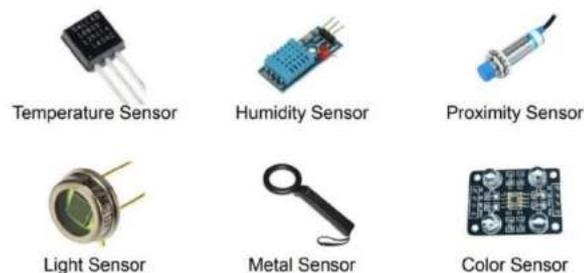


Ilustración 2-9: Tipos de sensores

Fuente: (JavaTpoint 2021)

2.4.1.3 Actuadores

Los actuadores son dispositivos que se dedican a controlar o intervenir en un sistema específico. Su función consiste en tomar una fuente de datos o energía, como la presión de un fluido hidráulico u otras fuentes energéticas, y transformar esa información o energía en una magnitud que altera las propiedades del sistema (Andalucía 2021, p. 47).

Tabla 2-4: Tipos de actuadores

Actuadores	Descripción
Eléctricos	Estos dispositivos tienen la capacidad de poner en marcha pequeños motores convirtiendo la energía en un torque mecánico. Este torque generado se emplea para operar válvulas, puertas u otros componentes, permitiendo así el control de ciertos equipos.
Lineales mecánicos	Transforman las señales eléctricas generadas por un dispositivo IoT en un movimiento lineal. Este movimiento puede lograrse directamente mediante

	motores lineales o convirtiendo movimientos angulares en lineales mediante husillos y cadenas.
Hidráulicos	Aparece como invisible, ya que no presenta características físicas evidentes.
Neumáticos	Están compuestos por un cilindro hidráulico que utiliza la energía hidráulica para llevar a cabo un proceso mecánico.
Piezoeléctricos	Son dispositivos que generan desplazamientos (generalmente de pequeña magnitud) a partir de señales eléctricas, sin necesidad de activar motores. Suelen proporcionar movimientos cortos, pero pueden ofrecer una fuerza relativamente alta y constante.

Fuente: (Andalucía 2021)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

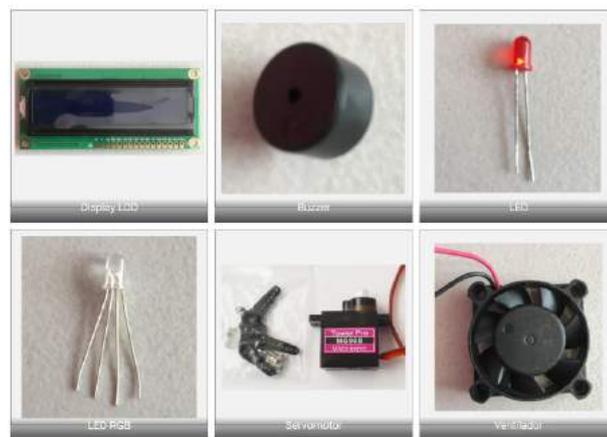


Ilustración 2-10: Actuadores

Fuente: (UNAM 2020)

2.4.2 *Middleware*

Este componente actúa como un intermediario entre el dispositivo y la nube. Se encarga de recibir los datos recolectados por el dispositivo, procesarlos, almacenarlos y facilitar su acceso seguro desde la aplicación móvil u otras interfaces de usuario. El middleware realiza las siguientes funciones:

2.4.2.1 *Uso de tecnologías de conectividad*

Este componente permite que el dispositivo se comunique con otros dispositivos o sistemas. Puede utilizar tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, I2C, Zigbee, RFID, NFC (Near Field Communication), entre otras, para enviar y recibir datos.

Wi-Fi: El estándar inalámbrico Wi-Fi (IEEE 802.11ax) tiene la capacidad de conectar una amplia gama de dispositivos a Internet, incluyendo desde electrodomésticos hasta sistemas de

señalización de tráfico, dentro del entorno del Internet de las cosas (IoT). Sin embargo, su principal desventaja en este contexto particular radica en su alto consumo de energía. Dado que la mayoría de los sensores y dispositivos IoT funcionan con baterías, esto limita su idoneidad para su uso con Wi-Fi (Andalucía 2021, p. 36-37).

I2C: El protocolo de comunicación serial síncrono de dos cables, conocido como I2C (Inter-Integrated Circuit en inglés), es una interfaz bidireccional simple que opera con solo dos cables, SDA (System Clock) y SCL (System Data). Este protocolo permite la transmisión de información entre dispositivos conectados al bus utilizando únicamente dos cables. Debido a esta característica, se clasifica como un protocolo half-duplex (Solectroshop 2021).

RFID: RFID (Identificación por Radiofrecuencia) es una tecnología que permite la identificación remota de objetos mediante la transferencia de datos a través de ondas de radio. Consiste en etiquetas o tags RFID que contienen chips electrónicos y antenas que pueden comunicarse mediante un lector RFID.

NFC: NFC (Comunicaciones de Campo Cercano) representa un método de comunicación diseñado para operar entre dispositivos que se encuentran en proximidad cercana. Se puede considerar como una versión de corto alcance del Bluetooth que no necesita autenticación. Esencialmente, NFC amplía las capacidades de la tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia), lo que significa que todas las funciones realizables con RFID también pueden llevarse a cabo con NFC (Adafruit 2023).

2.4.2.2 *Aplicación de protocolos de comunicación*

Los protocolos de comunicación son sistemas de reglas y estándares que gobiernan la manera en que los dispositivos intercambian información. Algunos de los protocolos más relevantes que gestionan la comunicación de manera eficiente y segura son:

- **HTTP (Hypertext Transfer Protocol):** Su función principal es asegurar que la comunicación entre el cliente (el dispositivo que solicita información) y el servidor (el sistema que proporciona los datos solicitados) sea eficiente y segura. Esto implica garantizar la integridad de los datos transmitidos, la autenticidad de las partes involucradas y la privacidad de la información, además de optimizar el proceso para que la transferencia de datos se realice de manera rápida y fluida (Ridge 2023).
- **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):** Es un protocolo de mensajería ligero y eficiente diseñado para la comunicación entre dispositivos en redes con ancho de banda limitada o conexiones inestables. Se basa en un modelo de publicación/suscripción,

donde los dispositivos se comunican a través de un intermediario (broker) sin necesidad de establecer una conexión directa entre ellos. Los dispositivos pueden publicar mensajes en ciertos "temas" (topics) y suscribirse a temas para recibir los mensajes que otros dispositivos publican en ellos. Este protocolo minimiza el uso de ancho de banda y la energía, lo que lo hace ideal para aplicaciones IoT y M2M (Machine to Machine).

2.4.2.3 Almacenamiento y recepción de datos

Las bases de datos representan componentes esenciales en el entorno de aplicaciones web o móvil, desempeñando un rol fundamental en el almacenamiento y recuperación de datos. Estas bases se dividen en dos categorías principales: las bases de datos relacionales, que emplean estructuras tabulares para organizar los datos, y las bases de datos no relacionales, que hacen uso de estructuras de documentos para el almacenamiento y recuperación eficiente de la información (Ridge 2023).

Base de datos SQL (Structured Query Language): SQL significa lenguaje de consulta estructurado y es utilizado para bases de datos relacionales que representa una colección de tablas que contienen conjuntos de datos específicos y estructurados. SQL ha sido un elemento esencial durante décadas, habiendo surgido por primera vez en los años 70 como una forma de interactuar con el sistema de base de datos System R de IBM. La base de datos SQL ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la era electrónica actual. Entre los sistemas más reconocidos dentro de esta categoría se encuentran Ms SQL Server, MySQL, Mariadb, Oracle, SQLite, PostgreSQL, entre otros. Estos sistemas han sido pilares esenciales en el almacenamiento, organización y recuperación eficiente de datos en una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas empresariales hasta plataformas web y aplicaciones móviles (Back4app 2022).

Base de datos noSQL (no Structured Query Language): Los sistemas de bases de datos no relacionales se diferencian de los sistemas relacionales al no seguir un modelo base estándar y tampoco tener el lenguaje SQL como una guía directa para su implementación. En cambio, los sistemas NoSQL presentan una amplia variedad de tipos y variantes, cada uno diseñado de manera específica en función de su propósito, arquitectura y modelo de datos subyacentes. Estos sistemas NoSQL abarcan diferentes objetivos, desde la escalabilidad hasta la flexibilidad en el manejo de datos no estructurados o semiestructurados, dependiendo de las necesidades de la aplicación o proyecto en cuestión. Algunos sistemas NoSQL destacados incluyen MongoDB, Amazon DynamoDB, Couchbase, CouchDB, Firebase, RavenDB, entre otros (ROMÁN 2018, p. 22-23).

2.4.2.4 *Uso de plataformas para análisis de datos*

Una plataforma IoT es esencialmente el núcleo central de un sistema IoT, generalmente ubicado en una infraestructura en la nube. Su función principal es facilitar el procesamiento de datos, la extracción de información relevante y la conexión entre los dispositivos interconectados dentro del entorno del IoT. Actúa como el enlace principal entre los datos obtenidos a nivel de dispositivo (objetos) y la capa de aplicación, donde esos datos se emplean para generar información valiosa. Destaca por su capacidad para administrar grandes cantidades de dispositivos, a menudo alcanzando números en el orden de miles o incluso millones (IBÁÑEZ 2023, p. 18). Entre las plataformas más destacadas tenemos a Amazon Web Services (AWS), Google Cloud y Microsoft Azure.

Funcionalidades básicas de una plataforma IoT

- Gestión de Dispositivos
- Recopilación y procesamiento de Datos
- Análisis de Datos y Perspectivas
- Integración e Interoperabilidad
- Seguridad
- Interfaz de Usuario
- Modelos de servicios de computación en la nube:
 - Infraestructura como Servicio (IaaS)
 - Plataforma como Servicio (PaaS)
 - Software como Servicio (SaaS)

2.4.3 *Aplicación Móvil*

Las aplicaciones móviles son programas informáticos desarrollados en diversos lenguajes de programación destinados a ser usados en teléfonos inteligentes, tablets y otros dispositivos móviles. Se caracterizan por ser útiles, dinámicas, fáciles de instalar y manejar. Las aplicaciones tienen como propósito asistir al usuario, ya sea en su ámbito laboral o de entretenimiento, con el objetivo de simplificar una tarea específica o apoyarnos en nuestras actividades cotidianas y gestiones diarias. Por lo general, la mayoría de las apps móviles que están al alcance de los usuarios necesitan una conexión sólida a Internet para operar y suelen ser descargadas desde las principales tiendas en línea que son gestionadas por los sistemas operativos más utilizados como iOS y Android (Quiroz 2022).

2.4.3.1 *Características de una aplicación móvil*

Es importante conocer las características esenciales que debe cumplir una aplicación móvil, a continuación, se menciona algunos de ellos:

Usabilidad: Es un requisito fundamental para todas las aplicaciones móviles. Es imprescindible que cualquier app cuente con una interfaz que sea sencilla e intuitiva, facilitando al usuario su uso de manera cómoda. Cuando la aplicación ofrece esta facilidad, el usuario disfruta de una experiencia positiva y es más probable que regrese a utilizarla, ya que puede llevar a cabo acciones o cumplir objetivos de manera efectiva al utilizarla.

Notificaciones inteligentes: Las apps móviles deben servir como un medio de conexión y relación entre la marca y sus clientes ideales. Por eso, es importante mantener una comunicación regular con los usuarios mediante el uso de notificaciones inteligentes. No se trata solamente de informar a la persona sobre nuevas actualizaciones, sino de entender cómo se comporta y qué necesita para brindarle lo que requiere en el momento adecuado.

Seguridad: Otra característica importante que toda aplicación debe tener es la seguridad. Proporcionar protección y garantizar que la app sea resistente a amenazas es fundamental para asegurar su correcto funcionamiento. Esto implica ofrecer un sistema seguro para ingresar y restablecer contraseñas, así como proteger los datos e información proporcionados por el usuario.

Analítica: La recolección y análisis de datos son fundamentales para comprender cómo la app está siendo utilizada por los usuarios. Esto nos brinda información valiosa para tomar decisiones más precisas, entender la evolución de la aplicación y evaluar su desempeño.

Interacción: Es importante recibir comentarios de los usuarios que utilizan la aplicación para entender cómo podemos mejorar la plataforma o qué aspectos enfatizar para lograr mejores resultados. Por tanto, es necesario animar a los usuarios a escribir valoraciones o reseñas que nos proporcionen una visión completa de su opinión sobre la app (App&Web 2020).

2.4.3.2 *Tipos de aplicación móvil*

Se puede diferenciar tres tipos de aplicaciones:

Aplicación nativa: Una app nativa es aquella diseñada para un sistema operativo específico utilizando su Software Development Kit (SDK). Cada plataforma, ya sea Android, iOS o Windows Phone, tiene su propio sistema, lo que implica que, si deseas que tu aplicación esté disponible en todas, necesitarás crear versiones distintas adaptadas al lenguaje de cada sistema operativo (Rodilla 2019).

Por ejemplo:

- Las apps para Android se desarrollan con lenguaje Java
- Las apps para iOS se desarrollan con lenguaje Objective-C
- Las apps en Windows Phone se desarrollan en .Net

Aplicación web: Una Webapp es una página accesible desde cualquier navegador, sin importar el sistema operativo del dispositivo. Esto se logra gracias a lenguajes muy utilizados por los programadores como HTML, Javascript y CSS. Estas aplicaciones se ejecutan directamente en el navegador del dispositivo utilizando una URL, por ejemplo, en Safari para iOS. Su contenido se ajusta para brindar una experiencia de navegación similar a la de una aplicación, adaptándose al tamaño y diseño de la pantalla (Rodilla 2019).

Aplicación híbrida: Una aplicación híbrida combina lo mejor de las aplicaciones web y nativas. Se desarrollan utilizando lenguajes típicos de las web apps, como HTML, Javascript y CSS, lo que permite su uso en varias plataformas. Sin embargo, también ofrecen acceso a muchas funciones del hardware del dispositivo. La gran ventaja radica en que, a pesar de usar estos lenguajes, es posible consolidar el código y distribuir la app a través de tiendas de aplicaciones (Rodilla 2019).

2.4.3.3 *Pila de tecnología de una aplicación móvil*

La pila tecnológica se compone de tres componentes fundamentales. Estos elementos son opciones concretas empleadas para construir y respaldar la aplicación en lugar de servir como directrices para su desarrollo.

Front-end: Se trata de la parte de la aplicación que el usuario final visualiza y utiliza. Esta capa abarca la interfaz gráfica y todos los componentes que configuran la interacción del usuario. Los lenguajes y herramientas empleados para desarrollar el front-end de la app móvil varían según los dispositivos en los que se ejecutará. Existen diversas opciones y la mayoría de los dispositivos móviles tienen sus propios lenguajes nativos específicos.

Back-end: El back-end de la aplicación engloba la base de datos y otros componentes similares alojados en un servidor, los cuales respaldan las funcionalidades de la app móvil. A diferencia del front-end, los equipos de desarrollo tienen más libertad al seleccionar tecnologías para el back-end móvil y a menudo pueden optar por soluciones ya existentes y listas para usar.

API: La interacción entre el back-end y el front-end de la aplicación se lleva a cabo mediante la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones), la cual posibilita no solo la comunicación entre estas dos partes, sino también la integración y la interacción de la aplicación con otros servicios y aplicaciones externas (Azure 2021).

2.4.3.4 Funcionamiento de una aplicación móvil

El proceso para desarrollar y poner en funcionamiento una aplicación móvil sigue tres pasos fundamentales: diseño de interfaz, programación y conexión con servicios.

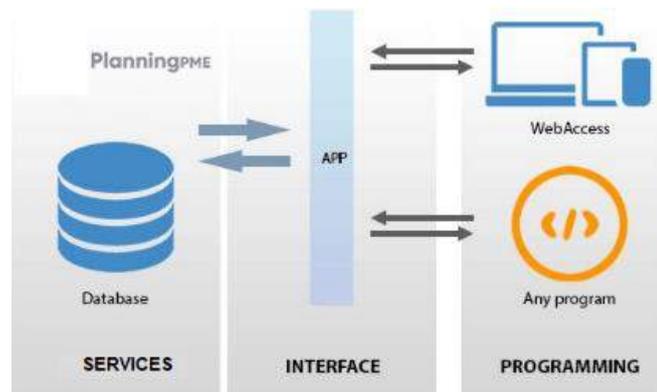


Ilustración 2-11: Desarrollo de una aplicación móvil

Fuente: (Platzi 2019)

Diseño de la interfaz: Se utiliza software como Sketch o AdobeXD para crear la apariencia visual y la experiencia del usuario. Estas herramientas permiten crear componentes reutilizables para mantener la coherencia en toda la aplicación.

Programación: Se elige el sistema operativo (Android o iOS) y el lenguaje de programación correspondiente. Para Android, se suele usar Java con Android Studio como entorno de desarrollo y Swift Playgrounds para iOS. Aquí se construye la lógica y funcionalidad de la app.

Conexión y servicios: Se emplean lenguajes de backend (Python, Ruby on Rails, Node.js, etc.) para comunicarse de forma segura con bases de datos y se utilizan APIs, especialmente basadas en REST y JSON, para conectar el frontend con el backend y gestionar los datos. Firebase es una solución integral que facilita el manejo de la base de datos, el backend y la comunicación de datos mediante APIs.

El desarrollo de una aplicación móvil implica diseñar la interfaz, programar utilizando lenguajes adecuados y establecer conexiones seguras con servicios y APIs para garantizar su funcionamiento óptimo y seguro (Platzi 2019).

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detalla las técnicas de estimulación para niños con Discapacidad Intelectual, la situación actual de la Unidad Educativa Carlos Garbay, así como también el desarrollo e implementación del sistema IoT haciendo uso de componentes adecuados y necesarios para su desarrollo, en los módulos se empleara pulsadores, figuras, sensores y diversos materiales didácticos que incite a los niños a realizar acciones que impacten sus sentidos y la aplicación móvil permitirá a los terapeutas y docentes a seguir en el proceso de la estimulación sensorial de los niños. Este sistema posibilitará el fortalecimiento de habilidades cognitivas tales como la concentración, memoria, razonamiento, expresión lingüística, habilidades motoras y creatividad en los niños.

3.1 Técnicas de estimulación utilizadas en niños con Discapacidad Intelectual

El respectivo proyecto tiene como objetivo la implementación de un sistema IoT para la estimulación sensorial en niños que padecen Discapacidad Intelectual de la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay”; por este motivo, resultó fundamental comprender inicialmente la metodología y las estrategias utilizadas para la estimulación en niños con esta condición intelectual.

Estas estrategias se han diseñado con el propósito de mejorar las competencias cognitivas, emocionales y sociales, con el fin de promover el desarrollo holístico de personas que presentan discapacidad intelectual. La elección de las técnicas más apropiadas dependerá de las necesidades individuales y las destrezas particulares de cada individuo, así como de la orientación y supervisión de expertos especializados en el ámbito de la neurorrehabilitación (Admin 2023).

3.1.1 *Terapia con realidad virtual*

La utilización de terapia con realidad virtual ofrece a las personas que tienen discapacidad intelectual la oportunidad de sumergirse en ambientes virtuales diseñados para desarrollar de manera segura y controlada sus habilidades cognitivas y sociales. Estos ambientes pueden ser ajustados y personalizados según las necesidades y capacidades individuales de cada persona, permitiendo así una experiencia terapéutica más adaptada y efectiva (Admin 2023).

3.1.2 *Terapia asistida por animales*

La terapia con animales implica el uso de mascotas como parte de un tratamiento para mejorar habilidades mentales, emocionales y sociales. Los animales más frecuentemente empleados en este tipo de terapia suelen ser perros, gatos, caballos y delfines (Admin 2023).

Perros: Son los más frecuentemente empleados en terapias debido a su capacidad para fomentar la socialización. Son especialmente beneficiosos para individuos con dificultades físicas o de comunicación, ya que promueven una mayor responsabilidad al solicitar afecto, lo que fortalece la relación entre el individuo y el animal.

Gatos: Tienen una personalidad marcada y llaman la atención con sus travesuras, creando situaciones cómicas. Son ideales para quienes viven solos y tienen una vida ocupada que les dificulta dedicarles mucho tiempo, ya que requieren menos esfuerzo físico al no necesitar sacarlos a pasear. Además, su comportamiento de ronroneo tiene un efecto relajante y calmante en las personas.

Caballos: Estimulan esencialmente a personas con dificultades psicomotoras mediante los 110 impulsos que generan en sus tres tipos de desplazamiento (paso, trote y galope). Esta especie puede asistir en condiciones como parálisis cerebral, retraso mental, síndrome de Down, autismo y estrés, ofreciendo beneficios terapéuticos significativos.

Delfines: Son utilizados en terapia por su alto nivel de inteligencia y los efectos positivos del agua en la reducción del estrés y problemas osteomusculares. Su presencia aumenta la motivación, la concentración, así como las habilidades y el desarrollo del lenguaje en las personas participantes en estas terapias (Gudiño 2013, p. 14-15).



Ilustración 3-1: Terapia asistida por animales

Fuente: (Canvis 2021)

3.1.3 *Terapia Multisensorial*

La estimulación multisensorial consiste en emplear una variedad de estímulos sensoriales (ya sea visual, auditivo, táctil, olfativo y gustativo) con el fin de potenciar las capacidades cognitivas y emocionales. Las salas Snoezelen son consideradas un método efectivo para proporcionar estimulación sensorial a personas con alguna deficiencia como discapacidad intelectual, física, o personas que padecen de algún trastorno ya que están equipados para ofrecer una experiencia sensorial variada y controlada, contribuyendo así el desarrollo de habilidades de estas personas que participan en ellos (Admin 2023).

A continuación, se menciona tres tipos de salas o cuartos sensoriales:

3.1.3.1 *Sala blanca*

En estos espacios, el color predominante es el blanco, y su finalidad principal es crear un entorno tranquilo en el que la persona experimenta predominantemente estímulos de manera pasiva, enfocados en la relajación, acercamiento y estimulación (Eneso 2012).



Ilustración 3-2: Sala blanca

Fuente: (Eneso 2012)

3.1.3.2 *Sala negra*

Estas salas se distinguen por la utilización de luz ultravioleta y elementos que resplandecen bajo esta iluminación, elementos que no se encuentran en las salas blancas. Presentan estímulos intensos que exigen la participación activa del individuo, involucrando estímulos fuertes y el control del entorno (Eneso 2012).



Ilustración 3-3: Sala negra

Fuente: (Eneso 2012)

3.1.3.3 *Sala aventura*

A diferencia de las salas mencionadas anteriormente, este tipo de espacios no se centra tanto en la manipulación de la iluminación, sino que incorpora una variedad de elementos perceptivos-motores. El propósito es promover el desarrollo sensorial y cognitivo de manera simultánea al desarrollo motor. La persona experimenta a través de acciones motoras con materiales que ofrecen diversas texturas, colores y olores, brindando así oportunidades para el movimiento y la actividad (Eneso 2012).



Ilustración 3-4: Sala aventura

Fuente: (Eneso 2012)

3.1.4 *Terapia Cognitivo-Conductual*

La terapia cognitivo-conductual representa una técnica terapéutica dirigida a individuos con discapacidad intelectual, focalizado en la identificación y alteración de patrones cognitivos

disfuncionales y conductas desfavorables. Esta técnica no solo busca la modificación de pensamientos y conductas negativas, sino que también se orienta hacia la potenciación de estrategias de afrontamiento y el fortalecimiento de habilidades para resolver problemas específicos en el día a día del individuo con discapacidad intelectual (Admin 2023).

3.1.5 *Terapia Ocupacional*

La terapia ocupacional busca elevar el nivel de vida y la independencia funcional de individuos con discapacidad intelectual mediante el desarrollo de habilidades tanto motoras finas como gruesas. Este enfoque terapéutico se centra en la ejecución y dominio de actividades cotidianas, contribuyendo así a optimizar la capacidad del individuo para desenvolverse de manera autónoma y eficaz en su entorno diario (Admin 2023).

3.1.6 *Musicoterapia*

La musicoterapia se define como una técnica que emplea la música y sus componentes fundamentales, como el ritmo, la melodía y la armonía, con el propósito de favorecer la comunicación, el proceso de aprendizaje y la expresión emocional en individuos que presentan discapacidad intelectual. Esta modalidad terapéutica abarca actividades como la creación, ejecución y apreciación musical, pudiendo ser aplicada tanto de manera individual como en entornos grupales (Admin 2023).

3.2 Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay”



Ilustración 3-5: Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay

Fuente: (Naranjo y Silva 2015, p. 37)

La Unidad Educativa “Carlos Garbay” tuvo su origen el 21 de abril de 1971 con el nombre de Instituto Fiscal de Educación Especial “Carlos Garbay Montesdeoca”. Inicialmente establecida como una escuela especial, su estatus se formalizó mediante el Acuerdo Ministerial Nro. 006217

el 11 de noviembre de 1982, confirmando su denominación al Ministerio de Educación y Cultura con asignación presupuestaria. A lo largo de los años, experimentó cambios de nombre: en 1976 se llamó Pestalozzi, en 1980 se retomó el nombre de Escuela Carlos Garbay y finalmente, el 12 de septiembre de 2013, se transformó como actualmente se lo conoce en la Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay (Naranjo y Silva 2015, p. 38).

La UEECG está ubicada en la provincia de Chimborazo, en la ciudad de Riobamba, específicamente en la parroquia Juan de Velasco, en las calles Jaime Roldós y Víctor Emilio Estrada. Ofrece diversos servicios educativos como: Educación Inicial, Preparatoria, Educación Básica y Bachillerato Técnico, tanto en modalidad presencial como virtual, dependiendo de las directrices del Ministerio de Educación. Su jornada es mayormente matutina, con un equipo de alrededor de 64 docentes / terapeutas que atienden a unos 278 estudiantes (Vinueza 2022, p. 20).

Carlos Garbay se encarga de brindar atención educativa a aproximadamente 95 estudiantes que presentan discapacidad intelectual y tienen edades comprendidas entre los 6 y 15 años. Esta atención se desarrolla en el marco de la Educación General Básica. Estos estudiantes reciben terapia durante 40 minutos a la semana como parte de su programa académico, siempre y cuando no se vea interrumpida por eventos internos o externos (Vinueza 2022, p. 24).

Antes de abordar estrategias específicas para mejorar el equilibrio corporal en estos niños con discapacidad intelectual, es importante considerar diversos aspectos generales. Esto incluye analizar detalladamente el entorno del aula, así como llevar a cabo un análisis funcional exhaustivo del comportamiento de los estudiantes, entre otros factores relevantes. Estos elementos son fundamentales para comprender el contexto en el que se desenvuelven los estudiantes y así diseñar intervenciones educativas más efectivas y personalizadas.

3.3 Esquema general del sistema IoT

Se desarrolló un plan general para ejecutar este proyecto, detallando todos los elementos, fases y partes que forman parte de su infraestructura. Esto se hizo mediante la elaboración de un diagrama de bloques que se describe a continuación:

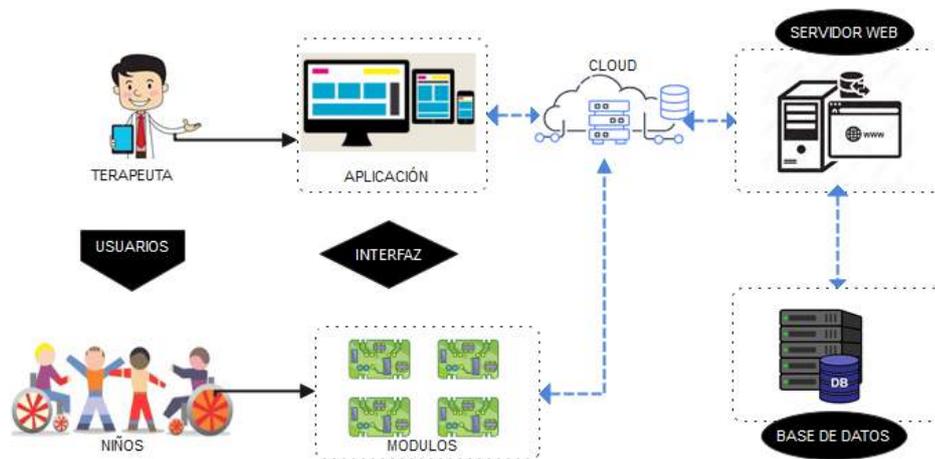


Ilustración 3-6: Sistema general IoT

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

El bloque de usuarios corresponde a los niños con Discapacidad Intelectual que harán uso de estos módulos para su estimulación y el docente o terapeuta que gestionará la aplicación móvil, a través del cual podrá realizar el seguimiento del progreso de la terapia de los niños.

El bloque de interfaz son los componentes de hardware y software que interactúan los niños y terapeutas. Los niños realizan la estimulación con los módulos interactivos formado de varios elementos como luces, colores, sonidos, olores, y más. También existirá una aplicación móvil encargada de monitorear el progreso de la terapia de los niños.

El bloque del servidor web se refiere a la aplicación móvil (programación en la nube), enfocándose en el control y manejo de contenidos, tales como autenticación en la aplicación, registro de usuarios, pacientes, registros para verificar el tiempo que el paciente emplea en cada módulo en la terapia.

El bloque de base de datos representa el almacenamiento de datos e información manejada por la aplicación móvil, así como perfiles de los niños, el control de avance de cada sesión de la terapia de los niños.

3.3.1 *Diseño y construcción de los módulos del sistema IoT*

Antes de empezar con el desarrollo del sistema IoT es importante conocer las áreas de estimulación que los niños van a poder desarrollar y mejorar al interactuar con los módulos del sistema.

Tabla 3-1: Áreas de estimulación

Estimulación	Objetivos
Auditiva	<ul style="list-style-type: none">- Desarrollar la capacidad de atención auditiva.- Desarrollar la discriminación y agudeza auditiva.- Mejorar la memoria auditiva.
Olfativa	<ul style="list-style-type: none">- Conocer e identificar los olores.- Despertar el interés por experimentar con olores nuevos.- Desarrollar la memoria olfativa.
Táctil	<ul style="list-style-type: none">- Mejorar la motricidad gruesa y fina del niño.- Apreciar y reconocer las cualidades táctiles.- Desarrollar la memoria táctil.
Visual	<ul style="list-style-type: none">- Desarrollar la memoria visual.- Mejorar la capacidad de observación.- Desarrollar la capacidad de reconocimiento visual.
Área del lenguaje	<ul style="list-style-type: none">- Mejorar la comunicación, tanto oral como gestual, a nivel comprensivo y expresivo.
Área cognitiva	<ul style="list-style-type: none">- Mejorar las capacidades cognitivas como: la atención, memoria, razonamiento, lenguaje, percepción y creatividad.

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

El prototipo del sistema IoT es un proyecto innovador está compuesto por cuatro módulos interactivos diseñados específicamente para brindar a los niños la oportunidad de participar en terapias sensoriales destinadas a estimular sus distintos sentidos. Este enfoque innovador busca transformar la experiencia terapéutica en una actividad atractiva y entretenida para los niños, fomentando su participación activa en el proceso de estimulación sensorial. A continuación, se elabora el desarrollo de los respectivos módulos.

3.3.1.1 *Modulo 1: Juego de frutas*



Ilustración 3-7: Diseño del módulo juego de frutas

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

El módulo de frutas está diseñado básicamente para estimular el sentido de la vista, el sentido táctil y el sentido auditivo. El diseño del módulo consta de seis piezas de frutas diferentes cada uno con su forma única para que al momento de la estimulación el niño pueda reconocer la figura y colocar correctamente.

El funcionamiento de este módulo se basa en que el niño debe tratar de colocar cada una de las frutas en el lugar correcto según la figura correspondiente. El módulo será capaz de encender luces llamativas y reproducir una animación sonora del nombre de cada fruta cuando el niño haya acertado colocar la pieza en el lugar correcto. Posteriormente, una vez que el niño haya terminado de colocar las seis piezas de las frutas se producirá una animación sonora de que el niño logro su objetivo exitosamente.

El objetivo es que el niño a través de variedad de colores, formas de frutas y animaciones sonoras pueda desarrollar sus sentidos auditivos, visual y táctil. El módulo de frutas refuerza el reconocimiento visual de las frutas, mejora la capacidad de atención auditiva y fortalece la memoria táctil del niño(a).

Selección de componentes electrónicos

- **Tarjeta de desarrollo**

Las placas o tarjetas de desarrollo son herramientas versátiles que facilitan la creación, prueba y aprendizaje en el campo de la electrónica y la programación, permiten a los usuarios construir prototipos, aprender, experimentar y desarrollar una amplia gama de proyectos electrónicos, desde simples hasta complejos, proporcionando un entorno controlado para el desarrollo y la implementación de ideas innovadoras. A continuación, se realizó una comparación de algunas tarjetas con el propósito de seleccionar la mejor opción para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3-2: Comparación de tarjetas de desarrollo

Características	 Raspberry Pi 3B+	 NodeMCU ESP32	 Arduino Mega PRO 2560	 Wemos D1 mini ESP8266
-----------------	--	---	--	---

Procesador	Broadcom BCM2837B0	Xtensa dual-core 32-bit LX6	Atmel ATmega 2560	Tensilica Xtensa Diamante de 32 bits
Alimentación	Micro USB	Micro USB	Conector USB	Micro USB
SRAM	1 GB	520 KB	8 KB	80 KB
Tipo de placa	Microprocesador	Microcontrolador	Microcontrolador	Microcontrolador
Voltaje de Alimentación	5V DC	3.3 V DC	5V DC	5V DC
V de entrada	5 V	5 V	7 - 12 V	3.3 V
S. Operativo	Linux, Ubuntu	FreeRTOS	Ninguno	RTOS
Software de programación	Programación en Python, Scratch, C/C++, etc	Programación en Arduino IDE	Programación en Arduino IDE	Programación en Arduino IDE
Frecuencia de reloj	1.4GHz	80 MHz a 240 MHz	16 MHz	80MHz/160MHz
Pines de E/S digitales	28 pines GPIO	34 pines GPIO	54 (15 salidas PWM)	11 (3.3V)
Pines analógicos	Pueden ser configurados	16 (16 para PWM)	16	1 (0-1V)
Wi-Fi	IEEE 802.11.b/g/n/ac	IEEE 802.11b/g/n	No	IEEE 802.11b/g/n
Bluetooth	Bluetooth 4.2	Bluetooth V4.2	No	No
Dimensiones	85 x 56 x 17mm	51 x 25 x 12 mm	52 x 38 mm	34.2 x 25.6 mm
Costo	Elevado	Económico	Económico	Económico

Fuente: (Velasco 2021; Rivera 2022; Robotdyn 2023; Hervás 2021)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Al realizar la comparación de las placas de desarrollo Raspberry Pi, Arduino Mega 2560, ESP32 y ESP8266, se evidencian diferencias significativas en sus capacidades y funcionalidades. Raspberry Pi destaca por su versatilidad de aplicaciones avanzadas, pero requiere de la instalación de librerías y su costo es elevado, el Arduino Mega se especializa en aplicaciones de menor escala y control de dispositivos, el mini ESP8266 cuenta con wifi, pero tiene pocos pines de trabajo. Por tal motivo para el módulo de frutas se ha seleccionado el ESP32 debido a sus características superiores en términos de conectividad Wi-Fi y Bluetooth, su potente capacidad de

procesamiento, así como su compatibilidad con una amplia gama de sensores y actuadores ideal para aplicaciones IoT y proyectos que requieran una conexión inalámbrica robusta.

- **Sensores**

En este módulo interactivo, se requiere identificar la presencia de las figuras de las frutas una vez estén ubicadas en sus posiciones específicas que correspondan a las seis piezas frutales. El sensor detectará la presencia de las figuras y enviará una señal eléctrica al ESP32 para su interpretación y para ejecutar acciones, como activar los actuadores. Es importante mencionar que existen diversos sensores que detectan presencia utilizando distintas tecnologías. Por este motivo, se realizó una tabla comparativa de algunos sensores para seleccionar el más apropiado.

Tabla 3-3: Comparación de sensores

Características	 Sensor reed switch	 Sensor HC-SR04	 Sensor HC-SR501
Detección de Presencia	Campo magnético	Ultrasonidos	Infrarrojo
Descripción	El reed switch de lengüeta es un interruptor eléctrico activado por un campo magnético.	El sensor de distancia por ultrasonido HC-SR04 es capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra.	El sensor HC-SR501 es un sensor de movimiento pasivo infrarrojo que detectan cambios en la radiación infrarroja.
Modo de uso	Diseñado para ser usado como sensor de alarma para puertas o ventanas.	El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada para hacer la medición.	Se utiliza para detectar el movimiento de personas u objetos cálidos.
Distancia de operación	15 – 25 mm	2 cm a 400 cm	3 a 7 mts
Dimensiones	23 x 14 x 6 mm	40 x 20 x 17 mm	32 x 24 x 18 mm

Fuente: (MaxElectrónica 2022; Rivera 2022; Dynamo 2021)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Aunque todos estos sensores tienen la capacidad de detectar presencia, su método de detección varía significativamente. Para lo cual se optó por emplear al juego de frutas el sensor reed switch

debido a su capacidad para detectar la presencia de un objeto mediante un campo magnético que puede ser generado con facilidad mediante un imán. Además de su capacidad de detección, su diseño liviano y compacto permite una instalación sencilla en diversas ubicaciones, y su funcionamiento no se ve afectado por las condiciones atmosféricas externas.

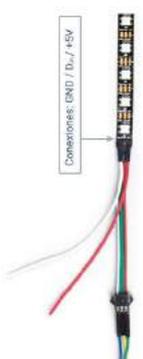
- **Actuadores**

Para el módulo juego de frutas se utilizó los siguientes actuadores con el fin de que cada uno de estos sean vistosos y llamativos para el niño o niña al momento de su estimulación en la terapia.

LEDs RGB

Para el módulo se optó por utilizar luces llamativas a la parte visual, específicamente la cinta LED RGB WS2812B, debido a su capacidad para cambiar el color de cada LED de manera individual, gracias a su lógica integrada nos ofrece una estimulación visual agradable. Estos LEDs, basados en el 5050, tienen un tamaño de 5.0 x 5.0 mm y combinan los tres colores RGB (Rojo, Verde y Azul) en un solo componente, siendo de bajo consumo y ofreciendo un brillo notable. Su versatilidad permite una amplia gama de usos, desde iluminar diferentes áreas con una sola tira, hasta crear animaciones complejas e incluso construir pantallas de gran luminosidad.

Tabla 3-4: Especificaciones técnicas de led RGB

LED RGB WS2812B	Características	Descripción
	Tipo de Chip	Chip pequeño de luminosidad alta, multinúcleo
	Densidad de leds	60 leds/m
	Grado de protección	(IP30) no impermeables y (IP67) impermeables
	Voltaje	5V DC
	Longitudes de onda del LED	630nm / 530 nm / 475 nm
	Conector o pines	2 de alimentación (5V y GND) y una entrada de datos (Din)

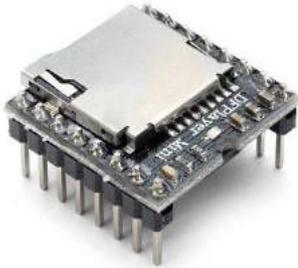
Fuente: (Llamas 2016)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Módulo DFPlayer Mini

Para generar animaciones sonoras, se requiere un componente electrónico capaz de reproducir sonidos. Por lo cual, se ha elegido el módulo DFPlayer Mini debido a su diseño específico como reproductor de audio. A diferencia de otros módulos similares que presentan una calidad de sonido deficiente y carecen de compatibilidad con varios formatos, el módulo DFPlayer Mini ofrece ventajas significativas. Este módulo permite trabajar con múltiples formatos de audio, tiene una capacidad de memoria de hasta 32 GB, ofrece niveles de volumen más amplios y su tamaño compacto facilita su integración en cualquier circuito de manera sencilla.

Tabla 3-5: Especificaciones técnicas del módulo DFPlayer Mini

DFPlayer Mini mp3	Características	Descripción
	Voltaje	3.3 – 5 V
	Formatos	MP3, WAV, WMA
	Grado de protección	(IP30) no impermeables y (IP67) impermeables
	Memoria microSD	Hasta 32 GB
	Volumen	30 niveles de volumen ajustables
	Frecuencias de muestreo (KHz)	8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48
	Archivos por carpeta	Soporta hasta 100 directorios y 255 pistas por directorio
	Dimensiones	2 x 2 cm

Fuente: (MakerElectronico 2017)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Módulo pantalla OLED I2C

La pantalla OLED de 128x32 píxeles es una diminuta pantalla de 0.91 pulgadas con una interfaz de comunicación I2C. Es compatible con placas de Arduino, NodeMCU y otros microcontroladores que utilizan la comunicación I2C. Esta pantalla resulta útil en la creación de aplicaciones portátiles donde se busca minimizar el tamaño y reducir el consumo de energía. Es perfecta para el control individual de cada píxel, permitiendo la visualización de texto y gráficos (UnitElectronics 2019).

Tabla 3-6: Especificaciones técnicas del módulo OLED

Pantalla OLED I2C	Características	Descripción
	Voltaje de Operación	3.3V – 5.5V DC

	Interfaz	I2C
	Temperatura de trabajo	-30°C ~ 70°
	Resolución	128×32 píxeles – 0.91 Pulgadas
	Color de Píxeles	Blanco y Azul
	Driver	SSD1306
	Consumo de energía	0.08W Cuando están encendidos todos los píxeles
	Dimensiones de PCB	38mm x 12mm

Fuente: (UnitElectronics 2019)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Diagrama de flujo de procesos para el módulo juego de frutas

En la siguiente ilustración, se observa el diagrama de flujo de procesos y pasos que indica el uso y funcionamiento del módulo juego de frutas.

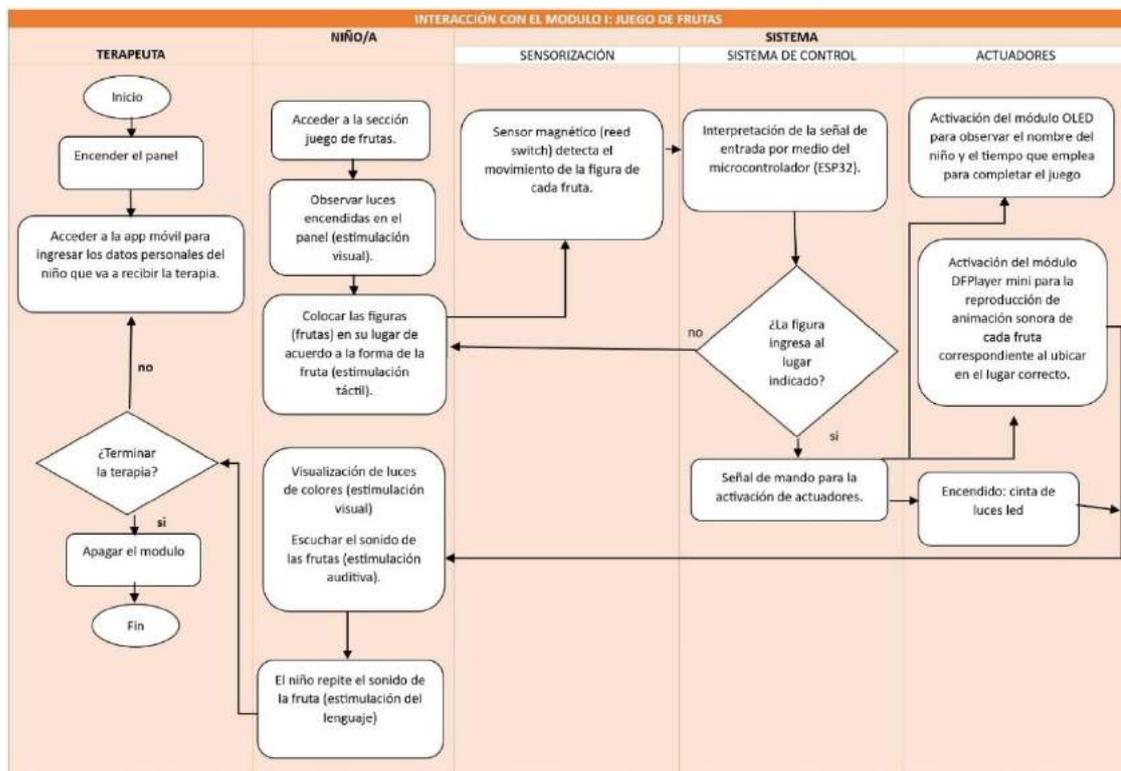


Ilustración 3-8: Diagrama de flujo del módulo juego de frutas

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Diseño electrónico del módulo de frutas

El circuito electrónico del módulo juego de frutas se compone de la fuente de alimentación, la unidad de control, la etapa de sensorización y los actuadores. La fuente de alimentación se encarga

de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de los componentes electrónicos, incluyendo una fuente de 12V DC a 2A, un switch para encender y apagar el panel y adicional viene una batería Power Bank recargable de 5V que tiene un puerto USB para conectar dispositivos recargables y un micro-USB para cargar la batería, cabe mencionar que se utilizó un regulador de voltaje tipo stepdown modelo MP1584 para gestionar el voltaje requerido por determinados componentes. La etapa de sensado emplea sensores magnéticos para detectar la forma de la fruta, mientras que la unidad de control emite las instrucciones necesarias a través del microcontrolador. Por último, los actuadores son dispositivos que, al recibir las señales digitales de la unidad de control, se activan; en este caso, se incluyen tiras LED RGB de 5 V, un módulo reproductor MP3 para la generación de animaciones sonoras y una pantalla OLED para el control del tiempo del juego y la visualización del nombre del niño. El diseño del circuito esquemático correspondiente se muestra en la siguiente ilustración:

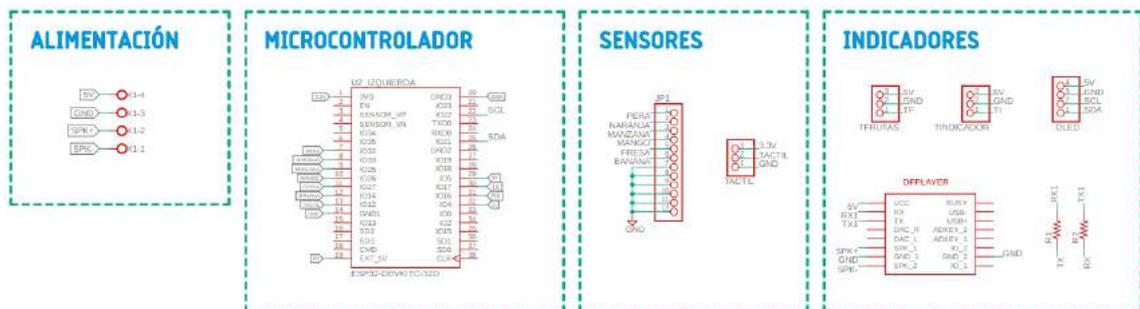


Ilustración 3-9: Circuito esquemático del módulo de frutas

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Básicamente, el funcionamiento de este circuito implica la detección de la forma de cada fruta mediante sensores magnéticos, generando un campo magnético lo suficientemente fuerte para activar el sensor y enviar una señal interpretable al microcontrolador. Para la fase de sensorización, se requiere el empleo de seis sensores magnéticos por cada fruta, conectados a los pines G10P 32, 33, 25, 26, 27, 14, proporcionando una entrada digital al microcontrolador. El sensor magnético 'reed switch' funciona como un interruptor, activándose en presencia de un campo magnético (imán).

Para la activación de las tiras LED RGB se procedió a conectar en el pin G10P 5 para la tira de las todas las frutas, mientras que para la tira del indicador que ilumina al iniciar el módulo de frutas, se conectó en el pin G10P 4. En cuanto a la activación de la pantalla OLED, que muestra el tiempo que tarda en completarse el juego y el nombre del niño, se realizó la conexión en los pines G10P 22, 21.

Finalmente, se establece la conexión del módulo DFPlayer Mini mediante comunicación serial en los pines GPIO 17 y 16 de la placa ESP32, se puede conectar resistencias a estos pines para mejorar la inmunidad al ruido en las líneas de comunicación, filtrando posibles interferencias electromagnéticas que podrían afectar la transmisión de datos por eso se utilizó dos resistencias de $1K\Omega$ a dichos pines. Este módulo posibilita la reproducción de las animaciones sonoras a través de dos parlantes conectado a las terminales SPK_1 y SPK_2 del DFPlayer Mini.

Se diseñó la placa electrónica (PCB) con el objetivo de implementar el circuito en el módulo de frutas de manera eficiente, organizando los elementos de forma que ocupen el menor espacio posible. La siguiente ilustración muestra el diseño PCB correspondiente, elaborado a través del software Eagle de diseño de placas de circuito impreso.

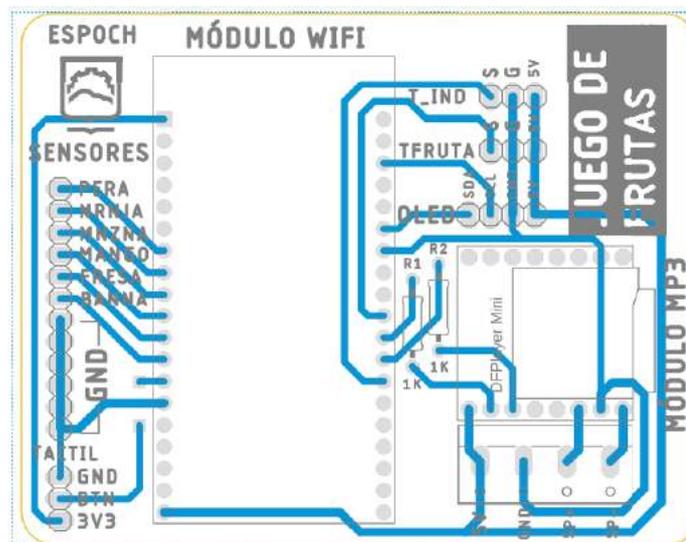


Ilustración 3-10: Diseño de la placa PCB del módulo de frutas

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Posteriormente, se llevó a cabo la instalación y soldadura de los componentes de la placa electrónica. Asimismo, se incorporó el microcontrolador previamente programado, cuyo código se encuentra detallado en el anexo H.

Diseño de la estructura física

El diseño de la estructura física del módulo de frutas, se realizó en el software de modelado 3D de SolidWorks. En este caso, la estructura consta de un panel rectangular. Las dimensiones de este módulo son: 30 cm de largo, 20 cm de ancho y 7.5 cm de altura. En la parte superior que tiene las medidas (30 x 20 cm) existen seis agujeros destinados para colocar las piezas de las

frutas. El lado lateral izquierdo que tiene las medidas (20 x 7.5 cm) existen dos agujeros destinados uno para el parlante y el otro para el switch. En el lado frontal que tiene las medidas (30 x 7.5 cm) igualmente existen dos orificios uno para la tira LED RGB y el otro para la pantalla OLED. Finalmente, en la cara inferior existe una tapa para abrir y cerrar el módulo donde se puede observar todos los componentes, dicha tapa tiene las medidas (23.5 x 14 cm).

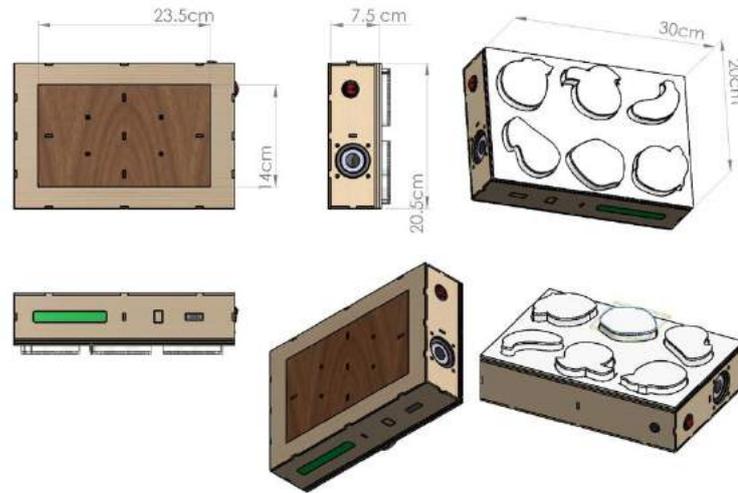


Ilustración 3-11: Diseño en 3D del módulo de frutas

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Construcción y ensamblaje

Una vez que se elaboró el diseño junto con sus dimensiones correspondientes, se procedió a la construcción del módulo. Para este propósito, se optó por utilizar la tecnología de corte láser en madera, eligiéndola por su resistencia y solidez, especialmente teniendo en cuenta que el prototipo estará en constante manipulación por parte de los niños. Además, la madera proporciona facilidad en el ensamblaje. Durante el ensamblaje del módulo de frutas, se llevó a cabo la unión de las partes que conforman la estructura física, así como la conexión de todos los componentes electrónicos necesarios para su funcionamiento. La siguiente ilustración muestra el ensamblado de la caja y la conexión de todos los componentes electrónicos:



Ilustración 3-12: Construcción y ensamblaje del módulo de frutas

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Una vez ensamblada la estructura con todas las conexiones, se procedió a cerrar la estructura física, integrando todos los componentes y conexiones necesarios, culminando en la obtención del producto final del módulo de juego de frutas.

3.3.1.2 *Modulo 2: Juego de aseo*

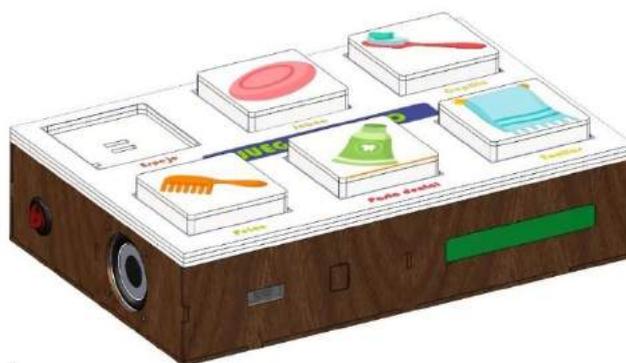


Ilustración 3-13: Diseño del módulo juego de aseo

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Este módulo tiene como propósito estimular la audición, así como la vista y el tacto del niño. Consiste en un panel interactivo que, al igual que el módulo de frutas, contiene seis piezas, siendo muy similar con la única diferencia de que todas las piezas tienen la misma forma.

El funcionamiento de este módulo se basa en que el niño debe tratar de colocar cada uno de los útiles de aseo en el lugar correcto asociando con el nombre correspondiente. El módulo será capaz de encender luces llamativas y reproducir la animación sonora del nombre de cada elemento de

aseo cuando el niño coloque la pieza en el lugar correcto. Posteriormente, una vez que el niño haya terminado de colocar las seis piezas de los útiles de aseo se producirá una animación sonora de que el niño logro su objetivo exitosamente.

Selección de componentes electrónicos

- **Tarjeta de desarrollo**

De acuerdo a la información proporcionada en la tabla 3-2 de la comparación de las tarjetas de desarrollo donde se detallan las características de cada uno, se optó por utilizar el microcontrolador NodeMCU ESP32 para este módulo. La elección se basó en su capacidad para operar con Wifi, lo que posibilita una conexión inalámbrica con una aplicación móvil para su correcto funcionamiento. Además de ser económicamente accesible, este microcontrolador puede ser programado mediante software libre, y su tamaño reducido facilita su instalación en el panel.

- **Sensores**

Con respecto a sensores para este módulo, es esencial contar con un sensor capaz de identificar cualquier movimiento. En virtud de ello, según lo indicado en la tabla 3-3 de comparación los sensores, se ha seleccionado el sensor magnético conocido como 'reed switch'. Este dispositivo tiene la capacidad de percibir la presencia de un campo magnético (provocado por un imán) en su entorno y, en consecuencia, transmite una señal al microcontrolador para su interpretación.

- **Actuadores**

Los actuadores para el módulo de aseo son los mismos utilizados en el módulo de frutas debido a que ambos módulos son muy similares, estos actuadores son LEDs RGB visto en la tabla 3-4, modulo DFPlayer mini visto en la tabla 3-5 y el módulo de pantalla OLED visto en la tabla 6-3.

Diagrama de flujo de procesos para el módulo de aseo

En la siguiente ilustración, se observa el diagrama de flujo de procesos y pasos que indica el uso y funcionamiento del módulo de aseo.

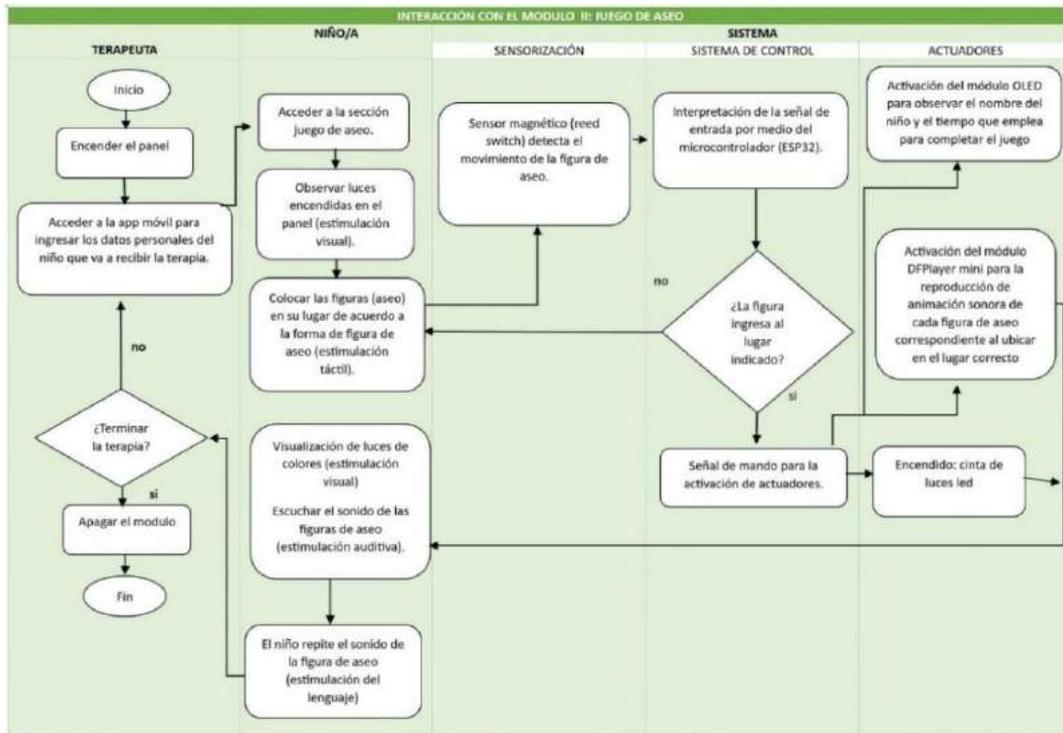


Ilustración 3-14: Diagrama de flujo del módulo de aseo

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Diseño electrónico del módulo de aseo

El circuito electrónico del módulo de aseo se compone de la fuente de alimentación, la unidad de control, la etapa de sensorización y los actuadores. La fuente de alimentación se encarga de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de los componentes electrónicos, incluyendo una fuente de 12 VDC a 2A, un switch para encender y apagar el panel y adicionalmente viene una batería Power Bank de 5V que tiene un puerto USB para conectar dispositivos recargables y un micro-USB para recargar la batería, cabe mencionar que se utilizó un regulador de voltaje tipo stepdown modelo MP1584 para gestionar el voltaje requerido por determinados componentes. Este módulo emplea sensores magnéticos que detectan las piezas de aseo únicamente cuando coloque la pieza correcta en su lugar caso contrario no se activa, mientras que la unidad de control emite las instrucciones necesarias a través del microcontrolador. Por último, los actuadores son dispositivos que, al recibir las señales digitales de la unidad de control, se activan; en este caso, se incluyen tiras LED RGB de 5V, un módulo reproductor MP3 para la generación de animaciones sonoras y una pantalla OLED para el control del tiempo del juego y la visualización del nombre del niño. El diseño del circuito esquemático correspondiente se muestra en la siguiente ilustración:

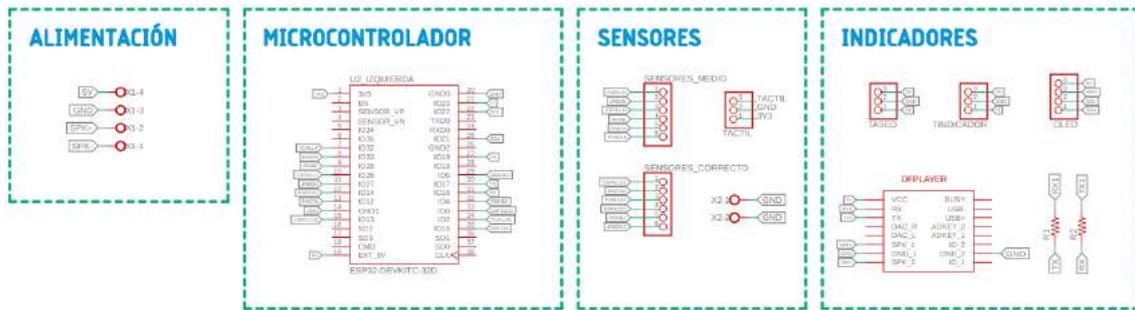


Ilustración 3-15: Circuito esquemático del módulo de aseo

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

El funcionamiento de este circuito implica la detección de las piezas de aseo mediante sensores magnéticos, generando un campo magnético lo suficientemente fuerte para activar el sensor y enviar una señal que pueda ser interpretada en el microcontrolador. Para la fase de sensorización, se requiere el empleo de doce sensores magnéticos, dos por cada pieza, conectados a los pines GIOP 32, 33, 25, 26, 27, 14, 13, 15, 2, 0, 4, 5 proporcionando entradas digitales al microcontrolador. El sensor magnético tipo 'reed switch' funciona como un interruptor, activándose en presencia de un campo magnético (imán).

Para la activación de las tiras LED RGB se procedió a conectar en el pin GIOP 23 para la tira de las seis piezas de aseo, mientras que para la tira del indicador que ilumina al iniciar el módulo de aseo, se conectó en el pin GIOP 19. En cuanto a la activación de la pantalla OLED, que muestra el tiempo que tarda en completarse el juego y el nombre del niño, se realizó la conexión en los pines GIOP 22, 21.

Finalmente, se establece la conexión del módulo DFPlayer Mini mediante comunicación serial en los pines GIOP 17 y 16 de la placa ESP32, es importante la necesidad de conectar resistencias en estos pines para mejorar la inmunidad al ruido en las líneas de comunicación, filtrando posibles interferencias electromagnéticas que podrían afectar la transmisión de datos por eso se utilizó dos resistencias de $1K\Omega$. El módulo DFPlayer mini posibilita la reproducción de las animaciones sonoras a través de dos parlantes conectado a las terminales SPK_1 y SPK_2 del DFPlayer Mini.

Se diseñó la placa electrónica (PCB) con el objetivo de implementar el circuito en el panel de manera eficiente, organizando los elementos de forma que ocupen el menor espacio posible. La siguiente ilustración muestra el diseño de la placa PCB correspondiente, elaborado a través del software Eagle de diseño de placas de circuito impreso.

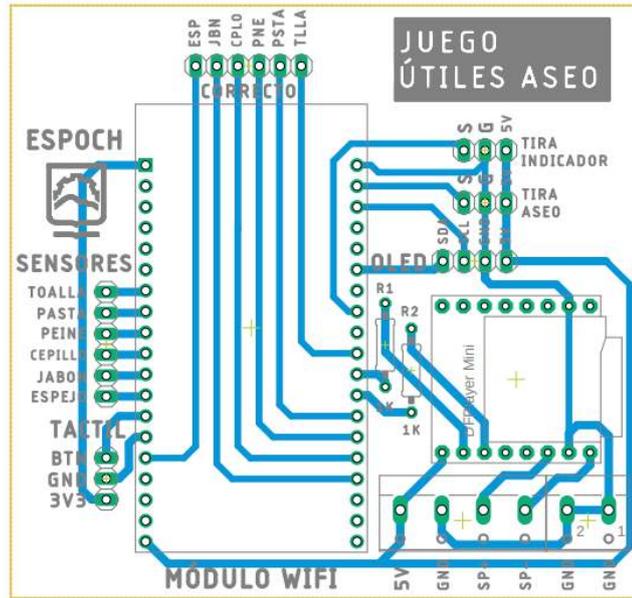


Ilustración 3-16: Diseño de la placa PCB del módulo de aseo

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Posteriormente, se llevó a cabo la instalación y soldadura de los componentes de la placa electrónica. Asimismo, se incorporó el microcontrolador previamente programado, cuyo código se encuentra en el anexo H.

Diseño de la estructura física

El diseño de la estructura física del módulo de aseo, se realizó en el software de modelado 3D de SolidWorks. En este caso, la estructura consta de un panel rectangular. Las dimensiones de este módulo son: 30 cm de largo, 20.5 cm de ancho y 7.5 cm de altura. En el lado superior que tiene las medidas (30 x 20.5 cm) existen seis agujeros cuadrados destinados para las piezas de útiles de aseo. El lado lateral izquierdo que tiene las medidas (20.5 x 7.5 cm) existen dos agujeros destinados uno para el parlante y el otro para el switch. En el lado frontal que tiene las medidas (30 x 7.5 cm) igualmente existen dos orificios uno para la tira LED RGB y el otro para la pantalla OLED. Por último, en la parte de abajo se encuentra una tapa que permite abrir y cerrar el módulo, permitiendo la visualización de todos los elementos internos. Esta tapa tiene las dimensiones de (23.5 x 14 cm).

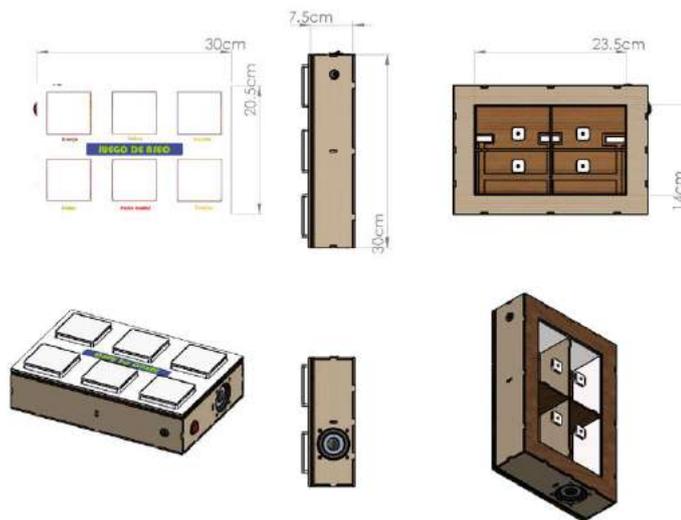


Ilustración 3-17: Diseño en 3D del módulo de aseo

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Construcción y ensamblaje

Para la elaboración de la estructura del módulo de aseo, también se empleó la tecnología de corte láser en madera, siendo la elección más adecuada para lograr una carcasa resistente y desmontable, que resultara fácilmente manipulable por los niños.

Para el ensamblaje, se llevó a cabo la construcción de la estructura de madera destinada para colocar los diodos LED RGB en los respectivos orificios dispuestos. Además, se realizaron las conexiones de los sensores magnéticos reed switch, estableciéndolos con la placa electrónica. Cabe mencionar que las piezas o figuras de los útiles de aseo cuentan con imanes en su parte interna. De esta manera, al colocarse en el módulo y entrar en contacto con los sensores, generan un campo magnético suficiente para que el sensor envíe una señal digital de entrada, interpretada por el microcontrolador. Luego, se procedió a la instalación de dos parlantes en cada una de las caras, como se muestra en la siguiente ilustración:

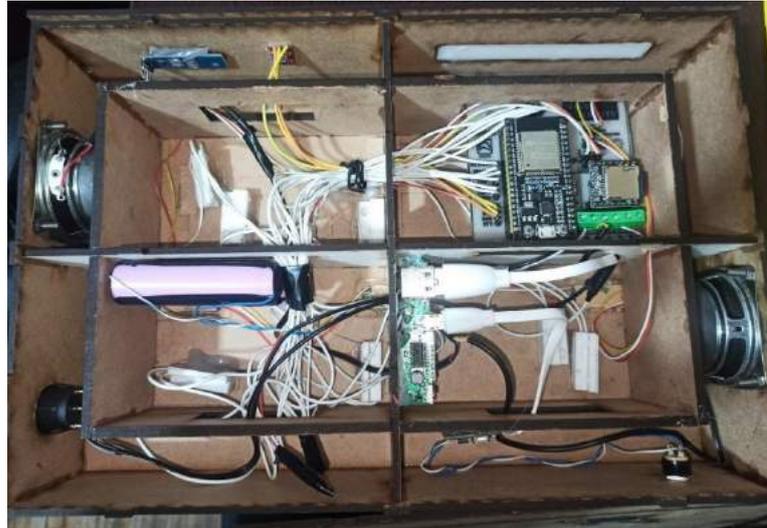


Ilustración 3-18: Construcción y ensamblaje del módulo de aseo

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024

Finalmente, se llevó a cabo el cierre de la estructura física, incorporando todos los componentes y conexiones necesarios, resultando en la obtención del producto final y operativo del módulo útiles de aseo.

3.3.1.3 *Modulo 3: Rutas musicales*



Ilustración 3-19: Diseño del módulo rutas musicales

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Este módulo tiene como objetivo promover la capacidad auditiva, así como la estimulación visual y táctil en los niños. Consiste en un panel interactivo que cuenta con cinco rutas, cada una de las cuales presenta una figura deslizante con temáticas relacionadas con animales.

En su funcionamiento, el niño observa cómo se encienden luces en el panel, lo cual lo motiva a deslizar la figura del animal hacia la luz encendida, si el niño deja la figura del animal en la luz encendida se generará el sonido específico correspondiente al animal. Este proceso se repite para todas las rutas, incentivando al niño a prestar atención a la luz, mover la figura y escuchar el sonido del animal. De esta manera, el niño tiene la oportunidad de estimular simultáneamente su sentido del oído, del tacto y de la vista. Además, mediante este panel interactivo, al escuchar los sonidos de los animales, se facilita la estimulación del lenguaje, incentivar la discriminación auditiva y mejorar las habilidades de comunicación.

Selección de componentes electrónicos

- **Tarjeta de desarrollo**

Según el análisis de la tabla 3-2 de comparación de tarjetas de desarrollo, donde se detallan las características de diversas tarjetas. Basándonos en esta información, se optó por el microcontrolador Arduino Mega 2560 para este módulo. La elección se fundamenta en su amplio conjunto de pines I/O digitales, la versatilidad para integrar diferentes periféricos y su notable capacidad de memoria en comparación con las otras tarjetas. Además, se seleccionó también el mini ESP8266 debido a su compatibilidad con Wifi, posibilitando una conexión inalámbrica para el funcionamiento del panel. Este microcontrolador también destaca por su asequible costo, capacidad de programación mediante software libre y su diseño compacto, facilitando su instalación en el panel de manera sencilla.

- **Sensores**

Para el módulo de aseo, es esencial detectar la presencia de la figura deslizante cuando esta se desplaza a ubicaciones específicas donde las luces sensoriales están encendidas. En este sentido, se requiere que el sensor, al identificar la presencia, envíe una señal eléctrica al microcontrolador para su interpretación y ejecución de instrucciones, como la activación de los actuadores. De acuerdo con la información de la tabla 3-3, se ha optado por utilizar el mismo sensor magnético denominado 'reed switch' utilizado en los dos módulos anteriores. Esta elección se basa en la capacidad de este sensor para percibir la presencia de un campo magnético generado por un imán, cumpliendo así con los requisitos necesarios para lograr el objetivo deseado.

- **Actuadores**

Para el módulo rutas musicales, se seleccionó actuadores específicos con el propósito de enriquecer la experiencia sensorial. Entre los dispositivos utilizados, se destaca la inclusión de una tira de LEDs RGB, cuyas características detalladas se encuentran en la tabla 3-4. Estos LEDs no solo proporcionan iluminación visual, sino que también son capaces de emitir una amplia gama de colores, lo que añade un componente visual dinámico y atractivo al entorno del módulo. Además, se incorporó el módulo DFPlayer mini, cuyas especificaciones se encuentran detalladas en la tabla 3-5. El DFPlayer mini desempeña un papel importante al permitir la reproducción de archivos de audio, contribuyendo así a la creación de un ambiente musical en el recorrido de las rutas.

Diagrama de flujo de procesos para el módulo rutas musicales

En la siguiente ilustración, se observa el diagrama de flujo de procesos y pasos que indica el uso y funcionamiento del módulo rutas musicales.

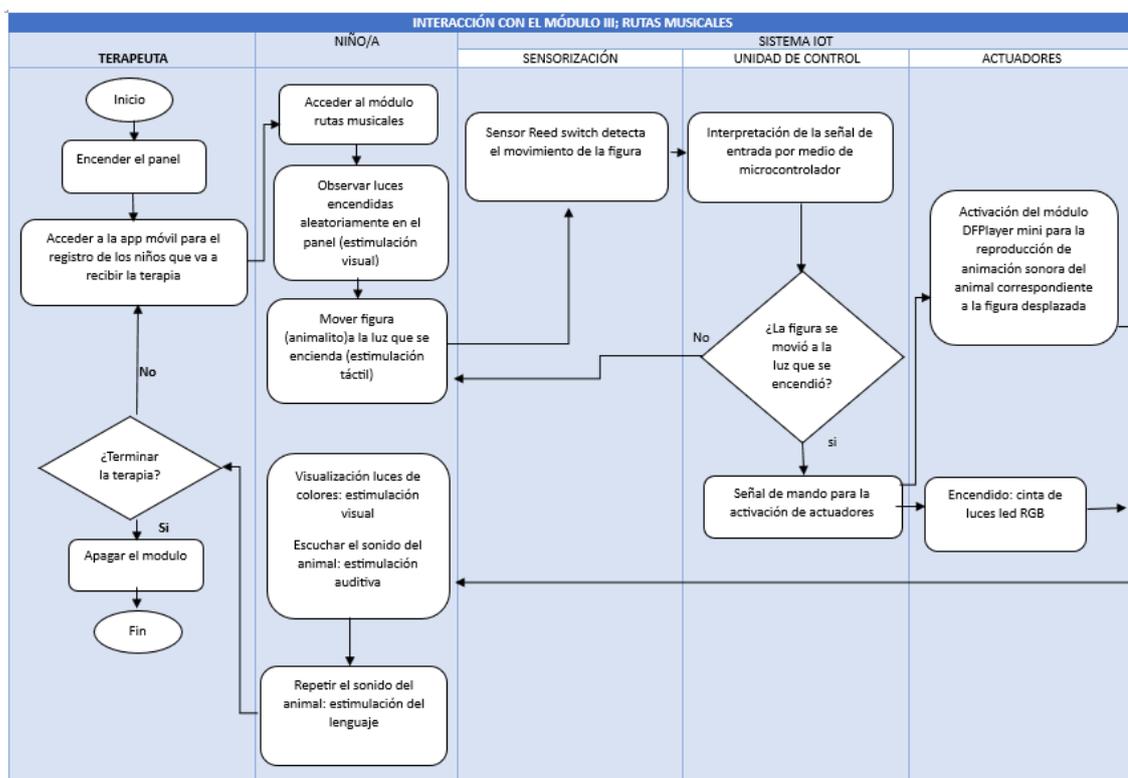


Ilustración 3-20: Diagrama de flujo del módulo rutas musicales

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Diseño electrónico del módulo rutas musicales

El circuito electrónico del módulo de rutas musicales comprende de la fuente de alimentación, la etapa de sensorización, la unidad de control y los actuadores. En este escenario, se emplea una fuente de 12V DC a 2A, un interruptor para activar y desactivar el panel, y un regulador de voltaje tipo stepdown modelo MP1584 para gestionar el voltaje requerido por determinados componentes. La etapa de sensado consta de quince sensores magnéticos distribuidos en una disposición de cinco filas por tres columnas, diseñados para detectar la presencia de figuras (animales) al acercarse, al percibir un campo magnético generado por un imán. La unidad de control emite instrucciones que son ejecutadas a través del módulo Wifi mini ESP8266 y el Arduino Mega 2560, que dispone de varios pines para conectar los sensores y controlar la salida hacia la tira LED RGB. Por último, se integra un módulo reproductor MP3 que, en función de la señal de salida del microcontrolador, reproduce animaciones sonoras. En la siguiente ilustración, se puede observar el diseño del circuito esquemático correspondiente:

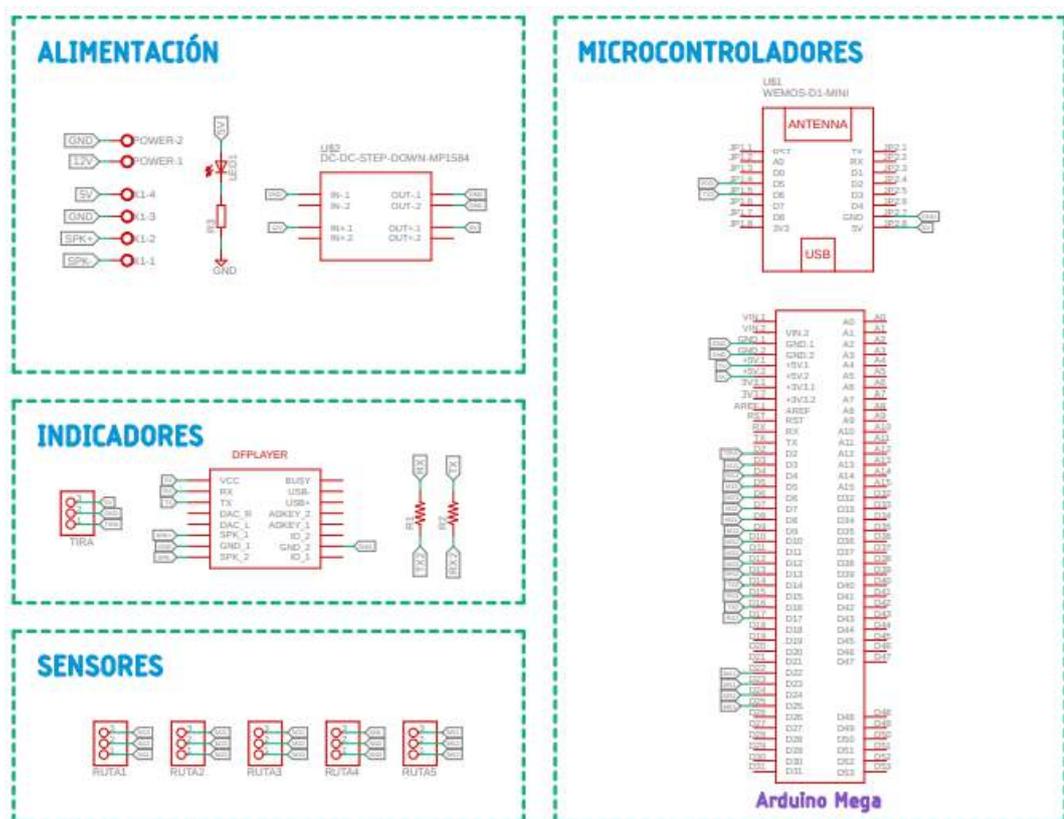


Ilustración 3-21: Circuito esquemático del módulo rutas musicales

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

El funcionamiento de este circuito se fundamenta en la manipulación de la tira LED RGB a través del pin D2 del microcontrolador Arduino Mega 2560, logrando que los LEDs se enciendan de manera aleatoria. Esta operación se lleva a cabo mediante la codificación del programa, donde se configuran los LEDs para generar patrones atractivos y dinámicos de luces destinados a entretener a los niños. En cuanto a la conectividad a WiFi, se empleó el microcontrolador mini ESP8266, conectando los pines D5 y D6 a los pines D14 y D15 del Arduino Mega 2560.

En relación a la etapa de sensorización, se requiere el uso de quince sensores magnéticos. Estos sensores están conectados al Arduino Mega 2560 mediante los pines digitales D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D22, D23, D24, y D25. Los sensores se distribuyen en cinco filas, que representan las rutas, por tres columnas, dando un total de quince sensores, al igual que los LEDs RGB. Como es conocido, el sensor magnético tipo 'reed switch' funciona como un interruptor, activándose en presencia de un campo magnético generado por un imán.

Posteriormente, el microcontrolador asume la ejecución de las instrucciones destinadas a identificar el sensor que emite una señal digital de entrada. El microcontrolador interpreta esta señal y genera una salida que controla el módulo DFPlayer Mini. Este módulo está conectado mediante comunicación serial a los pines 16 y 17 de la placa Arduino Mega 2560. Es importante la conexión de resistencias en estos pines para mejorar la resistencia al ruido en las líneas de comunicación, filtrando posibles interferencias electromagnéticas que podrían perjudicar la transmisión de datos. Para este propósito, se emplearon dos resistencias de $1K\Omega$. Además, se incorporó un diodo LED con una resistencia de 330Ω para verificar la entrada de 5V al reproductor MP3. El módulo DFPlayer Mini posibilita la reproducción de las animaciones sonoras a través de dos parlantes conectados a las terminales SPK1 y SPK2. Con el objetivo de implementar el circuito en el panel, se diseñó la placa electrónica (PCB) donde se realiza la ubicación adecuada de todos los componentes mediante el software Eagle.

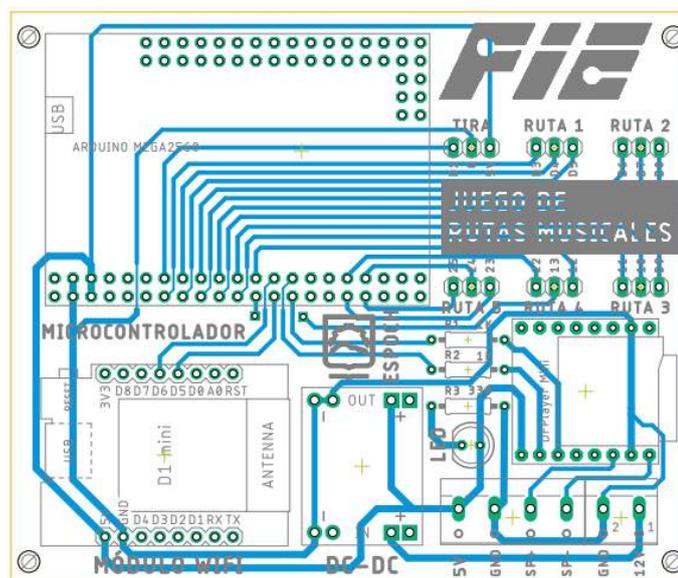


Ilustración 3-22: Diseño de la placa PCB del módulo rutas musicales

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Diseño de la estructura física

El diseño de la estructura física del módulo rutas musicales, se realizó en el software 3D de SolidWorks. En este caso, la estructura de este panel tiene una forma irregular. Las dimensiones de este módulo son: 30 cm de largo, 28 cm de ancho y 48 cm de altura. En el lado frontal que tiene las medidas (30 x 48 cm) existen 15 agujeros destinados para la colocación de los LEDs RGB, así como también cinco rutas para deslizar la figura de los animales. El lado lateral izquierdo que tiene las medidas (28 x 19.5 x 50 cm) existen tres agujeros destinados uno para el parlante, uno para el switch y otro para la fuente. Y en la parte trasera se encuentra una tapa que permite abrir y cerrar el módulo, permitiendo la visualización de todos los elementos internos. Esta tapa tiene las dimensiones de (30 x 48 cm).

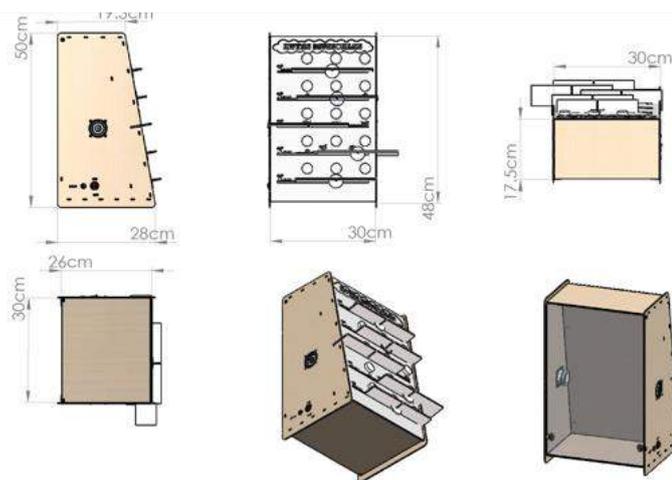


Ilustración 3-23: Diseño en 3D del módulo rutas musicales

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Construcción y ensamblaje

Se aplicó la tecnología de corte láser en la fabricación de la estructura diseñada, utilizando madera, muy similar a los otros módulos. Durante el montaje, se ensambló la estructura de madera para alojar los LEDs RGB en los orificios designados. Así mismo, se establecieron las conexiones de los sensores magnéticos ubicándolos en la misma posición de los diodos LED, conectándolos a la placa electrónica. Las piezas circulares que representan las figuras deslizantes se ubicaron en los espacios correspondientes.

Es importante destacar que las piezas deslizantes incorporan imanes en su parte interna. De este modo, al moverse a lo largo de las rutas designadas y pasar por los sensores, generan un campo magnético suficiente para que el sensor emita una señal digital de entrada, interpretable por el microcontrolador. Seguidamente, se procedió a la instalación de dos parlantes en los lados posteriores, tal como se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 3-24: Construcción y ensamblaje del módulo rutas musicales

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

3.3.1.4 Modulo 4: Juego de olores



Ilustración 3-25: Diseño del módulo de olores

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Este módulo se ha diseñado principalmente para estimular los sentidos del olfato, la vista, el tacto y el oído. Su diseño incluye un panel interactivo con cuatro compartimientos de aromas que deben ser relacionados con tarjetas de colores (amarillo, azul, rojo, verde) como se puede observar en la tabla 3-7. Mediante un solo orificio se liberará el aroma. Además, cuenta con un espacio destinado para colocar tarjetas de reconocimiento respecto al aroma. A continuación, se elabora una tabla para relacionar los aromas mediante colores.

Tabla 3-7: Relación de colores con aromas

Colores	Aromas
Amarillo	Piña, banana, manzanilla, toronja, durazno, maracuyá, mango
Azul	Brisa marina, arándano, mora, higo, uva
Rojo	Fresa, cereza, frambuesa, rosas, canela, sandía, tomate
Verde	Limón, menta, manzana verde, eucalipto, romero, pimienta, césped

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

El funcionamiento de este módulo consiste en que el paciente pueda asociar entre un aroma y una tarjeta de color que representa el objeto relacionado con ese olor. Una vez que el paciente empiece la terapia en este módulo el terapeuta activará el humidificador y el paciente deberá reconocer el aroma para colocar una tarjeta frente al detector de colores. Si el paciente logra acertar la asociación del aroma con la tarjeta, el módulo activará la luz de acuerdo al aroma y reproducirá una animación sonora de si el paciente acertó caso contrario mencionara que no acertó.

El objetivo es que, a través de la percepción de olores, el niño desarrolle su sentido del olfato y tome conciencia de la diversidad de aromas en su entorno mediante la exploración. Al mismo tiempo, se busca fomentar el desarrollo del vocabulario al nombrar las sustancias detectadas y describir sus olores. Asimismo, se promueve la estimulación visual al practicar habilidades de reconocimiento y asociación entre el olor y el color de la tarjeta que representa el objeto correspondiente. Integrar aromas en las actividades junto con otros elementos ayuda a reforzar la capacidad de atención y memoria en niños con discapacidad intelectual

Selección de componentes electrónicos

- **Tarjeta de desarrollo**

Basándonos en la información de la tabla 3-2 sobre tarjetas de desarrollo, se optó por utilizar el microcontrolador NodeMCU ESP32. La selección se basa en su capacidad WiFi, lo que posibilita

una conexión inalámbrica mediante una aplicación móvil para garantizar su correcto funcionamiento. Además de ser económico, este microcontrolador es programable con software Arduino (IDE) de código abierto y su tamaño compacto facilita su integración en el panel.

- **Sensores**

Para el módulo de olores se necesita un sensor específico, el cual debe tener la capacidad de identificar el color de diferentes tarjetas que representan el objeto cuyo olor está siendo detectado. Para lo cual hemos pensado en los lectores RFID (Identificación por Radiofrecuencia) y NFC (Comunicación de Campo Cercano) que son dispositivos que permiten la comunicación inalámbrica entre un lector y una etiqueta o tarjeta que contiene información electrónica. Tanto los lectores RFID como los NFC pueden funcionar como sensores de reconocimiento en una variedad de aplicaciones, brindando soluciones eficientes y sin contacto para identificación y control de acceso. A continuación, se elabora una tabla comparativa de algunos sensores similares para seleccionar el apropiado.

Tabla 3-8: Comparación de sensores

Parámetros	RFID/NFC PN532	Adafruit RC522	RFID RC522
			
Características	Ideal para la creación de aplicaciones que utilizan tecnologías RFID/NFC, es compatible con tarjetas y dispositivos NFC.	Permite leer y escribir en etiquetas y tarjetas, comunicarse con teléfonos y actuar como una etiqueta NFC.	Posee comunicación SPI lo que permite trabajar fácilmente con la mayoría de microcontroladores.
Voltaje de operación	3.3-5 V	3.3 V	3.3 V
Frecuencia operación	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz
Transferencia de datos	10 Mbit/s	10 Mbit/s	10 Mbit/s
Interfaces de comunicación	SPI, I2C, UART	SPI, I2C, UART	SPI
Distancia Max de detección	3 – 7 cm	5 – 7 cm	5 – 7 cm
Temperatura	40°C a 85°C	40°C a 85°C	40°C a 85°C

Precio	\$ 11.93	\$ 40	\$ 5.20
--------	----------	-------	---------

Fuente: (Naylamp 2023)(Adafruit 2023)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

En lo que respecta a la selección del sensor para el módulo de olores, se decidió utilizar el RFID/NFC PN532. Una de las razones principales es su amplia popularidad, lo que garantiza la disponibilidad de librerías para plataformas como Arduino, Raspberry Pi, entre otras. Además, el chip PN532 ofrece soporte para comunicación peer-to-peer NFC, lo cual lo destaca frente al módulo RFID RC522 que solo es compatible con RFID. A su vez, el PN532 resulta ser una opción más económica en comparación con el Adafruit RC522.

- **Actuadores**

Tira de LEDs RGB

Para el módulo de olores, se seleccionó actuadores específicos con el propósito de enriquecer la experiencia sensorial. Entre los dispositivos utilizados, se destaca la inclusión de una tira LEDs RGB, cuyas características detalladas se encuentran en la tabla 3-4. Estos LEDs no solo proporcionan iluminación visual, sino que también son capaces de emitir una amplia gama de colores, lo que añade un componente visual dinámico y atractivo al entorno del módulo.

Módulo DFPlayer mini

Además, se incorporó el módulo DFPlayer mini, cuyas especificaciones se encuentran detalladas en la tabla 3-5. El DFPlayer mini desempeña un papel importante al permitir la reproducción de archivos de audio, contribuyendo así a la creación de un ambiente musical agradable.

Relé

Es importante el uso de un relé ya que este es un interruptor eléctrico que se activa o desactiva mediante una señal eléctrica, al recibir esta señal, puede aislar voltajes y controlar el encendido o apagado del sistema de humificación de manera segura. La incorporación de estos relés habilita al ESP32 para controlar el sistema de humificación al recibir la señal de activación, ya que estos dispositivos ofrecen la capacidad de aislar voltajes. En este caso, se eligieron cinco relés de 5V DC con las siguientes especificaciones:

Tabla 3-9: Especificaciones técnicas del relé

Relé	Características	Descripción
	Voltaje de Operación	5V DC
	Voltaje Max de carga	250V DC

	Corriente Max de carga	10A
	Tiempo de acción	10 ms / 5 ms
	Modelo Relay	JQC-3FF-S-Z
	Temperatura de operación	-40°C a 105°C
	Interfaz	Transistor

Fuente: (DBUelectronics 2023)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Humificador

Para el área de aromaterapia se optó por un humidificador en forma de animalito que sea llamativo para los niños, este humidificador posee en su interior un transductor piezoeléctrico para crear el vapor de la esencia. Este dispositivo convierte la energía de una forma a otra utilizando el efecto piezoeléctrico, que transforma cambios en la aceleración, presión o fuerza en carga eléctrica. El transductor actúa como un actuador al recibir una señal eléctrica de la placa de desarrollo, generando vibraciones que deforman el material. Al estar en contacto con un líquido, estas vibraciones permiten la generación de vapor.

Tabla 3-10: Especificaciones técnicas del humidificador

Humidificador ultrasónico	Características	Descripción
	Modelo	YMJ-M8
	Voltaje de Operación	5V DC
	Potencia	2W
	Material	Plástico ABS
	Función	Aromaterapia
	Fuente de alimentación	Micro USB
	Capacidad de la botella de agua	250ML
	Tamaño del producto	8,1 x 8,1 x 10,8 cm

Fuente: (Aliexpress 2023)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Diagrama de flujo de procesos para el módulo de olores

En la siguiente ilustración, se observa el diagrama de flujo de procesos y pasos que indica el uso y funcionamiento del módulo de olores.

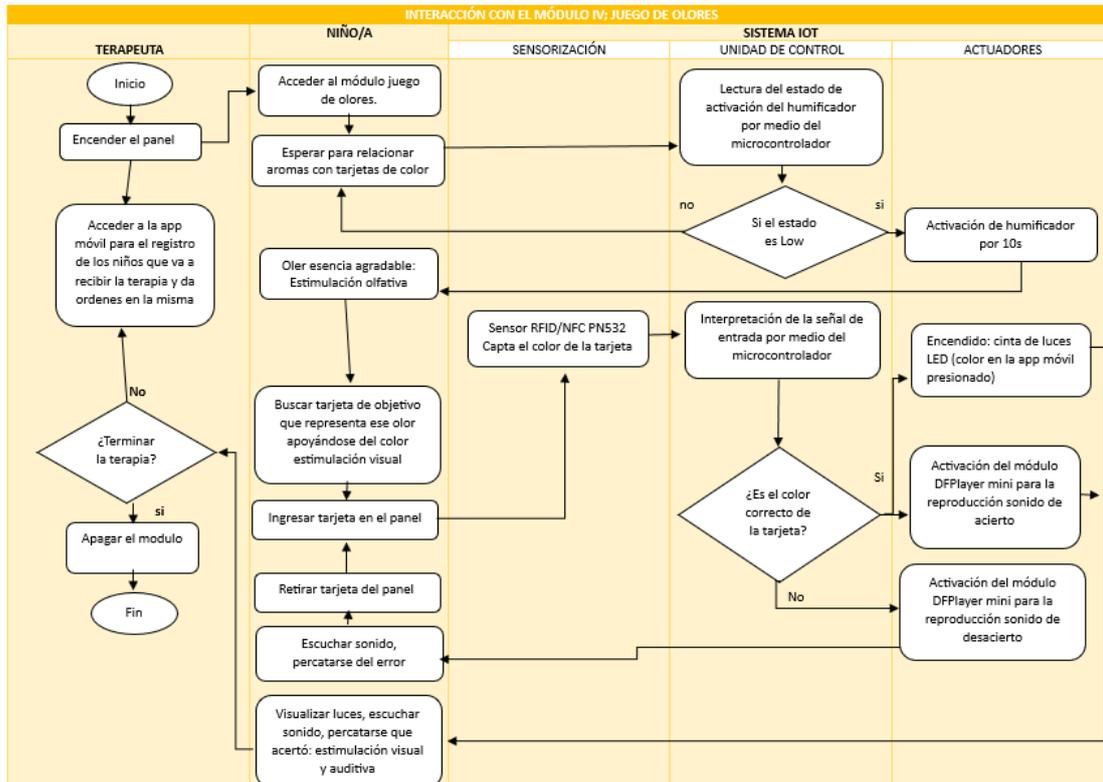


Ilustración 3-26: Diagrama de flujo del módulo de olores

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Diseño electrónico del módulo de olores

La estructura electrónica de este módulo incluye varios componentes que, al interactuar entre sí, desempeñan las funciones del panel. Entre estos componentes, se encuentran cinco relés que están vinculados a los pines digitales de la placa de desarrollo. Estos relés tienen la función de enviar una señal al microcontrolador para activar actuadores específicos, tales como los humidificadores que dispersan la esencia aromática para ser reconocida por el niño. Además, se encargan de encender la tira LED RGB y reproducir animaciones sonoras.

En lo que respecta a la activación de los humidificadores, se emplearon cinco relés de 5V controlados desde la placa ESP32 mediante los pines GPIO 25, 26, 32, 33, 15. Como se sabe, un relé cuenta con una bobina interna que, al recibir energía, se convierte en una fuente generadora de corriente con polaridad opuesta a su fuente original. Este proceso posibilita la activación de los humidificadores.

Asimismo, se integra un sensor RFID/NFC PN532 al ESP32 a través de los pines digitales GPIO 22 y 21. Este sensor desempeña la función de reconocer los diversos colores presentes en las tarjetas mediante comunicación I2C, activando, según corresponda, la tira de luces LED RGB

que está conectado en el pin GPIO 27 del microcontrolador y el reproductor MP3 posibilita la reproducción de las animaciones sonoras a través de dos parlantes conectados a las terminales SPK1 y SPK2. El módulo MP3 se conecta mediante comunicación serial al ESP32, utilizando los pines GPIO 17 y 16. La implementación de resistencias en estos pines resulta importante para optimizar la resistencia al ruido en las líneas de comunicación, filtrando potenciales interferencias electromagnéticas que pudieran afectar la transmisión de datos. Con este fin, se emplearon dos resistencias de $1K\Omega$. Adicionalmente, se incorporó un diodo LED junto a una resistencia de 330Ω para supervisar la entrada de 5V.

En cuanto a la alimentación de energía a los elementos del circuito, se utilizó una fuente de 12V con una capacidad de 2A. Sin embargo, para suministrar energía a los humidificadores, fue necesario emplear un regulador de tensión Step-Down MP1584. Este regulador desempeña la función de ajustar el voltaje necesario para componente que trabajan a 5V. Finalmente, se incorporó un interruptor que posibilita la activación y desactivación del panel.

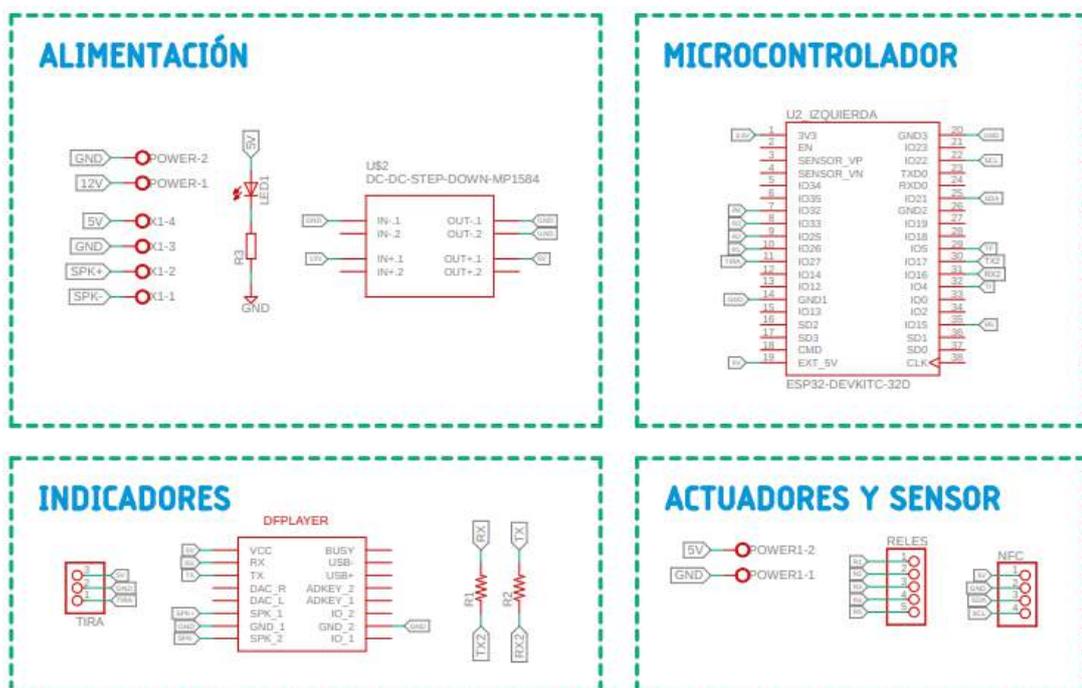


Ilustración 3-27: Circuito esquemático del módulo juego de olores

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Para la implementación del circuito, se desarrolló el diseño de la placa electrónica (PCB) con el propósito integrar y colocar todos los componentes de forma ordenada. La configuración fue realizada utilizando el software Eagle, cuyo esquema se presenta en la siguiente ilustración.

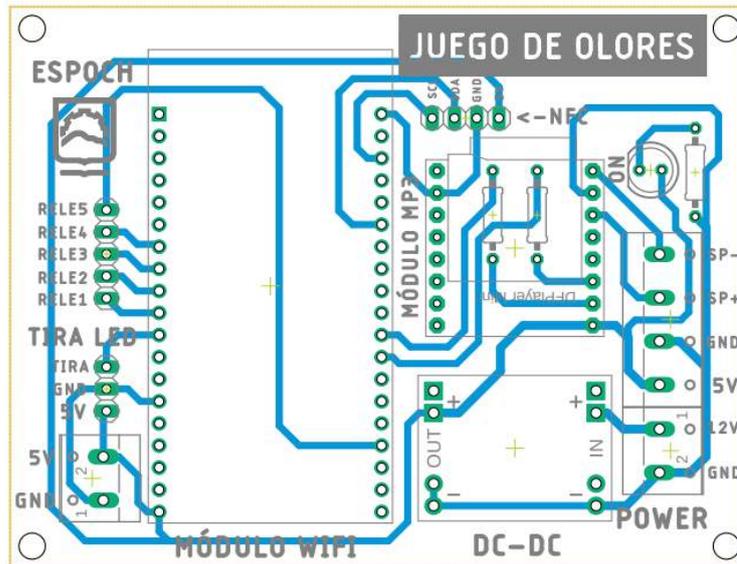


Ilustración 3-28: Diseño de la placa PBC del módulo de olores

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Posteriormente, se llevó a cabo la instalación y soldadura de los componentes de la placa electrónica. Asimismo, se incorporó el microcontrolador previamente programado, código que se encuentra en el anexo H.

Diseño de la estructura física

El diseño de la estructura física del módulo de olores, al igual que los tres módulos anteriores se realizó en el software 3D de SolidWorks. La estructura de este panel tiene una forma irregular donde sus dimensiones son: 30 cm de largo, 28 cm de ancho y 48 cm de altura. En el lado frontal que tiene las medidas (30 x 48 cm) existen seis orificios donde cuatro de ellos están destinados para la tira LED RGB, uno para liberar la salida del aroma y el otro para el reconocimiento de las tarjetas de colores. El lado lateral izquierdo que tiene las medidas (28 x 20 x 50 cm) existen tres agujeros destinados uno para el parlante, uno para el switch y otro para la fuente. En la parte trasera se encuentra una tapa que permite abrir y cerrar el módulo, permitiendo la visualización de todos los elementos internos en caso de que exista alguna falla. Esta tapa tiene las dimensiones de (30 x 48 cm).

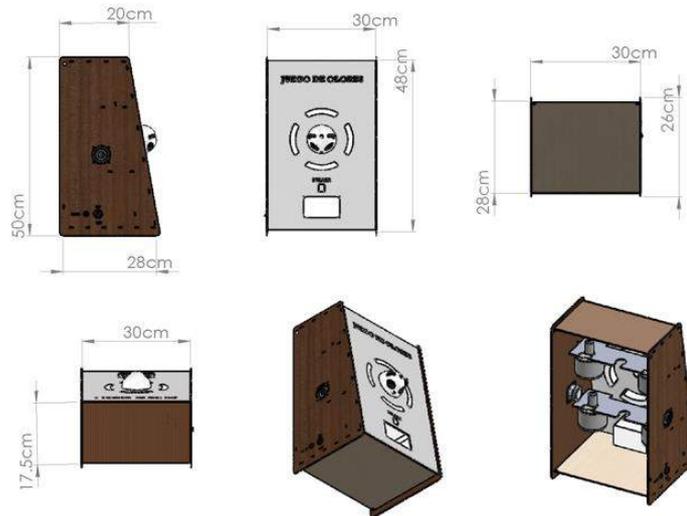


Ilustración 3-29: Diseño en 3D del módulo de olores

Realizado por: Ramírez Wilmer; Arias Jhonatan, 2024

Construcción y ensamblaje

Una vez definido el diseño junto con sus dimensiones correspondientes, se procedió a llevar a cabo la construcción. Para este propósito, se optó por emplear la tecnología de corte láser en la madera por resistente y robusto, especialmente considerando que el prototipo estará sujeto a manipulación constante por parte de niños. Además, cabe destacar que se optó por la instalación de tubos PVC con un diámetro de 15 mm, los cuales fueron cuidadosamente colocados entre el punto de emisión del aroma y la respectiva botella de cada esencia, con el fin de garantizar un flujo adecuado y preciso del aroma.

En cuanto al ensamblaje del módulo de olores, se llevó a cabo la unión de las partes que conforman la estructura física, así como la conexión de todos los componentes electrónicos necesarios para su funcionamiento. La ilustración siguiente muestra el montaje de la caja y la interconexión de los componentes electrónicos:

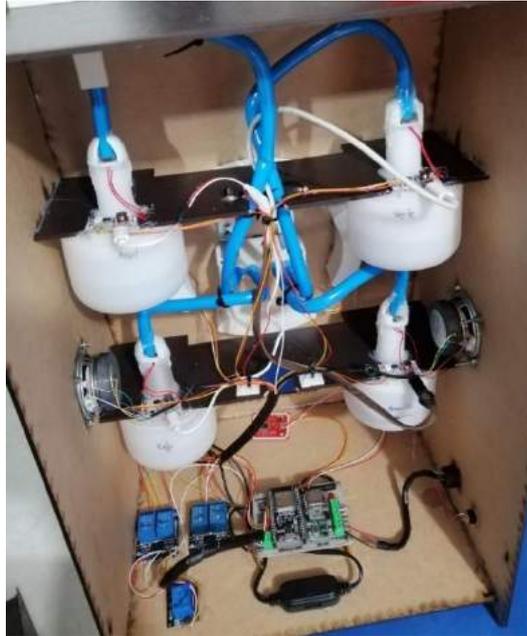


Ilustración 3-30: Construcción y ensamblaje del módulo de olores

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Por último, se procedió al cierre de la estructura física, incorporando todos los componentes y conexiones necesarios, culminando así en la obtención del producto final del módulo de olores.

3.3.2 Desarrollo de la aplicación móvil del sistema IoT

La aplicación móvil desempeña un papel fundamental en el prototipo, ya que su finalidad consiste en proporcionar al usuario una interfaz visual atractiva y multifuncional. Para la creación de la aplicación móvil se realizó un análisis mediante tablas comparativas de las herramientas necesarias a utilizar para seleccionar los más adecuados.

Sistema Operativo

Tabla 3-11: Comparación de plataformas o Sistemas Operativos

Parámetros	Android	iOS
		
Características	Android es el sistema operativo principal Google de código abierto basado en Linux, está diseñado para dispositivos móviles con pantallas	iOS es el sistema operativo principal de Apple para dispositivos móviles como iPhone, iPod Touch y iPad, significa "iPhone Operating

	táctiles. Líder mundial con una cuota de mercado del 71,93%, Android supera a iOS de Apple que tiene una cuota de mercado del 28,07%. Los lenguajes que utiliza Android comúnmente son: Java y Kotlin.	System". A diferencia de Android, iOS es un sistema operativo de código cerrado basado en OS X, UNIX. Los lenguajes principales que utiliza iOS comúnmente son: Swift y Objective-C.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Gran variedad de aplicaciones gratis • Diversidad y versatilidad • Sistema multitarea • Buena usabilidad y opciones de personalización • Buen rendimiento de batería • Mapas de ubicación 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor rendimiento • Mayor seguridad • Sincronización en iCloud+ • Excelente usabilidad • Actualizaciones de software constantes • Conexión total con otros dispositivos iOS • Personalización del enfoque
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Baja calidad de aplicaciones • Mayor riesgo de vulnerabilidad • Complejidad en la configuración avanzada • Posibles problemas de sincronización 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas opciones de personalización • Precio alto • Bajo rendimiento de la batería • Almacenamiento externo • Apple Maps

Fuente: (Bleger 2022)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Una vez analizado los sistemas operativos visto en la tabla 3-11, se observa que actualmente el sistema operativo Android continúa experimentando un crecimiento significativo, destacándose como la plataforma móvil que ofrece mayores facilidades para el desarrollo de aplicaciones. Por esta razón, se ha optado por desarrollar la aplicación utilizando el sistema operativo Android.

Para el desarrollo de aplicaciones Android es necesario de una herramienta completa para crear, depurar y probar aplicaciones de manera eficiente y productiva. Para lo cual vamos a utilizar Android Studio que es un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) creado específicamente para el desarrollo de aplicaciones Android. Es una herramienta oficial proporcionada por Google y es ampliamente utilizada por desarrolladores de todo el mundo para crear aplicaciones móviles para dispositivos Android. Además, incorpora un diseñador de

interfaces gráficas que permite a los desarrolladores diseñar las interfaces de usuario de sus aplicaciones de manera visual, arrastrando y soltando elementos de la interfaz, lo que facilita la creación de diseños complejos. También está integrado con varias herramientas y servicios de Google, como Firebase, Google Cloud Platform, Google Play Store, entre otros.

Lenguajes de programación

En el ámbito de la programación, nos encontramos con una variedad de lenguajes y etiquetas que son fundamentales para el correcto funcionamiento de plataformas y aplicaciones móviles. En el caso de Android, los lenguajes más comunes son Java y Kotlin. A continuación, se analiza las características de cada uno de ellos para determinar cuál sería más adecuado seleccionar en el desarrollo de nuestra aplicación.

Tabla 3-12: Comparación de lenguajes de programación

Parámetros	Java 	Kotlin 
Características	Java dispone de un extenso ecosistema con diversas bibliotecas y frameworks para desarrolladores, y es reconocido por su seguridad inherente gracias a características como la gestión de memoria y el manejo automático de excepciones.	Kotlin se caracteriza por ser un lenguaje de programación moderno y conciso, que ofrece interoperabilidad total con Java. Destaca por su seguridad, su facilidad de aprendizaje y su soporte para programación orientada a objetos y funcional.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Programación orientada a objetos. • Amplia variedad de bibliotecas y APIs. • Compatible con versiones antiguas, nuevas de Android. • Ofrecer características de seguridad integradas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de aprender y de usar. • Precisión y transparencia. • Integración fluida entre Kotlin y Java. • Ejecución simultánea garantizada. • Compatibilidad con Android Studio.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Tareas simples pueden requerir más código. 	<ul style="list-style-type: none"> • Curva de aprendizaje para quienes solo conocen Java.

	<ul style="list-style-type: none"> • Algunas características pueden ser difíciles para principiantes. • Demanda un espacio de memoria considerable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitada compatibilidad con versiones antiguas de Android. • Tiempo de ejecución ligeramente más lento en comparación con Java.
--	---	--

Fuente: (Ridge 2023)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Dado que ya hay una base de conocimientos establecida en Java, y teniendo en cuenta la estabilidad, manejo de APIs y la familiaridad que ofrece, se seleccionó Java como la mejor opción para el desarrollo de la aplicación móvil de nuestro sistema IoT.

3.3.2.1 Creación de la interfaz gráfica de usuario

Una vez analizados y seleccionado las herramientas necesarias se procede a la creación de la interfaz gráfica donde esta debe ser diseñada para que sea de fácil manejo por parte del docente o terapeuta, facilitando así el seguimiento didáctico de la estimulación de los niños durante la terapia, a continuación, se puede observar en la siguiente ilustración dicha interfaz.



Ilustración 3-31: Interfaz gráfica de la aplicación móvil

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

La ilustración 3-31 muestra los bloques principales y las funciones esenciales que van a ser ejecutadas por la aplicación a través del terapeuta. Esta aplicación está diseñada para controlar el sistema de estimulación sensorial de los niños con Discapacidad Intelectual.

Uso de etiquetas XML

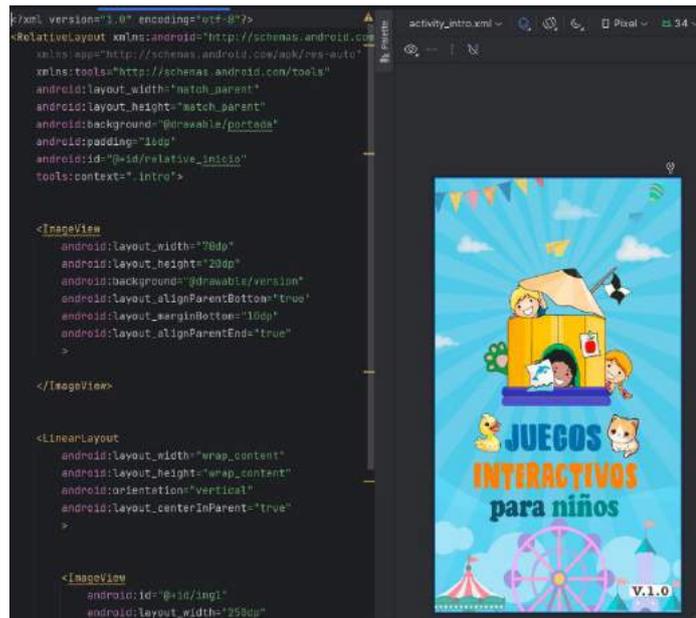


Ilustración 3-32: Aplicación de etiquetas XML

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

El lenguaje de etiquetas XML se utiliza para definir la estructura y el diseño de las interfaces de usuario en aplicaciones móviles y web. Con XML, podemos configurar atributos como el ancho y la altura de los elementos dentro de estas ventanas, lo que nos permite controlar la disposición y el tamaño de los elementos en la interfaz de manera precisa y flexible.

La función de `LinearLayout` permite agregar y quitar botones u otros elementos de manera dinámica y ajustar la disposición de los mismos según sea necesario en la interfaz de la aplicación.

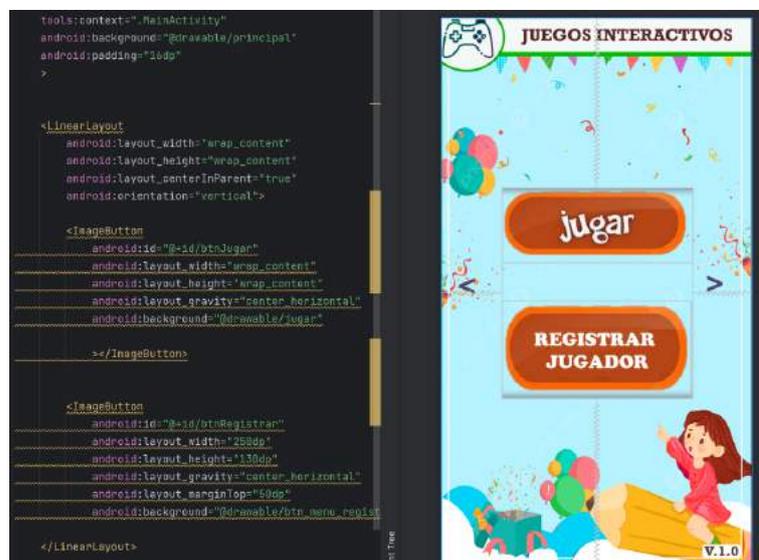


Ilustración 3-33: Alineamiento de botones en la interfaz

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.



Ilustración 3-35: Mapeo de puertos de comunicación

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

La solicitud enviada por un cliente desde Internet se dirige primero hacia la dirección IP pública del router, que en este caso es 186.46.224.44. Desde allí, la solicitud es redirigida a través de la red local utilizando el puerto de comunicaciones 80, que está asociado con el protocolo HTTP utilizado para acceder a páginas web. Finalmente, la solicitud llega a la dirección IP 192.168.1.3, que es la dirección asignada al módulo ESP. En la ilustración 3.36 se observa los permisos para la conectividad a wifi en la aplicación.

```

1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2  <manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3  xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools">
4
5  <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
6  <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE" />
7  <uses-permission android:name="android.permission.VIBRATE" />
8
9  <application
10     android:allowBackup="true"
11     android:dataExtractionRules="@xml/data_extraction_rules"
12     android:fullBackupContent="@xml/backup_rules"
13     android:icon="@mipmap/ic_launcher2"
14     android:label="@string/juegos"
15     android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher2"
16     android:supportRtl="true"
17     android:theme="@style/Theme.Juegos"
18     tools:targetApi="31">
19     <activity
20         android:name=".MainActivity2"
21         android:exported="false" />
22     <activity
23         android:name=".JuegosActivity"
24         android:exported="false"
25         android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar" />
26     <activity
27         android:name=".Intro"
28         android:exported="true"
29         android:theme="@style/AppTheme.NoActionBar">
30         <intent-filter>
31             <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
32

```

Ilustración 3-36: Permisos de conectividad a WiFi

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

3.3.2.3 Almacenamiento de datos en la nube

Hay varias plataformas que proporcionan servicios en la nube. En este caso, nos centraremos en dos de las principales de Google que son: Firebase y Google Cloud Platform. Hemos creado una tabla que compara las características de ambas plataformas para ayudar en la selección de la más adecuada para la aplicación móvil.

Tabla 3-13: Comparación de proveedores de servicio en la nube

Parámetros	Firebase 	Google Cloud Platform 
Características	Firebase es un servicio de Backend como servicio (BaaS) que se enfoca en facilitar el desarrollo rápido de aplicaciones. Los desarrolladores pueden centrarse en la parte del front-end, como el diseño de la interfaz gráfica y la experiencia del usuario.	GCP ofrece una amplia gama de servicios en la nube, incluyendo Infraestructura como servicio (IaaS), Plataforma como servicio (PaaS) y Kubernetes. Es ideal para organizaciones con necesidades avanzadas de infraestructura.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos en tiempo real • Autenticación de usuarios • Almacenamiento en la nube • Funciones en la nube • Mensajería en la nube • Analítica de aplicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Compute Engine • Kubernetes Engine • Cloud Storage • Cloud SQL • Cloud Firestore / Bigtable • Machine Learning
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta limitada • Dependencia del proveedor • Lógica limitada en el lado del servidor • Complejidad de costos • Consideraciones de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura de precios compleja • Curva de aprendizaje • Adopción limitada por parte de empresas • Interrupciones del servicio • Costos de transferencia de datos

Costo	<p>Firestore tiene una versión gratuita con límites de uso de 10 GB para la mayoría de sus servicios, ideal para aplicaciones con poco tráfico.</p>	<p>Proporciona niveles iniciales gratuitos que tienen ciertos límites. Se cobra por minuto adicionalmente.</p>
--------------	---	--

Fuente: (Joinsecret 2022)

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Realizado el análisis entre los dos proveedores de servicios se optó por usar Firebase debido a que se puede almacenar datos en la nube de forma gratuita, su facilidad de uso, la velocidad de desarrollo y la capacidad de crear aplicaciones en tiempo real, hace que Firebase sea la mejor opción para nuestra aplicación móvil.

Realtime Database

La Realtime Database de Firebase es una base de datos NoSQL alojada en la nube que permite almacenar y sincronizar datos en tiempo real entre los clientes de tu aplicación. Esta base de datos está diseñada para proporcionar datos en tiempo real a tus aplicaciones. Esto significa que los cambios realizados en la base de datos se propagan instantáneamente a todos los clientes conectados, lo que permite una experiencia de usuario fluida y colaborativa. En la siguiente ilustración se muestra los archivos donde se van a almacenando los datos en tiempo real.

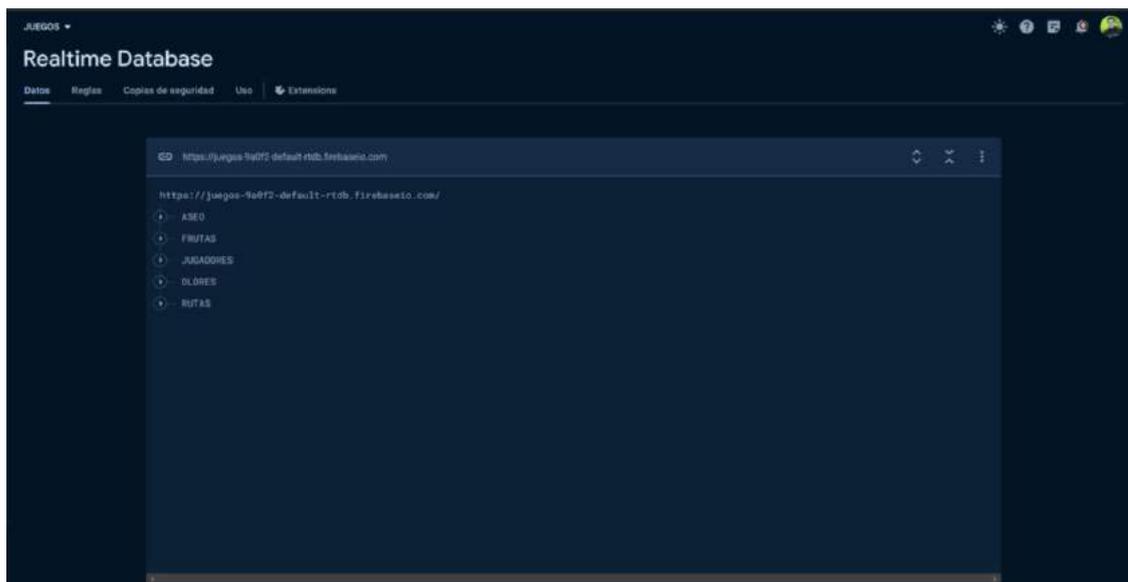


Ilustración 3-37: Almacenamiento de datos en la nube

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Estructura de datos JSON

La Realtime Database almacena los datos en formato JSON (JavaScript Object Notation), lo que la hace flexible y fácil de usar. Puedes organizar los datos en la estructura que mejor se adapte a las necesidades de tu aplicación.

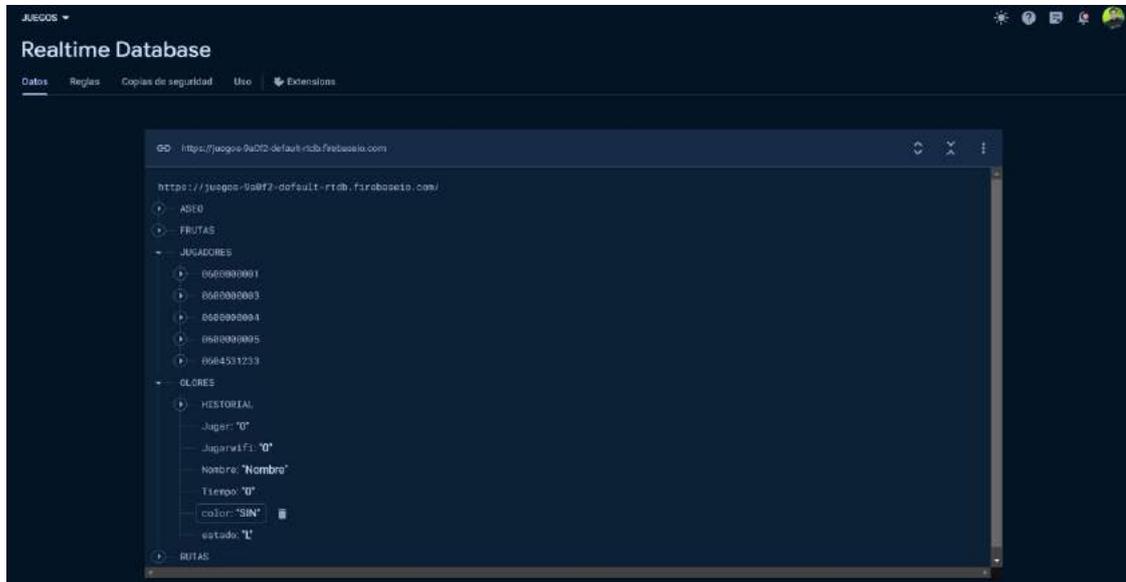


Ilustración 3-38: Almacenamiento de datos en formato JSON

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Metodología CRUD

Los métodos CRUD son un conjunto de operaciones básicas para manipular datos en sistemas de información o bases de datos:

- Create (post): Permite crear nuevos registros.
- Read (get): Facilita la consulta de información existente.
- Update (patch, put): Permite actualizar registros existentes.
- Delete (delete): Elimina datos de la base.

Estas operaciones son fundamentales en la gestión eficiente y segura de datos, y constituyen la base de muchas aplicaciones.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez terminado el diseño e implementación del sistema IoT de estimulación sensorial, se procedió a presentar a los profesionales quienes imparten la terapia en la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay” para realizar las respectivas pruebas de eficiencia de desempeño y usabilidad del prototipo. Para ello, se realizó dichas pruebas con tres niños que padecen Discapacidad Intelectual en el Instituto. Cabe mencionar que, previamente se solicitó el permiso de los docentes para poder llevar a cabo las respectivas pruebas. Estas fueron realizadas en niños cuyas edades comprenden entre los 6 y 12 años ya que la terapia sensorial posee mayor eficacia a edades tempranas, por el hecho que el cerebro de un niño tiene mayor plasticidad creando así un aprendizaje significativo.

Básicamente, el mecanismo que se llevó a cabo para las pruebas consistió en aplicar el prototipo en las rutinas de terapia sensorial de los niños, durante el tiempo que el terapeuta crea necesario donde todo el proceso fue monitoreado por el profesional. Adicionalmente, con el objetivo de realizar pruebas de eficiencia de los módulos y la usabilidad de la aplicación móvil, se procedió a evaluar junto con el terapeuta en la terapia realizada con los niños, para de esta manera obtener un análisis de la misma. A continuación, se presentan las pruebas realizadas:

4.1 Pruebas para evaluar la eficiencia de los módulos electrónicos

Para saber si los módulos electrónicos son capaces de proporcionar estímulos sensoriales precisos y consistentes se procedió a realizar pruebas de sensibilidad táctil, auditiva, visual, olfativa dependiendo del tipo de estimulación que ofrezcan cada uno de los módulos.

4.1.1 Evaluación de eficiencia de los módulos en estudiante 1

Tabla 4-1: Datos del estudiante 1 en la terapia de estimulación sensorial

Nombre	Edad	Diagnostico
Samantha Pizarro	6 años	Discapacidad intelectual grave, presenta dificultades en la coordinación motora, en el lenguaje, en el aprendizaje, en la concentración.

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de frutas con estudiante 1

En la siguiente ilustración, la estudiante 1 está utilizando el módulo “Juego de frutas” donde se va a poder dar una estimulación de su vista, tacto y oído.



Ilustración 4-1: Evaluación del módulo de frutas en estudiante 1

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de aseo con estudiante 1

En la siguiente ilustración, la estudiante 1 utiliza el módulo “Juego de aseo” donde recibe una estimulación sensorial de su vista, tacto y oído para una mejora de sus habilidades.



Ilustración 4-2: Evaluación del módulo de aseo en estudiante 1

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo rutas musicales con estudiante 1

En la siguiente ilustración, la niña pudo participar en una terapia sensorial utilizando el módulo "Rutas musicales". Esta actividad le permitió estimular sus sentidos de la vista, el tacto, el oído y al mismo tiempo sus habilidades cognitivas y lingüísticas.



Ilustración 4-3: Evaluación del módulo Rutas musicales en estudiante 1
Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de olores con estudiante 1

Por último, la paciente 1 utilizó el módulo "Juego de olores", un panel destinado a la estimulación sensorial. A través de esta actividad, se busca activar y potenciar su sentido del olfato, así como también involucrar la vista, el tacto y el oído.



Ilustración 4-4: Evaluación del módulo de olores en estudiante 1
Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

4.1.2 Evaluación de eficiencia de los módulos en estudiante 2

Tabla 4-2: Datos del estudiante 2 en la terapia de estimulación sensorial

Nombre	Edad	Diagnostico
Madaly Aucaman	9 años	Discapacidad intelectual moderada, presenta dificultades en habilidades adaptativas como la comunicación, el autocuidado, la interacción social y el manejo de tareas cotidianas.

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de frutas con estudiante 2

De manera similar a la estudiante anterior, la estudiante 2 empleó el módulo sensorial "Juego de frutas", llevando a cabo una estimulación muy dinámica de la vista, táctil y auditiva.



Ilustración 4-5: Evaluación del módulo de frutas en estudiante 2

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de aseo con estudiante 2

A continuación, la paciente 2 se observa en su sesión terapéutica, donde está utilizando el módulo de aseo, el cual está diseñado para ayudarla en actividades relacionadas con el cuidado personal y la higiene.



Ilustración 4-6: Evaluación del módulo de aseo en estudiante 2

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de rutas musicales con estudiante 2

Aquí se observa a la paciente 2 participando en la terapia sensorial de manera similar a la estudiante anterior, utilizando también el módulo "Rutas musicales".



Ilustración 4-7: Evaluación del módulo Rutas musicales en estudiante 2

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de olores con estudiante 2

Al final la estudiante 2 también utilizó el módulo "Juego de olores" con el fin de estimular sus sentidos del olfato, la vista, el tacto y el oído.



Ilustración 4-8: Evaluación del módulo de olores en estudiante 2

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

4.1.3 Evaluación de eficiencia de los módulos en estudiante 3

Tabla 4-3: Datos del estudiante 3 en la terapia de estimulación sensorial

Nombre	Edad	Diagnostico
Alejandra Zaruma	9 años	Discapacidad intelectual moderada, presenta dificultades en la coordinación motora fina y gruesa, en la comunicación y poca interacción social.

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de frutas con estudiante 3

La estudiante 3 también utilizó el módulo "Juego de frutas" para estimular sus sentidos de la vista, el tacto y el oído.



Ilustración 4-9: Evaluación del módulo de frutas en estudiante 3

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de aseo con estudiante 3

A continuación, la estudiante 3 utilizó el módulo "Juego de aseo" destinado para la estimulación sensorial auditiva, visual y táctil.



Ilustración 4-10: Evaluación del módulo de aseo en estudiante 3

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de rutas musicales con estudiante 3

Luego la estudiante 3 utilizó el módulo "Rutas musicales" destinado para estimular sus sentidos de la vista, el tacto, el oído, así como también sus habilidades cognitivas y lingüísticas.



Ilustración 4-11: Evaluación del módulo Rutas musicales en estudiante 3
Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Pruebas de eficiencia del módulo de olores con estudiante 3

Finalmente, la estudiante 3 hizo uso del módulo "Juego de olores" para estimular sus sentidos del olfato, la vista, el tacto y el oído.

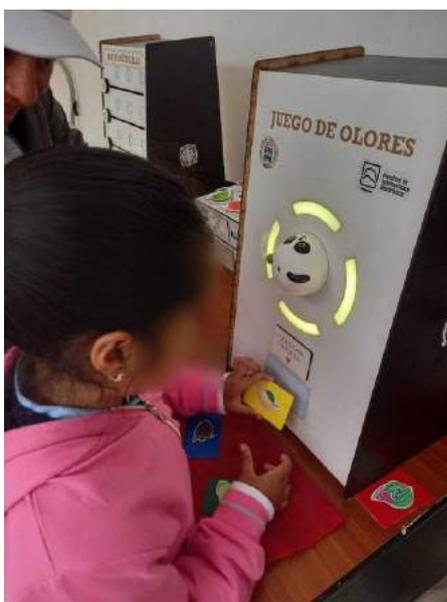


Ilustración 4-12: Evaluación del módulo de olores en estudiante 3
Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

4.1.4 Resultados de la eficiencia de desempeño de los módulos electrónicos

Es importante destacar que, para evaluar la eficiencia de los módulos electrónicos en la terapia sensorial, los niños realizaron tres sesiones en días diferentes. Durante estas sesiones, el terapeuta

pudo supervisar la terapia de cada niño y generar un informe utilizando la aplicación móvil. Esto permitió seguir la evolución de los estudiantes al integrar el prototipo en su terapia sensorial. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del estudiante 1: en la primera sesión, completó la estimulación en los cuatro módulos en un tiempo de 10,33 minutos. En la segunda sesión, redujo este tiempo a 8,22 minutos, mostrando un avance de menor tiempo. Finalmente, en la tercera sesión, logró un tiempo de 7,37 minutos, continuando su progreso en la terapia al completarla en un tiempo aún menor. Estos resultados indican que los módulos son efectivos, ya que se observa una mejora significativa de menor tiempo para completar la terapia.

Tabla 4-4: Tiempo empleado en la terapia del estudiante 1

TIEMPO DE INTERACCIÓN DE MÓDULOS EN ESTUDIANTE 1					
Samantha Pizarro	Modulo 1	Modulo 2	Modulo 3	Modulo 4	TT (min)
TIME1 16/02/2024	2.46	3.02	1.24	3.21	10:33
TIME2 18/02/2024	2.05	2.21	1.35	2.21	8:22
TIME3 19/02/2024	2.10	2.25	0.37	2.25	7:37

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

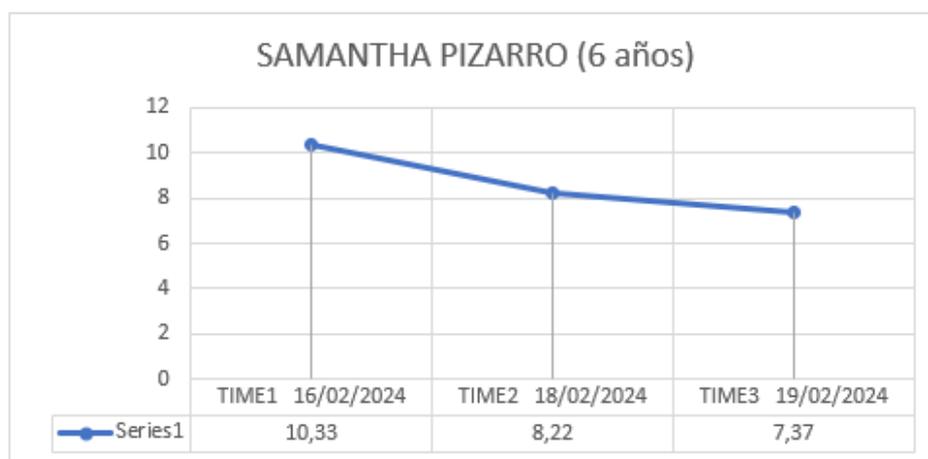


Ilustración 4-13: Diagrama progresivo en la terapia sensorial de estudiante 1

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Asimismo, se presentan los progresos de la estudiante 2, quien en su primera sesión completó la terapia en 4,12 minutos. En la segunda sesión, redujo este tiempo a 2,59 minutos, demostrando una mayor destreza. En su tercera sesión, experimentó una mejora notable al completar la terapia en 2,12 minutos, lo que refleja una reducción significativa en el tiempo necesario para la estimulación.

Tabla 4-5: Tiempo empleado en la terapia del estudiante 2

TIEMPO DE INTERACCIÓN DE MÓDULOS EN ESTUDIANTE 2					
Madaly Aucaman	Modulo 1	Modulo 2	Modulo 3	Modulo 4	TT (min)
TIME1 16/02/2024	0.55	0.53	0.51	2.53	4:12
TIME2 18/02/2024	0.45	0.41	0.25	1.48	2:59
TIME3 19/02/2024	0.25	0.15	0.21	1.11	2:12

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024

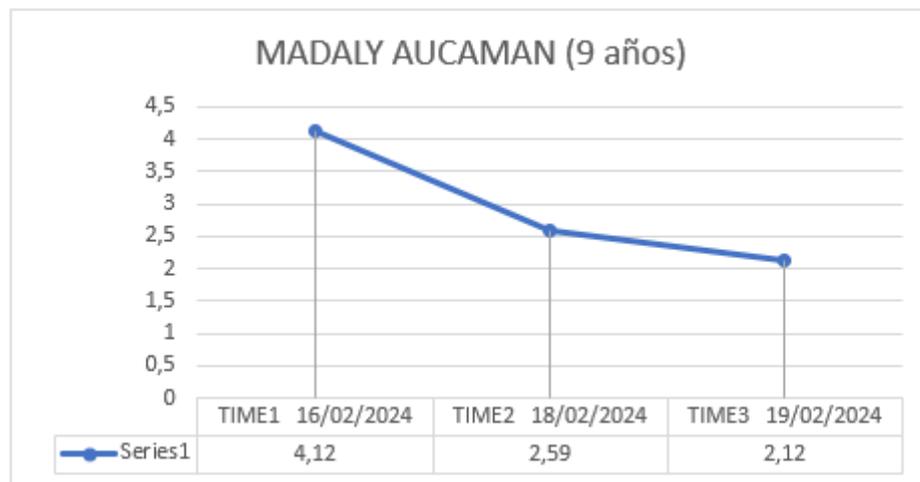


Ilustración 4-14: Diagrama progresivo en la terapia sensorial de estudiante 2

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Por último, se muestran los resultados de la estudiante 3; en su primera sesión, realizó la terapia en 4,32 minutos. En la segunda sesión, logró reducir este tiempo a 3,32 minutos, y en la tercera sesión, lo hizo en un tiempo aún más rápido de 2,48 minutos para completar su terapia sensorial.

Tabla 4-6: Tiempo empleado en la terapia del estudiante 3

TIEMPO DE INTERACCIÓN DE MÓDULOS EN ESTUDIANTE 3					
Alejandra Zaruma	Modulo 1	Modulo 2	Modulo 3	Modulo 4	TT (min)
TIME1 16/02/2024	0.51	1.01	0.55	2.25	4:32
TIME2 18/02/2024	0.41	0.45	0.51	1.45	3:32
TIME3 19/02/2024	0.39	0.31	0.28	1	2:48

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

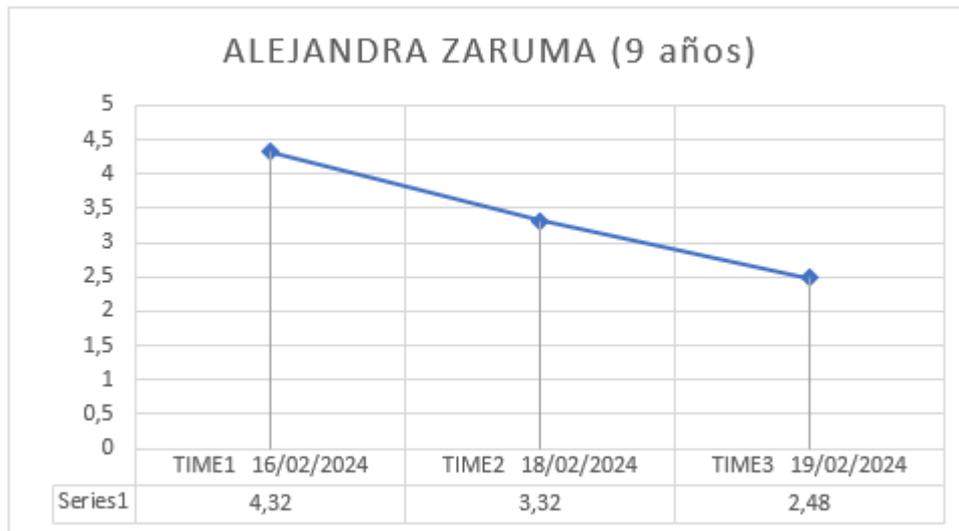


Ilustración 4-15: Diagrama progresivo en la terapia sensorial de estudiante 3

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Como resultado, al analizar los diagramas de control del tiempo de los cuatro módulos en la terapia sensorial de cada estudiante, se evidencia una mejora en el tiempo de participación de todas las niñas. Además, se observó que los pacientes se mostraban entusiasmados y deseaban continuar participando activamente en la terapia, lo que contribuyó a mantener su motivación hasta el final. También se notó una mejoría en el desarrollo de sus habilidades cognitivas, incluyendo la atención, concentración, memoria, percepción y lenguaje. Cabe destacar que los estudiantes lograron aumentar su confianza en sí mismos y su independencia, lo que tuvo un impacto positivo en su situación personal y social.

4.2 Pruebas de usabilidad de la aplicación móvil

La medición de la usabilidad de un software a menudo se realiza utilizando la escala de Likert, que consiste en una encuesta con preguntas específicas. Esta escala ayuda a facilitar la interpretación de cada pregunta del cuestionario, permitiendo obtener una visión clara sobre cómo los usuarios perciben la facilidad de uso y la experiencia general con la aplicación.

4.2.1 Evaluación de la métrica de usabilidad del aplicativo

Para evaluar la usabilidad de un aplicativo de software se puede realizar mediante la capacidad de aprendizaje para determinar la facilidad de uso. El aprendizaje, es una de las características consideradas en la métrica de usabilidad, donde se refiere a qué tan fácil es para los usuarios aprender a utilizar el producto. Por tal motivo para validar la aplicación móvil de estimulación sensorial, se llevó a cabo el proceso de una encuesta dirigida a los terapeutas y docentes de los niños de la Unidad Carlos Garbay que participaron en el proyecto. El objetivo fue recopilar

información de los encuestados para obtener una visión general de la facilidad o complejidad del aprendizaje del software. La encuesta se realizó a un grupo de diez profesionales que estuvieron involucradas en el proyecto. A continuación, se exponen los datos obtenidos de la encuesta realizada.

Datos obtenidos en la encuesta de la pregunta 1

Tabla 4-7: Datos de la encuesta de la pregunta 1

Pregunta 1	Respuestas	Encuestados	Porcentaje
¿Qué tan complicado fue para usted instalar la aplicación en su dispositivo móvil?	Fácil	7	70%
	Normal	3	30%
	Regular	0	0%
	Difícil	0	0%
	Total	10	100%

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.



Ilustración 4-16: Resultado porcentual de la pregunta 1

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Analizando los datos recopilados de la primera pregunta sobre la dificultad de instalar la aplicación móvil en un celular, el 70% de los encuestados, es decir, 7 personas, están de acuerdo en que fue un proceso fácil, mientras que el 30%, representado por 3 personas consideran que fue un proceso normal, es decir, ni demasiado complicado ni demasiado fácil.

Datos obtenidos en la encuesta de la pregunta 2

Tabla 4-8: Datos de la encuesta de la pregunta 2

Pregunta 2	Respuestas	Encuestados	Porcentaje
	Fácil	6	60%

¿Fue fácil o difícil para usted el registro de datos de los niños en la aplicación móvil?	Normal	3	30%
	Regular	1	10%
	Difícil	0	0%
	Total	10	100%

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.



Ilustración 4-17: Resultado porcentual de la pregunta 2

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Con respecto a los datos recopilados en la segunda pregunta, que trata sobre la facilidad o dificultad experimentada al registrar los datos de los niños en la aplicación móvil, se nota que el 60%, equivalente a 6 personas, coinciden en que fue fácil, el 30% lo realizaron normalmente sin problemas y el 10% restante informa que encontraron cierta dificultad.

Datos obtenidos en la encuesta de la pregunta 3

Tabla 4-9: Datos de la encuesta de la pregunta 3

Pregunta 3	Respuestas	Encuestados	Porcentaje
¿Cómo le pareció a usted la selección de cada módulo (o juego) en la aplicación móvil para comenzar con la estimulación de los niños?	Fácil	7	70%
	Normal	2	20%
	Regular	1	10%
	Difícil	0	0%
	Total	10	100%

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.



Ilustración 4-18: Resultado porcentual de la pregunta 3

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

La pregunta 3 brinda información sobre la opinión de los encuestados respecto a la selección de cada módulo o juego en la aplicación móvil para iniciar la estimulación de los niños. Según los resultados, el 70% considera que fue muy fácil, el 20% lo percibe como un proceso normal, y el 10% restante expresa cierto desacuerdo.

Datos obtenidos en la encuesta de la pregunta 4

Tabla 4-10: Datos de la encuesta de la pregunta 4

Pregunta 4	Respuestas	Encuestados	Porcentaje
¿Qué tan complicado fue para usted ver la información del tiempo de cada participante en la aplicación móvil?	Fácil	8	80%
	Normal	1	10%
	Regular	1	10%
	Difícil	0	0%
	Total	10	100%

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.



Ilustración 4-19: Resultado porcentual de la pregunta 4

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Al examinar los datos recopilados de la pregunta 4 sobre la dificultad para visualizar la información del tiempo de cada participante en la aplicación móvil, el 80% indica que fue fácil, el 10% considera que fue un proceso normal y el 10% restante tiene una percepción regular al respecto.

Datos obtenidos en la encuesta de la pregunta 5

Tabla 4-11: Datos de la encuesta de la pregunta 5

Pregunta 5	Respuestas	Encuestados	Porcentaje
¿Cómo le pareció a usted el uso de la aplicación móvil para el manejo de los módulos de estimulación sensorial en la terapia de los niños?	Fácil	9	90%
	Normal	1	10%
	Regular	0	0%
	Difícil	0	0%
	Total	10	100%

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.



Ilustración 4-20: Resultado porcentual de la pregunta 5

Realizado por: Ramírez W, Arias J, 2024.

Finalmente, con los datos recopilados en la pregunta 5, se puede determinar la percepción sobre el uso de la aplicación móvil para controlar los módulos de estimulación sensorial en la terapia de los niños. Según los resultados, el 90% de los encuestados consideran que fue un proceso demasiado fácil, mientras que el 10% restante opina que fue un proceso normal.

4.2.2 Resultados de la usabilidad de la aplicación móvil

Después de validar la aplicación móvil, los resultados de la encuesta reflejaron una percepción sumamente positiva. Debido a que la mayoría de los terapeutas y docentes encuestados coincidieron en que la aplicación resultó ser muy "fácil" de usar para administrar los módulos electrónicos en la terapia. Esto significa que el prototipo presentado contribuye de manera innovadora y dinámica al fortalecimiento de la terapia sensorial para los niños.

Los resultados analizados detalladamente de la encuesta revelan que el aplicativo móvil tiene un impacto significativo en la ejecución de la terapia sensorial en el manejo y control de los módulos electrónicos, siendo considerado como una herramienta innovadora en el ámbito tecnológico del desarrollo. Además, su implementación se destaca como una estrategia versátil que puede extenderse a otras formas de terapia practicadas en la Unidad Educativa Carlos Garbay. Esta iniciativa no solo diversifica las opciones terapéuticas disponibles, sino que también promueve la adopción de enfoques más modernos y efectivos en el tratamiento de los pacientes con Discapacidad Intelectual.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Mediante el estudio bibliográfico de técnicas de estimulación se determinó que la técnica de terapia multisensorial es la más apropiada para niños con discapacidad intelectual porque se centra en actividades sensoriales que permiten mejorar las habilidades cognitivas y emocionales, el estudio amplió nuestra visión para crear el prototipo de estimulación sensorial.

La infraestructura del proyecto fue analizada con profesionales de la institución para construir un prototipo adecuado y amigable tanto para los niños como para el terapeuta. Utilizando tablas comparativas, fue posible seleccionar los componentes de hardware y software en función de sus características más destacadas.

Los cuatro módulos fueron diseñados con elementos llamativos y se adaptó de manera positiva a las necesidades de los niños. Por medio de un proceso de estimulación que se realizó en varias sesiones, se observó una mejora en sus órganos sensoriales, ya que los niños al interactuar con los módulos pudieron reconocer diferentes colores, aromas, formas y sonidos.

Utilizando la tecnología IoT se pudo implementar un sistema de estimulación sensorial que constan de una aplicación que controla a cuatro módulos (microcontroladores, sensores y actuadores), donde los sensores envían señales a los microcontroladores (ESP32, ESP8266, Arduino mega) permitiendo activar a los actuadores (luces, sonidos, olores) estimulando los órganos sensoriales de los niños. Esta información es enviada a través de Wifi y monitoreado por la aplicación móvil. En la aplicación se utilizó Android Studio, Java y Firebase para la integración del sistema los cuales permitieron diseñar una interfaz de fácil uso para el terapeuta.

Para evaluar la eficiencia de los módulos electrónicos se probó en varias sesiones con los niños mostrando signos de disfrute e interés debido a que su funcionamiento es muy didáctico y en la aplicación se pudo evaluar los tiempos de duración de las sesiones realizadas, donde se observó una disminución de tiempo en cada sesión dando como resultado un avance progresivo en las habilidades de los niños. La evaluación de usabilidad del aplicativo utilizando la escala de Likert mostró resultados positivos en cuanto a su capacidad de aprendizaje. En la encuesta realizada se observó que los porcentajes de fácil uso del aplicativo oscila entre el 70% y el 90%, superando los criterios considerados como aceptables.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda para proyectos futuros la implementación de un sistema híbrido para controlar los módulos electrónicos ya sea de forma local como a través de internet que permita modificar, adaptar y gestionar los dispositivos desde diferentes lugares según las necesidades del usuario.

Es importante disponer de una conexión a internet de calidad para evitar problemas de conexión que podrían afectar el correcto funcionamiento del sistema de estimulación sensorial durante la interacción con los niños.

Se sugiere llevar a cabo pruebas de funcionamiento con personas que presenten diversas discapacidades con el fin de evaluar si el proyecto propuesto puede beneficiar a un mayor número de niños, ampliando así su alcance.

Sería muy factible utilizar un framework para desarrollar una aplicación más robusta el cual nos permita simplificar el proceso de codificación, reducir errores, tener mayor seguridad y garantizar la integridad de los datos.

Se recomienda tener mucha precaución con el módulo juego de olores debido a que los humidificadores llevan esencias en su interior y un movimiento brusco podría perjudicar los integrados.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ADAFRUIT.** *Adafruit PN532 Escudo de controlador NFC/RFID para Arduino.* [En línea]. 2023. [Consulta: 31 enero 2024]. Disponible en: <https://www.adafruit.com/product/789#technical-details>.
2. **ADMIN.** *10 técnicas innovadoras de estimulación cognitiva para personas con discapacidad intelectual.* [En línea]. 2023. [Consulta: 1 diciembre 2023]. Disponible en: <https://cuidamosmundi.com/estimulacion-cognitiva-discapacidad-intelectual/>.
3. **ALIEXPRESS.** *Humidificador de aire para aromaterapia, difusor de aceites esenciales, purificador de aire para el hogar y el coche, 250ML.* [En línea]. 2023. [Consulta: 5 febrero 2024]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/i/1005004497820228.html>.
4. **ALTAMIRANO BENALCÁZAR, Héctor Rodrigo, & PUENTE MORENO, Amanda Madelaine.** Diseño e implementación de una red inalámbrica de sensores inteligentes para el registro de la contaminación acústica en la ESPOCH basado en tarjetas de desarrollo [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Riobamba). 2016. pp. 15-16. [Consulta: 16 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6378>.
5. **ANDALUCÍA.** *Estado del arte y tendencias del IoT e IoE.* [En línea]. 2021. [consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://coitaoc.org/wp-content/uploads/2021/06/Estado-del-Arte-IoT.pdf>.
6. **APP&WEB.** *Funcionalidades que debe tener una app.* [en línea]. 2020. [Consulta: 11 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.appandweb.es/blog/funcionalidades-debe-tener-app/>.
7. **ÁVILA JIMÉNEZ, Gabriela Estefanía. & PORTOCARRERO MÁRQUEZ, Pablo Andrés.** Diseño e implementación de una sala multisensorial basada en multiagentes con un sistema de seguimiento y evaluación automatizado [En línea] (Trabajo de titulación).

- (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, (Cuenca). 2014. pp. 16-18 [Consulta: 30 octubre 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8810>.
8. **AZURE.** *¿Qué es el desarrollo de aplicaciones móviles?* [En línea]. 2021. [Consulta: 11 diciembre 2023]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-mobile-app-development>.
 9. **BACK4APP.** *Firestore con base de datos SQL. Back4app* [En línea]. 2022. [Consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: https://blog.back4app.com/es/firebase-con-base-de-datos-sql/#Que_tipo_de_bases_de_datos_ofrece_Firebase.
 10. **BLEGER, Milagros.** *Conoce las ventajas y desventajas de Android e iOS, ¡elige tu mejor opción!* [En línea]. Perú: 2022. [Consulta: 28 enero 2024]. Disponible en: <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/android-vs-ios/>.
 11. **CANVIS.** *Otros tipos de terapia: la terapia asistida por animales.* [En línea]. Barcelona: 2021. [Consulta: 3 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.canvis.es/es/otros-tipos-de-terapia-la-terapia-asistida-por-animales/>.
 12. **CRESPO, J.** *Aprendiendo arduino. Desarrollo Social* [En línea]. 2016. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/author/jecrespom/>.
 13. **DBUELECTRONICS.** *Módulo relay JQC-3FF-S-Z.* [En línea]. 2023. [Consulta: 4 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.dbuelectronics.cr/modulo-relay/116-modulo-relay-jqc-3ff-s-z.html>.
 14. **DE LA CRUZ LAICA, Richard Adrián.** Implementación de un prototipo de sala multisensorial para ayudar a la estimulación temprana [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Politécnica Nacional, (Quito). 2021. pp. 15-25. [Consulta: 30 octubre 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21534>.

15. **DÍAZ, Andrés.** Sistema IoT para asistir a personas invidentes - Blind-Net. [En línea]. S.l.: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI). 2021. pp. 1-11. [Consulta: 28 octubre 2023]. DOI 10.26507/ponencia.1756. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/354701675_SISTEMA_IoT_PARA_ASISTIR_A_PERSONAS_INVIDENTES_-BLIND-NET/link/6148afbfa595d06017dd25da/download.
16. **DOLÓN POZA, María.** Propuesta de un sistema inteligente que facilite el proceso de terapia en niños con TDAH [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, Madrid: 2020. pp. 6. [Consulta: 12 octubre 2023]. Disponible en: <https://oa.upm.es/68318/>.
17. **ENESO.** *Salas de estimulación sensorial o Snoezelen.* Eneso [En línea]. España: 2012. [Consulta: 9 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.eneso.es/blog/salas-de-estimulacion-sensorial-o-snoezelen/>.
18. **ESCUELITADIGITAL.** *Como la tecnología está mejorando a educación de los niños con necesidades especiales.* [En línea]. 2023. [Consulta: 29 noviembre 2023]. Disponible en: <https://miescuelitadigital.com/como-la-tecnologia-esta-mejorando-la-educacion-de-los-ninos-con-necesidades-especiales/>.
19. **EUROINNOVA.** *Estimulación sensorial en el aula.* *International Online Education* [En línea]. Costa Rica, 2023. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.euroinnova.cr/blog/estimulacion-sensorial-en-el-aula#:~:text=Entendemos%20por%20estimulaci%C3%B3n%20sensorial%20el,promover%20su%20desarrollo%20y%20aprendizaje>.
20. **FEMAT, Giovanna.** *¿Cuál es el tratamiento de la discapacidad intelectual?* [En línea]. Monterey, 2023. [Consulta: 11 noviembre 2023]. Disponible en: <https://neurocenter.mx/tratamiento-discapacidad-intelectual/>.
21. **FRACKIEWICZ, Marcin.** *Cómo comenzar con IoT: una guía para principiantes.* *LIM Center TS2* [En línea]. 2023. [Consulta: 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://ts2.space/es/como-comenzar-con-iot-una-guia-para-principiantes/>.

22. **GALINDO MARTÍNEZ, Daniel.** Sistema de Gestión para Optimizar el Proceso del análisis SOA en la Arquitectura Empresarial [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Católica De Colombia, (Bogotá). 2021. pp. 17. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/6ed53125-dbc1-44ba-afde-10da56615384/content>.
23. **GRADIANT.** *Edge/Fog Computing: del Cloud hacia la computación en los dispositivos.* [En línea]. 2018. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.gradiant.org/blog/edge-fog-computing-cloud/>.
24. **GUDIÑO GÓMEZ, Laura.** Mejora de la calidad de vida en niños con Síndrome de Down a través de los animales [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Valladolid, (Valencia). 2013. pp. 14-15. [Consulta: 2 diciembre 2023]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/4250/TFG-L232.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
25. **GUILLOMÍA SAN BARTOLOMÉ, Miguel.** Integración de tecnologías de apoyo para educación especial [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad de Zaragoza, Zagan. 2021. pp. 20-21. [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/107360/files/TESIS-2021-259.pdf>.
26. **I2T.** *Internet de las Cosas (IoT).* [En línea]. 2018. [Consulta: 16 noviembre 2023]. Disponible en: <https://i2t.com.mx/internet-de-las-cosas/>.
27. **IBÁÑEZ GABALDÓN, Miguel.** Análisis de frameworks y soluciones para la IoT [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica de Valencia, España. 2022. pp. 18. [Consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/198544>.
28. **IOTDESIGNPRO.** *El mejor cerebro para proyectos de IoT: ¿comparación de Raspberry Pi Zero W, Arduino y NodeMCU!* [En línea]. México, 2019. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://iotdesignpro.com/articles/arduino-nano-vs-raspberry-pi-zero-w-vs-nodemcu-for-iot-projects>.

29. **JAVATPOINT.** *Ventajas y desventajas de sensores.* [En línea]. 2021. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.javatpoint.com/advantages-and-disadvantages-of-sensors>.
30. **JOINSECRET.** *Comparación entre Google Cloud y Firebase: ¿Cuál es mejor? Tabla de contenidos.* [En línea]. 2022. [Consulta: 8 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.joinsecret.com/es/compare/google-cloud-vs-firebase>.
31. **LAGUIA, Daniel; et al.** “Especificación de requisitos de un sistema IoT con UML”. *Open Journal Systems* [En línea], 2022, (Argentina) 14(2), pp. 200–215. [Consulta: 12 noviembre 2023]. ISSN 1852-4516. Disponible en: <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v14.n2.887>.
32. **LIN, Jie; et al.** “A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications”. *IEEE Internet of Things Journal* [En línea], 2017, (EE. UU) 4(5), pp. 1125-1142. [Consulta: 27 noviembre 2023]. ISSN 2327-4662. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2683200>.
33. **LLAMAS, Luis.** *Conectar Arduino con paneles y tiras LED RGB WS2812B (NeoPixel).* [En línea]. 2016. [Consulta: 16 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/arduino-led-rgb-ws2812b/>.
34. **LOCKE, Jayna.** *¿Qué es IoT Device Management y por qué lo necesita? Digi International Inc* [En línea]. 2021. [Consulta: 28 octubre 2023]. Disponible en: <https://es.digi.com/blog/post/what-is-iot-device-management>.
35. **LÓPEZ, Javier.** *Estimulación cognitiva en niños y adultos. Logopedia y Más* [En línea]. 2022. [Consulta: 6 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.logopediaymas.es/blog/estimulacion-cognitiva/>.
36. **MAKERELECTRONICO.** *DFPlayer mini reproductor mp3 con interfaz serial UART.* [En línea]. Ecuador: 2017. [Consulta: 16 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.makerelectronico.com/dfplayer-mini-reproductor-mp3-interfaz-serial-uart/>.

37. **MAXELECTRÓNICA.** *Sensor Magnético Reed Switch Normalmente Abierto.* [En línea]. Chile: 2021. [Consulta: 14 diciembre 2023]. Disponible en: <https://maxelectronica.cl/sensores/113-sensor-magnetico-reed-switch-normalmente-abierto.html>.
38. **MENNI, Aita.** *Sala Snoezelen: estimulación sensorial para personas mayores con demencia.* [En línea]. España: 2019. [Consulta: 7 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.aita-menni.org/es/articulo/sala-snoezelen-estimulacion-sensorial-para-personas-mayores-demencia/>.
39. **MOLINS, Silvia.** *La importancia de la estimulación en los bebés.* [En línea]. España: 2018. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.clinicasilviamolins.com/la-importancia-de-la-estimulacion-en-los-bebes/>.
40. **MONTAGUD, Nahum.** *Salas de estimulación multisensorial Snoezelen: qué son y para qué sirven.* [En línea]. España: 2021. [Consulta: 9 noviembre 2023]. Disponible en: <https://psicologiaymente.com/clinica/salas-estimulacion-multisensorial-snoezelen>.
41. **MOREIRA ALVAREZ, Camila.** Efectos de la estimulación multisensorial dentro de una sala oscura en el tratamiento del equilibrio en niños de 5 a 7 años con discapacidad intelectual [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de las Américas, Quito. 2016. pp. 21-25. [Consulta: 9 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/6270/1/UDLA-EC-TLFI-2016-05.pdf>.
42. **NARANJO CONDO, María José. & SILVA JURADO, Mónica Paulina.** La estimulación temprana en el desarrollo psicomotriz de los niños y niñas de 3 a 4 años con discapacidades, de la unidad educativa especializada “Carlos Garbay”, de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. año lectivo 2013- 2014 [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba. 2015. pp. 37-38. [Consulta: 4 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2175>.
43. **NAYLAMP.** *Módulo lector RFID/NFC 13.56MHZ PN532.* [En línea]. Perú: 2023 [Consulta: 30 enero 2024]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/rfid-nfc/182-modulo-lector-rfid-nfc-1356mhz-pn532.html>.

44. **NICKLAUS, Andreas.** *Fog Computing: solucionando las limitaciones de la nube y el Edge Computing*. [En línea]. Alemania: 2023. [Consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: <https://blog.mi.hdm-stuttgart.de/index.php/2023/02/27/fog-computing-solving-the-limitations-of-cloud-and-edge-computing/>.
45. **OCAÑA, Miguel.** *Estimulación sensorial en los niños con discapacidad*. [En línea]. 2016. [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.guiainfantil.com/ocio/cuentos-infantiles/con-otra-mirada-cuento-infantil-para-ver-mas-alla-de-las-apariencias/>.
46. **ORELLANA, Almudena.** *Beneficios de la estimulación sensorial en la Educación Infantil. Noticias* [En línea]. Madrid: 2023. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://blog.bosquedefantasias.com/noticias/beneficios-estimulacion-sensorial-educacion-infantil>.
47. **PÉREZ ESCUDERO, Andrea.** Alumnado con discapacidad intelectual leve: una propuesta didáctica para la mejora de la lectoescritura en Educación Primaria [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Valladolid, España. 2021. pp. 16-18. [Consulta: 11 noviembre 2023]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/49144>.
48. **PÉREZ SAEZ, Miriam.** Estimulación multisensorial en personas con discapacidad múltiple [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de las Islas Baleares, España. 2015. pp. 27-29. [Consulta: 4 noviembre 2023]. Disponible en: https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/145504/Perez_Saez_Miriam.pdf?sequence=1.
49. **PLATZI.** *Guía completa para diseñar y programar una aplicación móvil*. [En línea]. 2019. [Consulta: 22 diciembre 2023]. Disponible en: <https://platzi.com/blog/como-crear-una-app/>.
50. **QUIROZ, Angie.** *¿Qué es una aplicación móvil y para qué sirve?* [En línea]. 2022. [Consulta: 11 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.b2chat.io/blog/marketing/aplicacion-movil-que-para-que-sirve/>.

51. **RAMÍREZ NARVÁES, Alex Patricio.** La sala multisensorial en el desarrollo propioceptivo de los niños de 0 a 3 años con Síndrome de Down que acuden al centro inclusivo de discapacidades El Peral [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 2018. pp. 25-27. [Consulta: 9 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27646/2/Proyecto%20de%20Investigaci%C3%B3n-Alex%20Ram%C3%ADrez.pdf>.
52. **RIDGE, Brendon.** *El Mejor Lenguaje para el Desarrollo de Aplicaciones de Android: Una Comparativa Detallada.* [en línea]. 2023. [consulta: 6 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.mediummultimedia.com/apps/cual-es-el-mejor-lenguaje-para-el-desarrollo-de-aplicaciones-de-android/>.
53. **RODAL, Enrique.** *Fog computing, edge computing y cloud computing: diferencias.* [En línea]. 2021. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.podcastindustria40.com/fog-computing/>.
54. **RODILLA, Mario.** *Aplicaciones móviles: tipos, ventajas e inconvenientes.* [En línea]. 2019. [Consulta: 11 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/aplicaciones-moviles-tipos-ventajas-e-inconvenientes.html>.
55. **ROMÁN GALLARDO, Armando; et al.** *Tecnologías Disruptivas de Información* [En línea]. México: Sistema Editorial Electrónico PRED, 2018. [Consulta: 21 noviembre 2023]. Disponible en: http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Tecnologias-disruptivas-de-informacion_465.pdf.
56. **RUIZ, Sandra.** *Estimulación Sensorial en estudiantes con necesidades educativas especiales.* [En línea]. Madrid: 2023. [Consulta: 28 octubre 2023]. Disponible en: [https://prodis360.org/estimulacion-sensorial-beneficios-terapia-discapacidad-intelectual/#:~:text=En%20terapia%20ocupacional%2C%20por%20ejemplo,aromaterapia%20\(Pohlman%2C%202017\).](https://prodis360.org/estimulacion-sensorial-beneficios-terapia-discapacidad-intelectual/#:~:text=En%20terapia%20ocupacional%2C%20por%20ejemplo,aromaterapia%20(Pohlman%2C%202017).)
57. **SALUSPLAY.** *Tema 3. El internet de las cosas. esquema del IoT, uso de sensores y aplicaciones en salud.* [En línea]. 2023. [Consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://www.salusplay.com/apuntes/apuntes-de-salud-digital/tema-3-el-internet-de-las-cosas-esquema-del-iot-uso-de-sensores-y-aplicaciones-en-salud>.

58. **SEGURA, Alejandro.** “Arquitectura de software de referencia para objetos inteligentes en internet de las cosas”. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software* [En línea], 2016, (Argentina) 4(2), pp. 77-78. [Consulta: 14 noviembre 2023]. ISSN 2314-2642. Disponible en: <https://doi.org/10.18294/relais.2016.73-110>.
59. **SOLECTROSHOP.** *Diferencias de los protocolos de comunicación UART vs I2C vs SPI*. [En línea]. España: 2021. [Consulta: 19 febrero 2024]. Disponible en: <https://solectroshop.com/es/blog/diferencias-de-los-protocolos-de-comunicacion-uart-vs-i2c-vs-spi-n107>.
60. **TACHUS.** *¿Qué es el Internet de las cosas?* [En línea]. 2023. [Consulta: 7 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.tachus.com/post/what-is-the-internet-of-things>.
61. **UNAM.** *Prácticas con Arduino y DASA*. [En línea]. México: 2020. [Consulta: 22 diciembre 2023]. Disponible en: <https://iaciduino.enp.unam.mx/wpArduino/index.php/manual-de-programacion-con-arduino/sistema-electronico/>.
62. **UNIR.** *La estimulación sensorial en Educación Infantil. Noticias* [En línea]. España: 2021. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.unir.net/educacion/revista/estimulacion-sensorial-educacion-infantil/>.
63. **UNITELECTRONICS.** *Display OLED 128×32 0.91 I2C SSD1306 Blanco / Azul*. [En línea]. México: 2019. [Consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/display-oled-128x32-0-91-i2c-ssd1306-blanco-azul/>.
64. **UPBILITY.** *Más información sobre la educación especial: Consejos para padres*. [En línea]. 2023. [Consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: <https://upbility.es/blogs/news/mas-informacion-sobre-la-educacion-especial-consejos-para-padres>.

65. **VELASCO, Rubén.** *Análisis: Raspberry Pi 3 Modelo B+*. [En línea]. 2021. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://hardzone.es/reviews/perifericos/analisis-raspberry-pi-3-modelo-b/>.
66. **VERA, Evelyn.** *5 tipos de discapacidades más comunes en Ecuador*. [En línea]. Ecuador: 2019. [Consulta: 4 noviembre 2023]. Disponible en: <https://discapacidadesenelmundo.wordpress.com/2019/02/21/5-tipos-de-discapacidades-mas-comunes-en-ecuador/>.
67. **VINUEZA PAREDES, Deysi Carolina.** Pautas educativas para mejorar el equilibrio corporal en niños con discapacidad intelectual de la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay Montesdeoca” de la ciudad de Riobamba, durante el año lectivo 2021 – 2022 [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba. 2022. pp. 20-24. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9811>.

ANEXOS

ANEXO A: Oficio de autorización de la Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay



UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA "CARLOS GARBAY MONTESDEOCA"

EDUCACION ESPECIALIZADA
VÍCTOR EMILIO ESTRADA S/N JAIME ROLDÓS AGUILERA - TELÉFONO 03-2368068
RIOBAMBA - ECUADOR



Oficio nro.012-R-UEECG-2023-2024-OF
Riobamba, 04 de septiembre de 2023

Asunto: Autorización para el Desarrollo del Proyecto de Titulación denominado "Diseño e Implementación de un Sistema IoT de Estimulación Sensorial para niños con Discapacidad Intelectual"

Sr.

Wilmer Patricio Ramírez Tierra

**ESTUDIANTE CARRERA DE TELECOMUNICACIONES DE LA
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESPOCH**

Presente.-

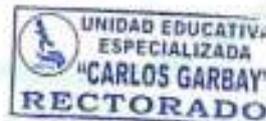
De mi consideración:

A nombre de la Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay de Riobamba, me dirijo a usted para expresarle un atento y cordial saludo, a la vez en referencia al oficio s/n de fecha 4 de septiembre de 2023, debo indicar que está autorizado la solicitud para el Desarrollo del Proyecto de Titulación denominado "Diseño e Implementación de un Sistema IoT de Estimulación Sensorial para Niños con Discapacidad Intelectual de la Unidad Educativa Especializada "Carlos Garbay"

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Lic. Larena Coronel M. Mgtr.
RECTORA



Oficio nro.013-R-UEECG-2023-2024-OF
Riobamba, 04 de septiembre de 2023

Asunto: Autorización para el Desarrollo del Proyecto de Titulación denominado "Diseño e Implementación de un Sistema IoT de Estimulación Sensorial para niños con Discapacidad Intelectual"

Sr.
Jhonatan Segundo Arias Garcés
**ESTUDIANTE CARRERA DE TELECOMUNICACIONES DE LA
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESPOCH**
Presente.-

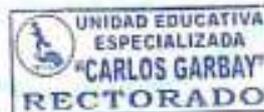
De mi consideración:

A nombre de la Unidad Educativa Especializada Carlos Garbay de Riobamba, me dirijo a usted para expresarle un atento y cordial saludo, a la vez en referencia al oficio s/n de fecha 4 de septiembre de 2023, debo indicar que está autorizada la solicitud para el Desarrollo del Proyecto de Titulación denominado "Diseño e Implementación de un Sistema IoT de Estimulación Sensorial para Niños con Discapacidad Intelectual de la Unidad Educativa Especializada "Carlos Garbay"

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,


Lic. Lorena Coronel M. Mgtr.
RECTORA



ANEXO B: Costo de la implementación del sistema

TABLA DE PRESUPUESTO DEL MÓDULO 1					
MÓDULO 1: JUEGO DE FRUTAS					
Nº	Descripción	unidad	cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Microcontrolador ESP32	c/u	1	15	15
2	Sensor magnético (Reed switch)	c/u	6	2.50	15
3	Tira led RGB	m	0.50	6	6
4	Modulo DFPlayer mini	c/u	1	6	6
5	Pantalla oled i2c	c/u	1	7.50	7.50
6	Batería Power bank	c/u	1	27	27
7	Parlantes	c/u	2	6	12
8	Regulador de voltaje Mp1584	c/u	1	6	6
9	Interruptor redondo	c/u	1	1	1
10	Fuente hembra de 12v	c/u	1	1	1
11	Fuente de poder de 12v	c/u	1	4	4
12	Tarjeta SD 4gbs	c/u	1	5	5
13	Resistencias	c/u	2	0.25	0.50
14	Borneras	c/u	2	1	2
15	Desarrollo Placa PCB	c/u	1	15	15
16	Impresión 3d	c/u	6	2.50	15
17	Estructura física de madera	c/u	1	20	20
18	Adhesivos de figuras	c/u	1	1	1
19	Imán	c/u	6	0.50	3
20	Pines machos	c/u	4	0.50	2
				total	165

TABLA DE PRESUPUESTO DEL MÓDULO 2					
MÓDULO 2: JUEGO DE ASEO					
Nº	Descripción	unidad	cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Microcontrolador ESP32	c/u	1	15	15
2	Sensor magnético (Reed switch)	c/u	12	2.50	30
3	Tira led RGB	m	0.50	6	6
4	Modulo DFPlayer mini	c/u	1	6	6
5	Pantalla oled i2c	c/u	1	7.50	7.50
6	Batería Power bank	c/u	1	27	27
7	Parlantes	c/u	2	6	12
8	Regulador de voltaje Mp1584	c/u	1	6	6
9	Interruptor redondo	c/u	1	1	1
10	Fuente hembra de 12v	c/u	1	1	1
11	Fuente de poder de 12v	c/u	1	4	4
12	Tarjeta SD 4gbs	c/u	1	5	5
13	Resistencias	c/u	2	0.25	0.50
14	Borneras	c/u	2	1	2
15	Desarrollo Placa PCB	c/u	1	15	15
16	Impresión 3d	c/u	6	2.50	15
17	Estructura física de madera	c/u	1	20	20
18	Adhesivos de figuras	c/u	1	1	1
19	Imán	c/u	6	0.50	6
20	Pines machos	c/u	4	0.50	2
				total	182

TABLA DE PRESUPUESTO DEL MÓDULO 3

MODULO 3: RUTAS MUSICALES					
Nº	Descripción	unidad	cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Arduino MEGA 2560 PRO	c/u	1	30	30
2	Wemos D1 mini ESP8266 (Wifi)	1	1	7	7
3	Sensor magnético (Reed switch)	c/u	15	2.50	30
4	Tira led RGB	m	0.50	6	6
5	Modulo DFPlayer mini	c/u	1	6	6
6	Diodo led	c/u	1	1	1
7	Pines hembras	c/u	6	0.50	27
8	Parlantes	c/u	2	6	12
9	Regulador de voltaje Mp1584	c/u	1	6	6
10	Interruptor redondo	c/u	1	1	1
11	Fuente hembra de 12v	c/u	1	1	1
12	Fuente de poder de 12v	c/u	1	4	4
13	Tarjeta SD 4gbs	c/u	1	5	5
14	Resistencias	c/u	3	0.25	0.75
15	Borneras	c/u	2	1	2
16	Desarrollo Placa PCB	c/u	1	15	15
17	Impresión 3d	c/u	15	1	15
18	Estructura fisica de madera	c/u	1	35	35
19	Adhesivos de figuras	c/u	1	1	1
20	Imán	c/u	15	0.50	7.50
21	Pines machos	c/u	4	0.50	2
				total	214.25

TABLA DE PRESUPUESTO DEL MÓDULO 4

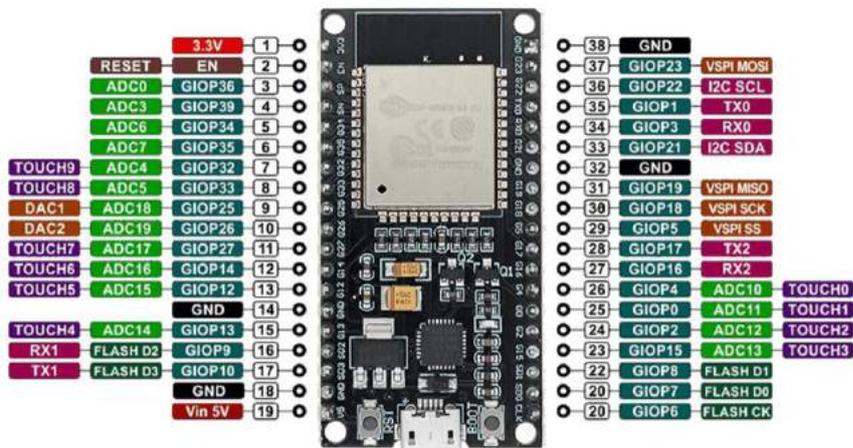
MODULO 4: JUEGO DE OLORES					
Nº	Descripción	unidad	cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Microcontrolador ESP32	c/u	1	15	15
2	RFID/NFC PN532	c/u	1	13	30
3	Tira led RGB	m	0.50	6	6
4	Modulo DFPlayer mini	c/u	1	6	6
5	Hidráulica	c/u	1	15	15
6	Relé	c/u	5	1.50	7.50
7	Parlantes	c/u	2	6	12
8	Regulador de voltaje Mp1584	c/u	1	6	6
9	Interruptor redondo	c/u	1	1	1
10	Fuente hembra de 12v	c/u	1	1	1
11	Fuente de poder de 12v	c/u	1	4	4
12	Tarjeta SD 4gbs	c/u	1	5	5
13	Resistencias	c/u	2	0.25	0.50
14	Borneras	c/u	2	1	2
15	Desarrollo Placa PCB	c/u	1	15	15
16	Impresión 3d	c/u	5	1	5
17	Estructura fisica de madera	c/u	1	35	35
18	Adhesivos de figuras	c/u	1	1	1
19	Imán	c/u	6	0.50	6
20	Humificador	c/u	4	12	48
21	USB cables	c/u	4	1	4
22	Diodos led bicolor	c/u	2	0.25	0.50
23	Pines machos	c/u	4	0.50	2
				total	227.50

PRESUPUESTO TOTAL DEL PROTOTIPO		
Descripción	Cantidad	Costo
Modulo frutas	1 u	\$ 165.00
Modulo asco	1 u	\$ 182.00
Modulo rutas musicales	1 u	\$ 214.25
Modulo olores	1 u	\$ 227.50
Proveedor de servicio	Gratuito	\$ 00.00
TOTAL		\$ 788.75

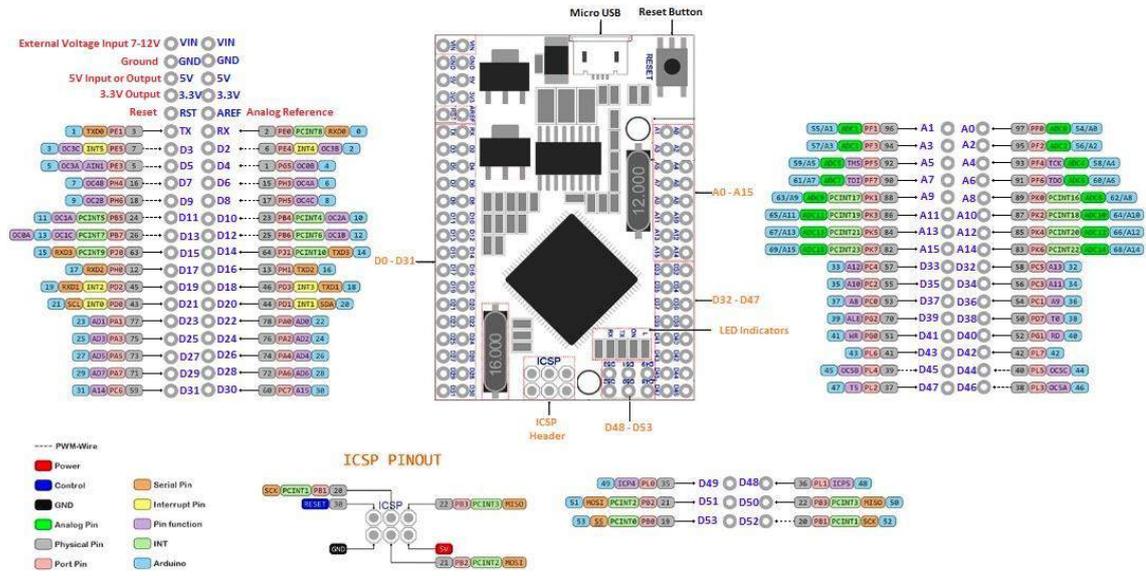


ANEXO E: Datasheet de los microcontroladores utilizados

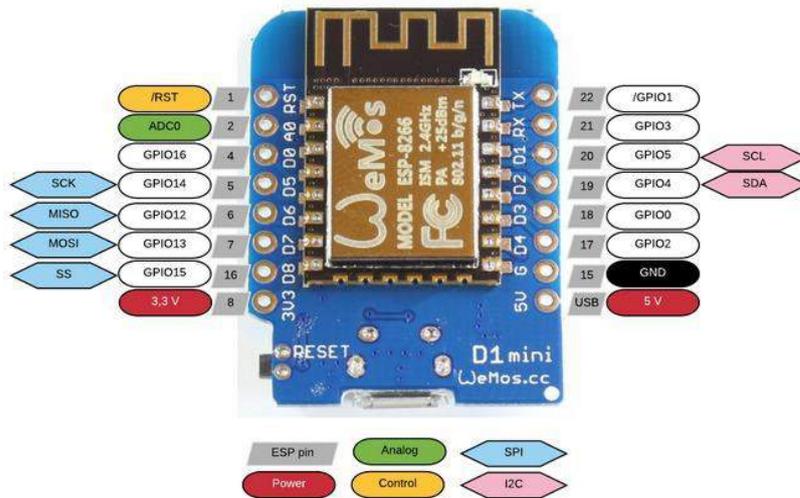
NodeMCU ESP32



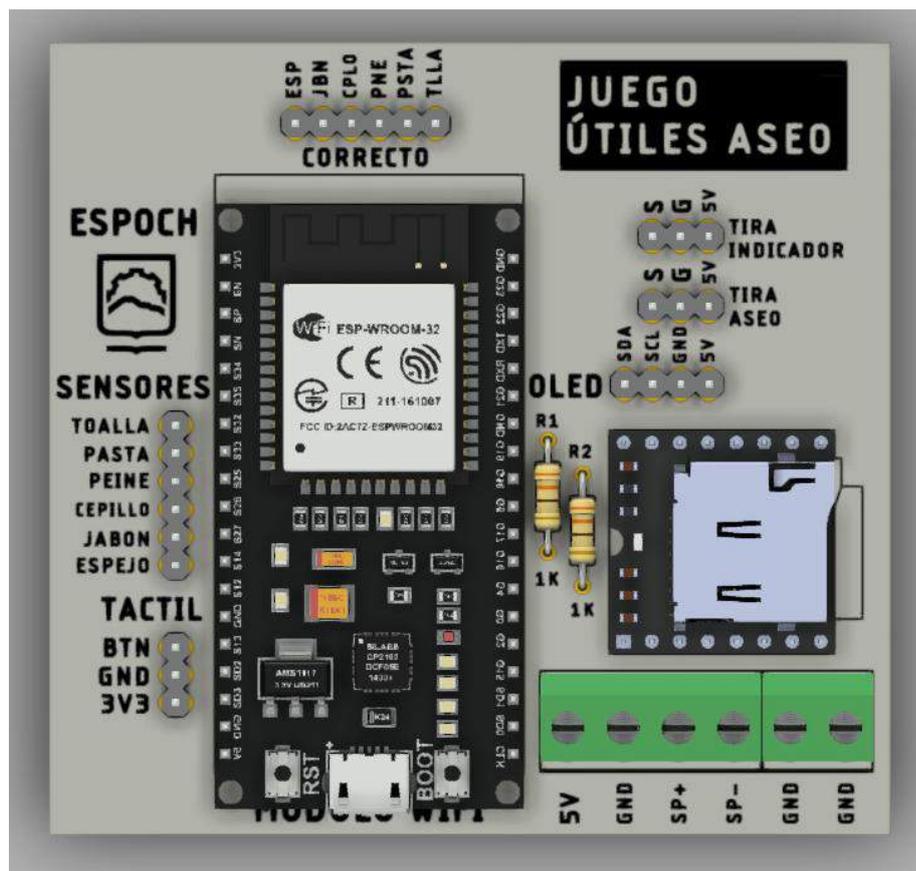
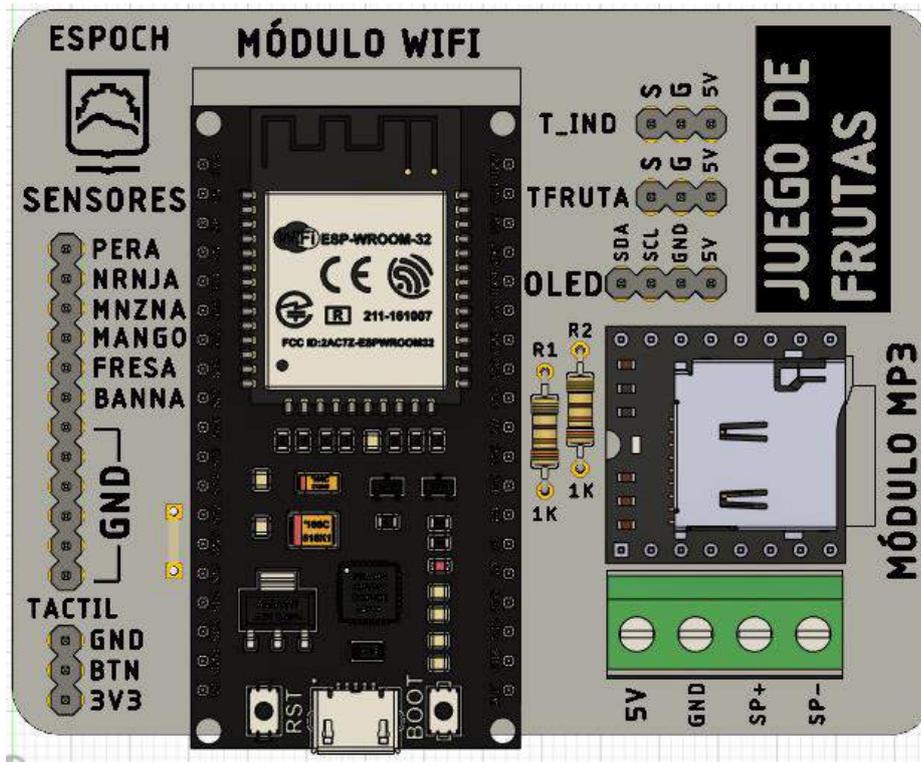
Arduino mega pro mini 2560

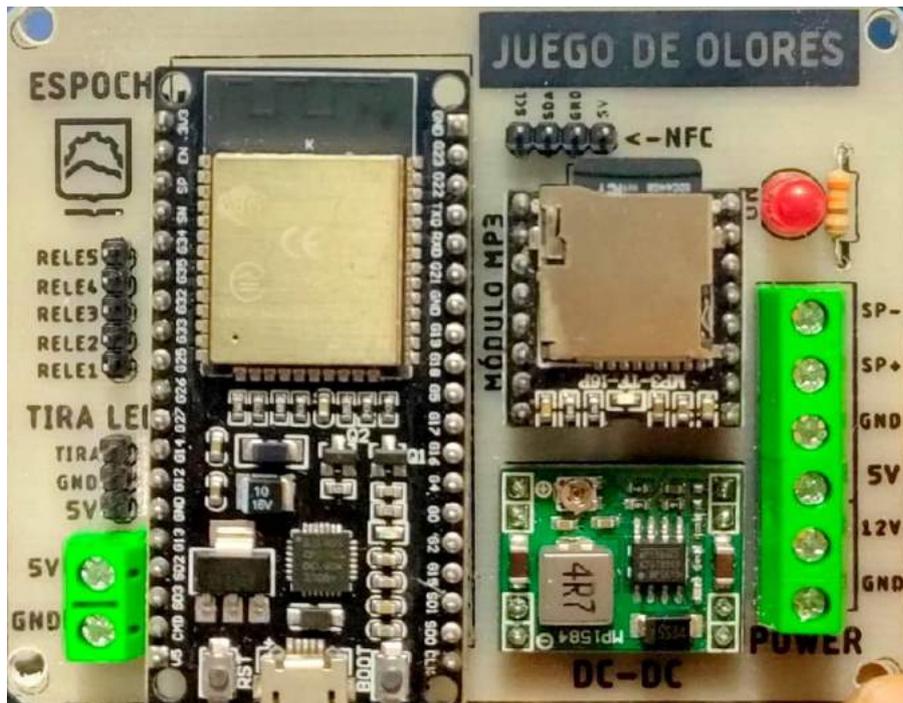
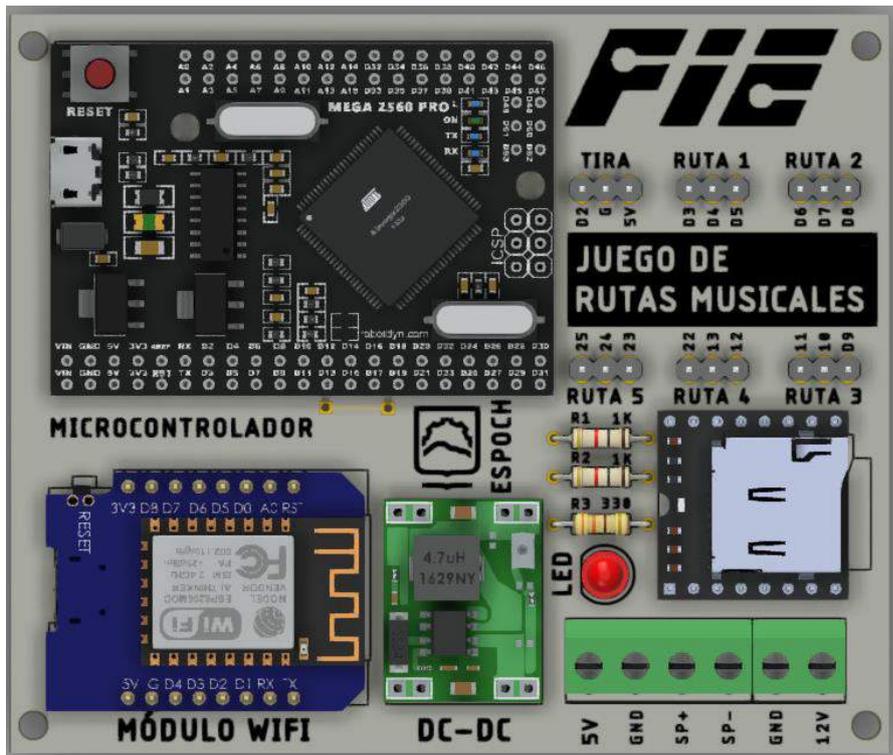


WeMos D1 mini ESP8266



ANEXO F: Diseño de circuitos de los módulos





ANEXO G: Encuesta

Tema: Diseño e implementación de un sistema IoT de estimulación sensorial para niños con Discapacidad Intelectual de la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay” de la ciudad de Riobamba

Objetivo: Conocer la opinión sobre la usabilidad de la aplicación móvil del prototipo propuesto para el monitoreo en la terapia sensorial de los niños

Instrucciones: Seleccione la opción que considere apropiada.

CUESTIONARIO

1.- ¿Qué tan complicado fue para usted instalar la aplicación en su dispositivo móvil?

- a. Fácil
- b. Normal
- c. Regular
- d. Difícil

2.- ¿Fue fácil o difícil para usted el registro de datos de los niños en la aplicación móvil?

- a. Fácil
- b. Normal
- c. Regular
- d. Difícil

3.- ¿Cómo le pareció a usted la selección de cada módulo (o juego) en la aplicación móvil para comenzar con la estimulación de los niños?

- a. Fácil
- b. Normal
- c. Regular
- d. Difícil

4.- ¿Qué tan complicado fue para usted ver la información del tiempo de cada participante en la aplicación móvil?

- a. Fácil
- b. Normal
- c. Regular
- d. Difícil

5.- ¿Cómo le pareció a usted el uso de la aplicación móvil para el manejo de los módulos de estimulación sensorial en la terapia de los niños?

- a. Fácil
- b. Normal
- c. Regular
- d. Difícil

ANEXO H: Código del Sistema IoT

Código de juego de frutas

```
TESSIS_FRUTAS_WIFI Arduino IDE 2.3.2
Archivo Editor Sketch Herramientas Ayuda
Seleccionar Placa

TESSIS_FRUTAS_WIFI.ino
1 #include <WiFiClient.h>
2 #include <HTTPClient.h>
3 #include <WiFiManager.h> // https://github.com/tzapu/WiFiManager
4 WiFiManager wmi;
5 #include <Arduino.h>
6 #if defined(ESP32)
7 #include <WiFi.h>
8 #include <FirebaseESP8266.h>
9 #elif defined(ESP8266)
10 #include <ESP8266WiFi.h>
11 #include <FirebaseESP8266.h>
12 #elif defined(ARDUINO_RASPBERRY_PI_PICO_W)
13 #include <WiFi.h>
14 #include <FirebaseESP8266.h>
15 #endif
16
17 // Provide the token generation process info.
18 #include <addons/TokenHelper.h>
19 // Provide the RTDB payload printing info and other helper functions.
20 #include <addons/RTDBHelper.h>
21
22 /* 2. Define the API Key */
23 #define API_KEY "wP0eX1au7I410Sr7y56detQ5wwkktIAm4vARh"
24
25 /* 3. Define the RTDB URL */
26 #define DATABASE_URL "juegos-9a0f2-default-rtdb.firebaseio.com" //<databaseName>.firebaseio.com OR <databaseName>.<region>-firebaseio.com
27
28 // Define Firebase Data object
29 FirebaseData stream;
30 FirebaseData fdata;
31
32 FirebaseAuth auth;
33 FirebaseConfig config;
34
35
36 #include <Separator.h>
37 Separator s;
38
39 #include <Adafruit_NeoPixel.h> //librería para Bluetooth
40 #ifdef _AR_
41 #include <avr/power.h> // Required for 10 MHz Adafruit Trinket
42 #endif
43 #include <Adafruit_GFX.h> //Librería para gráficos
44 #include <Adafruit_SSD1306.h> //Librería para OLEDs monocromáticos basados en controladores SSD1306
45 #define OLED_RESET 13 //Se declara el pin de reset, este es requerido por el constructor de la librería SSD1306.
46 Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET); //Se define una condición para saber si en la librería esta definida la altura de 12 de lo contrario no funciona
47 #if (SSD1306_LCDHEIGHT != 32)
48 #error "Adafruit_SSD1306.h: cambio en la librería de Adafruit_SSD1306.h"
49 #endif
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
255
```


Código rutas musicales

```
RUTAS_wifi | Arduino IDE 2.3.2
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
Seleccionar Placa

RUTAS_wifi.ino
1 #include <SoftwareSerial.h>
2
3 // Define los pines que utilizaras para la comunicacion serial
4 const int pinRx = D6; // Pin GPIO donde conectaras el TX del otro dispositivo
5 const int pinTx = D5; // Pin GPIO donde conectaras el RX del otro dispositivo
6 SoftwareSerial n1Serial(pinRx, pinTx);
7
8 #include <Arduino.h>
9 #include <ESP8266WiFi.h>
10 #include <ESP8266HTTPClient.h>
11 #include <WiFiClientSecureBearSSL.h>
12 #include <WiFiManager.h> // https://github.com/tzapu/WiFiManager
13 WiFiManager wm;
14 #include <ArduinoJson.h>
15
16 #if defined(ESP32)
17 #include <WiFi.h>
18 #include <FirebaseESP32.h>
19 #elif defined(ESP8266)
20 #include <ESP8266WiFi.h>
21 #include <FirebaseESP8266.h>
22 #elif defined(ARDUINO_RASPBERRY_PI_PICO_W)
23 #include <WiFi.h>
24 #include <FirebaseESP8266.h>
25 #endif
26
27 // Provide the token generation process info.
28 #include <addons/TokenHelper.h>
29 // Provide the RTDB payload printing info and other helper functions.
30 #include <addons/RTDBHelper.h>
31
32 /* 2. Define the API Key */
33 #define API_KEY "w0eXl9au7T4I6Qsr7y56dwtQSwvktIAawlvArh"
34
35 /* 3. Define the RTDB URL */
36 #define DATABASE_URL "juegos-9a0f2-default-rtdb.firebaseio.com" //<databaseName>.firebaseio.com or <data
37
38
39 // Define Firebase Data object
40 FirebaseData stream;
41 FirebaseData fbdo;
42
43 FirebaseAuth auth;
44 FirebaseConfig config;
45
46 String TiempoJuego = "0:0"; //Variable de tiempo envio para app
47 String name = "SINOMBRE";
48 bool isFirebase = false;
```

```
RUTAS_wifi | Arduino IDE 2.3.2
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
Seleccionar Placa

RUTAS_wifi.ino
84 }
85 }
86 Serial.printf("Received stream payload size: %d (Max. %d)\n\n", data.payloadLength(), data.maxPayloadLength());
87
88 String valorFire(StreamData &data) {
89   if (data.dataType() == "string")
90     Serial.println(data.stringData());
91   return data.stringData();
92 }
93
94
95 void streamTimeoutCallback(bool timeout) {
96   if (timeout)
97     Serial.println("stream timed out, resuming...\n");
98
99   if (!stream.httpConnected())
100     Serial.printf("error code: %d, reason: %s\n\n", stream.httpCode(), stream.errorReason().c_str());
101 }
102
103 void setup() {
104   Serial.begin(9600);
105   Serial.println("MODO DE NOTIFICACION");
106   n1Serial.begin(9600);
107   conexionWiFiManager();
108   Serial.printf("Firebase Client v%s\n\n", FIREBASE_CLIENT_VERSION);
109   /* Assign the api key (required) */
110   config.api_key = API_KEY;
111   /* Assign the RTDB URL (required) */
112   config.database_url = DATABASE_URL;
113   /* Assign the callback function for the long running token generation task */
114   config.token_status_callback = tokenStatusCallback; // see addons/TokenHelper.h
115   config.signer_test_mode = true;
116   // task1.enable();
117   Firebase.begin(&config, &auth);
118   Firebase.reconnectWiFi(true);
119   if (!Firebase.beginStream(stream, "RUTAS")) {
120     // Serial.printf("stream begin error, %s\n\n", stream.errorReason().c_str());
121   }
122   Firebase.setStreamCallback(stream, streamCallback, streamTimeoutCallback);
123
124   Firebase.setString(fbdo, "RUTAS/Nombre", "SINOMBRE");
125   Firebase.setString(fbdo, "RUTAS/Tiempo", "0:0");
126   Firebase.setString(fbdo, "RUTAS/Jugar", "0");
127   delay(2000);
128   //n1Serial.println("C");
129 }
130
131 void loop() {
```

Código juego de olores

```
JUEGO_OLORES_WIFI | Arduino IDE 2.3.2
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
Seleccionar Placa

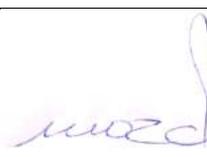
JUEGO_OLORES_WIFI.ino
1
2 #include <WiFiClient.h>
3 #include <HTTPClient.h>
4 #include <WiFiManager.h> // https://github.com/tzapu/WiFiManager
5 WiFiManager wm;
6 #include <Arduino.h>
7 #if defined(ESP32)
8 #include <WiFi.h>
9 #include <FirebaseESP32.h>
10 #elif defined(ESP8266)
11 #include <ESP8266WiFi.h>
12 #include <FirebaseESP8266.h>
13 #elif defined(ARDUINO_RASPBERRY_PI_PICO_W)
14 #include <WiFi.h>
15 #include <FirebaseESP8266.h>
16 #endif
17
18 // Provide the token generation process info.
19 #include <addons/TokenHelper.h>
20 // Provide the HTTP payload printing info and other helper functions.
21 #include <addons/RTDBHelper.h>
22
23 /* 2. Define the API Key */
24 #define API_KEY "wP0eX19au7T416Q5r7y5GduetQ5wVvktIAawWvARh"
25
26 /* 3. Define the RTDB URL */
27 #define DATABASE_URL "juegos-9a9f2-default-rtcb.firebaseio.com" //<databaseName>.firebaseio.com or <dat
28
29 // Define Firebase Data object
30 FirebaseData stream;
31 FirebaseData fbdo;
32
33 FirebaseAuth auth;
34 FirebaseConfig config;
35
36 #include <Separador.h>
37 Separador s;
38
39 #include <Adafruit_NeoPixel.h> //libreria para bluetooth
40 #ifdef __AVR__
41 #include <avr/power.h> // Required for 16 MHz Adafruit Trinket
42 #endif
43
44 #include <DFPlayerMini_Fast.h> //libreria para mp3
45 DFPlayerMini_Fast dFPlayer; //objeto mp3
46
47 //Designamos nuestro pin de datos
48 #define DATA_PIN 12 //pin de datos

425
426 if (numeroAleatorio == tarjeta_id) {
427     TEST_OLORES();
428     Serial.println("JUEGO COMPLETADO BIEN");
429     Serial.println("TIEMPO DE JUEGO: " + String(msegundos));
430     digitalWrite(relayPins[0], HIGH);
431     digitalWrite(relayPins[1], HIGH);
432     digitalWrite(relayPins[2], HIGH);
433     digitalWrite(relayPins[3], HIGH);
434     digitalWrite(relayPins[4], LOW);
435     Serial.println("SUBIENDO...");
436     delay(200);
437     Firebase.setString(fbdo, "/OLORES/Tiempo", String(msegundos));
438     delay(400);
439     Firebase.setString(fbdo, "/OLORES/Jugar", "0");
440     Serial.println("SUBIDO");
441     name = "Nombre";
442     cardNumber = 0;
443     contar = false;
444     dFPlayer.play(14);
445     delay(1200);
446     dFPlayer.play(8);
447     delay(2500);
448     apagado();
449     JUGANDO = false;
450     msegundos = 0;
451     cc=0;
452 }
453 if (numeroAleatorio != tarjeta_id) {
454     TEST_OLORES();
455     Serial.println("JUEGO COMPLETADO MAL");
456     Serial.println("TIEMPO DE JUEGO: " + String("MAL"));
457     digitalWrite(relayPins[0], HIGH);
458     digitalWrite(relayPins[1], HIGH);
459     digitalWrite(relayPins[2], HIGH);
460     digitalWrite(relayPins[3], HIGH);
461     digitalWrite(relayPins[4], LOW);
462     Serial.println("SUBIENDO...");
463     delay(200);
464     Firebase.setString(fbdo, "/OLORES/Tiempo", "MAL");
465     delay(400);
466     Firebase.setString(fbdo, "/OLORES/Jugar", "0");
467     Serial.println("SUBIDO");
468     name = "Nombre";
469     cardNumber = 0;
470     contar = false;
471     dFPlayer.play(15);
472 }
```




ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 07/05/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Wilmer Patricio Ramírez Tierra Nombres – Apellidos: Jhonatan Segundo Arias Garcés
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Telecomunicaciones
Título a optar: Ingeniero en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes Título a optar: Ingeniero en Telecomunicaciones
 Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro Director del Trabajo de Titulación  Ing. Mario Alejandro Paguay Alvarado Asesor del Trabajo de Titulación