



Diseño de un Dispositivo Electrónico para la Estimulación en Niños con Discapacidad Auditiva

Ascuntar Ascuntar, Camilo., Aza Criollo, William.
{camiloas72@gmail.com, williamaza27@gmail.com}
AUNAR

Resumen— Este trabajo expone el diseño e implementación de un dispositivo electrónico para la estimulación musical en niños con discapacidad auditiva en la ciudad de San Juan de Pasto, Nariño con el fin de mejorar las condiciones tanto de educación como de recreación de los niños que padecen de esta discapacidad.

Ésta contribución incluye la caracterización de los instrumentos musicales, características de los colores y la relación entre sonido y color. Del mismo modo, mediante diagramas de bloques se presenta la metodología propuesta para el diseño del prototipo, funcionamiento del dispositivo y el diseño en 3D del prototipo. Finalmente, mediante pruebas experimentales se realizó toma de datos para llevar a cabo el análisis y discusión de resultados.

Índice de Términos—Estimulación, Frecuencia, Luz, Niños(as), Sonido.

I. INTRODUCCIÓN

Desde épocas antiguas hasta el día de hoy, la electrónica ha sido indispensable en el diario vivir, desde las cosas más básicas como un radio, computadores y otros dispositivos, hasta ideas que se salen del contexto y son realmente sorprendentes y difíciles de asimilar. En la medicina es algo más novedoso, aunque también lleva tiempo en este ámbito con avances cada vez más impactantes, dichos avances se han logrado debido al perfeccionamiento de la medicina tradicional.

En la actualidad los dispositivos electrónicos juegan un papel muy importante dentro del campo de la medicina, una de las finalidades de estos dispositivos es brindar satisfacción o mejoría en algún mal estado de salud. Gracias a los avances de la tecnología y más específicamente a la ciencia y las tecnologías médicas ha sido posible crear dispositivos que de una u otra manera ayudan a personas que padecen de alguna discapacidad; es

indudable ver con qué facilidad los sistemas tecnológicos se han integrado al campo de la medicina, para darle mayor calidad al paciente, mayor atención a su salud, con el propósito de que todos los seres humanos tengan las mismas condiciones para su aprendizaje y recreación [1]. Las personas con diferentes tipos de discapacidad consiguen cada día avanzar hacia su integración digital y social en igualdad de condiciones, gracias a los sistemas de apoyo para personas con discapacidad se promueve una integración que brinda las oportunidades necesarias para salir adelante y fomenta una sociedad más justa. Dentro del campo de la audición, la sordera ha sido uno de los problemas que se ha tratado de mejorar desde hace tiempo; los avances tecnológicos han servido para diseñar y crear dispositivos capaces de mejorar este aspecto.

Con el pasar del tiempo se han venido desarrollando diferentes investigaciones acerca de estimulación musical con dispositivos electrónicos, pensando en las emociones experimentadas por las personas con discapacidad auditiva, en el momento que interactúan con la música, se ha llevado a cabo la implementación de un instrumento musical digital para niños con problemas auditivos mediante la generación de vibraciones mecánicas[2], las vibraciones se generaban de acuerdo a las tonalidades de un piano.

Teniendo en cuenta que en la actualidad la luz de color es una fuente importante para visualizar el ritmo de la música y de gran atracción para los niños, se creó un dispositivo interactivo para apoyar el desarrollo de la comunicación oral en personas con discapacidad auditiva en el Benemérito Comité



Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango año 2018 [3], el cual permite que los niños sordos mediante un micrófono puedan transmitir su voz y por medio luces led que están ubicados en una pantalla logren ver la intensidad de su voz; los resultados fueron satisfactorios, testimonios de por parte de maestras de señas, terapeutas y psicólogos dieron su aceptación y aprobación.

La tecnología siempre facilita la solución o el mejoramiento de alguna dificultad aprovechando todas las ventajas tanto electrónicas como las del paciente, en el caso de la tecnología se utilizan instrumentos como audífonos, en el paciente se podría aprovechar los restos auditivos de cada niño con esta discapacidad.

II. PROCESO DE CARACTERIZACIÓN, RELACIÓN Y DISEÑO

A. Caracterización Instrumento Musical

En la Tabla 1 se muestra las frecuencias en (Hz) de las notas fundamentales del instrumento conocido como guitarra con dos nomenclaturas diferentes para mayor entendimiento de las notas dentro del software.

Cuerda	Nota	Frecuencia
1	Mi (E4)	329.65 Hz
2	Si (B3)	246.95 Hz
3	Sol (G3)	196.00 Hz
4	Re (D3)	146.85 Hz
5	La (A2)	110.00 Hz
6	Mi (E2)	82.40 Hz

Tabla 1. Frecuencias del primer armónico emitido por las cuerdas de una guitarra afinada.

B. Caracterización de los Colores RGB

Se denomina RGB debido a la función tan importante de sus colores primarios (rojo, verde, azul) ya que con la combinación de estos se disponen los otros colores. Se dice que es un sistema de color aditivo es decir que los colores se suman para producir uno nuevo; tal y como se puede muestra en la Figura 1.

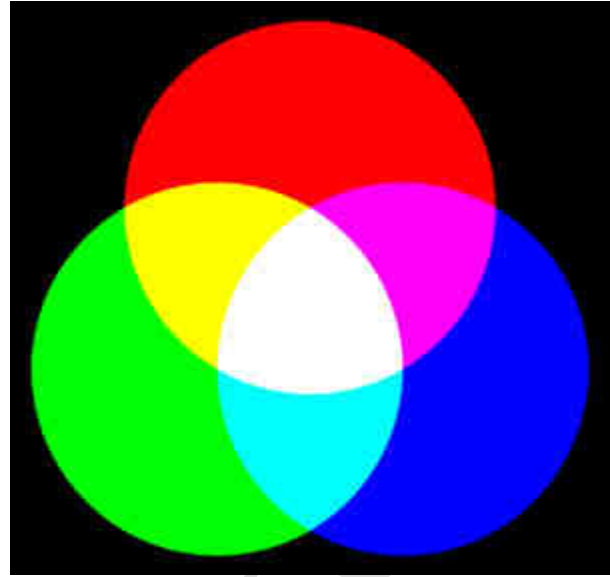


Figura 1. Gama de colores RGB y sus combinaciones.

C. Relación Nota Musical-Color

El estudio comparativo entre el color y la música quedó fijado entre las dimensiones tono para el color y altura para el sonido. La altura en el sonido corresponde a notas musicales [4].

Las dimensiones físicas del color y del sonido se relacionan entre ellas según lo expuesto en la Tabla 2.

Color	Sonido
H (Tono)	Altura
Q (Luminosidad)	Volumen
S (Saturación)	Timbre

Tabla 2. Relación entre las dimensiones físicas del color y del sonido.

Para el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta la relación de colores y notas musicales que se muestra en la Tabla 3.

Nota Musical	Color
Mi (E4)	Ciano
Si (B3)	Violeta
Sol (G3)	Verde
Re (D3)	Rojo
La (A2)	Azul
Mi (E2)	Naranja

Tabla 3. Relación entre sonido y color.



D. Metodología propuesta

1. Diagrama de bloques de la metodología propuesta:

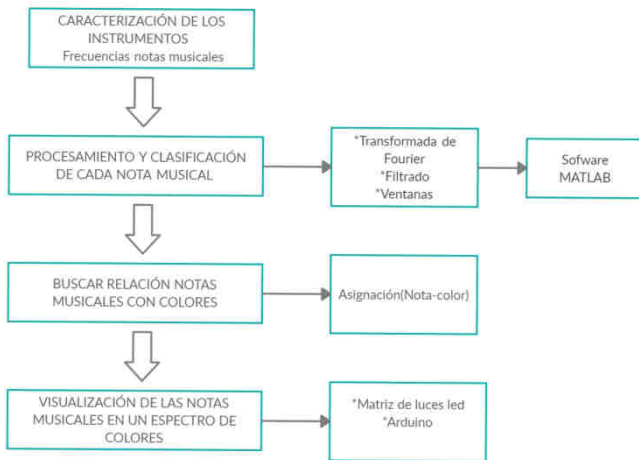


Figura 2. Metodología propuesta para el diseño y construcción del dispositivo electrónico.

III. SOFTWARE Y METODOS MATEMATICOS PARA EL TRATAMIENTO DE SEÑALES

En primera instancia y como parte primordial del dispositivo se nombra al software MATLAB en el cual se realizó el tratamiento de las señales de sonido que son emitidas por los diferentes instrumentos musicales.

A. Pasos para el procesamiento de la señal con Matlab

1. Recoger la señal mediante la tarjeta de sonido.
2. Utilizar software para realizar un filtro borrando partes innecesarias de la señal.
3. Utilizar la transformada rápida de Fourier para almacenar los datos.
4. Aplicar un filtro para aislar la frecuencia de interés.
5. Determinar si la nota esta afinada indicándole al usuario desplegado en pantalla.

Para los pasos anteriores se utilizaron entornos de MATLAB que fueron aplicados en la creación de filtros, transformada, ventanas, entre otros.

B. Transformada Rápida de Fourier (FFT): Es un algoritmo que permite calcular eficientemente la Transforma de Fourier Discreta y su inversa. La Transformada Rápida de Fourier es de vital importancia en el análisis, diseño y realización de algoritmos y sistemas de procesamiento de señales dado que brinda mayor eficiencia tanto en tiempo como en recursos [5].

C. Filtro FIR: Es aquel que tiene una respuesta finita al impulso y que se caracterizan por ser sistemas no recursivos [6]. Ofrece en general una respuesta de fase más lineal y no entran jamás en oscilación (es decir, no se vuelven inestables), ya que no poseen realimentación. Por otro lado, requieren un gran número de términos en sus ecuaciones y eso les hace más costosos en cuanto a cálculo o carga computacional. Un filtro FIR con un corte muy abrupto (es decir, que tenga una banda de transición muy corta) puede requerir hasta centenas de retardos [7].

El método de ventana se utiliza para obtener una respuesta de impulso finita (FIR) de sistemas que no son causales y son infinitamente largos.

D. Ventanas: Las ventanas son funciones matemáticas usadas con frecuencia en el análisis y el procesamiento de señales, se utilizan principalmente para evitar las discontinuidades al principio y al final de los bloques analizados [8]; Para el proyecto se utilizaron dos tipos de ventanas Blackman-Harris y Hanning, las definiciones antes dadas las podemos observar en las siguientes imágenes las cuales nos muestran el proceso que se realiza sobre una onda que en este caso es una frecuencia de una nota D3(Re).

La Figura 3 representa la señal de una nota musical D3 (Re), la cual es originada por una guitarra, y se presenta sin ningún tipo de alteración o tratamiento.

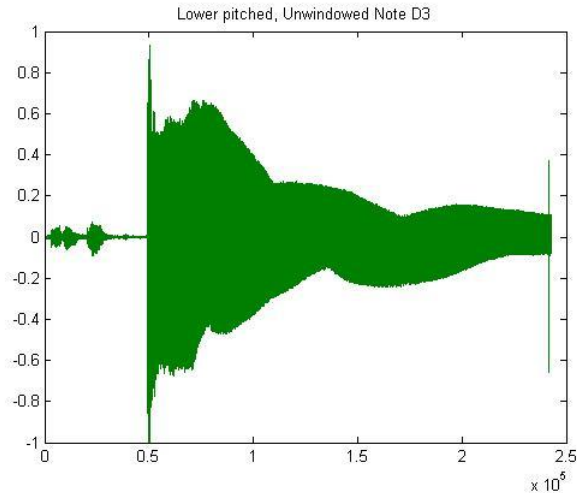


Figura 3. Está imagen corresponde a la nota Re sin ningún tipo de alteración a la señal natural.

En la Figura 4, exactamente en la parte inferior derecha, se puede observar que el punto con un círculo rojo no se muestra para la ventana Blackman-Harris, pero el pico es un poco más ancho. Para la parte encerrada en un círculo, generalmente hay picos presentes a ambos lados de los picos para las otras señales, pero Blackman-Harris reduce esas amplitudes

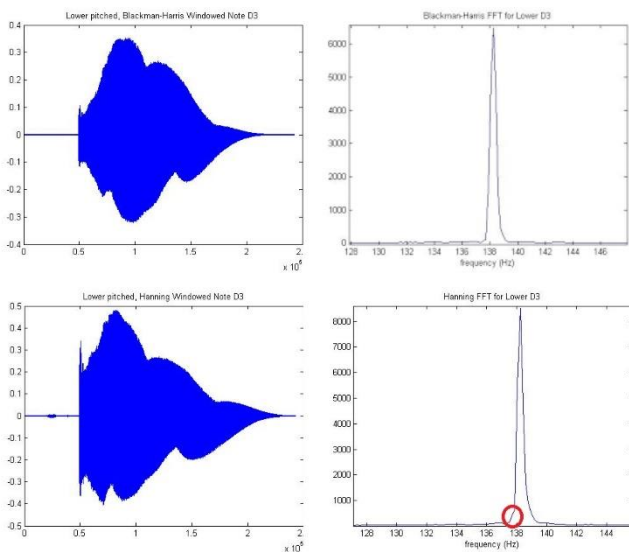


Figura 4. Corresponde a la nota Re con la aplicación de la ventana Blackman-Harris y Hanning con su respectiva Transformada Rápida de Fourier

En la Figura 5 se muestra el cambio de la señal original aplicando en simultaneo los dos métodos de ventana anteriormente mencionados; esto con el fin

de obtener un análisis más claro debido a su distinción de amplitud y picos más estrechos

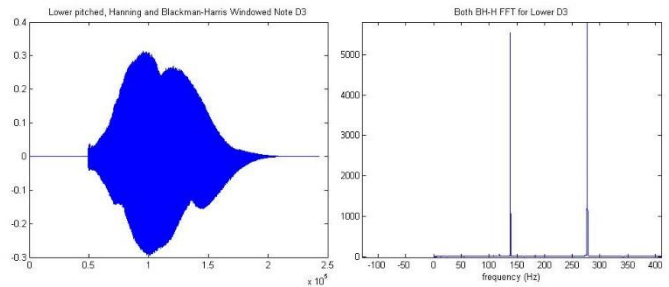


Figura 5. Corresponde a la nota Re con la aplicación de dos tipos de ventanas.

Para el reconocimiento de cada nota musical con su respectiva frecuencia se realizó un filtro pasabanda, el cual tiene como función asignar un límite de rango de frecuencia de la siguiente manera.

Para las notas E2 y E4 se eligieron un límite inferior y superior, respectivamente, asumiendo que el instrumento no se encuentra muy desafinado; para los demás rangos se tomó el promedio de las frecuencia fundamental de dos notas y ese es su límite, tal y como se muestra en la Figura 6.

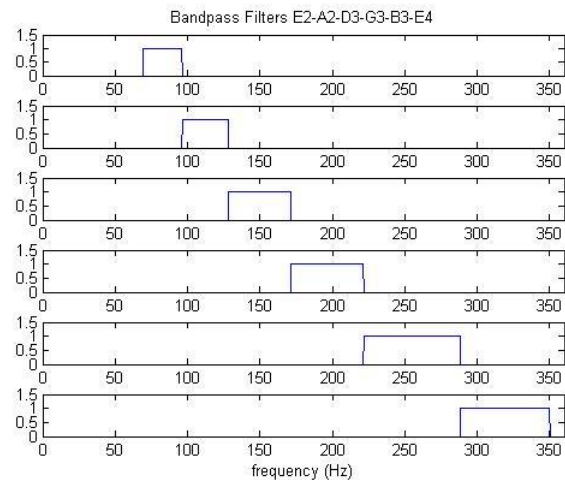


Figura 6. Está imagen corresponde a la asignación de rangos de frecuencias a partir de un filtro pasabanda

A partir del resultado mostrado en la Figura 5 se toma como referencia el primer pico como se muestra en la Figura 7, el cual será comparado con los rangos de frecuencia del filtro pasabanda para determinar a qué nota corresponde.

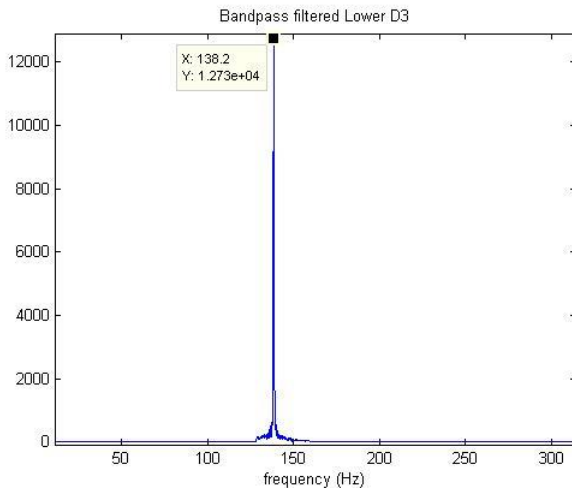


Figura 7. Resultado que arroja el software sobre el tratamiento de la señal de una nota musical.

IV. MATERIALES Y FUNCIONAMIENTO

A. Materiales

- Tarjeta de procesamiento (Arduino)
- Caja plástica
- Computador portátil
- Matriz led RGB
- Fuente 9 Voltios
- Cable, portafusible y fusible

B. Pasos para la puesta en marcha del dispositivo electrónico:

1. Contar con un instrumento musical con el cual se va a generar las notas musicales.
2. Tratar de que este instrumento este lo más afinado posible para un mejor desempeño del dispositivo.
3. Poner en marcha el software en Matlab y el código en arduino, la comunicación entre los dos programas se hace con un puerto serial, este paso lo realizan los autores del proyecto.
4. Generar cualquiera de las notas musicales fundamentales en el instrumento para que estas sean captadas por el micrófono que se ha seleccionado.
5. El software capta dichas notas y mediante el proceso que este realiza provee los resultados los cuales están debidamente clasificados y analizados; es decir cada frecuencia a su nota correspondiente, para

luego pasar al arduino el cual se encarga de hacer la transformación NOTA/COLOR.

6. La asignación del color a cada nota musical se la podrá observar en la matriz led.

V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

En primera instancia se da a conocer un diagrama de bloques con la composición por etapas del dispositivo electrónico, tal y como se observa en la Figura 8, seguidamente en la Figura 9 se da a conocer el diseño estético del dispositivo, este diseño fue realizado en el programa Sketchbook pro.

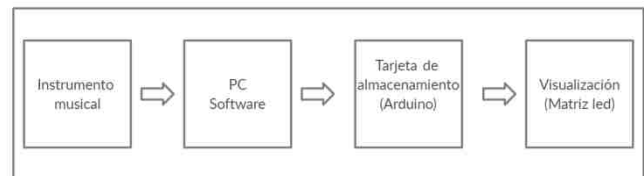


Figura 8. Diagrama de bloques de la composición del dispositivo electrónico.

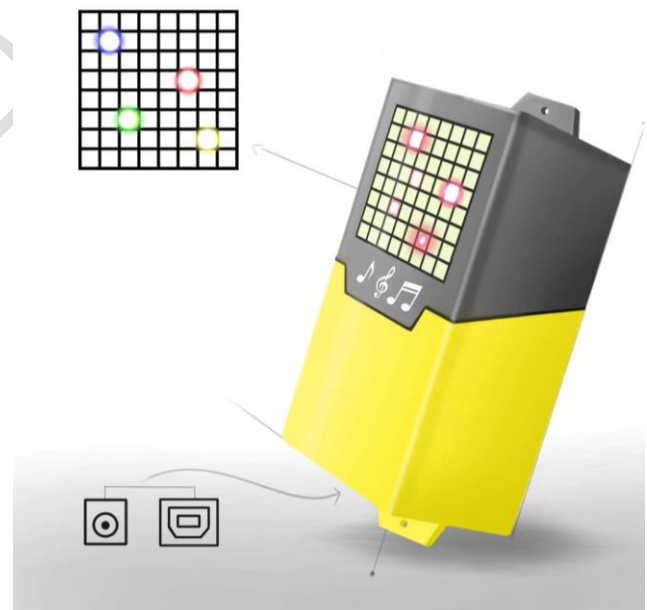


Figura 9. Diseño del dispositivo electrónico.

En las Figuras 10 y 11 se puede observar la implementación del prototipo y su visualización tanto en la parte externa como la interna.

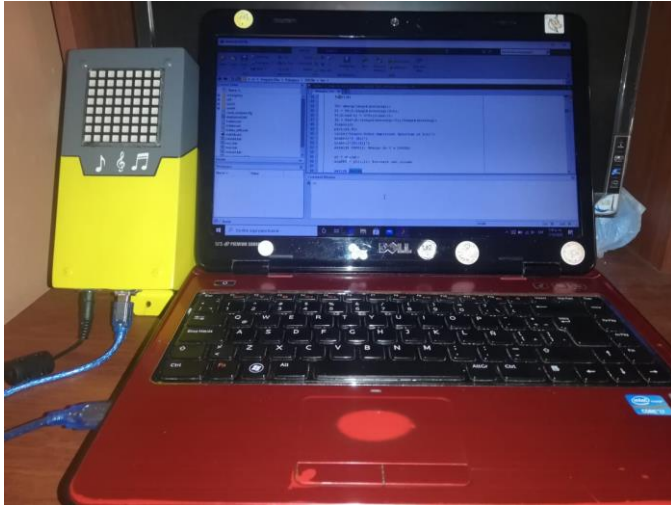


Figura 10. Implementación del dispositivo electrónico y visualización de su parte externa.

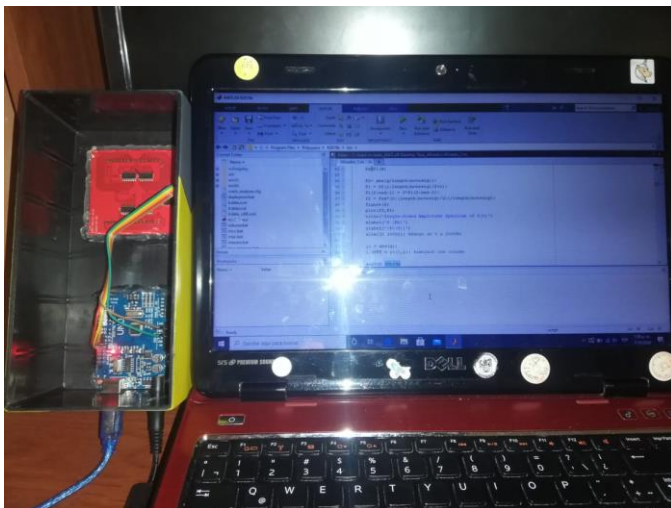


Figura 10. Implementación del dispositivo electrónico y visualización de su parte interna.

VI. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

Con todo lo anteriormente mencionado se da a conocer unas imágenes de la interacción de los niños con el dispositivo electrónico. En primera instancia lo ideal era realizar estas pruebas en alguna fundación que tratara a niños con discapacidad auditiva pero no fue posible debido a la pandemia (COVID-19) que estamos viviendo; la idea de esta prueba es ver la reacción o el estado de ánimo que nos proyectó este experimento; cabe resaltar que estas pruebas no fueron realizadas por tutores o profesores de los niños debido a algunas circunstancias, lo ideal y el complemento al dispositivo es que los docentes tengan actividades metodológicas en la que involucren el dispositivo

para el beneficio recreacional y educativo de los niños.

Las imágenes que se captaron son la muestra de un procedimiento que se llevó a cabo con 4 niños, 2 de ellos sin ninguna discapacidad, 1 con una leve falla auditiva y el restante con síndrome de Down. El proceso anteriormente nombrado consistió en primer lugar en la explicación de cómo funciona el dispositivo; se hace mucho énfasis en oír los colores y ver la música, la ayuda de los padres es esencial en este caso debido a la comunicación y confianza con sus hijos. La reacción fue bastante positiva y aún más cuando los niños pasaron de oír la explicación a interactuar directamente con el instrumento (Guitarra) y ver el reflejo en la pantalla.

La Figura 12 representa la visualización de las notas musicales en la matriz led RGB y las Figuras 13, 14, 15 y 16 son un registro fotográfico de la presentación del dispositivo electrónico frente a los niños.

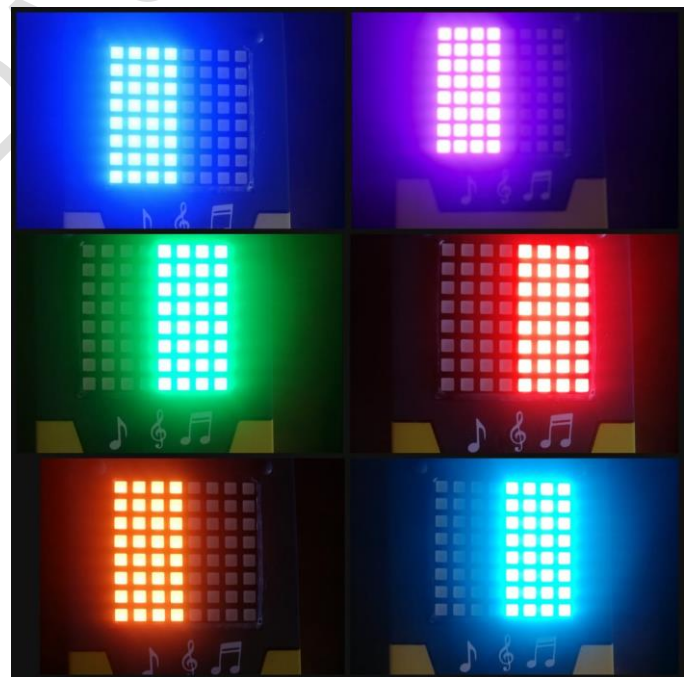


Figura 12. La imagen muestra los colores de las notas de una guitarra azul=La (A2), violeta=Si (B3), verde=Sol (G3), rojo=Re (D3), naranja=Mí (E2), ciano=Mí (E4).



Figura 13. Visualización en el dispositivo de las notas Re (D3), Sol (G3) y Mi (E4).



Figura 16. Visualización en el dispositivo de las notas Mi (E4) y Sol (G3).



Figura 14. Visualización en el dispositivo de las notas Si (B3), Mi (E2) y La (A2).



Figura 15. Visualización en el dispositivo de las notas Re (D3), Sol (G3) y Mi (E4).

Para estudiar el comportamiento y reacción de los niños con el dispositivo electrónico se realizó una encuesta, y de esta manera valorar como este influye emocionalmente en ellos. El cuestionario consta de 5 preguntas, en las cuales se valora: la primera reacción de los niños frente al dispositivo, si influye o no en el aprendizaje y recreación, la importancia de la tecnología en este tipo de proyectos, el cumplimiento y calificación del proyecto.

Después de analizar las encuestas que se realizaron a los niños junto con sus padres una vez culminada la presentación del dispositivo electrónico, se pudo deducir que este tuvo gran acogida por parte de los encuestados, los datos de las preguntas que se observan en la Figura 17 permitieron ver que este tipo de dispositivos causan una gran aceptación en cuanto a la satisfacción de los niños, de igual manera se pudo notar que a los padres también les llamo mucho la atención y aprobaron de manera positiva la idea de que el proyecto se utilice como una herramienta de educación y recreación. En cuanto a la calificación del dispositivo se obtuvo una nota muy sobresaliente, lo que indica que las nuevas tecnologías tienen un plus muy importante en los diferentes entornos de la sociedad.



Figura 17. Resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada

VII. CONCLUSIONES

Después de haber realizado las pruebas del dispositivo electrónico frente a los niños (as), se ha podido concluir que este ha sido un gran aporte para la recreación y educación de los niños que padecen de alguna discapacidad, puesto que han reaccionado de una manera positiva al funcionamiento del dispositivo.

La música es un elemento fundamental en el desarrollo del niño, es un fuerte estimulante de áreas del cerebro asociadas con la memoria, el aprendizaje, el lenguaje, la concentración o la coordinación, es por eso que es fundamental que el niño reciba una educación integral en la cual, se incluya a las artes como complemento de las demás áreas, y en específico a la música, pues es una de las disciplinas que más favorece a los niños en su desarrollo, aporta múltiples beneficios a su esquema de conocimientos.

Los colores son uno de los primeros conocimientos que adquieren los niños debido a que están presentes en su entorno, es por eso que se quiso resaltar esta parte en el proyecto; relacionar colores y música trae una muy buena impresión para ellos debido a que podrán interactuar con instrumentos musicales y así generar sonidos por cuenta de ellos y de esta manera ver los resultados casi instantáneamente en la pantalla, de esta manera se fomenta tanto la música como los colores.

REFERENCIAS

- [1] Mr. Houston. (2014). Importancia de la tecnología en la medicina. Disponible: <https://mrhouston.net/blog/importancia-tecnologia-en-medicina/>
- [2] L. Kelly. (2014). Instrumento Musical digital para Niños con Problemas Auditivos. Disponible: <https://studylib.es/doc/8253924/instrumento-musical-digital-para-ni%C3%B1os-con-problemas-audi>.
- [3] R. Carlos, L. Rafael, G. Daniel, G. Edvin y S. Oliver, "Ingeniería Cunoc," 2018 Disponible: <http://ingenieria.cunoc.usac.edu.gt/portal/articulos/284e31dc31deaa392356e19b26603b032bdf0870.pdf>
- [4] P. Joaquín y G. Eduardo, "Color y música: Relaciones físicas entre tonos de color y notas musicales," 2010, Disponible: https://www.sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/OPA43-4-267.pdf
- [5] S. Ana. (2013). FFT: Transformada Rápida de Fourier. Disponible: <http://lcr.uns.edu.ar/fvc/NotasDeAplicacion/FVC-Schmidt%20Ana%20Luc%C3%ADa.pdf>
- [6] M. José. FUNDAMENTOS TEÓRICOS. Disponible: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11375/fichero/MEMORIA%252FFundamentos+teoricos.pdf>
- [7] P. Martin, R. Oscar, G. Christian, "Filtro FIR e IIR," 2016, Disponible: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/58186/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] LinkFang. Ventana (función). (2020). Disponible: https://es.linkfang.org/wiki/Ventana_%28funci%C3%B3n%29