

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA MECATRÓNICA PARA FACILITAR EL
APRENDIZAJE Y LA MOTRICIDAD FINA EN NIÑOS CON TRASTORNO DE
ESPECTRO AUTISTA (TEA)**

**JOSE MIGUEL YEPES GUAL
HARRISON JUNIOR RACEDO PEDROZA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

2020

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA MECATRÓNICA PARA FACILITAR EL
APRENDIZAJE Y LA MOTRICIDAD FINA EN NIÑOS CON TRASTORNO DE
ESPECTRO AUTISTA (TEA)**

**JOSE MIGUEL YEPES GUAL
HARRISON JUNIOR RACEDO PEDROZA**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

**ASESORES DISCIPLINARES:
ING. PABLO DANIEL BONAVERI ARANGO, PhD.
ING. CARLOS GABRIEL DÍAZ SÁENZ, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

2020

Nota de aceptación

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a la comunidad de niños con TEA por haber sido quiénes nos impulsaron a empezar y realizar esta labor.

Queremos agradecer muy especialmente a nuestros padres Álvaro Yepes y Miriam Gual; Denis Pedroza y mi papá desde el cielo quienes con su amor, paciencia y esfuerzo nos han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en nosotros el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades, y del constante apoyo que se nos brindó durante toda la etapa de nuestras vidas y el que aún seguirán brindándonos.

A nuestras parejas, nuestras acompañantes de vida, María Paula Huertas y Yeilith Manotas, por el cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar con nosotros en todo momento, por ser las personas que nos ayudaron a levantar cuándo lo necesitábamos. A toda nuestra familia porque con su disposición, consejos y palabras de aliento hicieron de nosotros unas mejores personas y de una u otra forma nos acompañan en todos nuestros sueños y metas.

Queremos agradecer por este proyecto a todos nuestros amigos, por apoyarnos cuando más lo necesitamos, pero en especial, hacer un nombramiento a Jose Garcia por extender su mano en momentos difíciles y por brindar su apoyo incondicional durante toda la carrera, por ser un amigo fuera y dentro de la universidad para nosotros, y por dedicar su tiempo cuando lo necesitamos, muchas gracias.

Finalmente, agradecemos a nuestros docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma del Caribe, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Doctor Pablo Bonaveri y al Máster Carlos Díaz, asesor y co-asesor respectivamente, de nuestro proyecto de grado quienes han guiado este proyecto con paciencia, y rectitud como docentes.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABLAS.....	8
GLOSARIO.....	9
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. ANTECEDENTES.....	15
1.1. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA.....	20
1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	20
2. OBJETIVOS.....	22
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3. MARCO DE REFERENCIA.....	23
3.1. ESTADO DEL ARTE.....	23
3.2. MARCO TEÓRICO.....	28
3.2.1 TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA.....	28
3.2.2 SISTEMAS DE APRENDIZAJE.....	31
3.2.3 PATOLOGÍAS Y CONDUCTAS.....	33
3.2.4 TRATAMIENTOS Y/O MÉTODOS DE INTERVENCIÓN.....	34
3.2.5 HERRAMIENTAS TICs Y SOFTWARE DE APRENDIZAJE.....	40
3.2.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS COLORES PARA LOS NIÑOS CON TEA.....	47
4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	49
4.1. METODOLOGÍA.....	49
4.2. TIPO DE ESTUDIO.....	50
4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO.....	50
5. PRESUPUESTO.....	55
5.1. PRESUPUESTO GENERAL.....	55
5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO.....	56
5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA.....	57
5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.....	57
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60

6.1.	DISEÑO DEL PROTOTIPO	60
6.2.	DISEÑO DISPOSITIVO FINAL	63
6.2.1.	ESTRUCTURA DEL DISPOSITIVO.....	64
6.2.2.	CARA EN ACRÍLICO SIN CORTES.....	65
6.2.3.	CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN GEOPLANO	66
6.2.4.	CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN TABLERO.....	67
6.2.5.	CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN SECUENCIAS	68
6.2.6.	CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN TABLETA DIDÁCTICA.....	68
6.2.7.	CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN INSERTAR FIGURAS GEOMÉTRICAS.....	69
6.2.8.	CARA EN ACRÍLICO CON HUECO.....	70
6.2.9.	PROTOTIPO FINAL	71
6.3.	MATERIALES	73
6.3.1.	ARDUINO MEGA.....	73
6.3.2.	MATRIZ LED + MAX 7219.....	74
6.3.3.	PULSADORES METÁLICOS Y LEDS DIFUSOS ROJOS DE 3MM	74
6.3.4.	ACRÍLICO C-5	75
6.3.5.	TABLETA DIDÁCTICA DE APRENDIZAJE.....	76
6.3.6.	LAMINA C-30 GALVANIZADA.....	76
6.3.7.	CARGADOR ADAPTADOR DE CORRIENTE 12V 1.5AMP.....	77
6.4.	RECOLECCIÓN DE DATOS	77
6.4.1.	MUESTRA POBLACIONAL.....	77
6.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	79
6.5.1.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO	81
6.5.2.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL	82
6.6.	MANUAL DE USUARIO.....	90
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Técnicas para la estimulación de las habilidades [33] ; [34].	34
Figura 2. Técnicas para la estimulación de la motricidad [35] ; [36].	35
Figura 3. Técnicas para la estimulación de la motricidad [37] ; [38].	36
Figura 4. Vista frontal Sección Geoplano (autoría propia).	60
Figura 5. vista isométrica 1, secciones tablero y secuencias (autoría propia).	61
Figura 6. Vista isométrica 2, secciones tableta didáctica y geoplano (propia autoría).	62
Figura 7. Vista superior (autoría propia).	62
Figura 8. Diseño final del dispositivo (autoría propia).	63
Figura 9. Estructura del dispositivo (autoría propia).	64
Figura 10. Dimensiones de la cara en blanco (autoría propia).	65
Figura 11. Dimensiones de la sección geoplano (autoría propia).	66
Figura 12. Dimensiones de la sección tablero (autoría propia).	67
Figura 13. Dimensiones de la sección secuencias (autoría propia).	68
Figura 14. Dimensiones de la sección tableta didáctica (autoría propia).	69
Figura 15. Dimensiones de la sección insertar figuras geométricas (autoría propia).	70
Figura 16. Dimensiones de la cara con hueco (autoría propia).	71
Figura 17. Prototipo final ensamblado y funcional (autoría propia).	71
Figura 18. Arduino MEGA 2560 (autoría propia).	74
Figura 19. Matriz led 8x8 cátado común con MAX 7219 (autoría propia).	74
Figura 20. Pulsador metálico y led difuso (autoría propia).	75
Figura 21. Piezas fabricadas en acrílico C-5 (autoría propia).	75
Figura 22. Tableta didáctica (autoría propia).	76
Figura 23. Piezas en lamina C-30 (autoría propia).	76
Figura 24 Adaptador de corriente (autoría propia).	77
Figura 25. Niño con TEA trabajando en sección tableta didáctica, secuencias e insertar de figuras (autoría propia).	78
Figura 26. Niño con TEA trabajando en sección geoplano y tablero (autoría propia).	78
Figura 27. Primera pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	83
Figura 28. Segunda pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	84
Figura 29. Tercera pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	84
Figura 30. Cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	85
Figura 31. Quinta pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	85
Figura 32. Sexta pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	86
Figura 33. Séptima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	86
Figura 34. Octava pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	87
Figura 35. Novena pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	87
Figura 36. Décima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	88
Figura 37. Undécima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	88
Figura 38. Duodécima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	89
Figura 39. Décimo tercera pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).	89
Figura 40. Video evidencia del dispositivo en la plataforma de Youtube [60].	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudio de colores [58].....	48
Tabla 2. Cronograma 1(propia autoría).....	51
Tabla 3. Cronograma 2(propia autoría).....	52
Tabla 4. Cronograma 3(propia autoría).....	53
Tabla 5. Cronograma 4 (propia autoría).....	53
Tabla 6. Presupuesto general.....	55
Tabla 7. Costo personal científico.....	56
Tabla 8. Costo personal de apoyo.....	56
Tabla 9. Costo consultoría especializada.....	57
Tabla 10. Costo materiales e insumos.....	58
Tabla 11. Costo trabajo de campo.....	58
Tabla 12. Costo equipos usados.....	59
Tabla 13. Dimensiones de la estructura (autoría propia).....	64
Tabla 14. Dimensiones cara sin cortes (autoría propia).....	65
Tabla 15. Dimensiones sección geoplano (autoría propia).....	66
Tabla 16. Dimensiones sección tablero (autoría propia).....	67
Tabla 17. Dimensiones sección secuencias (autoría propia).....	68
Tabla 18. Dimensiones sección tableta didáctica (autoría propia).....	69
Tabla 19. Dimensiones sección insertar figuras geométricas (autoría propia).....	70
Tabla 20. Dimensiones cara con hueco (autoría propia).....	71
Tabla 21. Dimensiones del dispositivo ensamblado (autoría propia).....	72
Tabla 22. Logros y/o aprendizajes de cada sección (Autoría propia).....	72
Tabla 23. Criterios de observación (autoría propia).....	82

GLOSARIO

TRASTORNO: Es una alteración en las condiciones consideradas normales en un objeto, proceso u organismo.

MOTRICIDAD FINA: Es la relación entre los músculos pequeños, generalmente de las manos y dedos, con los ojos.

CIRCUITO: Un circuito es una interconexión de componentes eléctricos que transporta corriente eléctrica a través de por lo menos una trayectoria cerrada.

AUTISMO: Es una afección neurológica y de desarrollo que comienza en la niñez y dura toda la vida. Afecta cómo una persona se comporta, interactúa con otros, se comunica y aprende.

SECUENCIAS: Es una serie de elementos que se suceden unos a otros y guardan relación entre sí.

TRATAMIENTO: Es un conjunto de medios que se utilizan para aliviar o curar una enfermedad, llegar a la esencia de aquello que se desconoce o transformar algo. El concepto es habitual en el ámbito de la medicina. En este caso, la noción de tratamiento suele usarse como sinónimo de terapia.

MICROCONTROLADOR: Es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos.

RESUMEN

El presente trabajo de grado tuvo como finalidad desarrollar una herramienta basada en el fortalecimiento y mejora de la motricidad fina y otras áreas de aprendizaje de los niños y niñas con trastorno del espectro autista (TEA) en etapa de escolarización, enfocada en apoyar la integración terapéutica y educativa.

Se propuso exponer la sistematización y estudio de investigaciones que han desarrollado y utilizado herramientas para esta población infantil, se realizó un estado del arte para orientar el proyecto y fundamentar la herramienta mecatrónica. Una premisa fundamental fue considerar la importancia que tiene el desarrollo de la motricidad fina para la integración y evolución de otras dimensiones y áreas del aprendizaje. Este proyecto se fundamentó también en apreciaciones de carácter cualitativo, correspondiente a instituciones enfocadas en el área y especialistas en el tema.

Se concluyó entonces que el objetivo central de esta investigación es aportar una herramienta útil para la intervención educativa y el desarrollo de los procesos cognitivos y motrices de los niños con TEA, motivando al enfoque ese grupo poblacional, en pro de seguir desarrollando herramientas que fortalezcan sus aprendizajes, habilidades motrices y promuevan la inclusión social y educativa.

Palabras claves: Mecatrónica, TEA, Motricidad Fina, Educación inclusiva, Didáctica.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to develop a tool based on strengthening and improving fine motor skills and other learning areas of children with autism spectrum disorder (ASD) in school, focused on supporting therapeutic and educational integration.

It is proposed to present the systematization and study of research that have developed and used tools for this child population, a state of the art was made to guide the project and base the mechatronic tool. A fundamental premise is to consider the importance of fine motor development for the integration and evolution of other dimensions and areas of learning. This project is also based on qualitative appreciations, corresponding to institutions focused on the area and specialists in the subject.

It is concluded then that the central objective of this research is to provide a useful tool for intervention in the educational field and the contribution it will give to the processes of professionals, parents and caregivers involved in this issue of great importance for inclusive education.

Keyword: Mechatronic, ASD, Fine motor Skills, Inclusive education, Didactic.

INTRODUCCIÓN

Se habría creído por muchos años que las metodologías que se deberían utilizar dentro de las aulas de clase con los niños con TEA tenían que ser de carácter tradicional; actualmente la evolución de las tecnologías hace que se desarrollen con el tiempo más recursos adaptados a las personas con TEA, con el objetivo de fortalecer competencias básicas. También proporcionalmente ha aumentado el deseo de profesionales e investigadores por saber qué pasa en el cerebro de un niño con TEA cuando está aprendiendo.

Así como en Colombia existen múltiples barreras sociales y económicas para una persona con discapacidad y para sus cuidadores, las herramientas que poseen los niños y niñas para el desarrollo de habilidades también llegan a ser insuficiente. Muchos padres a pesar del cariño y atención por sus hijos rápidamente se ven desconcertados por sus dificultades a nivel motor, de lenguaje o dificultades para adaptarse a situaciones; por lo tanto, se ha pensado en el diseño de estrategias basadas en las necesidades de la población con TEA.

Se propone con este proyecto de grado una herramienta de aprendizaje denominada “DOHY” con 5 lados funcionales para potenciar la motricidad fina y otras áreas del aprendizaje, pueden utilizarlo de 1 a 5 estudiantes, es una herramienta portable y promueve la socialización al participar juntos en el mismo espacio. El estado de alarma por el Covid-19 ha tenido un especial impacto en el ámbito educativo por lo tanto se utiliza el potencial de la mecatrónica y la tecnología para incluir y ayudar a este colectivo de estudiantes para su proceso en diversos ambientes: terapéutico, educativo y familiar.

Las familias y las instituciones necesitan sentirse más apoyadas que nunca y siempre es beneficioso comenzar con los tratamientos prematuramente, pues estas herramientas resultan muy motivadoras para el estudiante. Según la OMS *“Los trastornos del espectro autista (TEA) son un grupo de afecciones caracterizadas por*

algún grado de alteración del comportamiento social, la comunicación y el lenguaje, y por un repertorio de intereses y actividades restringido, estereotipado y repetitivo. Los TEA aparecen en la infancia y tienden a persistir hasta la adolescencia y la edad adulta. En la mayoría de los casos se manifiestan en los primeros 5 años de vida”.

Partiendo de la OMS y de que cada persona con TEA es única, se decidió enfocar las herramientas a la facilidad y al apoyo de dificultades dentro del área de la motricidad fina, ya que son considerados rasgos que aparecen frecuentemente en las personas con TEA y son tenidos en cuenta dentro de las clasificaciones diagnósticas más reconocidas; siempre teniendo en cuenta que no se debe generalizar y que cada niño tiene cualidades, habilidades y capacidades diferentes, se parte de la premisa de que la motricidad y el desarrollo efectivo de esta crea y facilita otras áreas del desarrollo y aprendizaje.

Así se reconoce que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), en compañía de la mecatrónica, pueden ser un poderoso aliado a la hora de potenciar la comunicación y proceso psicomotor de los niños y niñas con TEA.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización Mundial de la Salud se calcula que, en el mundo, hay unos 70 millones de personas diagnosticadas con autismo. En total, 1 de cada 160 niños sufre un trastorno de espectro autista (TEA) y, sin embargo, no todos pueden recibir la estimulación que requieren. Hacer frente a este tipo de problemas, como así también a la dificultad de aprendizaje, déficit de atención y síndrome de Down, es muy costoso: los tratamientos para los chicos con TEA cuestan entre 40 mil y 60 mil dólares al año, a lo que hay que sumar los gastos médicos [1].

Un niño con TEA presenta distintas dificultades al estar en un aula de clase con personas sin el dicho problema. Estas dificultades son la comunicación, la interacción social, la capacidad de atención, la percepción sensorial, entre otras. Especialistas pretenden dar un mismo sistema educativo para todos los niños, pero como es el caso, estos no pueden ser tratados igual a cualquier otro, el proceso evolutivo de cada niño con o sin problemas es distinto uno con el otro.

Es importante entender que los niños con TEA no pueden ser aislados, pero al mismo tiempo no deberían tener el mismo sistema de aprendizaje que un niño sin TEA. Los centros de aprendizajes para estos niños deben enfocarse en poder guiar al niño a socializar. Dificultades que presentan los niños con TEA a la hora de socializar son sus alteraciones de conducta, que podría afectar la integridad de otros niños [2].

En ese orden de ideas, además de las dificultades y problemáticas que se presentan en un aula de clase, uno de los factores que impulsó el trabajo fueron las motivaciones e intereses que surgieron al compartir clases con un compañero diagnosticado con Asperger, un trastorno o síndrome del espectro autista, que despertó el interés por descubrir el comportamiento, características y necesidades de este grupo poblacional de estudiantes para finalmente construir un dispositivo

que permitiera aportar significativamente en el desarrollo de su aprendizaje y en el proceso de inclusión e integración dentro de un aula de clase.

Así, para poder trabajar sobre la propuesta, el grupo base de investigación se dirigió al Colegio Infantil EL Reyecito para realizar una entrevista a una profesora, quién tiene 5 años de experiencia en el campo de la inclusión educativa de niños con autismo y a partir de esta entrevista se dialogan todas las inquietudes y sugerencias para pasar al proceso del diseño de la herramienta teniendo en cuenta los aportes de esta técnica de investigación. Una vez realizada la entrevista, se concluye lo siguiente:

- La herramienta mecatrónica debe ser integral, que pueda ofrecer al usuario diversas áreas para trabajar y que lo motiven a mejorar en su proceso de aprendizaje.
- Los colores que debe poseer la herramienta deben ser bien pensados para no generar emociones negativas en los niños, frustración o dispersión.
- Debe ser una herramienta segura, de un tamaño considerable para que sea fácil de utilizar
- En lo posible debe incluir sonidos y/o luces para motivar y llamar la atención del niño

1.1. ANTECEDENTES

Según un estudio publicado por la Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río, aborda la etiología genética y ambiental, se describe la clasificación para realizar el diagnóstico del autismo y se presentan los programas de Educación Especial diseñados para conocer las necesidades especiales de estos niños.

Si bien el diagnóstico etiológico en el autismo puede resultar difícil debido a la relativamente baja frecuencia con la que se encuentra una causa específica, nunca debe obviarse el abordaje de este. Para orientar el proceso diagnóstico, es preciso

partir de una amplia sospecha clínica sobre lo que se quiere buscar. Similares consideraciones se pueden hacer con lo que respecta a técnicas de neuroimágenes o neurofisiología [3].

De acuerdo con la revista Neurol el TEA a menudo no se reconoce ni se diagnostica hasta la edad preescolar tardía. Se informa después de un retraso significativo de casi 3 años entre las preocupaciones iniciales de los padres sobre su hijo y la edad de diagnóstico. Algunas investigaciones proporcionan evidencia adicional de que los signos de TEA son evidentes en los primeros 2 años de vida. La importancia del diagnóstico temprano es que abre la puerta a programas de intervención temprana que son esenciales para el futuro de estos niños [4].

Investigaciones recientes han identificado dificultades conductuales tempranas en reciprocidad social, atención conjunta, teoría de la mente, compromiso visual, referencia social e hipersensibilidad al sonido. Los profesionales deben ser conscientes y sensibles a estos patrones de comportamiento, la identificación aumentaría la probabilidad de un diagnóstico precoz confiable. Conclusiones en la actualidad, es posible hacer un diagnóstico temprano de TEA y es importante que los profesionales de la salud y la educación en la infancia conozcan varias manifestaciones tempranas de TEA [5].

Conforme a lo publicado por la revista Autism, en la actualidad existen pocos estudios vinculados a la intervención motriz en población con Trastorno del Espectro Autista (TEA) y, menos aún que incluyan como variable relevante de dicha intervención una mejora en el área comunicativa. El objetivo de este estudio es tratar de analizar en qué medida, a través de una intervención motriz, favorece el desarrollo de las habilidades de comunicación en una población de 27 sujetos diagnosticados como TEA. Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias en los grupos control y experimental de forma que, parecen evidenciarse mejoras significativas en las variables estudiadas, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo [6].

La prevalencia del diagnóstico de TEA informado por los padres entre los niños estadounidenses de 3 a 17 años se estimó a partir de la Encuesta Nacional de Salud Infantil de 2007 (tamaño de la muestra: 78037). Se consideraba que un niño tenía TEA si un padre / tutor informaba que un médico u otro proveedor de atención médica había dicho alguna vez que el niño tenía TEA y que el niño tenía actualmente la afección. La prevalencia puntual para TEA se calculó para aquellos niños que cumplían ambos criterios. Se examinaron los factores sociodemográficos asociados con el TEA actual y con un diagnóstico de TEA pasado (pero no actual). Se exploraron las experiencias de atención médica para niños en ambos grupos de TEA.

Según la revista *Pediatrics*, la prevalencia de puntos TEA actual ponderada fue de 110 por 10.000. Se estimó que 673,000 niños estadounidenses tienen TEA. Las probabilidades de tener TEA eran 4 veces más grandes para los niños que para las niñas. Los niños negros y multirraciales no hispanos (NH) tenían menores probabilidades de TEA que los niños blancos NH. Casi el 40% de los que alguna vez fueron diagnosticados con TEA no tenían la afección actualmente; Los niños negros NH eran más propensos que los niños blancos NH a no tener TEA actual. Los niños en ambos grupos de TEA tenían menos probabilidades de recibir atención dentro de un hogar médico que los niños sin TEA [7].

La revista *Salud Mental* publicó que, la detección del autismo en México es muy importante ya que la falta de reconocimiento de este trastorno tiene costos muy elevados para las familias y los prestadores de servicios de salud y educación. Las razones para este reconocimiento tardío son diversas; pero una de las principales es la falta de identificación de síntomas clave que obliguen a una evaluación diagnóstica en forma. Aun en contextos más especializados, estas herramientas son poco conocidas pues su adquisición y aplicación es un proceso complejo y costoso que a menudo debe realizar el profesionalista por su cuenta. A pesar de estos inconvenientes, en años recientes se han realizado grandes esfuerzos para el

reconocimiento del autismo puesto que hay evidencias de que las intervenciones tempranas mejoran el pronóstico en estos niños [8].

Tal como ilustra la revista *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, aunque los síntomas nucleares del autismo han permanecido inalterables a lo largo del tiempo, los estudiosos del tema consideran con criterios diferentes los síntomas asociados. En 1989, Wing argumenta que el autismo clásico, tal como lo describió Kanner, es dudoso, a causa de que un gran número de problemas mentales y síndromes cerebrales orgánicos presentan también la tríada clásica; por eso, separar los casos de autismo puro de estas otras formas es con frecuencia imposible. Por otro lado, no todos los pacientes que presentan un trastorno autista tienen el mismo pronóstico, debido a que existe una gran variabilidad de afectación mental. A lo largo del tiempo, la denominación del proceso ha sufrido numerosos cambios. Rutter habla de tríada de empeoramiento social; para serían síndromes autistas; Coleman y Gillberg les denominan desórdenes autistas; y la Asociación Americana de Psiquiatría habla, en principio, de trastornos profundos del desarrollo y, más tarde, de trastornos generalizados del desarrollo [9].

Conforme a la revista *Psychosocial Intervention*, es un hecho universalmente aceptado que la presencia en las familias de un hijo con algún tipo de minusvalía física o psíquica grave constituye un factor potencial que perturba la dinámica familiar. Los datos muestran de manera indiscutible que muchas familias con hijos autistas presentan niveles de estrés crónico, significativamente superiores a los que presentan las familias con hijos con otras discapacidades. Esta diferencia en cuanto al efecto causado por el autismo en la familia se inicia muchas veces a causa de las incertidumbres que plantea la evolución disarmónica de los niños y niñas con autismo, se mantiene posteriormente ante la ausencia de un diagnóstico y pronóstico claros y aumenta considerablemente como consecuencia de los múltiples efectos negativos en el ámbito familiar [10].

Según la Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría, a partir de las aportaciones de Leo Kanner (1943) y Hans Asperger (1944), el autismo ha sido foco de intenso debate, no sólo sobre aspectos fenomenológicos, etiológicos y terapéuticos; sino también sobre su propia naturaleza. La presente revisión pretende situar el autismo como un concepto dinámico sometido a interpretaciones no solo diversas, sino radicalmente enfrentadas. Bajo un controvertido debate entre teorías psicodinámicas, conductistas y biológicas transcurrieron casi cuatro décadas, hasta que el autismo fue incorporado a los manuales diagnósticos [11].

A partir de los años 80 una parte importante de los profesionales implicados en el autismo basa el diagnóstico en criterios consensuados que permiten delimitar grupos homogéneos, sin los cuales sería estéril la investigación y el intercambio de conocimientos.

Conforme a la revista Neurol, el autismo se considera el prototipo de los trastornos de la comunicación en el niño. Se caracteriza por actitudes e intereses repetitivos y estereotipados, déficit en la interacción social y del uso del lenguaje. Se inicia antes de los 3 años. Desde muy temprano, los niños tienen falta de contacto visual como manera de comunicarse o demostrar emociones, no comparten la atención y tienen falta de imaginación en los juegos. Esto facilita su diagnóstico en torno a los 18 meses. El motivo de consulta más frecuente del niño autista es el retraso del lenguaje. No obstante, una intervención temprana puede modificar el autismo de manera significativa. Así, se debe profundizar en la evaluación de la conducta social de un niño de 2 años que no ha iniciado lenguaje [12].

Allen y Rapin encuentran que los tipos de alteraciones del lenguaje en los preescolares autistas son los mismos que los subtipos descritos en el TEL, excepto que el trastorno puramente expresivo no se da en los autistas. Dentro de esta patología, se puede encontrar toda una gama de problemas del lenguaje, desde la ausencia completa de lenguaje hasta un lenguaje desenvuelto, aunque con ecolalia, variaciones en la prosodia, fonología y comprensión. Según Rapin, el lenguaje

autista se clasifica en dos vertientes: una desenvuelta, con alteraciones de la prosodia y la comprensión, y otra no desenvuelta, por la cual se comportan como mudos o sordos o con alteración grave en la comprensión [13].

Según un estudio realizado por la revista Med, los pacientes con trastornos del espectro autista (TEA) presentan gran heterogeneidad en sus características comportamentales, cognitivas, médicas y psiquiátricas. En nuestro medio, no existe una descripción de tales variables. Si bien otros estudios han descrito un perfil clínico característico, es necesario conocer nuestra población blanca.

Por lo anterior y los resultados de dicho estudio, los TEA cursan con gran heterogeneidad en su presentación clínica, los múltiples factores ambientales y comorbilidades asociados hacen que el diagnóstico oportuno se convierta en un reto. Sigue primando la clínica del paciente y los criterios diagnósticos son la clave para identificar estas entidades. Por esto, es necesario sensibilizar al personal de salud acerca de signos de alarma tempranos. Las ayudas diagnósticas como neuroimágenes y pruebas neurofisiológicas, genéticas o metabólicas constituyen una herramienta secundaria en el momento de realizar el diagnóstico y deben solicitarse solo si hay una sospecha clínica fundamentada de un trastorno subyacente [14].

1.1. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo ayudar al proceso de aprendizaje y afianzar la motricidad fina en niños con TEA?

1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE

Se está buscando ofrecer una oportunidad a familias, amigos y especialistas de poder suministrar una atención especial y entretenida a los niños que padezcan de TEA. El ser humano tiene diferentes capacidades de aprendizajes, enfoca su

atención de distintas formas, y convive con personas de diferentes grupos sociales. Los niños con TEA son un grupo social como cualquier otro grupo social diferente.

Se buscó diseñar una herramienta mecatrónica que estimule la motricidad fina de los niños y facilite el aprendizaje de estos, a través de diferentes métodos de socialización, ilustraciones, y demás. Esta herramienta requirió de ciertos patrones que estuvieran dados por una persona encargada de los niños o un especialista en el tema. Una vez establecidos los patrones que indicaran cómo se podría llegar a enfocar la atención del niño, este realizará distintas pruebas o indicaciones que lograrán guiarlo por la línea del aprendizaje al mismo tiempo que pone a prueba la destreza del niño, con el fin de estimularla.

En las escuelas y centros donde asisten los niños con esta condición, no es usual la implementación de tecnologías y uso de las TIC como herramientas para su proceso y evolución en el aprendizaje. En efecto la herramienta está dirigida a todo el alumnado y también a niños que aún no han sido escolarizados.

La ventaja de este tipo de tecnología es que pueden repetir tareas sin cansarse, aburrirse o enojarse, además actualmente se considera que las aplicaciones móviles y las herramientas digitales no solo ayudan a los procesos de lectura-escritura y matemáticas, sino que también son un aliado perfecto para facilitar la comunicación entre familias y menores. En lo que se refiere se debería entender que la utilización de estas herramientas ayuda a «hacer una sociedad accesible» jugando un papel fundamental para «romper barreras» y entender mejor el TEA. Se quiere lograr a través de la tecnología facilitar el proceso de aprendizaje y desarrollo de motricidad fina, que actualmente promueve el uso de terapias, programas y educación a niños con estas necesidades especiales.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta mecatrónica que brinde distintos métodos y secuencias basándose en patrones definidos para el fortalecimiento del aprendizaje y motricidad fina en los niños con TEA.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un dispositivo mecatrónico para las necesidades cognitivas de los niños con TEA.
- Construir la herramienta mecatrónica para la implementación de una estrategia de control que contenga los métodos y secuencias pertinentes para disposición final del dispositivo.
- Validar técnica y funcionalmente la herramienta para su uso eficiente.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presenta una serie de investigaciones que presentaron información necesaria para la materialización de este proyecto.

- **Proyecto Emociones:** Francisco Mancilla (2013) realizó el proyecto “Emociones” con el fin de llevar a los niños con TEA una herramienta para dispositivos táctiles, disponible para Android y Windows para mejorar las habilidades sociales y la empatía. La aplicación “Emociones” consiste en un programa que se subdivide en 5 niveles con diferentes modalidades, diferentes dificultades y diferencias visuales. En cada nivel se utilizó diferentes manifestaciones de estados de ánimo: alegría, ira, aburrimiento, miedo, sorpresa y tristeza. Las actividades que se llevaron a cabo de diferentes maneras, a su vez se alternaron al arrastre de imágenes. De esta forma también se promueve la psicomotricidad fina del niño, así como la coordinación óculo-manual [15].
- **Proyecto educativo para desarrollar las potencialidades del niño autista:** Marilú García Pérez (2006) realizó una investigación, cuyo objetivo era relacionar la conducta de un niño con TEA con base al ambiente familiar del niño, el ambiente en el lugar de aprendizaje, patrones de comportamiento, intereses y actividades repetitivas y estereotipadas y restrictivas de interés que resulta anormal, sea en su intensidad o en su objetivo, alteraciones cualitativas de la comunicación y más consideraciones para así poder crear un sistema metodológico ideal para los niños con TEA en estudio. El proyecto consistió en enfocar a la familia como el primer eslabón que son, para el desarrollo del niño, teniendo en cuenta características potenciales educativas. Lograr una estimulación temprana del niño autista y una vinculación exitosa escuela-familia-comunidad [16].

- **Proyecto de investigación TEA y Comunicación:** La Fundación Autismo Diario (2013) efectuaron un estudio en los sistemas aumentativos y/o alternativos de la comunicación (SAAC), que han sido esenciales para el aprendizaje en personas que presentan carencias en este aspecto. El objetivo de la investigación es relacionar, mejorar y comparar los distintos SAAC que brindan herramientas para el desarrollo personal y social de un niño con TEA, lograr identificar las dificultades que presentan estas tecnologías si es que las presentan. Las tecnologías en estudio fueron Piktoplus, Azahar y Pictogram Room, aplicaciones que tratan con comunicadores digitales, ocio y planificación y sistemas de realidad aumentada respectivamente. Con la intención de poner a prueba las comunicaciones y su efectividad en el tratamiento de las alteraciones en la adquisición de lenguaje, realizaron un ensayo clínico longitudinal prospectivo. *“Dos grupos de niños con TEA, que están recibiendo tratamiento utilizarán, además, o no, Piktoplus para determinar cuál es la aportación del dispositivo. Así como herramientas digitales del proyecto Azahar e In-TIC y Pictogram Room como potenciador del juego social, la interacción e imitación. En la hipótesis principal que guía este trabajo es que los niños y niñas con TEA que utilizan comunicadores habitualmente mejoran en su lenguaje más que los que no lo utilizan.”* [17].
- **Proyecto sígueme:** Fundación Orange, en conjunto con los grupos MYDASS y Tarvis de la Universidad de Granada (2013) se unen para desarrollar el proyecto “Sígueme”. El objetivo del proyecto es favorecer y potenciar el desarrollo de los procesos perceptivos y cognitivo-visual en las personas con autismo. La aplicación fue diseñada para dispositivos táctiles y no táctiles. La aplicación consiste en 6 fases, Atención, Vídeo, Imagen, Dibujo, Pictograma y Juegos. En cada fase pasará por distintas secuencias de imágenes, de videos reales y en 3D, animaciones sencillas, secuencias de dibujo de imágenes reales, retroalimentaciones dentro de la misma

aplicación y pruebas que determine el criterio de similitud, color y funcionalidad de la persona en cuestión [18].

- **AppyAustim:** Fundación Orange en colaboración con iAutism (2014) lanza el proyecto “Appyautism” que ofrece una selección de aplicaciones consideradas especialmente útiles para personas con TEA y disponibles para casi cualquier plataforma: tabletas y teléfonos con Android, iOS o Windows, ordenadores con Windows o Mac, y videoconsolas. Y sin olvidarnos de aplicaciones que residen en páginas web y que, por tanto, son accesibles desde prácticamente cualquier dispositivo. Esta App consiste en una amplia base de datos con diferentes aplicaciones o páginas web certificadas para personas con TEA, o dificultades de comunicación [19].
- **Juguete Terapéutico para desarrollar la motricidad fina en niños con TEA (Trastorno del Espectro Autista) de 1 a 6 años:** Manuela Gandufo y Sofía Young (2011) crean el “Juguete terapéutico”, con la finalidad de desarrollar la motricidad Fina en niños con TEA teniendo en cuenta las necesidades particulares de cada uno de ellos, y su desarrollo cognitivo en sus distintas etapas. El juguete terapéutico se trata de un dispositivo multifuncional que disponen de paneles que distribuyen diferentes actividades o juegos con un propósito específico para cada uno. Como laberintos tácticos, juegos de enroscar, pruebas de memoria, tiro al blanco, armar tu robot mediante dibujos, juego de armar con piezas. Consiste en un dispositivo práctico para las distintas actividades que requiere el desarrollo de la motricidad fina de un niño con TEA [20].
- **Sistema de Aprendizaje Virtual Interactivo para personas con Autismo y dificultades de aprendizaje:** I+D+i junto con el Grupo de Autismo y Dificultades de Aprendizaje de la Universidad de Valencia y la consultora digital Secuoyas (2014) desarrolló el proyecto “SAVIA” que significa Sistema de Aprendizaje Virtual Interactivo para personas con Autismo y dificultades

de aprendizaje, *“es una plataforma educativa para personas con trastornos del Espectro Autista, que mediante diferentes herramientas basadas en la realidad virtual, pretende apoyar su formación en aspectos como aprendizajes básicos, un mejor conocimiento del entorno y habilidades de comunicación.”* Con el fin de optar por un aprendizaje ideal para niños con TEA a través de juegos que son representados en pizarras digitales y/o computadores [21].

- **Pictolomi:** Sebastián Jara, Kevin Araya, René Roa y Diego Saavedra (2015) desarrollaron “Pictolomi” que es un software con el fin de incentivar a los niños a describir lo que ven en dibujos mediante oraciones que se les brindan, el objetivo es contribuir al aprendizaje a niños con TEA, a través de pictografías digitalizadas, que ayuden a potenciar el desarrollo del lenguaje a nivel semántico. *“Por primera vez aplicamos la modalidad A+S desde el comienzo de una asignatura. Ha sido una gran experiencia con bastante trabajo, pero los resultados son significativamente buenos. Hay cero abandono de la asignatura y se ha observado que los estudiantes del quinto semestre se involucran mucho más, teniendo contacto directo con un socio comunitario, porque ayudan a los demás en casos reales. Esto los motiva a realizar sus proyectos en forma más activa”* [22].
- **Diseño de una aplicación multimedia para alumnos con TEA de educación infantil:** Eunice Zambrana Navarro (2014) presenta su propuesta de intervención basada en un diseño de una aplicación multimedia para alumnos con TEA de educación infantil. La propuesta de Eunice pretende incentivar el aprendizaje a través de dispositivos móviles porque son más sencillos de usar, llamativos y motivantes para los niños. Esta propuesta de intervención consiste en una aplicación que funcionará como agenda en forma de aplicación. Que pueda ser individualizada para los niños que presentan TEA y poder planificar sus rutinas diarias, incluyendo actividades que realizan tanto en la escuela como en el hogar. El fin de esta aplicación

es poder llevar un orden, organización y predictibilidad de los niños con TEA porque uno de los factores que estos niños padecen es que son impredecibles en su rutina diaria, lo que los lleva a conductas de desconexión o problemas de comportamiento [23].

- **Software para enseñar emociones al alumnado con trastorno del espectro autista:** J. Lozano, J. Ballesta y S. Alcaraz (2010) se diseñó un software para enseñar al alumno con TEA con el propósito de relacionarlo con las nuevas tecnologías y facilitarle el aprendizaje o ayudar a mejorar sus percepciones. El propósito del proyecto es integrar las nuevas tecnologías para demostrar que facilitará el aprendizaje de los niños con TEA sin necesidad de medidas convencionales [24].

De lo anterior se puede inferir que las investigaciones, estudios e informes se consolidaron a partir de la creación de herramientas que posibiliten emociones y aprendizajes promotores de un entorno educativo e interactivo para los NNA con autismo, efectuando estudios significativos para la intervención terapéutica y educativa para este grupo poblacional. Se concluye lo siguiente:

- Los dispositivos móviles son llamativos y motivantes para los niños con TEA
- Las herramientas didácticas facilitan el aprendizaje de los estudiantes con TEA.

Como resultado se analizaron 10 investigaciones en las cuales se encuentran: proyectos, informes, estudios, artículos que permitieron focalizar el trabajo y fundamentar el diseño de una herramienta optima teniendo en cuenta las diversas teorías que soportan estos estudios. Dentro de la mayoría de los estudios se encuentran algunos vacíos, ya que no orientan las herramientas y proyectos hacia el uso dentro de un aula inclusiva y que

promueva la socialización de niños regulares como apoyo para los niños con autismo dentro de un mismo espacio.

3.2. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de esta investigación, fue necesaria de la integración de diferentes teorías en la que se basan los dispositivos de control y aprendizaje, sin embargo, también fueron requeridos los conocimientos del área de la salud, concretamente en el autismo y todo lo que lo involucra. Por lo cual, la integración de estos dos conocimientos fundamenta la teoría detrás del proyecto.

3.2.1 TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA

En primer lugar, la atención temprana en el TEA presenta aspectos diferenciadores con respecto a la intervención en otros trastornos en edades tempranas. Cabe destacar inicialmente la situación familiar caracterizada por mayor confusión, menor asunción del problema, desajuste en las expectativas, necesidad de apoyo emocional; y las características intrínsecas del niño a estas edades, menor nivel comunicativo, presentación fenotípica del trastorno, que puede verse influida por factores asociados, y la manifestación insidiosa y gran variabilidad de los signos y síntomas autísticos. El objetivo de la intervención debe ser favorecer, todo lo posible, la adaptación del niño con TEA a su entorno vital y a la comunidad, desde el respeto a su autonomía, individualidad y dignidad. Asimismo, se ha de procurar a la familia la atención que requiera para que mejore sus conocimientos y estrategias para ayudar al niño y para que no se desestabilice el sistema familiar [25].

El autismo no es una enfermedad curable sino un trastorno psiquiátrico. Los tratamientos neurolépticos, psiquiátricos y de benzodiazepinas se pueden usar para controlar o reducir los síntomas de los niños autistas y provocar una disminución del autismo convencional. Los tratamientos terapéuticos y psicológicos pueden y deben

combinarse para proporcionar al paciente y a su comunidad una mejor calidad de vida. Las terapias más conocidas del autismo incluyen:

- Tratamientos sensorio-motrices. Abarcan varios modelos de terapias que aún carecen de evidencia sobre su efectividad, como el entrenamiento de integración auditiva.
- Sistemas alternativos/aumentativos de comunicación. Son sistemas no verbales de comunicación, que se emplean para fomentar, complementar o sustituir el lenguaje oral, utilizando en su lugar objetos, fotografías, dibujos, signos, símbolos y sistemas de sonido. A esta terapia se le han reconocido avances en las funciones comunicativas [26].

Los programas de atención temprana en estos casos deben regirse por los siguientes principios:

- La realización interdisciplinar del diagnóstico precoz.
- El diseño de programas específicos y la puesta en práctica de intervenciones tempranas.
- El uso de recursos y métodos eficaces.
- La comunicación y la colaboración entre los diferentes servicios sociales, sanitarios y educativos que inciden en el niño y su familia.

En efecto, al ser un trastorno de espectro, es decir, que afecta de manera distinta en cada persona y que pueden llegar a ser muy pronunciados o menos pronunciado el trastorno, las personas con TEA tienen diferencias en el momento de definir la gravedad del trastorno y la naturaleza de este.

Las personas que generalmente tienen un retraso en el desarrollo del lenguaje y problemas de socialización en general, se les diagnostica con un “Autismo Clásico”.

Síndrome de Asperger: Las personas con este síndrome suelen presentar síntomas menos pronunciados del trastorno autista. Asimismo, pueden tener dificultades para socializar, con conductas inusuales o desinterés.

El trastorno generalizado del desarrollo no especificado (PPD-NOS): En inglés, sus siglas lo llaman "Autismo atípico". Las personas con este trastorno padecen de síntomas bastante exiguos y son más leves que en el trastorno autista.

El trastorno de Rett: Viene de la mano de un nivel profundo de retraso mental. Se manifiesta por ausencia de actividad funcional con las manos, dedicadas repetitivamente a estereotipias de "lavado" o "retorcimiento", aislamiento, retraso importante en el desarrollo de la capacidad de andar. Trastorno donde el niño se muestra inquieto, hiperactivo y ansioso por la pérdida de las funciones.

El trastorno Desintegrativo Infantil: Puede iniciarse con síntomas conductuales, como ansiedad, ira o rabietas, pero en general la pérdida de funciones se hace extremadamente generalizada y grave. Con el tiempo, el deterioro se hace estable, y aunque algunas capacidades pueden recuperarse es en un grado muy limitado. La mayoría de los adultos son completamente dependientes y requieren cuidado institucional; algunos de ellos tienen una vida corta [27].

También, En los últimos 15 años, la enorme contribución de la genética molecular ha permitido que los síndromes y las enfermedades genéticas se coloquen en primer lugar. Una clase es la de los trastornos bioquímicos del sistema nervioso, que es mucho menos común pero no puede estar fuera del rango de opciones. Solo en este caso, los estudios cuestan mucho y son complicados, por lo que algunos "signos principales" son visibles. Claramente, cuando se considera el hecho de que el metabolismo congénito también es un trastorno hereditario, la distinción entre enfermedades genéticas y errores del metabolismo congénito es totalmente artificial. Sin embargo, la distinción metabólica clásica se conserva para proteger las especificidades médicas de las enfermedades [28].

3.2.2 SISTEMAS DE APRENDIZAJE

Por todo lo anterior, cada persona aprende diferente de otra, cada niño con TEA aprende o se estimula diferente a otro niño, como existen niños que aprenden igual a otro, es por eso por lo que existen diferentes técnicas de aprendizaje diseñadas para amoldarse a las habilidades y dificultades que tienen los niños para mantener la concentración, mejorar la memoria, motivar o activar funciones del cerebro para facilitar su aprendizaje.

El método Kumon: Este sistema desarrollado por el japonés Tōru Kumon, trata de enseñar a los alumnos a ser autónomos, enseñarlos a aprender por sus propios medios y sentar las bases del aprendizaje en las áreas que proporcionan un alto nivel de autoconfianza como lo son matemáticas y lectura. Busca incentivar en los niños la autonomía en los estudios, buscando fortalecer el potencial de aprendizaje de cada uno. El alumno se vuelve seguro y capaz de enfrentar aprender por sí mismo, guiado por un orientador.

El método Suzuki: Shinichi Suzuki desarrollador de este sistema de aprendizaje, basó su teoría en que la habilidad musical no es un talento innato, sino que es una habilidad que se consigue con entrenamiento. Suzuki concluyó esto a partir de la idea que los niños aprenden su propio lenguaje gracias a su capacidad auditiva, por lo tanto, si un niño crece rodeado de instrumentos musicales podrían llegar a tener una habilidad similar con la música. Es un método que va desde que los niños son muy pequeños con el acompañamiento de padres, la motivación y el aprender con otros niños.

El método Glenn Doman: El médico Glenn Doman hace un gran aporte al mundo de la educación llamado “Los Bits de Inteligencia”, que se aplican a la estimulación temprana como al aprendizaje de lectura. Los Bits de Inteligencia son un instrumento educativo que consiste en presentar a los niños estímulos simples que se perciben a través de las cinco vías sensoriales. Consiste en ir presentándole al

niño láminas de distintas categorías que van acompañados de sonidos para relacionarlos con cada figura, animal, objeto o símbolo, de esta manera el niño logrará identificar personas, animales, objetos o símbolos que todavía no conoce. Entre los objetivos que persigue el método de Doman destacan la creación de ideas previas, el desarrollo de redes neuronales, de las vías visuales y auditivas y de la inteligencia potencial de los niños.

Este método Tomatis: Esta técnica desarrollada por el francés Alfred Tomatis se basa en la estimulación neurosensorial. Consiste en un aparato llamado “TalksUp” que a través de unos parámetros muy específicos para captar la atención del cerebro y desarrollar las habilidades motoras, emocionales y cognitivas [29].

Por otra parte, la globalización nos ha permitido acortar distancias y ha hecho realidad las comunicaciones y la transmisión de información entre personas con discapacidad sean del lugar que sean representados, un importante potencial para el desarrollo y el fomento del bienestar.

Aparecen las TIC como un medio tecnológico de comprensión y apoyo en la intervención educativa de los alumnos con discapacidad y en particular en las personas con autismo. Además de las ventajas que reúnen para cualquier tipo de alumnado (medio motivador, atractivo, múltiples usos, posibilidades de individualización...)

Son herramientas muy atractivas y útiles para las personas con TEA porque:

- Ofrecen un entorno y una situación controlable, son un interlocutor altamente predecible que ofrece contingencias perfectas y comprensibles.
- Presentan una estimulación multisensorial, fundamentalmente visual; de todos es sabido la relevancia de lo visual en el procesamiento cognitivo de las personas con TEA.
- Su capacidad de motivación y refuerzo es muy alta, favoreciendo la atención y disminuyendo la frustración ante los errores.

- Favorecen o posibilitan el trabajo autónomo y el desarrollo de las capacidades de autocontrol, las TIC se adaptan a las características de cada uno, favoreciendo ritmos de aprendizaje diferentes y una mayor individualización.

Son un elemento de aprendizaje activo, donde destacan su versatilidad, flexibilidad y adaptabilidad [30].

3.2.3 PATOLOGÍAS Y CONDUCTAS

En cuanto a las autoestimulaciones o estereotipias, parecen ser unas de las actividades preferidas de los niños o niñas con autismo. No son un rasgo exclusivo, ya que se pueden observar en muchas otras patologías infantiles y adultas, como retraso mental y síndrome de Tourette. Hace referencia a un comportamiento, sobre todo motor, y muy especialmente a nivel de la motricidad gruesa, que se repite una y otra vez, sin otra función aparente que el propio placer al realizarla. Se describe como conductas repetitivas que parecen ocurrir automáticamente y que carecen de función adaptativa al contexto social.

Dentro de las estereotipias se incluyen movimientos motores extravagantes, como aleteo de manos o brazos, agitación de objetos, balanceo rítmico y rotación de la cabeza, andar de puntillas, dar saltos, adquisición de posturas peculiares, hacer carreras, medición de pasos, mecerse constantemente, y muchas otras. En sus formas más sutiles se encuentran miradas de reojo a luces, tocar superficies, chasquear con la saliva y olfatear el ambiente. Parte de las conductas auto estimulatorias son verbales, repitiendo palabras o incluso sonidos de forma rápida y sucesiva.

Son muchas las ocasiones en las que al hablarle a un niño o niña con autismo en plena actividad autoestimuladora no responde, llegando a estar ausente de lo que le rodea. Parece, pues, que estas conductas pueden interferir en la adquisición de

otras nuevas, dado el poco contacto con la realidad que muestran cuando las realizan.

Existen diversas tipologías de conductas repetitivas, entre ellas, se incluyen: discinesia tardía, TIC, movimientos estereotipados, autoagresiones, manipulación estereotipada de objetos, apego o preocupación anormal hacia ciertos objetos, insistencia a la invarianza del entorno, adhesión rígida a rutinas y rituales, uso repetitivo del lenguaje, intereses limitados y obsesiones y compulsiones [31].

A su vez, se especula que hay un cierto grado de simpatía y sistematización, es decir, el autor de la teoría de la empatía-sistematización protege que hay mentes innecesariamente empáticas (con altas habilidades para ubicarse en el lugar del otro, pero con un par de capacidades de sistematización) y cerebros exorbitantemente sistemáticos, es decir, con un par de capacidades empáticas. Las personas con TEA influyen en estar más cerca del sistemático ordenado, lo que demuestra hipoactividad en prácticamente todos los territorios mentales del circuito de la compasión [32].

3.2.4 TRATAMIENTOS Y/O MÉTODOS DE INTERVENCIÓN

Por lo que respecta a la motricidad fina en niños existen debe desarrollarse mediante estrategias didácticas fructíferas, para estimular la coordinación viso-manual. La coordinación viso-manual es la acción realizada con las manos u otras partes del cuerpo, en coordinación con los ojos.



A. Figuras dispuestas para la técnica de ensarte. B. Un niño aplicando la técnica de rasgado.

Figura 1. Técnicas para la estimulación de las habilidades [33] ; [34].

Algunas de las estrategias usadas para aguijonear este aspecto tan importante para el desarrollo infantil son:

La técnica de ensarte: Consiste en perforar todo el contorno de una figura, luego amarrar cualquier punta de lana en un orificio y pedir a los niños que ensarten por cada uno de los orificios hasta acabar el contorno de la figura, así como se logra apreciar en la Figura 1-A. Los objetivos de esta técnica son fortalecer el dominio de la pinza fina y controlar el dominio del movimiento muscular, logrando movimientos precisos y coordinados.

La técnica de rasgado: Con el fin de desarrollar a través de movimientos digitales con el dedo índice y el pulgar de presión correcta y lograr que corten con precisión, dirección y coordinación óculo-manual. Esta actividad que se aprecia en la Figura 1-B, radica en suministrar un papel al niño en cuestión, y pedirle que lo rasgue en tiras sin la ayuda de ningún instrumento. Luego he de pedirle que haga una composición artística.



A. Figura rellena con papeles pequeños.



B. Bolita de papel de seda hecha por un niño.

Figura 2. Técnicas para la estimulación de la motricidad [35] ; [36].

La técnica del picado: Se basa en solicitarle en un papel que el niño cortará en pedazos distintos tamaños y formas con los dedos, sin la necesidad de instrumentos de corte, para el relleno de una figura determinada como se ve en la Figura 2-C, y pedirles que pinten las partes que no tienen trozos de papel. La finalidad de esta actividad es liberar tensiones ayudando a la expresión de las emociones y sentimientos, y mantener la calma y paciencia que puede tener un niño.

La técnica de elaborar bolas de papel de seda: Para esta técnica se le suministra un papel de seda como el ilustrado en la Figura 2-D cortado en cuadraditos de distintos colores para luego los niños puedan hacer bolitas y después colocar según el dibujo que se les da. El motivo de esta técnica es fomentar el ejercicio de los dedos índices y pulgares para el buen agarre de la pinza y lograr movimientos precisos.



A. Niña aplicando la técnica de calado



B. Niño recortando con tijeras

Figura 3. Técnicas para la estimulación de la motricidad [37] ; [38].

La técnica del calado: Se les facilita a los niños un dibujo (silueta) con trazo grueso y se le pide que con un punzón pinche la línea hasta vaciar la figura entera. Después puede pegarla en otra hoja de papel y acabar de colorear la composición obtenida como se encuentra la niña en la Figura 3-E. El propósito es desarrollar la motricidad fina y fortalecer el agarre de la aguja para que tenga una buena coordinación viso-manual.

La técnica de recortar con tijeras: Para esta técnica los niños deben recortar una serie de figuras que se les proporcionan intentando no salirse de la línea tal y como se aprecia en la Figura 3-F. Los objetivos son promover el control viso motriz y perfeccionar los movimientos precisos y la coordinación fina [39].

Asimismo, existen diferentes terapias como, la musicoterapia, que emplea la música y sus elementos para permitir la comunicación y la expresión y, así, intenta abordar algunos de los problemas principales de las personas con TEA. La implicación de esta musicoterapia puede tener efectos positivos sobre las habilidades comunicativas de los niños con TEA. En comparación con otras terapias donde no

se utilizó música, la musicoterapia se mostró superior, lo que puede denotar una especificidad del efecto de la música dentro de la musicoterapia. La implicación de esta terapia requiere un preentrenamiento académico y clínico.

Las habilidades de la comunicación no verbal (gestual) y verbal tienen un efecto significativo positivo de la musicoterapia, mientras que en los problemas de conducta sugirió una leve mejora para reducir los problemas conductuales por medio de la musicoterapia [40].

Del mismo modo está la terapia del habla y lenguaje, que presenta la comunicación aumentativa a niños con el TEA que no hablan no evita que aprendan a hablar, y existe evidencia que pueden estar más estimulados a aprender a hablar si entienden algo acerca de la comunicación simbólica. La comunicación aumentativa puede además incluir el uso de dispositivos electrónicos, algunos de los cuales cuentan con salidas sintetizadas del habla. En particular, un niño con TEA puede beneficiarse del Sistema de Comunicación de Intercambio de Imágenes, un método que usa principios ABA para enseñar a los niños con menos habilidades orales desarrolladas a comunicarse con imágenes. Con la guía de un terapeuta, maestro o padre, el niño aprende cómo intercambiar una imagen por un objeto y al final aprende a usar imágenes para expresar sus pensamientos y deseos. Al final, el niño aprende a formar oraciones usando más de una imagen y a contestar preguntas [41].

Por otro lado, y precisamente por la existencia de estas grandes diferencias en cuanto a nivel de inteligencia, capacidades y potencial de los chicos con autismo, resulta difícil establecer unas estrategias educativas, pautas y patrones metodológicos que sean válidos y eficaces para todos los alumnos diagnosticados de TEA.

Tanto el maestro como el centro no deben olvidar que todos los chicos y chicas con autismo forman parte del grupo de alumnos con necesidades educativas especiales

(NEE) y que, independientemente de su potencial e inteligencia individual, siempre va a presentar, en mayor o menor grado, problemas en las siguientes áreas:

- Problemas de interacción social, consistentes en un cierto grado de aislamiento y falta de contacto social y afectivo con las personas, así como carencia de empatía e incapacidad para expresar sus propios sentimientos.
- Alteraciones de conducta, conductas repetitivas o disruptivas y obsesión por ciertos temas normalmente de escaso interés para el resto, como series de números o las posiciones de estrellas y planetas.
- Alteraciones cognitivas, que afectan principalmente a aspectos relacionados con la abstracción, la función simbólica, el lenguaje, la atención y la memoria.
- Déficit en la comunicación y el lenguaje (verbal o no verbal), que puede ser inexistente o presentar importantes anomalías en la intencionalidad o el significado.
- Problemas motrices, con grandes variaciones entre un caso y otro se observan problemas de movimiento y coordinación [42].

En consecuencia, hay diferentes métodos de intervención para niños con TEA, el análisis aplicado de la conducta (ABA) es uno que, promueve conductas mediante refuerzos positivos y disminuir las no deseadas mediante la extinción, así se incrementan conductas, se aprenden nuevas, se mantienen y generalizan y se reducen las conductas disruptivas.

Método TEACCH, Eric Schopler, cofundador y primer director, creó este programa de intervención muy efectiva para TEA y sus familias, pretende ayudar a estos a desenvolverse de forma autónoma, ofrecerles servicios y transmitir conocimientos teóricos y prácticos por todo el mundo [43]. Promueve:

- Aprendizajes estructurados.
- Aprendizaje sin error.
- Encadenamiento hacia atrás.
- Enseñanza incidental.

- Fomentar conductas comunicativas.
- Apoyos visuales.
- Sistemas de trabajo.
- Estructuración física del entorno, en esta se encontró diferentes tipos en referencia a la disposición del alumno respecto al profesor:
 - Cara a cara, más exigente y requiere la atención del estudiante.
 - Uno al lado del otro, permite la imitación y se centra en los materiales e instrucciones.
 - Detrás, con menor control del adulto, fomenta la independencia.

En otro aspecto, la teoría de la disfunción ejecutiva postula que la causa del autismo radicaría en deficiencias en las funciones ejecutivas. Explica los patrones de comportamiento, intereses y actividades restringidos y estereotipados, pero no da una explicación global del trastorno. Las tareas ejecutivas (FFEE) son un conjunto de competencias ejecutivas utilizadas para operaciones autónomas. Los talentos, a menudo inherentes, nos permiten ser ágiles, prepararnos, planificar, establecer metas y objetivos, administrar nuestra propia energía, etc.

Estos son una colección de procesos cognitivos que ocurren en situaciones nuevas en las que no han tenido un plan de acción previo.

La corteza frontal, es la última parte del cerebro que se desarrolla y tiene 12 meses a 18 años y tiene dos niveles sobresalientes a los 4 y 18 años.

- Inhibición de respuesta.
- Memoria de trabajo.
- Autorregulación del estado de alerta, emocional y motivacional.
- Entre otras [44].

Adicionalmente, la teoría de la mente es el potencial (sin un trastorno mental obvio) para que los individuos neurotípicos perciban los trastornos mentales de ciertas personas. En las primeras etapas del desarrollo infantil, esta capacidad es inherente y se desarrolla a lo largo de 4-5 años. Con él, se encargan de las señales

sociales ambientales y se desarrollan culturalmente. Las personas con TEA tienen este mayor potencial (hay diferentes niveles de impacto), por lo que debe mejorarse.

Es muy difícil para las personas con TEA trabajar en un entorno cognitivo, ya que las personas con competencia conductual no creen datos específicos, pero a las personas con autismo les resulta muy difícil llevarlo a cabo. Las personas con autismo deben dividirse en pequeñas partes en el comportamiento conductual para comprender y conocer lentamente [45].

3.2.5 HERRAMIENTAS TICs Y SOFTWARE DE APRENDIZAJE

A partir de un estudio llevado a cabo por Samsung en 2016 entre profesores españoles sobre el uso de la tecnología en el aula, muestra interesantes conclusiones sobre los beneficios que el uso de la tecnología en la educación puede tener en los colegios.

El 84% de los encuestados percibe un aumento en la creatividad y capacidad de razonamiento de sus alumnos, una mejora de su competencia en habilidades transversales y un incremento en la autonomía de los alumnos a la hora de aprender. El 74 % de los profesores participantes considera que la creciente familiarización con las TIC ayuda a los alumnos aprender a hacer un uso responsable de las nuevas tecnologías. Un 92 % también considera que el uso de nuevas tecnologías en el aula mejora las habilidades técnicas de los alumnos, preparándose para desenvolverse con más soltura en un mundo cada vez más tecnológico.

Entre los profesores españoles es común la opinión de que los estudiantes son más colaborativos entre ellos (82%), muestran un mayor esfuerzo por aprender (79%) y entienden los contenidos impartidos con más facilidad (74%), gracias al uso de las nuevas tecnologías. Y el 75% percibe también una mejora en el clima general del aula.

Así que tres de cada cuatro profesores (77%) considera que la “mochila digital” para el aprendizaje, sustituir los libros por lecciones en formato digital a las que puedan acceder a través de un ordenador o tableta ya adoptado por muchas instituciones educativas, es sumamente interesante [46].

No obstante, desde hace décadas, se ha indagado sobre la relevancia de la tecnología aplicada en la terapia y en la clínica en TEA. Particularmente, las acepciones de la tecnología implican una aplicación práctica del conocimiento sobre un determinado campo, comprendiendo cada elemento u objeto utilizado en un campo de estudio, dependiendo del contexto sociohistórico en el cual está enmarcado. Las necesidades tecnológicas en la vida diaria no se corresponden directamente con las necesidades cognoscitivas. Sin embargo, cuando existen mayores dificultades, es necesario pensar en la utilización responsable y dirigida de objetos o elementos que ayuden al desarrollo tanto práctico como social de las personas. La disposición de elementos tales como telefonía móvil, dispositivos digitales táctiles, interfaces virtuales personales y comunitarias, abre el campo de interacción y de respuesta a un universo casi ilimitado de posibilidades en el cual es fácilmente posible perderse en la creencia de que la tecnología. Así, usar tecnologías que pueden no tener un uso específico, construyen una red de elementos que juntas, y con la dirección motivacional adecuada, dan lugar a nuevas y mejores estrategias terapéuticas y de educación para personas con TEA, así como también llegar a ellos desde los vínculos familiares y terapéuticos [47].

De hecho, son varios los autores que establecen el concepto de Tecnologías de Ayuda, traducción del inglés Assistive Technology, al referirse a las TIC desarrolladas para ser utilizadas y aplicadas con personas que padecen algún tipo de discapacidad o que tienen necesidades educativas especiales, cuyo fin es incrementar las capacidades de estos sujetos que, por diferentes circunstancias, no tienen un nivel medio de ejecución acorde a su edad.

Las ventajas que ofrece este colectivo son numerosas. Suponen un estímulo para los sentidos, específicamente desde el punto de vista visual, algo muy positivo es, que las personas con TEA poseen un procesamiento cognitivo fundamentalmente visual. Son un elemento de aprendizaje de tipo activo, teniendo como rasgos destacables la versatilidad, flexibilidad y adaptabilidad, lo que permite personalizar e individualizar las diferentes aplicaciones y programas, el poder adaptarse a las características y ritmos de aprendizaje de cada sujeto. Favorece y hace posible el trabajo de tipo autónomo, son una gran fuente de motivación y refuerzo, favoreciendo con ello la atención y una disminución de la frustración cuando se producen errores. Ofrecen un entorno controlable, con unas respuestas predecibles [48].

Obviamente, se considera las TIC como beneficiosas, porque el hecho de interactuar con un ordenador no requiere de las mismas habilidades sociales que se necesitan para la interacción con personas, al admitir cierto grado de error y poseer funciones encaminadas a la autocorrección a través de la emisión de un mensaje, contribuyendo con ello a disminuir o no reforzar ese sentimiento de fracaso que tienen muchas personas con TEA. También se vuelve más fácil descifrar la información, ya que ésta se les presenta de una forma que a estos alumnos les parece lógica, concreta, visual y localizada en un espacio, mientras que el lenguaje verbal es invisible y abstracto. Así mismo, el hecho de que predominen los estímulos visuales hace que sean predecibles, ya que ante estímulos iguales presentan respuestas iguales y, por ello, controlables, lo que resulta primordial al necesitar los autistas tener todo controlado y saber lo que van a hacer en cada momento [49].

En lo que se refiere al uso de estas aplicaciones se pretende potenciar hábitos de autonomía, reconocimiento de emociones, mejorar la comunicación verbal y no verbal, desarrollo de habilidades sociales y mejora de la ubicación temporo-espacial. Se ha analizado la evolución del término autismo desde sus comienzos hasta la actualidad a través de la guía de consulta de los criterios diagnósticos del

DSM. Se analizó la literatura científica que hace referencia al autismo y al uso de las aplicaciones a través del análisis de la base de datos dialnet. Con las TIC se ofrecen recursos educativos para los niños diagnosticados de autismo.

A través de la base de datos Google Aplicaciones, se han seleccionado treinta y cinco aplicaciones donde se han mostrado los objetivos que cada una de ellas pretende. Con la ayuda de los manuales diagnóstico se describió las causas y las dificultades que presentan los niños con autismo, analizando así las diferentes aplicaciones en función del área en que se quiere que se potencien. Las metodologías utilizadas en las diferentes aplicaciones son mayoritariamente ABA y TEACHH. La Incorporación de las TIC al aula no sólo repercute en el alumno, y más concretamente, en el alumno con autismo cómo es el objeto de estudio, sino en la familia, el docente, la institución y la administración [50].

Por añadidura, la aplicación de tecnologías industriales y de multimedia como la robótica y los entornos virtuales, al TEA, es un recurso explotado actualmente. Es una posibilidad real que den frutos si se aplican en contextos para el manejo de situaciones ansiogénicas o de sobrecarga emocional, considerando también las cuestiones éticas basadas no solo en la terapia acordada con los profesionales de la salud sino también en las necesidades de la persona.

Los estudios que se han realizado en este campo tienden a adoptar la forma de interacción y/o imitación, por ejemplo, los robots que copian los movimientos, juguetes y peluches amigables que responden con estímulos positivos o de socialización, varían según su morfología y aproximación para cada persona. La interacción con los robots tiende a ser predecible y repetitiva, que son el tipo de interacciones que algunos individuos con TEA prefieren. Además, permite obtener datos de interacción y ayudar a que las personas puedan tener un vínculo con una interfaz que no le genere un estrés emocional o social (Dautenhahn y Werry, 2004). Controlar robots amigables abre una ventana de vínculo social controlado, con tareas simples y concretas, de respuestas rápidas y sencillas. El factor vinculante

entre las personas y este tipo de interfaz es un estudio interesante para promover complementariamente con las situaciones sociales y familiares propias de la persona con TEA [51].

Particularmente, el reconocimiento de patrones se utiliza actualmente para la solución de tareas tales como el reconocimiento de caracteres, de huellas digitales y reconocimiento del habla, entre muchos otros. Por esta razón, desde hace varios años se han venido desarrollando diferentes metodologías que intentan resolver este tipo de problemas. De manera general, se puede decir que existen tres metodologías básicas para el reconocimiento de patrones: las heurísticas, las matemáticas y las lingüísticas.

La heurística consiste en el uso de la experiencia y la intuición humana. Por lo general, los sistemas que son desarrollados bajo estos métodos están hechos a la medida del problema que se desea resolver.

Las matemáticas se basan en el uso de las propiedades comunes de los patrones y se basan en las reglas de clasificación formuladas en un marco matemático. Además, este enfoque se divide a su vez en otras dos categorías: las determinísticas y las estadísticas. Entre los métodos determinísticos se encuentran, por ejemplo, los algoritmos de aprendizaje iterativo tales como los algoritmos utilizados para el entrenamiento de redes neuronales. Por otra parte, dentro de los métodos estadísticos se pueden encontrar a los clasificadores basados en las reglas de clasificación de Bayesingüísticas (sintácticas) [52].

Obviamente, se considera las TIC como beneficiosas, porque el hecho de interactuar con un ordenador no requiere de las mismas habilidades sociales que se necesitan para la interacción con personas, al admitir cierto grado de error y poseer funciones encaminadas a la autocorrección a través de la emisión de un mensaje, contribuyendo con ello a disminuir o no reforzar ese sentimiento de fracaso que tienen muchas personas con TEA. También se vuelve más fácil descifrar la información, ya que ésta se les presenta de una forma que a estos

alumnos les parece lógica, concreta, visual y localizada en un espacio, mientras que el lenguaje verbal es invisible y abstracto. Así mismo, el hecho de que predominen los estímulos visuales hace que sean predecibles, ya que ante estímulos iguales presentan respuestas iguales y, por ello, controlables, lo que resulta primordial al necesitar los autistas tener todo controlado y saber lo que van a hacer en cada momento [53].

Para concluir, todo aprendizaje parte de la recepción de información a través de los sentidos. Estos son los canales de aprendizajes que son visuales, auditivos y kinestésicos.

- En el canal visual, cuando se piensa con imágenes se puede traer a la mente mucha información retenida.
- En el canal auditivo el niño recuerda utilizando el sistema de representación auditiva, de manera secuencial y ordenada. Los niños que poseen este canal del aprendizaje necesitan escuchar su grabación mental paso a paso, también poseen una habilidad musical y en el aprendizaje de idiomas.
- Kinestésico, en este canal el individuo procesa la información asociándola a sensaciones y movimientos del cuerpo [54].

No obstante, desde hace décadas, se ha indagado sobre la relevancia de la tecnología aplicada en la terapia y en la clínica en TEA. Particularmente, las acepciones de la tecnología implican una aplicación práctica del conocimiento sobre un determinado campo, comprendiendo cada elemento u objeto utilizado en un campo de estudio, dependiendo del contexto sociohistórico en el cual está enmarcado. Las necesidades tecnológicas en la vida diaria no se corresponden directamente con las necesidades cognoscitivas. Sin embargo, cuando existen mayores dificultades, es necesario pensar en la utilización responsable y dirigida de objetos o elementos que ayuden al desarrollo tanto práctico como social de las personas. La disposición de elementos tales como telefonía móvil, dispositivos digitales táctiles, interfaces virtuales personales y comunitarias, abre el campo de interacción y de respuesta a un universo casi ilimitado de posibilidades en el cual

es fácilmente posible perderse en la creencia de que la tecnología. Así, usar tecnologías que pueden no tener un uso específico, construyen una red de elementos que juntas, y con la dirección motivacional adecuada, dan lugar a nuevas y mejores estrategias terapéuticas y de educación para personas con TEA, así como también llegar a ellos desde los vínculos familiares y terapéuticos [55].

En adición, las aplicaciones son pequeños programas informáticos que ayudan al usuario en una labor concreta, ya sea de carácter profesional o de ocio y entretenimiento. Estas Aplicaciones pueden descargarse en móviles, Tablet, o incluso ordenadores. Actualmente, todos los aparatos tecnológicos vienen con los programas específicos para poder descargar las aplicaciones. Esos programas pueden ser el App Store, Google play, Android o iTunes. Una vez descargada la aplicación se puede acceder a ella todas las veces que se desee sin necesidad de estar conectados a Internet. A continuación, se expondrán una serie de aplicaciones dirigidas a niños TEA. Estas aplicaciones están clasificadas de la siguiente manera: a) Aplicaciones para la comunicación y el lenguaje. b) Aplicaciones para las emociones, la interacción/comportamiento social. c) Aplicaciones para el juego y el ocio. d) Aplicaciones de herramientas de apoyo. Esta clasificación, de elaboración propia, es el fruto de una exhaustiva investigación sobre el TEA, se considera que a través de estas aplicaciones pueden mejorar esas deficiencias de una manera lúdica y atractiva por medio de las TIC. Estas son solo algunas de las aplicaciones que se pueden encontrar para poder trabajar con niños TEA, pero hay infinidad de aplicaciones que pueden ser útiles para estos niños [56].

Dado el enorme protagonismo que han adquirido las tecnologías de la información y la comunicación en nuestra sociedad, en los últimos años ha aumentado el interés en las mismas como posibles recursos a utilizar en la intervención educativa con el alumnado TEA. Por ello, se han realizado diversas investigaciones acerca de los beneficios e impacto que las TIC pueden tener a la hora de trabajar con niños diagnosticados con autismo, con el fin de descubrir si pueden ser un medio eficaz.

Así también, *“las TIC son un potente recurso para las personas con TEA en varios ámbitos: educación, comunicación, ocio y tiempo libre, valoración y diagnóstico”*. Sin embargo, es importante destacar que es en el ámbito de la educación, campo que nos interesa especialmente, y en la comunicación, donde están resultando más útiles y ofreciendo un mayor número de posibilidades. Se considera que, por la claridad con la que llegan a este tipo de alumnos, en la mayoría de los casos se posicionan por delante de instrumentos educativos de un corte más tradicional como el papel o la palabra, permitiendo el entrenamiento y desarrollo de funciones de tipo cognitivo como la memoria o la percepción; de habilidades motoras finas como la coordinación óculo-visual o de operaciones básicas como la clasificación, la identificación o la discriminación. Además, existen evidencias basadas en la experiencia, de un mayor grado de atención en estas personas cuando la información les es presentada desde un dispositivo tecnológico [57].

3.2.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS COLORES PARA LOS NIÑOS CON TEA

El color es el primer elemento a partir del cual se puede obtener la atención de un niño e incluso de un adulto, puesto que estos transmiten ciertos sentimientos y emociones según la psicología del color y que para muchos estudios es fundamental en la creación de un entorno o una herramienta que fomente el aprendizaje.

No hay un estudio directamente enfocado a los niños con TEA sobre qué colores les llaman más la atención o qué pueden llegar a percibir con los colores, sin embargo, hay colores que fomentan el aprendizaje, y otros que por su lado podrían ser molestos o llegar a ser distractores para los estudiantes. El Dr. Robert Gerard reconoció esto y ha sido promotor en estas investigaciones de la psicología del color, en las que mencionó que cada color tiene una longitud de onda específica y que cada una de ellas afecta a nuestro cuerpo y cerebro de diversas maneras.

Utilizar el color adecuado, así como una excelente combinación para la herramienta dirigida a los niños con TEA es lo que afectará en gran medida sus emociones, la atención y el comportamiento de los niños cuando estén aprendiendo. A la población infantil con TEA se le brindará una herramienta completamente dirigida y pensada en ellos, por eso se decidió construirla basándose en los colores azul y blanco.

Tabla 1. Estudio de colores [58].

Color	Qué transmite	En qué beneficia
Blanco	Pureza, calma y orden visual	Incentiva a la creatividad
Azul	Calma y serenidad	Mejora el sueño y calma los nervios
Rojo	Energía y vitalidad	Ayuda a los niños más tímidos
Amarillo	Positivismo y energía	Estimula la concentración y evita la depresión
Verde	Equilibrio y calma	Mejora la capacidad lectora
Naranja	Energía y positivismo	Estimula la comunicación
Morado	Tranquilidad y misterio	Potencia la intuición

El blanco transmite pureza, calma y orden visual, lo que beneficia su creatividad. El azul por su parte brinda calma y serenidad, considerado ser beneficioso para el equilibrio emocional de los niños; el azul es el color, del equilibrio, de la productividad y fomenta el pensamiento en los niños. De alguna forma el azul es el color representativo del autismo debido a Austim Speaks, quien uso el azul como color corporativo y quien en 2010 lanzó la campaña Light it up blue, destinada a iluminar de azul edificios el día 2 de abril como forma de visibilizar el autismo [59].

4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

4.1. METODOLOGÍA

Para esta investigación, se usó un enfoque cuantitativo porque se basó en analizar el comportamiento de niños y se buscó comparar con un grupo de niños que no estén utilizando el dispositivo, de esta manera se contó con una variable cuantificada para considerar a la hora de hacer un estudio estadístico. Posteriormente verificó y comprobó que el dispositivo esté generando un impacto en los niños que lo están usando. Se basó en pruebas, entrevistas a los encargados o allegados al sujeto en cuestión, escalas para medir los comportamientos y demás técnicas de mediciones estadísticas y numéricas para comprobar hipótesis planteadas.

El método de esta investigación se centró en un método analítico porque se trabajó con base a los análisis realizados y se generó analogías y nuevas teorías para comprender conductas de los niños con TEA.

Se desarrolló la descomposición de las habilidades motrices y métodos de aprendizaje de los niños con TEA, con el fin de estudiar con mayor profundidad cada elemento por separado y conocer qué relación tiene unas con otras y cómo afectan directamente al niño con TEA. Para la utilización del dispositivo se recomendó un rango de edad entre 4 a 8 años, para un mejor entendimiento de las funciones del dispositivo y una mejor comunicación entre el niño y el dispositivo, teniendo en cuenta también que en este rango de edad el niño ya puede contar con un diagnóstico del espectro autista.

Para la obtención de información y llevar un registro de los resultados se consideraron como fuentes primarias a expertos en el área del Autismo, así como a profesionales encargados de los niños diagnosticados con TEA, y como fuente secundaria para concretar el proyecto se utilizaron investigaciones, libros, artículos

científicos, revistas, publicaciones, proyectos y páginas web con fundamentos teóricos.

El proyecto constó de tres fases. La primera fase consistió en crear el diseño del proyecto en un software CAD, para esto se tuvo que consultar los diferentes métodos de aprendizaje y estimulación motriz a incluir en el dispositivo, teniendo en cuenta la dificultad, relación costo-beneficio y efectividad de cada una de estas. Una vez seleccionados los métodos, se seleccionaron los diferentes componentes electrónicos capaces de cumplir con los requerimientos establecidos y se caracterizaron basándose en sus dimensiones, peso e interferencia con demás dispositivos. Finalmente se realizó el diseño del dispositivo en el software CAD con base a los dispositivos electrónicos seleccionados con el fin de obtener una organización estructural óptima.

4.2. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación por la cual estuvo regida esta problemática fue tipo exploratoria, porque dado que las personas involucradas en este proyecto no son expertas en TEA, se necesitó un primer acercamiento a los niños con TEA para estudiar y analizar sus comportamientos frente al mundo del aprendizaje y la tecnología. Con este tipo de investigación se logró familiarizar un poco con el tema.

4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO

A continuación, se presenta los entregables y actividades necesarias para cumplir cada objetivo del proyecto, junto con su respectivo tiempo de entrega partiendo desde una fecha inicial hasta una final. De la misma manera, se especifica el responsable de cada uno con el fin de tener un mejor control del proyecto en general.

Tabla 2. Cronograma 1(propia autoría).



 <div style="text-align: center;"> Universidad Autónoma del Caribe Proyecto de Grado - Ingeniería Mecatrónica Cronograma de actividades </div> 					
Componentes	Descripción	Fecha Inicio	Fecha Final	Responsables	Duración (Días)
OBJETIVO 1	Diseñar una herramienta mecatrónica para las necesidades cognitivas de los niños con TEA.	01/11/2019	20/12/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	175
Entregable # 1	Caracterización de necesidades y comportamientos en niños con TEA.	01/11/2019	20/12/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	27
Tarea 1	Elaborar la lista de requerimientos para los niños con TEA.	01/11/2019	10/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 1	Investigaciones pertinentes y revisiones bibliográficas de niños con TEA.	01/11/2019	05/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	4
Actividad 2	Evaluación de los comportamientos que tienen los niños con TEA en diferentes ambientes sociales de la mano de expertos.	05/11/2019	10/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	5
Tarea 2	Identificación de los procesos de aprendizaje de niños con TEA.	11/11/2019	20/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 3	Visita de campo a instituciones educativas o fundaciones para niños con TEA.	11/11/2019	20/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	9
Actividad 4	Encuestas a personas que intervienen en el proceso de formación de los niños con este tipo de trastorno.	11/11/2019	20/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	9
Entregable # 2:	Lista de los diferentes software que nos permitan el diseño de la herramienta mecatrónica por medio de diferentes medios y técnicas.	15/11/2019	27/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	13
Tarea 3	Investigar los software de diseño óptimos para la ejecución del diseño de la herramienta mecatrónica.	15/11/2019	25/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 5	Investigar los software de diseño actuales en el mercado.	15/11/2019	17/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	2
Actividad 6	Comparar los diferentes software de diseño encontrados en el mercado para el diseño de la herramienta mecatrónica.	17/11/2019	20/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	3
Actividad 7	Identificar las características, la trascendencia y restricciones de cada software de diseño investigado.	17/11/2019	25/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	8
Entregable # 3:	Software seleccionado para el diseño óptimo de la herramienta mecatrónica.	25/11/2019	27/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	4
Tarea 4	Definir el mejor software según las necesidades de diseño.	25/11/2019	27/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 8	Valorar la operatividad, la adecuación y compra u obtención de los software de diseño.	25/11/2019	27/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	2

Tabla 3. Cronograma 2(propia autoría).

Actividad 9	Seleccionar el software más eficiente y asequible.	25/11/2019	27/11/2019	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	2
Entregable # 4:	Boceto inicial de la herramienta mecatrónica en el software seleccionado.	15/01/2020	03/02/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	18
Tarea 5	Definir geometría de la herramienta mecatrónica.	15/01/2020	25/01/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 10	Dibujar a mano alzada un boceto inicial en un formato de dibujo técnico.	15/01/2020	18/01/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	3
Actividad 11	Establecer medidas para la estatura promedio de los niños con TEA en un rango de edades.	18/01/2020	22/01/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	4
Actividad 12	Descomponer el dibujo a mano alzada en diferentes piezas.	22/01/2020	25/01/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	3
Tarea 6	Plasmear la representación gráfica en el software de diseño.	25/01/2020	03/02/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 13	Representar el dibujo a mano alzada en el software de diseño, con medidas reales y mayor exactitud.	25/01/2020	29/01/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	4
Actividad 14	Definir las medidas reales de cada pieza del dibujo a mano alzada.	29/01/2020	03/02/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	4
OBJETIVO 2	Construir la herramienta mecatrónica para la implementación de una estrategia de control que contengan los métodos y secuencias pertinentes para su disposición final.			HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Entregable # 5:	Los materiales y componentes para la fabricación de la herramienta mecatrónica.	01/07/2020	15/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	15
Tarea 7	Lista de los componentes electrónicos y materiales de uso.	01/07/2020	15/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 15	Determinar los diferentes componentes electrónicos y materiales pertinentes en el mercado para la fabricación de la herramienta.	01/07/2020	10/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	10
Actividad 16	Distinguir las ventajas y desventajas de los diferentes componentes electrónicos y materiales que se puedan implementar (esto, entre materiales y componentes que cumplan una misma función).	10/07/2020	13/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	3
Actividad 17	Seleccionar los componentes electrónicos y materiales oportunos.	13/07/2020	15/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	2
Entregable # 6:	Adquisición de los componentes y materiales elegidos.	15/07/2020	30/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	15
Tarea 8	Escoger proveedores.	15/07/2020	17/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 18	Crear una lista de proveedores para la compra de lo requerido.	15/07/2020	16/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1
Actividad 19	Seleccionar los proveedores mejor evaluados según la relación costo/beneficio y tiempo de entrega.	16/07/2020	17/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1

Tabla 4. Cronograma 3(propia autoría)

Tarea 9	Comprar los componentes y materiales requeridos escogidos anteriormente	17/07/2020	30/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 20	Pedir los materiales necesarios en los proveedores seleccionados.	17/07/2020	30/07/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	13
Entregable # 7:	El software de programación más acertado para las necesidades y funciones de la herramienta mecatrónica.	30/07/2020	07/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	7
Tarea 10	Determinar el software de programación más idóneo para las necesidades y funciones de la herramienta mecatrónica.	30/07/2020	02/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 21	Identificar los diferentes lenguajes de programación eficientes para lo requerido.	30/08/2020	05/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	5
Actividad 22	Identificar lenguajes de programación prácticos, como la facilidad de implementación con dispositivos electrónicos, para características y funciones específicas.	05/08/2020	06/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1
Actividad 23	Seleccionar el software de programación mejor calificado según las necesidades y funcionalidades.	06/08/2020	07/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1
Entregable # 8:	Ratificación del funcionamiento apropiado de los componentes electrónicos y materiales adquiridos.	07/08/2020	30/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	23
Tarea 11	Realizar pruebas de los componentes electrónicos.	07/08/2020	10/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 24	Calibración de los componentes electrónicos	07/08/2020	08/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1
Actividad 25	Realizar pruebas y caracterización para cada componente.	08/08/2020	09/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1
Actividad 26	Registrar resultados de las pruebas.	09/08/2020	10/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1
Tarea 12	Comprobar ensamblajes.	10/08/2020	30/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 27	Comprobar todas las piezas individualmente y las medidas reales con las ideales.	10/08/2020	15/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	5
Actividad 28	Realizar pruebas con los componentes electrónicos para verificar el correcto funcionamiento de ambos.	15/08/2020	28/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	13
Actividad 29	Realizar ajustes de mecanizado en las piezas (en caso de tener qué).	28/08/2020	30/08/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	2

Tabla 5. Cronograma 4 (propia autoría).

Entregable # 9:	Herramienta mecatrónica programada y ensamblada conforme al diseño establecido.	30/08/2020	20/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	20
Tarea 13	Realizar el ensamble de las piezas entre sí y con sus componentes electrónicos	30/08/2020	15/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 30	Integrar piezas con los componentes electrónicos destinados.	30/08/2020	10/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	10
Actividad 31	Realizar pruebas de funcionamiento en el proceso	10/09/2020	15/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	5
Tarea 14	Idear la programación pertinente para el correcto funcionamiento de la herramienta mecatrónica	15/09/2020	20/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	


Actividad 32	Elaborar los códigos de programación para el funcionamiento de la herramienta mecatrónica	15/09/2020	17/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	2
Actividad 33	Pruebas del código en la herramienta	17/09/2020	18/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	1
Actividad 34	Implementar una forma de comunicación de la herramienta mecatrónica con la persona	18/09/2020	20/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	2
OBJETIVO 3	Validar técnica y funcionalmente la herramienta para su uso eficiente.			HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Entregable # 10	Herramienta funcional.	20/09/2020	23/10/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	33
Tarea 15	Verificación del funcionamiento.	20/09/2020	23/10/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	
Actividad 35	Pruebas del dispositivo en niños con TEA.	20/09/2020	30/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	10
Actividad 36	Tabulación de parámetros.	30/09/2020	10/09/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	10
Actividad 37	Validación técnica y funcional.	10/09/2020	23/10/2020	HARRISON RACEDO & JOSE YEPES	13
					175
					Duración total (Días)

5. PRESUPUESTO

A continuación, se presenta el presupuesto que corresponde a la realización y materialización del proyecto de investigación.

5.1. PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 6. Presupuesto general.

	FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS				GI-02-PR-03-F02
					Versión 1
					12/06/2019
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
RUBROS	Fuentes de Financiamiento				Total
	Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Otras fuentes Externas	Contrapartida UAC	
1. Personal Científico	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 12.985.632,00	\$ 12.985.632,00
2. Personal de Apoyo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 2.570.112,00	\$ 2.570.112,00
3. Consultaría especializada y Servicios Técnicos externos	\$ 0,00	\$ 4.000.000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 4.000.000,00
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	\$ 18.208.406,00	\$ 0,00	\$ 200.000,00	\$ 18.458.406,00
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 11.700.000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 11.700.000,00
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 5.000.000,00	\$ 0,00	\$ 5.000.000,00	\$ 10.000.000,00
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 980.000,00	\$ 0,00	\$ 980.000,00
8. Material de difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 4.000.000,00	\$ 0,00	\$ 4.000.000,00
TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO	\$ 0,00	\$ 38.908.406,00	\$ 4.980.000,00	\$ 20.755.744,00	\$ 64.644.150,00

5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO

El presupuesto invertido en este rubro consiste en el costo del tiempo empleado por el personal de investigación vinculados a este proyecto, que incluye a los directores y a los auxiliares de investigación.

Tabla 7. Costo personal científico.

1. PERSONAL CIENTIFICO										
Nombres y Apellidos	Tipo de Contrato	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGAD ORES	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Ph.D. Pablo Daniel Bonaveri Arangoa	Titular	Investigador Principal	\$ 33.911	4	48				\$ 8.959.872	\$ 8.959.872
2. M. Sc Carlos Daniel Díaz Sáenz	Asociado	Coinvestigador	\$ 33.911	2	48				\$ 4.025.760	\$ 4.025.760
3. Utilizar en caso de no ser Docente de Planta de la UAC	N/A									
SUB-TOTAL									\$ 12.985.632	\$ 12.985.632

Tabla 8. Costo personal de apoyo.

2. PERSONAL DE APOYO										
Nombres y Apellidos	Tipo de Vinculación	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGAD ORES	SUB-TOTAL		

1. Harrison Junior Racedo Pedroza	Practican te	Auxiliar de Investigación	\$ 2.231	12	48		\$ 1.285.056	\$ 1.285.056
2. Jose Miguel Yepes Gual	Practican te	Auxiliar de Investigación	\$ 2.231	12	48		\$ 1.285.056	\$ 1.285.056
<i>SUB-TOTAL</i>							\$ 2.570.112	\$ 2.570.112

5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA

Tabla 9. Costo consultoría especializada.

3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA Y SERVICIOS TECNICOS EXTERNOS				
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento		
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	SUB-TOTAL
1. Especialista en TEA	Acompañamiento y asesoría sobre los comportamientos de los niños con TEA y el funcionamiento del dispositivo		\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
2. Docente especialista en educación especial	Acompañamiento, asesoría y validación del dispositivo.		\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
<i>SUB-TOTAL</i>		\$ 0	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000

5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

El presupuesto dedicado a esta sección incluye los costos de los materiales e insumos utilizados para la realización del proyecto, así como los costos de documentación del proyecto.

Tabla 10. Costo materiales e insumos.

4. MATERIALES E INSUMOS					
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento			
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Investigaciones y consultas	Desarrollo de la investigación			\$ 200.000	\$ 200.000
2. Componentes electrónicos y material de construcción	Componentes utilizados para la fabricación y control del dispositivo		\$ 1.800.000		\$ 1.800.000
3. Licencia Software CAD	Funcionalidades del software para el diseño del dispositivo.		\$ 16.408.406		\$ 16.408.406
4. Papelería	Papelería con las especificaciones de los componentes		\$ 50.000		\$ 50.000
5.					
6.					
7.					
8.					
SUB-TOTAL			\$ 18.208.406	\$ 200.000	\$ 18.458.406

Tabla 11. Costo trabajo de campo.

5. TRABAJO DE CAMPO									
Descripción	Justificación	No. De días	No. De personas	Costo/día de estadía por persona	Transporte por persona (ida/vuelta)	Fuentes de Financiamiento			
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Fundación Aprendo	Aprender sobre el comportamiento de los niños	60	2	\$ 15.000	\$ 20.000	\$ 0	\$ 4.200.000		\$ 4.200.000

2. Fundación CEER	Compartir ideas con los especialistas y establecer lineamientos para el dispositivo	30	2	\$ 15.000	\$ 20.000		\$ 2.100.000		\$ \$ 2.100.000
3. Colegio el reyecito	Validar el dispositivo con los niños de la institución	90	2	\$ 10.000	\$ 20.000		\$ 5.400.000	\$ 0	\$ 5.400.000
<i>SUB-TOTAL</i>						\$ 0	\$ 11.700.000	\$ 0	\$ 11.700.000

Tabla 12. Costo equipos usados

6. EQUIPOS						
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento			
			Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Computadores	Realizar Diseño CAD	2			\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
2. Maquinaria CNC	Cortes laser de los materiales de fabricación del dispositivo	1		\$ 5.000.000		\$ 5.000.000
3.						\$ 0
4.						\$ 0
5.						\$ 0
<i>SUB-TOTAL</i>			\$ 0	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 10.000.000

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO

A continuación, se presentan los diseños iniciales del dispositivo que cumpla con las necesidades físicas de los niños con TEA, y asimismo que brinde diferentes métodos de aprendizaje y/o estimulación.



Figura 4. Vista frontal Sección Geoplano (autoría propia).

Desde la vista frontal de la sección del dispositivo titulada “geoplano”, se puede apreciar también la sección de insertar figuras geométricas y de la tableta didáctica (Figura 4). La sección del geoplano radica en que justo después que el dispositivo se encuentre conectado, el niño accionará los pulsadores para seleccionar la figura que desea trabajar; una vez se detenga en la figura, se apreciará en la matriz de leds inferior y se encenderán los leds en la matriz superior. De manera que, indique al niño el camino que debe seguir para amarrar o entrelazar con una cuerda o tira elástica los puntos que se encenderán y crearán la figura anteriormente escogida y de esta manera fortalecer su motricidad fina.

En la sección del dispositivo titulada “insertar figuras geométricas”, apreciada en el lado derecho de la Figura 4, cuenta con orificios en forma de figuras geométricas que conectan a un túnel interno del dispositivo, que permitirá transportar las piezas introducidas en la sección superior hasta la parte inferior del dispositivo para luego ser recibidas por el niño con TEA.

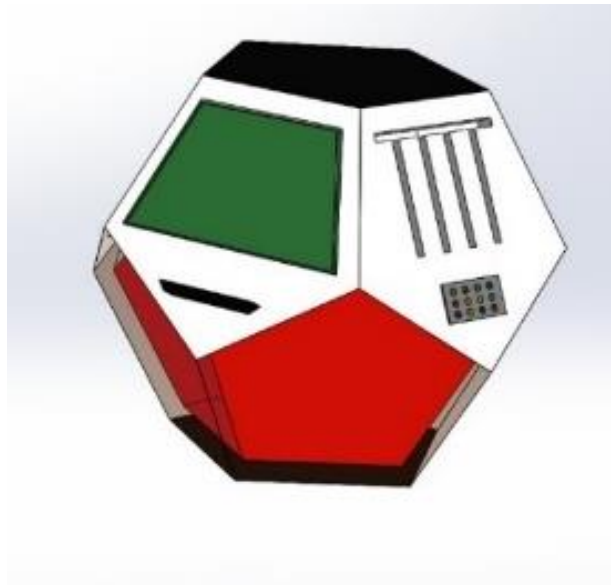


Figura 5.vista isométrica 1, secciones tablero y secuencias (autoría propia).

En las secciones de secuencias y tablero se encuentra la posibilidad de fortalecer y estimular la creatividad, memoria y otras habilidades en los niños con TEA. En la sección del dispositivo titulada “tablero” (lado izquierdo de la figura 5), se buscó incentivar la creatividad, la retroalimentación y la libre expresión del niño.

En la sección del dispositivo titulada “secuencias” (lado derecho de la figura 5) se encuentra un panel que indica el orden en que se deben organizar las piezas ubicadas en los carriles de la sección, y se cuenta con diferentes secuencias a organizar.



Figura 6. Vista isométrica 2, secciones tableta didáctica y geoplano (propia autoría).

En la figura 6 se ilustran las secciones de Geoplano y tableta didáctica, para la sección titulada “tableta didáctica”, consta de una tableta que interactuará con el niño con TEA, estimulando y al mismo tiempo evaluando su proceso de aprendizaje con diferentes pruebas o actividades como, por ejemplo, preguntas de letras, palabras, animales, objetos etc.



Figura 7. Vista superior (autoría propia).

La morfología del dispositivo permite a los niños trabajar en él, de manera cómoda gracias a la inclinación de $116,57^\circ$ como se puede apreciar en la Figura 7, y así evitar dolores o problemas en algunas articulaciones, cansancio al trabajar etc.

6.2. DISEÑO DISPOSITIVO FINAL

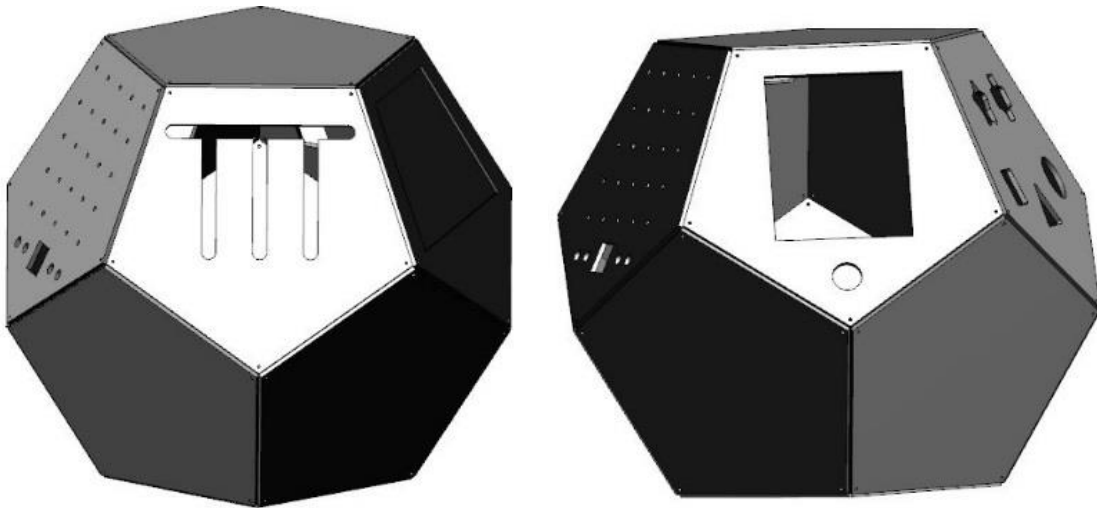


Figura 8. Diseño final del dispositivo (autoría propia)

El dispositivo final, contó con modificaciones en alguna de sus secciones que permitieron obtener un mejor resultado de ensamblaje y funcionamiento del dispositivo, dichas modificaciones son:

- La tableta didáctica no cuenta con pulsadores, ya que generaba un paso adicional innecesario dentro de la actividad, y podría perturbar al niño con TEA.
- Se simplificaron los dos altavoces de la sección de la tableta didáctica en uno solo, ubicado en la parte inferior central de la cara.
- En la sección de secuencias se omitió el panel de secuencias, dado que se limitaba al número de posibles de secuencias que un especialista podría determinar. Por tanto, se puede pedir las secuencias de manera digital (a través de imágenes por el celular) o físicas (tarjetas o cartas con secuencias hechas).

- Del mismo modo se modificó la interfaz del geoplano, agregando dos pulsadores más y estableciendo una figura para cada pulsador, logrando de esta manera una sección más práctica y evitando errores de selección de figura.
- Con el diseño final se buscó optimizar el funcionamiento del dispositivo.

6.2.1. ESTRUCTURA DEL DISPOSITIVO

La estructura del dispositivo fabricada en LAM. C-20 permite dar la forma de un dodecaedro al dispositivo, siendo también donde reposan las piezas en acrílico para una mayor estabilidad. Las piezas fueron cortadas y dobladas en parejas para optimizar el proceso de soldadura, una vez ensamblada, galvanizada y pintada toda la estructura se obtuvieron las siguientes medidas:

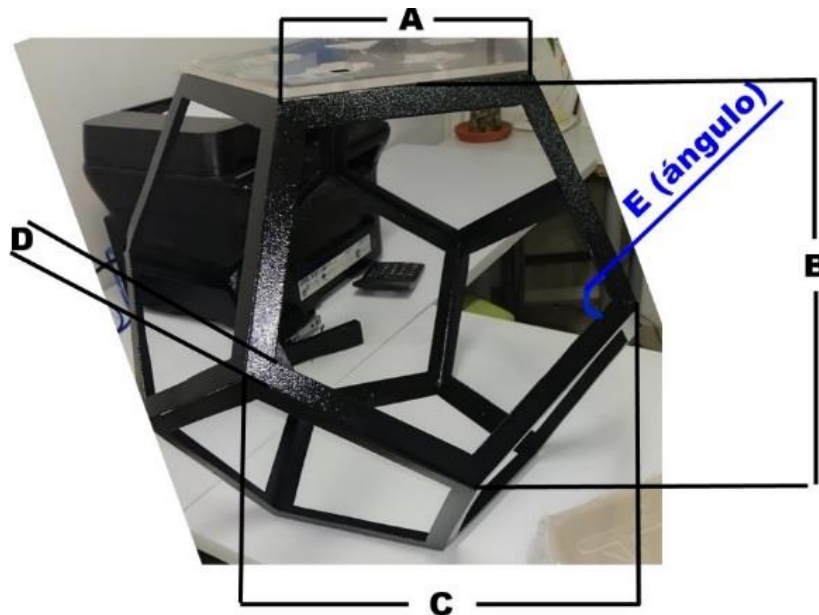


Figura 9. Estructura del dispositivo (autoría propia).

Tabla 13. Dimensiones de la estructura (autoría propia).

A	197.99 mm	D	20 mm
B	304.69 mm	E	108°
C	320.37 mm		

6.2.2. CARA EN ACRÍLICO SIN CORTES

Fabricada con un acrílico de calibre 5, con el fin de facilitar la manipulación de posibles modificaciones en la estructura de la pieza, agregar mayor resistencia y durabilidad, estas piezas fueron usadas para la base, la cara superior y 4 de las 5 caras inferiores del dispositivo. El aspecto que se logra apreciar en la figura 9, es un pentágono que, uniéndose con todas las demás piezas, forman un dodecaedro, es decir, que todas las piezas tienen las mismas medidas exteriores.

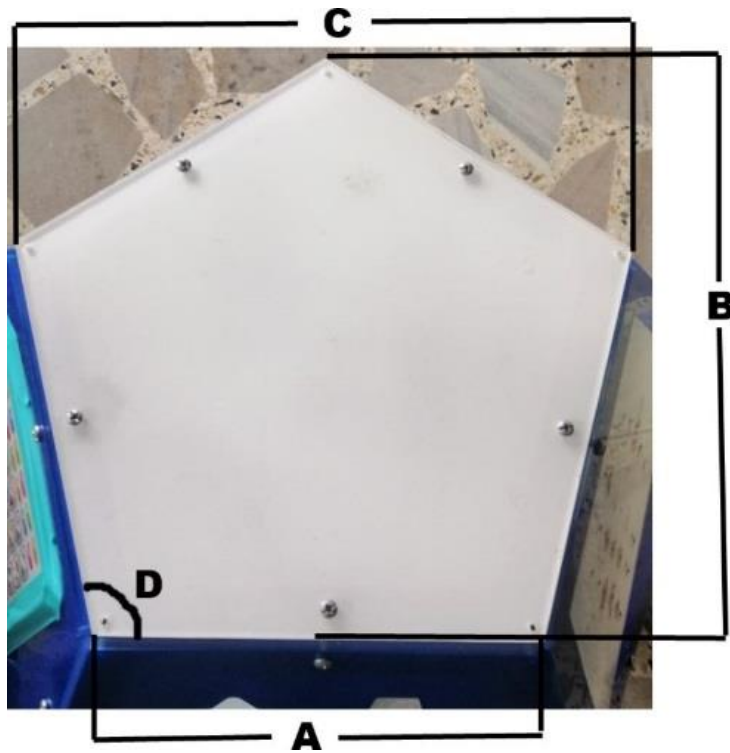


Figura 10. Dimensiones de la cara en blanco (autoría propia).

Tabla 14. Dimensiones cara sin cortes (autoría propia).

A	200 mm
B	307.77 mm
C	323.61 mm
D	108°

6.2.3. CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN GEOPLANO

Cumpliendo con las mismas medidas externas del acrílico en forma de pentágono, en esta sección se trabajará un geoplano, en dónde cuenta con una matriz 5x5, es decir, 25 leds con la posibilidad de formar figuras como un cuadrado, rectángulo, triángulo, trapecio, etc. Mediante los tubos plásticos que sobresalen del acrílico los leds pertenecientes a una figura en concreto, titilan cada vez que se presione el pulsador correspondiente a la figura, y se debe colocar tiras elásticas en el camino marcado por los leds para dibujar la figura encima de la cara de acrílico. La matriz de led indica las posibles figuras que se podrían encontrar en el dispositivo, se contó con dos pulsadores para dos figuras, el rombo y el cuadrado.

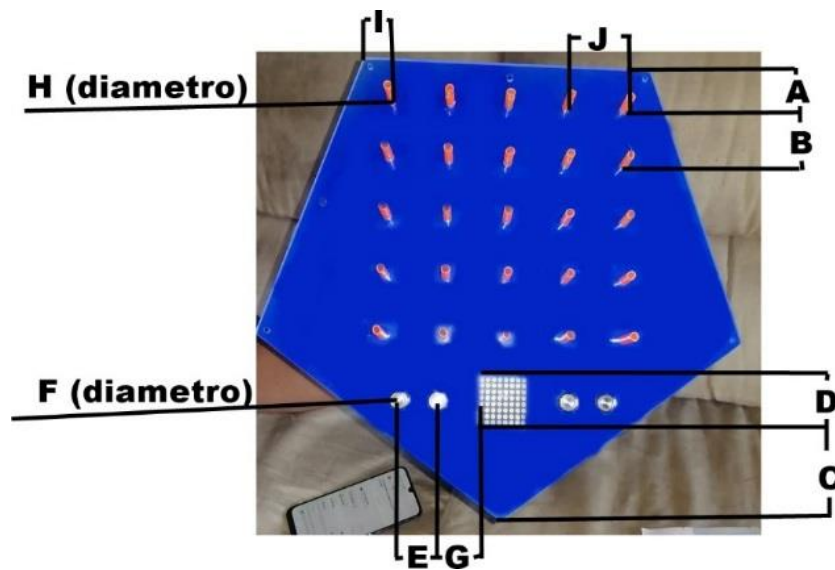


Figura 11. Dimensiones de la sección geoplano (autoría propia).

Tabla 15. Dimensiones sección geoplano (autoría propia).

A	30 mm	F	12 mm
B	40 mm	G	26.49 mm
C	60 mm	H	5.25 mm
D	32.5 mm	I	20 mm
E	25.01 mm	J	40 mm

6.2.4. CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN TABLERO

La sección del tablero permite dibujar, escribir, o trazar formas o figuras con el fin de fomentar la libre expresión y desarrollo del niño, así como también la posibilidad de una retroalimentación de ejercicios anteriores del dispositivo o también realizar actividades específicas para cada niño, determinadas por el especialista o el tutor en cuestión. Es un tablero de acrílico borrable que se puede retirar para cambiarse en caso de quebrarse o darle un mal uso.

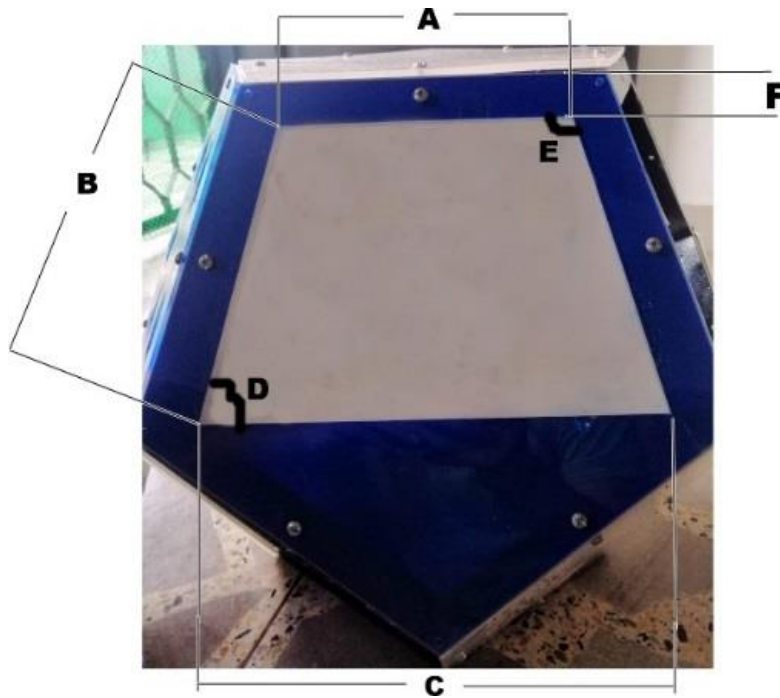


Figura 12. Dimensiones de la sección tablero (autoría propia).

Tabla 16. Dimensiones sección tablero (autoría propia).

A	160 mm	D	36 mm
B	166.21 mm	E	105.71°
C	250 mm	F	74.29°

6.2.5. CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN SECUENCIAS

En la sección de secuencias se contó con piezas de madera en forma de figuras geométricas como círculos, estrellas y hexágonos, que pueden recorrer un camino guiado dentro de la cara de acrílico, con el fin de poder organizar según se le indique al niño desde unas tarjetas o cartas plastificadas que tienen la secuencia a seguir.

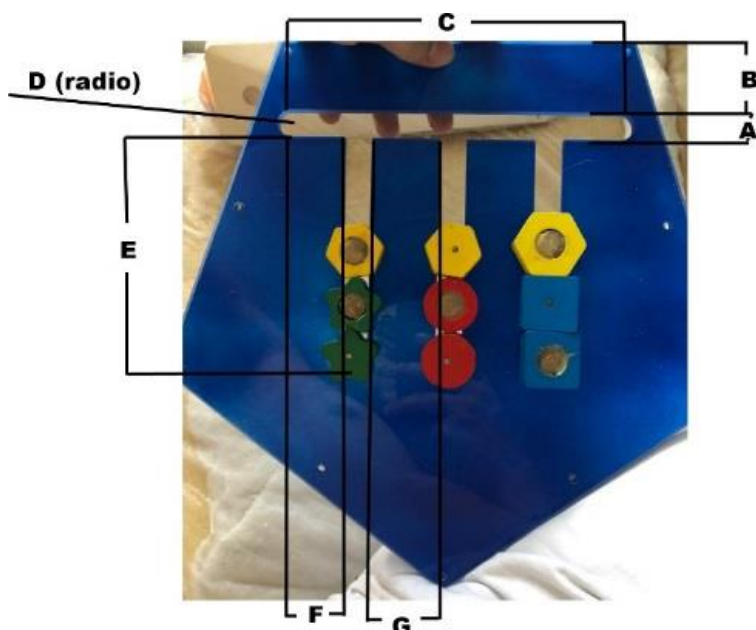


Figura 13. Dimensiones de la sección secuencias (autoría propia).

Tabla 17. Dimensiones sección secuencias (autoría propia).

A	15 mm	E	122.5 mm
B	40 mm	F	31.25 mm
C	185 mm	G	38.75 mm
D	7.5 mm		

6.2.6. CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN TABLETA DIDÁCTICA

Una tableta didáctica que ofrece diferentes secciones de trabajo, letras, palabras, números, operaciones matemáticas, animales, objetos y demás ejercicios con el fin de enseñar o estimular el aprendizaje del niño, una vez se sienta en capacidad de

realizar una prueba el dispositivo le ofrece una opción de “quiz” que le preguntará sobre la categoría en la que se encuentre, si responde bien, lo felicitará, si responda mal, le pedirá que lo intente de nuevo. Permite subir o bajar el volumen de la tableta, repetir las preguntas o las palabras mencionadas, cuenta con 3 canciones, y permite cambiar de idioma a inglés también.

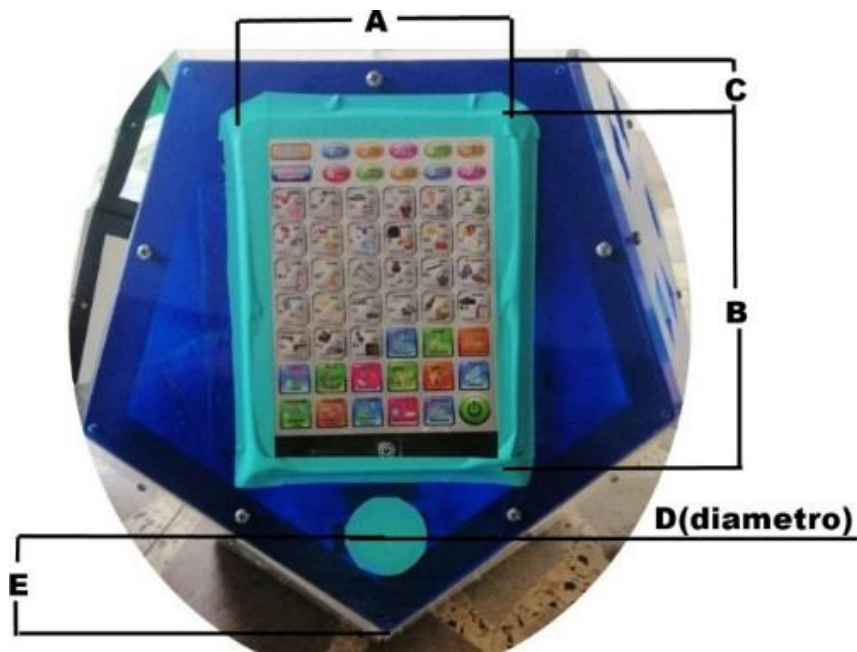


Figura 14. Dimensiones de la sección tableta didáctica (autoría propia).

Tabla 18. Dimensiones sección tableta didáctica (autoría propia).

A	139 mm	D	30 mm
B	181 mm	E	55 mm
C	30 mm		

6.2.7. CARA EN ACRÍLICO SECCIÓN INSERTAR FIGURAS GEOMÉTRICAS

Para esta sección se pondrá a prueba la motricidad fina y la precisión de los movimientos de los dedos y manos de los niños, con figuras específicas como el cuadrado, círculo, triángulo, etc. El niño debe insertar las piezas de plásticos correspondientes a las figuras en la sección, una vez insertadas pasaran por un

túnel de tela para que el niño reciba las piezas en la zona inferior del dispositivo, y pueda volver a insertarlas.

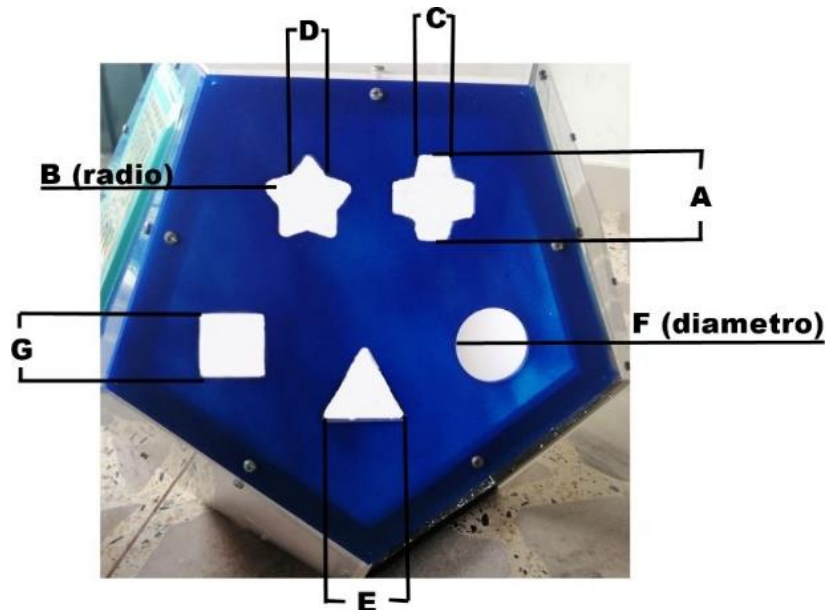


Figura 15. Dimensiones de la sección insertar figuras geométricas (autoría propia).

Tabla 19. Dimensiones sección insertar figuras geométricas (autoría propia).

A	53 mm	E	58 mm
B	4 mm	F	48 mm
C	16.79 mm	G	40 mm
D	22 mm		

6.2.8. CARA EN ACRÍLICO CON HUECO

Para esta cara se necesitó realizar un hueco para recibir las piezas de la sección de insertar figuras geométricas, simplemente las piezas caen y se pueden recoger por medio del túnel que conecta con esta cara.

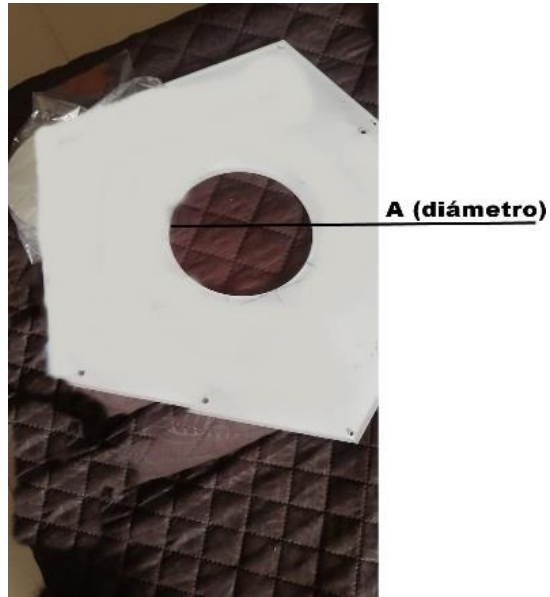


Figura 16. Dimensiones de la cara con hueco (autoría propia)

Tabla 20. Dimensiones cara con hueco (autoría propia).

A	100 mm
---	--------

6.2.9. PROTOTIPO FINAL

Una vez ensambladas todas las piezas, se obtuvo la forma de un dodecaedro con todas sus piezas alineadas correctamente y con las siguientes dimensiones:



Figura 17. Prototipo final ensamblado y funcional (autoría propia).

Tabla 21. Dimensiones del dispositivo ensamblado (autoría propia).

Altura máxima	465 mm aprox.
Ancho máximo	565 mm aprox.

Cada sección del dispositivo cuenta con enfoques diferentes y específicos para fortalecer la motricidad fina y afianzar el aprendizaje en el niño diagnosticado con TEA, a continuación, se presentan estas especificaciones:

Tabla 22. Logros y/o aprendizajes de cada sección (Autoría propia).

SECCIÓN	LOGROS
Geoplano	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coordinación ojo-mano u óculo manual ➤ Desarrolla en los niños una mayor comprensión de toda una serie de términos abstractos ➤ Puede construir figuras con ejes de simetría ➤ Potencia la autonomía ➤ Permite descubrir un gran número de figuras ➤ Es un recurso atractivo que causa disfrute al momento de crear ➤ Desarrollo en los procesos matemáticos y motriz ➤ Aprenden a sumar ➤ Aprenden a comparar diferentes formas, tamaños y longitudes
Insertar Figuras Geométricas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estimular la atención ➤ Los niños logran asociar las figuras y las características que la identifican ➤ Sentir la textura en concreto de las figuras ➤ Fomenta el juego simbólico ➤ Descubrir el sitio adecuado para cada pieza ➤ Potencia la motricidad fina y la precisión en los movimientos de los dedos y las manos ➤ Permite al niño introducirse en el concepto de igual y diferente ➤ Atención y permanencia

Tableta didáctica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apoyo visual para aumentar el vocabulario ➤ Se frustran menos ➤ Prestan atención a detalles pequeños ➤ Establecen discriminación entre una imagen y otra ➤ Disminuyen la ansiedad ➤ Mejora su autorregulación ➤ Asegura el aprendizaje ➤ Es una herramienta que favorece su comunicación ➤ Facilita la comprensión del mundo
Tablero	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fomenta el dibujo libre ➤ Permite que los niños practiquen los aprendizajes ➤ Favorece la autonomía ➤ Desarrollo de la creatividad e imaginación ➤ Fortalecimiento del proceso de escritura ➤ Precisión y trazos más estructurados
Juego de secuencias	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollo del área lógico-matemática ➤ Estimula el desarrollo motor y cognitivo ➤ Coordinación óculo-manual ➤ Estimula la atención y concentración ➤ Aprendizaje de los colores ➤ Desarrollo de la noción antes-después ➤ Identificación de patrones y conteo

6.3. MATERIALES

6.3.1. ARDUINO MEGA

El Arduino MEGA 2560 R3 Atmega2560 Rev3 funciona con una tensión de 5V, sin embargo, se recomienda trabajar con una tensión de entrada de 7-12V, cuenta con 16 pines de entrada analógica, 54 pines digitales, de los cuales 15 funcionan como salidas, Es el encargado de trasladar y procesar la programación pertinente a los circuitos integrados en el dispositivo.



Figura 18. Arduino MEGA 2560 (autoría propia).

6.3.2. MATRIZ LED + MAX 7219

Esta matriz LED cuenta con 64 LEDs que se encuentran en un encapsulado sólido de fibra de vidrio para la protección de los diodos. Trabaja con un voltaje de operación de 4.7V - 5.3V y una corriente de 320mA (2A máximo). El MAX 7219 funciona como controlador para la matriz con 64 LEDs, permite almacenar un valor para cada dígito ya que cuenta con una memoria RAM interna de 8x8. El conjunto de estos dos componentes nos permitió realizar la actividad de geoplano en una de las caras del dispositivo.



Figura 19. Matriz led 8x8 cátado común con MAX 7219 (autoría propia).

6.3.3. PULSADORES METÁLICOS Y LEDS DIFUSOS ROJOS DE 3MM

El pulsador es ampliamente utilizado en circuitos de control industrial, arrancadores electromagnéticos, contactores, relés y otros circuitos eléctricos. Su rosca de 12 mm de diámetro permite una fácil instalación obteniendo un rendimiento estable, resistencia de contacto baja y gran aislamiento entre circuitos. Trabaja con un

voltaje máximo de 250VAC/36VDC, una corriente máxima de 3^a y una resistencia de contacto de 50mOhm. La integración de los leds y los pulsadores permitieron a través de una programación, crear figuras geométricas en el geoplano.



Figura 20. Pulsador metálico y led difuso (autoría propia).

6.3.4. ACRÍLICO C-5

El acrílico fue el material escogido para la coraza o el encapsulado del dispositivo, por sus ventajas frente a otros materiales, cómo ofrecer un dispositivo más ligero, su gran resistencia, el aspecto brillante y llamativo para los niños con TEA, posibilidad de variación de colores, una alta resistencia a la corrosión, adicionalmente permite modificar o trabajar sobre la pieza post fabricación, y finalmente la durabilidad de la pieza es mayor frente a otros materiales tenidos en cuenta (madera, metal, aluminio, etc.).



Figura 21. Piezas fabricadas en acrílico C-5 (autoría propia).

6.3.5. TABLETA DIDÁCTICA DE APRENDIZAJE

Tableta didáctica que permite que los niños jueguen mientras aprenden, ayuda a identificar las letras del abecedario con diferentes ejemplos y los números del 1 al 10, ayuda a desarrollar coordinación, destreza y concentración, estimula la capacidad de pensar y ayuda en el proceso asociativo.

Cuenta con melodías y canciones, juegos de operaciones matemáticas, preguntas y ayuda en el proceso de aprendizaje, función de deletreo, dos idiomas y control de volumen.



Figura 22. Tableta didáctica (autoría propia).

6.3.6. LAMINA C-30 GALVANIZADA

Para el esqueleto o la estructura del dispositivo fue necesario contar con este metal que brinda estabilidad, forma y resistencia al dispositivo.



Figura 23. Piezas en lamina C-30 (autoría propia).

6.3.7. CARGADOR ADAPTADOR DE CORRIENTE 12V 1.5AMP.

Este adaptador de corriente permite alimentar el Arduino MEGA desde un tomacorriente de 110v, cuenta con una entrada de voltaje de 100/240V y frecuencias de 50/60 Hz; entregando una salida estable de 12V a 1. 5A.



Figura 24 Adaptador de corriente (autoría propia).

6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la obtención de datos sobre la fase de implementación del dispositivo, se realizó una encuesta por medio de la herramienta Google Forms con el propósito de medir la satisfacción del usuario y su practicidad.

6.4.1. MUESTRA POBLACIONAL

Debido al estado de alarma por el Covid-19, únicamente se realizó la prueba del dispositivo con un número limitado de niños diagnosticado con TEA y dividiendo las sesiones en dos días diferentes, en presencia de una tutora, los padres y una encargada de la fundación correspondiente al niño, cumpliendo con el distanciamiento, la desinfección y todas las normas de bioseguridad decretadas por el Gobierno Nacional Colombiano y el Ministerio de salud.

Para la primera sesión, se contó con la presencia de un niño con una edad de seis (6) años, hizo parte del proceso de validación para realizar todas las secciones del dispositivo y así poder determinar el correcto funcionamiento del dispositivo y el comportamiento del niño con el mismo.



Figura 25. Niño con TEA trabajando en sección tableta didáctica, secuencias e insertar figuras geométricas (autoría propia).

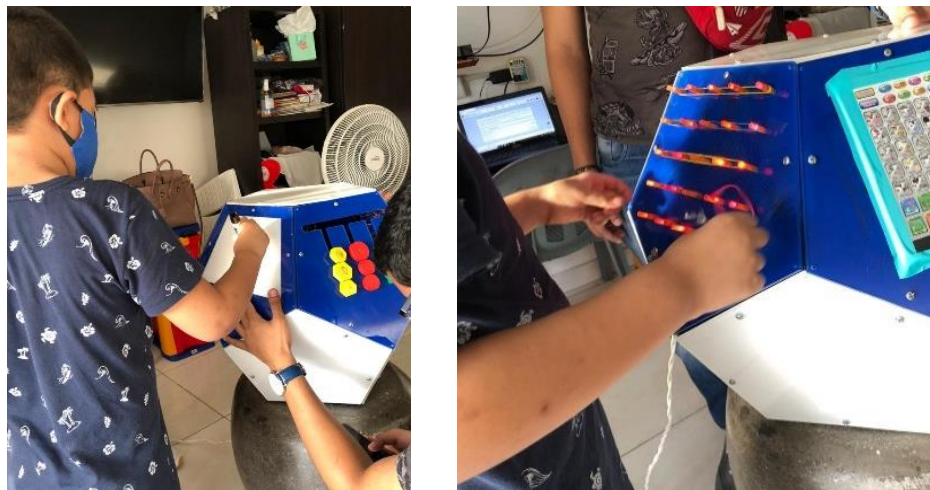


Figura 26. Niño con TEA trabajando en sección geoplano y tablero (autoría propia).

Para la segunda sesión que se programó en un día diferente a la sesión anterior, se tuvo la asistencia de dos hermanos mellizos, diagnosticados con un trastorno de espectro autista, un niño y una niña con una edad de seis (6) años.



Figura 27. Niño y niña con TEA trabajando individualmente en el dispositivo en las secciones de secuencias, insertar figuras geométricas y geoplano (autoría propia).



Figura 28. Niño y niña con TEA trabajando simultáneamente en el dispositivo en las secciones de insertar figuras geométricas y tableta didáctica (autoría propia).

6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se diseñó un dispositivo para las necesidades cognitivas de los niños con TEA, teniendo claro los propósitos, campos de aplicación y beneficios que este brindaría

en la población escogida. Se lograron hacer estudios previos para tener finalmente la elección del diseño y los recursos que se necesitarían para su fabricación.

Posteriormente se construyó así, una herramienta mecatrónica con una estrategia de control que posee métodos y secuencias; La herramienta se presenta como un dodecaedro fabricado con una estructura de acero y sus lados en acrílico. Consta de 5 caras funcionales denominadas: sección geoplano, sección insertar figuras geométricas, sección tablero, sección tableta didáctica y sección secuencia.

Sección Geoplano: se presenta un instrumento manipulativo con un tablero en acrílico con varios pivotes que forman una cuadrícula y que al encenderse forma una figura que sugiere la herramienta como modelo a seguir (matriz led) o puedan construir figuras geométricas libremente.

Sección insertar figuras geométricas: considerado un juego de lógica y espacialidad, esta sección integra la motricidad fina y el reconocimiento de figuras. Los niños tendrán a la mano figuras en plástico que deben ensartar correctamente en el tablero.

Sección tablero: sección que incluye marcador y borrador para que el niño realice trazos o dibujos de forma libre, afianzando los conocimientos adquiridos.

Sección tableta didáctica: esta tableta consta de varias funcionalidades y áreas, números, abecedario, quiz para practicar, canciones y otras actividades cargadas de sonido y motivación.

Sección secuencia: una actividad manipulativa en la que el niño debe copiar un modelo y representar la secuencia que indica.

Finalmente, se validó según su técnica y funcionamiento comprobando un uso eficiente a través de dos sesiones a tres (3) niños diagnosticados con un trastorno de espectro autista, teniendo así una herramienta educativa que fortalece y afianza

la motricidad fina y el desarrollo de otras áreas de aprendizaje como reconocimiento de letras, seguimiento de secuencias, memoria y geometría.

En relación con las metas del proyecto, como resultado final se logró validar el dispositivo puesto a prueba por un paciente con TEA, se diseñó para una población específica, y finalmente su funcionalidad fue eficiente. El dispositivo se diseñó para ser utilizado hasta por cinco (5) niños con TEA en un mismo espacio, promoviendo su participación y trabajo en grupos para socializar.

6.5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO

Durante la fase de pruebas del prototipo inicial se dividió la programación de la sección geoplano cargándose en dos (2) Arduino diferentes, de manera que no interfiera el código de la matriz con el de los leds causando una sobrecarga de datos. Para la sección del tablero se probó con un tablero de MDF 3mm, pero al ser tan liviano y delgado presentaba un grado de riesgo para niño al mismo tiempo que era un poco complicado adherirlo al dispositivo, por lo que se concluyó usar un tablero de acrílico el cual presenta una mayor robustez y facilidad a la hora de adherirlo al dispositivo usando cloruro de metileno como aglutinante.

En las pruebas de secuencia se determinó utilizar solo tres (3) figuras por color, es decir, nueve (9) figuras en total. Esto para que al momento de cambiar las figuras del lugar no obstruyan el paso de las demás y realizar con mayor facilidad y comodidad cada una de las secuencias establecidas.

6.5.2. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL

La herramienta mecatrónica presento ventajas convenientes para la integración de áreas en un solo dispositivo, atractivo para la población escogida que puso a prueba su funcionalidad para la adquisición de aprendizajes.

Este dispositivo de gran ayuda para pacientes con TEA ha permitido repensar en ofrecer las herramientas necesarias para promover la inclusión en los diferentes entornos sociales.

En esta sección se muestran los resultados de las pruebas realizadas en la implementación de la herramienta. Las pruebas se realizaron los días 20 de octubre y 19 de noviembre entre las 2:00 pm y 5:00 pm.

- Se realizó una consulta sobre el nivel académico de los niños.
- Se procede a presentarles la herramienta para que exploren en ella.
- Se guían a los niños durante este proceso de identificación de funciones de cada sección.

Tabla 23. Criterios de observación para las pruebas realizadas individualmente (autoría propia).

Criterios	Gonzalo		Santiago		Camila	
	Si	No	Si	No	Si	No
Usó espontáneamente el dispositivo.	X		X			X
Demostró motivación y entusiasmo al usar el dispositivo.	X		X		X	
Presentó frustración durante el uso del dispositivo.		X		X		X

Entendió las funciones de cada sección del dispositivo.	X		X		X	
Completó con éxito todas las actividades propuestas.	X		X			X

Tabla 24. Criterios de observación para las pruebas realizadas simultáneamente (autoría propia).

Registro de observación		
Criterios	Si	No
Desarrollaron las secciones sin distracciones entre ellos	X	
Desarrollaron las secciones de manera correcta	X	
Presentaron incomodidades o molestias por la presencia entre ellos		X
Intercambiaron entre secciones sin ningún problema	X	
Se interrumpieron entre ellos durante la realización de alguna actividad propuesta.		X

Se comprueba así que los sonidos, los colores y la funcionalidad de la herramienta atraen al niño y lo motivan en su proceso académico, permitiendo el apoyo para el desarrollo de habilidades cognitivas con el acompañamiento de un orientador. De acuerdo con la encuesta realizada a los 5 usuarios directamente asociados a los niños con TEA que utilizaron el dispositivo, se obtuvieron los siguientes resultados:

¿Cree usted que es necesaria esta herramienta para el apoyo del proceso educativo de estudiantes con TEA?
5 respuestas

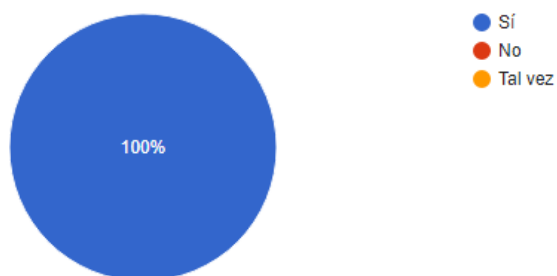


Figura 29. Primera pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 100% de los encuestados creen que si es necesaria esta herramienta para el apoyo del proceso educativo de estudiantes con TEA.

¿Considera usted que la herramienta fortalece la motricidad fina?

5 respuestas

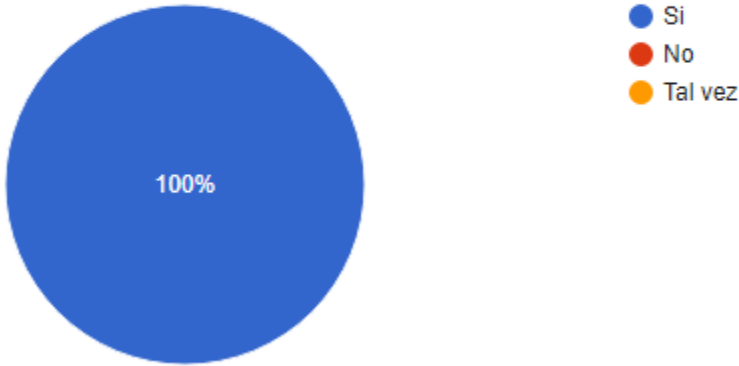


Figura 30. Segunda pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 100% de los encuestados consideran que la herramienta fortalece la motricidad fina en los niños con TEA.

¿Considera que el dispositivo facilita el aprendizaje en niños con TEA?

5 respuestas

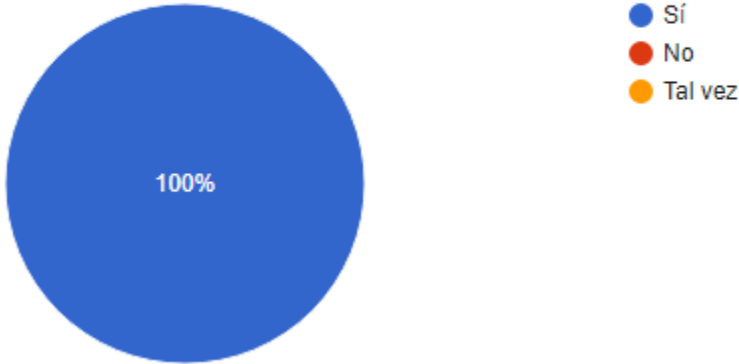


Figura 31. Tercera pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 100% de los encuestados consideran que el dispositivo facilita el aprendizaje en niños con TEA.

¿Considera usted que es una herramienta integral?

5 respuestas

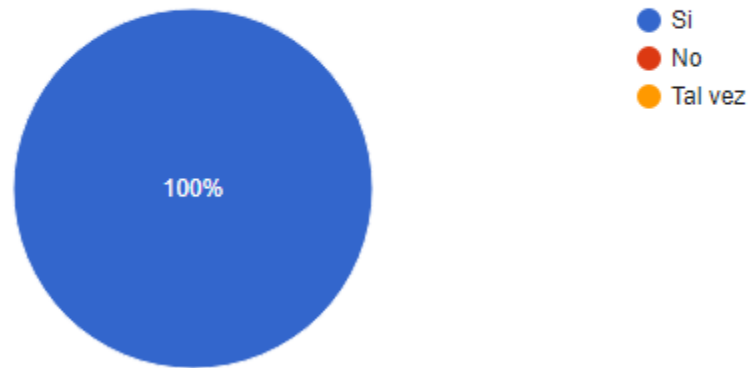


Figura 32. Cuarta pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 100% de los encuestados consideran que es una herramienta integral.

¿Considera usted que el diseño puede llegar a ser atractivo para los niños con TEA?

5 respuestas

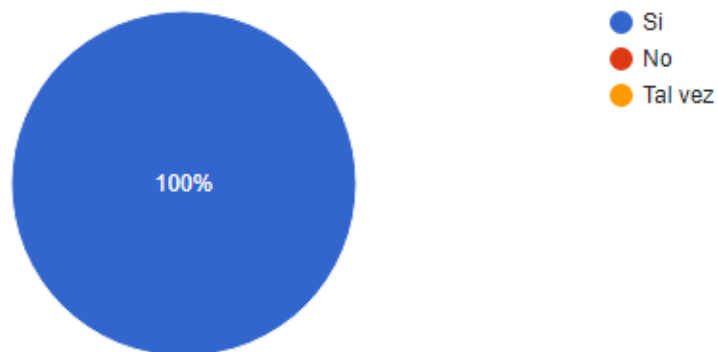


Figura 33. Quinta pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 100% de los encuestados consideran que el diseño puede llegar a ser atractivo para los niños con TEA.

¿Considera usted que el dispositivo es seguro para los niños con TEA?

5 respuestas

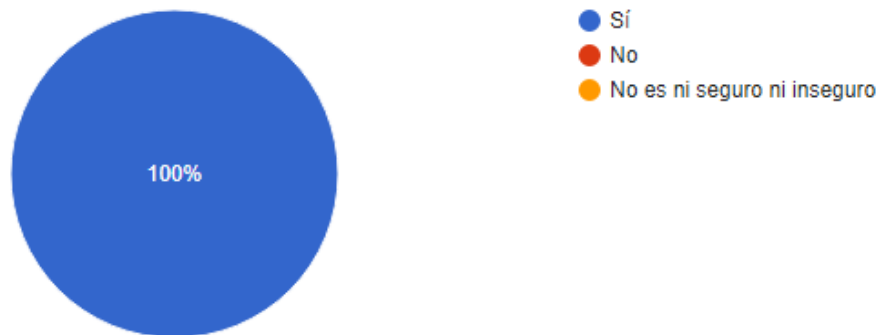


Figura 34. Sexta pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 100% de los encuestados consideran que el dispositivo es seguro para los niños con TEA.

¿Considera que el dispositivo es fácil de usar para los niños con TEA?

5 respuestas

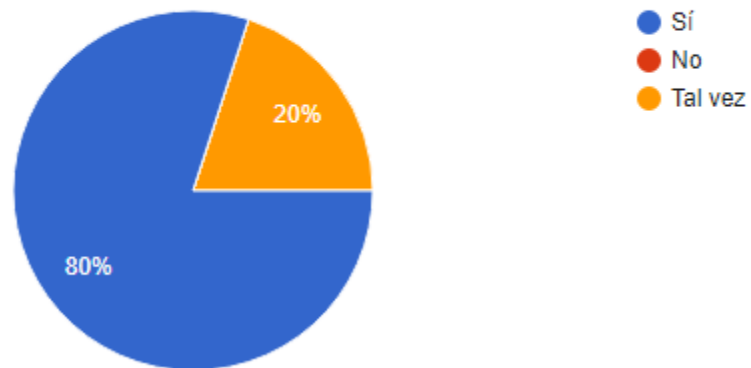


Figura 35. Séptima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 80% de los encuestados consideran que el dispositivo es fácil de usar para los niños con TEA, mientras que el 20% consideran que podría llegar a ser o no un dispositivo fácil de usar para los niños con TEA.

¿Considera que el dispositivo en general puede contar con mejoras?

5 respuestas

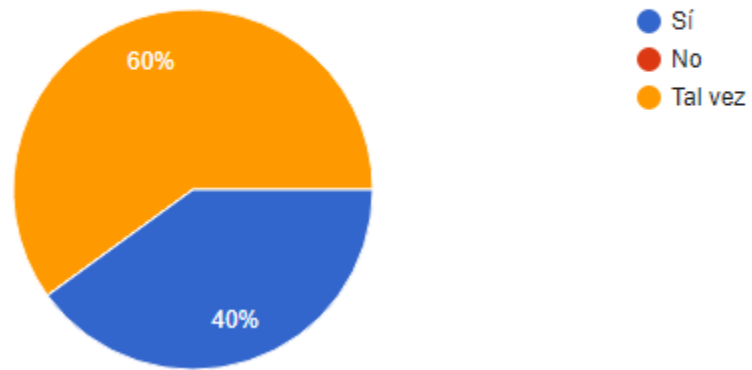


Figura 36. Octava pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 40% de los encuestados consideran que el dispositivo en general puede contar con mejoras, y el 60% restante considera que podría o no contar con mejoras.

Califique la herramienta según su funcionalidad para niños con TEA

5 respuestas

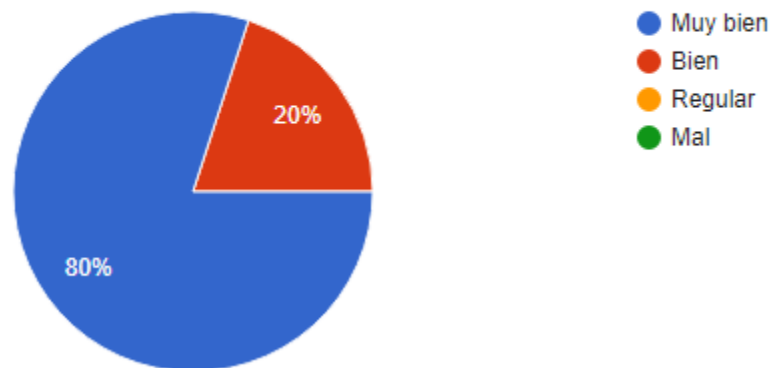


Figura 37. Novena pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 80% de los encuestados califican la herramienta según su funcionalidad para niños con TEA como “Muy bien” mientras que el 20% califican con “Bien”.

¿Recomendaría o invitaría a otras fundaciones/instituciones enfocadas en los niños con TEA a utilizar el dispositivo?

5 respuestas

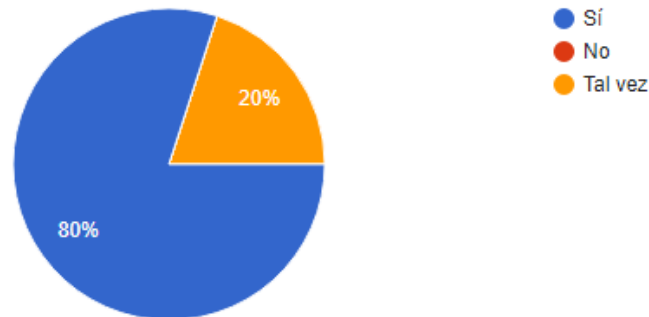


Figura 38. Décima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 80% de los encuestados recomendarían o invitarían a otras fundaciones y/o instituciones enfocadas en los niños con TEA a utilizar el dispositivo mientras que el 20% restante se plantearían la idea.

¿Cuál es la sección que usted considera que llama más la atención de los niños con TEA?

5 respuestas

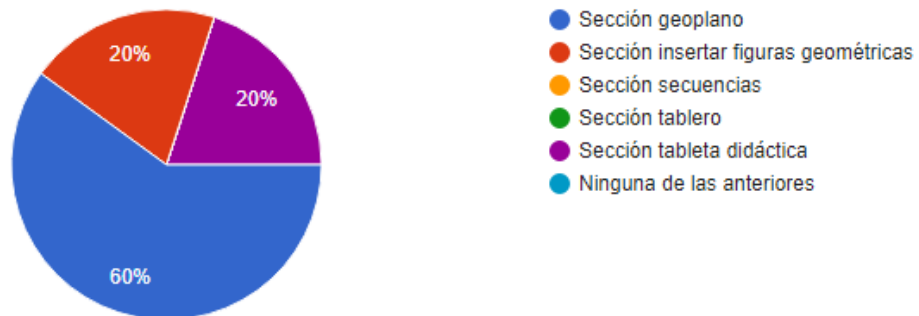


Figura 39. Undécima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 60% de los encuestados consideran que la sección que más llama la atención de los niños con TEA es la sección geoplano, mientras que el 20% considera que la sección que más llama la atención de los niños con TEA es la sección tableta didáctica y el 20% restante considera que es la sección insertar figuras geométricas.

¿Cuál es la sección que usted considera que facilita más al aprendizaje de los niños con TEA?

5 respuestas

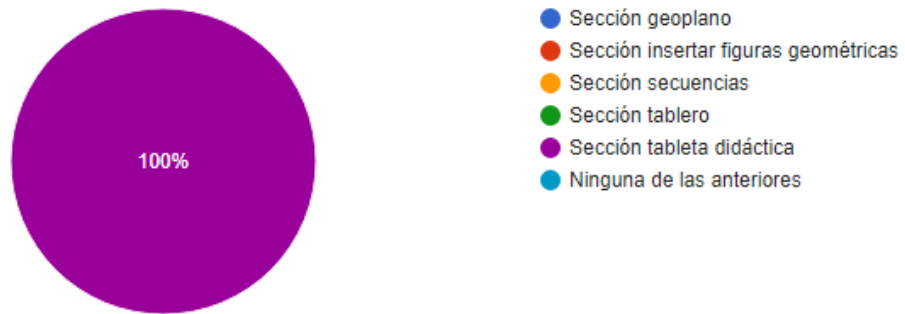


Figura 40. Duodécima pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 100% de los encuestados consideran que la sección tableta didáctica es la que más facilita el aprendizaje de los niños con TEA.

¿Cuál es la sección que usted considera que necesite una mejora?

5 respuestas

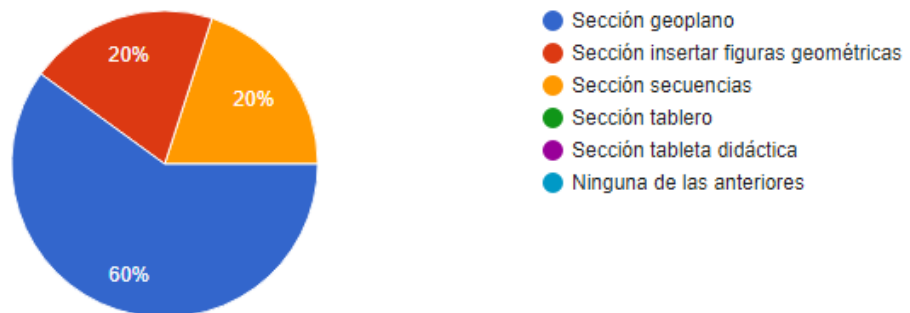


Figura 41. Décimo tercera pregunta de la encuesta de satisfacción (autoría propia).

El 20% de los encuestados consideran que la sección “Insertar figuras geométricas”, necesita una mejora, otro 20% considera que la sección “Secuencias” debería mejorarse y finalmente el 60% restante consideran que es la sección “Geoplano”.

6.6. MANUAL DE USUARIO

Dentro del manual de usuario del dispositivo mecatrónico, se muestra las instrucciones a seguir para la utilización de este y la correcta utilización de las secciones y actividades disponibles, junto con recomendaciones de uso. Además, contiene una explicación descriptiva de cada sección y actividad que puede trabajar el usuario para facilitar su experiencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de las evaluaciones realizadas en este proyecto, el entusiasmo por el crecimiento de la inclusión continuará siendo validado mediante el uso de recursos orientados a la población de niños diagnosticados con TEA, que pueden promover procesos de enseñanza y aprendizaje y fomentar el desarrollo de habilidades.

El resultado final para este proyecto es un dispositivo mecatrónico que presenta numerosos métodos e intervenciones para promover el aprendizaje y proceso psicomotor de los niños con TEA. El dispositivo ha sido probado para demostrar que ayuda en el proceso de motricidad fina y, al mismo tiempo, fortalece otras habilidades de aprendizaje que dependen de su amplitud y flexibilidad. No solo permite el crecimiento cognitivo, sino que también alienta a varios usuarios a participar en una sola habitación y, por lo tanto, promueve su socialización.

A pesar de que la herramienta está diseñada para niños con autismo se establece la posibilidad de su uso para niños regulares en pro de afianzar conocimientos o estimularlos desde temprana edad o incluso relaciones ambos grupos sociales.

La herramienta a futuro puede presentar mejoras en las diferentes secciones de la estructura del dodecaedro, específicamente en la sección de Geoplano mejorando las figuras geométricas y añadiendo otras tanto en la matriz led como en la formación de los pivotes, así como también haciendo una comunicación directa de la matriz con la formación de pivotes de manera que evite una confusión al niño con TEA. La sección de la tableta didáctica se puede optimizar utilizando robótica o inteligencia artificial para mejorar sus funciones, brindar una interfaz más sencilla y llamativa para el niño con TEA, también se recomienda usar elementos para brindar protección al altavoz de la tableta didáctica, evitando que los niños puedan dañarlo o incluso lastimarse intentando sacar el altavoz de su lugar.

La sección de secuencia se puede mejorar utilizando materiales óptimos para las figuras, también agregar un panel donde ubicar las fichas modelos en un lugar visible de la herramienta en esa sección o automatizar el proceso, teniendo como resultado una pantalla donde se observen dichos modelos de forma digital; en la sección de insertar figuras geométricas a futuro se recomienda anexar una bandeja que recolecte las figuras que son introducidas y finalmente recibidas en la parte inferior, para que de este modo evitar que las figuras se sobresalgan del dispositivo y caigan al suelo, posteriormente se recomienda colocar un sensor en el borde de las figuras para que estas automáticamente al ser insertadas, se produzca un sonido que mencione la figura correspondiente. En la sección del tablero sería ideal agregar un soporte para colocar el marcador y borrador o modificar la cara inferior a esta para funcione como un compartimiento adicional y poder almacenar dichos elementos.

Finalmente se debe tener en cuenta que este trastorno del espectro autista afecta de forma diferente a cada niño, por lo que se sugiere que al utilizar la herramienta se debe tener un acompañante o guía en el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OMG, «Organización Mundial de la Salud,» 07 Noviembre 2019. [En línea]. Available:
] <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>. [Último acceso: 12 Diciembre 2019].
- [2] M. Balbi, «infobae,» 16 Junio 2017. [En línea]. Available:
] <https://www.infobae.com/tendencias/innovacion/2017/06/16/la-herramienta-que-cambia-las-vidas-de-ninos-autistas-y-con-trastornos-de-aprendizaje/>. [Último acceso: 21 Agosto 2019].
- [3] O. Hernandez Cala , D. Licourt Otero y N. Cabrera Rodriguez, «Autism: an approach toward its
] diagnosis and genetics.,» *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 19(1), 157-178., vol. XIX, nº 1, pp. 157-178, 2015.
- [4] J. Cabanyes-Truffino y D. García-Villamisar., «Identificación y diagnóstico precoz de los
] trastornos del espectro autista.,» *Rev Neurol*, vol. XXIX, nº 1, pp. 81-90, 2004.
- [5] A. B. P. Pulla, «Universidad del Azuay,» 14 06 2016. [En línea]. Available:
] <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6517/1/12652.pdf>. [Último acceso: 13 10 2019].
- [6] L. Ketcheson, J. Hauck y D. & Ulrich, «The effects of an early motor skill intervention on motor
] skills, levels of physical activity, and socialization in young children with autism spectrum disorder: A pilot study,» *Autism*, vol. XXI, nº 4, pp. 481-492, 2017.
- [7] M. D. Kogan, S. J. Blumberg, L. A. Schieve, C. A. Boyle, J. M. Perrin, R. M. Ghandour y P. C. ... &
] van Dyck, «Prevalence of parent-reported diagnosis of autism spectrum disorder among children in the US,» *Pediatrics*, vol. CXXIV, nº 5, pp. 1395-1403, 2009.
- [8] L. Albores-Gallo, L. Hernandez-Guzman, J. Antonio Diaz-Pichardo y B. & Cortes-Hernandez,
] «Difficulties in assessing and measuring autism. A discussion.,» *Salud Mental*, vol. 31, nº 1, pp. 37-44, 2008.
- [9] W. Guthrie, L. B. Swineford, C. Nottke y A. M. & Wetherby, «Clinical diagnosis of autism,»
] *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. LIV, nº 5, pp. 582-590, 2013.
- [1] M. Martínez Martín y M. C. & Bilbao León, «Acercamiento a la realidad de las familias de
0] personas con autismo.,» *Psychosocial Intervention*, vol. XVII, nº 2, pp. 215-230, 2008.
- [1] I. P. Josep Artigas-Pallares, «Autism 70 years after Leo Kanner and Hans Asperger,» *Revista de
1] la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, vol. I, nº 1, pp. 567-587, 2012.

- [1 N. Moreno-Flagge, «Trastornos del lenguaje. Diagnóstico y tratamiento.,» *Neurol*, vol. LVII, nº 2] 1, pp. 85-94, 2013.
- [1 J. Artigas, «El lenguaje en los trastornos autista,» *Neurol*, vol. II, nº 28, pp. 118-123, 1999. 3]
- [1 E. Espinosa, P. Mera y D. & Toledo, «Trastorno del espectro autista: Caracterización clínica en 4] pacientes de dos centros de referencia en Bogotá, Colombia.,» *Med*, vol. XXVI, nº 1, pp. 34-44, 2018.
- [1 F. Mancilla, «Doble Equipo Valencia,» 14 Julio 2013. [En línea]. Available:
5] <https://www.dobleequipovalencia.com/proyecto-emociones-una-aplicacion-que-ayuda-al-desarrollo-de-la-empatia-en-los-ninos-con-autismo/>. [Último acceso: 21 09 2019].
- [1 Dra. Magda Martínez, Msc Idarmen C. García y &. L. A. I. Zuasnabar, «Monografías,» 31 Marzo 6] 2006. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos99/proyecto-educativo-desarrollar-potencialidades-del-nino-autista/proyecto-educativo-desarrollar-potencialidades-del-nino-autista2.shtml>. [Último acceso: 04 Septiembre 2019].
- [1 Ana Lugeno, Analia Infante, Betzabe Zurita, Carlos E. Orellana Ayala, Daniel Comín, Elaimé 7] Maciques, Ignacio Pantoja, Jon Brock, José Ramón Alonso, Manuel Casanova, Marcela Romerdo Delgado, Mauro Dangelo Martínez y M. A. H. &. ..., «Autismo Diario,» 27 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://autismodiario.org/2013/04/27/proyecto-de-investigacion-tea-y->. [Último acceso: 04 Septiembre 2019].
- [1 F. Orange, «Fundacion Orange,» 25 Enero 2013. [En línea]. Available:
8] http://www.proyectosigueme.com/?page_id=20. [Último acceso: 04 Septiembre 2019].
- [1 Fundación Orange, «APPY autisw,» Orange TM, 16 Marzo 2014. [En línea]. Available:
9] <http://www.appyautism.com>. [Último acceso: 05 Septiembre 2019].
- [2 M. Gandulfo y &. S. Young, «Juguete Terapéutico para desarrollar la motricidad fina en niños 0] con TEA(Trastorno del Espectro Autista) de 1 a 6 años,» Taller de Diseño Industrial V/ FADU UBA, Buenos Aires, 2011.
- [2 I+D+i,; Grupo de Autismo y Dificultades de Aprendizaje de la Universidad de Valencia, «Indra 1] Company,» Indra Software Labs S.L., 31 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.indracompany.com/es/indra/savia-aprendizaje-virtual-interactivo-personas-autismo-dificultades-aprendizaje>. [Último acceso: 05 Septiembre 2019].
- [2 S. Jara, K. Araya, R. Roa y &. D. Saavedra, «EDUCREA,» 29 Agosto 2017. [En línea]. Available:
2] <https://educrea.cl/universitarios-desarrollan-software-potenciar-lenguaje-ninos-trastorno-del-espectro-autista/>. [Último acceso: 04 Septiembre 2019].
- [2 E. Z. Navarro, «DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MULTIMEDIA PARA ALUMNOS CON TEA DE 3] EDUCACION INFANTIL,» Universidad Internacional de la Rioja, Barcelona, 2014.

- [2 J. Lozano, J. Ballesta y S. & Alcaraz, «Software para enseñar emociones al alumnado con 4] trastorno del espectro autista,» *Comunicar*, vol. XVIII, nº 36, pp. 139-148, 2011.
- [2 M.G. Millá y F. Mulas., «Atención temprana y programas de intervención específica en el 5] trastorno del espectro autista,» *Neurol*, vol. II, nº 48, pp. 47-52, 2009.
- [2 E. M. Alvarez-López. y C. P. Saft., «Autismo: Mitos y realidades científicas,» *Med UV*, vol. I, nº 6] 1, pp. 35-40, 2014.
- [2 L. G. González, «Reconocimiento de rostros utilizando redes neuronales,» 15 Mayo 2000. [En 7] línea]. Available:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/gutierrez_g_l/portada.html. [Último acceso: 04 Septiembre 2019].
- [2 D. Comin, «Autismo diario,» 9 Junio 2012. [En línea]. Available:
 8] <https://autismodiario.com/2012/06/09/la-epigenetica-y-las-causas-del-autismo/>. [Último acceso: 04 Octubre 2019].
- [2 D. Comín, «Autismo Diario,» 23 Mayo 2015. [En línea]. Available:
 9] <https://autismodiario.org/2015/09/19/problemateaa-de-ninos-y-adolescentes-con-autismo-de-alto-funcionamiento-en-los-entornos-escolares/>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].
- [3 Sant Joan de Déu, «Faros,» 02 Febrero 2019. [En línea]. Available:
 0] <https://faros.hsjdbcn.org/es/articulo/autismo-cuales-sintomas-segun-edad>. [Último acceso: 04 Octubre 2019].
- [3 S. G. Jiménez, «Biblioteca Unirioja,» 15 Noviembre 2014. [En línea]. Available:
 1] https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE001127.pdf. [Último acceso: 04 Octubre 2019].
- [3 A. I. Garriga, «Autismo la Garriga,» 2016. [En línea]. Available:
 2] <https://www.autismo.com.es/autismo/teorias-explicativas-del-autismo.html>. [Último acceso: 24 Octubre 2019].
- [3 [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/psicomotricidade0a6/juegos>. [Último 3] acceso: 04 Agosto 2020].
- [3 [En línea]. Available: <https://4.bp.blogspot.com/-DJ5h4z1TB9k/WLloD3qgySI/AAAAAAAAAIY/xOWGQwtDsMMFf2RMzVucMa6xdCVzNqxdwGCLcB/s1600/rasgados.jpg>. [Último acceso: 04 Agosto 2020].
- [3 [En línea]. Available:
 5] <https://i.pinimg.com/originals/b0/0f/8b/b00f8b934fe77cdac03a2fc4ceccd1eb.jpg>. [Último acceso: 04 Agosto 2020].
- [3 [En línea]. Available: <https://i.ytimg.com/vi/EfMDG-Fm9tM/hqdefault.jpg>. [Último acceso: 04 6] Agosto 2020].

- [3 [En línea]. Available: https://i0.wp.com/lh4.googleusercontent.com/-3VG8uDhxwuE/TYEB75Vr6ql/AAAAAAAAAVg/WTcPQxkkfQU/s1600/IMG_1194.JPG?ssl=1. [Último acceso: 04 Agosto 2020].
- [3 [En línea]. Available: <https://2.bp.blogspot.com/-LwrRvhvaNjw/UHDdiGOuh6I/AAAAAAAAAB4/6z2udyMN3Yw/s1600/recortar1.jpg>. [Último acceso: 04 Agosto 2020].
- [3 Susana García Guillén, D. G. Rojas y y. S. J. Fernández, «Use of ICT in Autism Spectrum Disorder: APPS,» *Educación Mediática y TIC*, vol. X, nº 59, pp. 134-157, 18 Septiembre 2016.
- [4 Gold C, W. T y &. E. C, «Musicoterapia para el trastorno de espectro autista,» La Biblioteca Cochrane Plus, Oxford, 2007.
- [4 O. Haro, «Actividades infantil,» 24 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://actividadesinfantil.com/archives/9550>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].
- [4 E. Martinez, M. Martinez y L. & Morante, «Tecno-autismo,» 12 Octubre 2011. [En línea]. Available: <https://autismoytecnologia.webnode.es/investigando-/marco-teorico-autismo-y-nuevas-tecnologias/>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].
- [4 U. Tomas, «elpsicoasesor,» 2011. [En línea]. Available: <http://elpsicoasesor.com/canales-del-aprendizaje/>. [Último acceso: 08 Octubre 2019].
- [4 E. B. C. J. L. S. &. d. L. E. U. Herreras, «DISFUNCIÓN EJECUTIVA: SINTOMATOLOGÍA QUE ACOMPAÑA A LA LESIÓN Y/O DISFUNCIÓN DEL LÓBULO FRONTAL,» *Avances en Salud Mental Relacional / Advances in relational mental health*, vol. V, nº 2, Julio 2006.
- [4 E. García, «Neuropsicología y educación,» *Revista de psicología y educación*, vol. I, nº 3, pp. 69-90, 2008.
- [4 «Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,» 4 diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-5030.html>. [Último acceso: 4 Octubre 2019].
- [4 G. P. N. M. F. &. Q. N. Guzmán, «Nuevas tecnologías: Puentes de comunicación en el trastorno del espectro autista (TEA),» *Terapia psicológica*, vol. III, nº 35, pp. 247-258, 2017.
- [4 D. F. A. Marín, «NUEVAS TECNOLOGÍAS, VIEJAS ESPERANZAS.,» Murcia, 2000. 8]
- [4 J. C. Almenare, «Nuevos retos en tecnología educativa,» Sinieses, 2017. 9]
- [4 I. Orjales Villar, «TodoPapas,» 25 Julio 2012. [En línea]. Available: <https://www.todopapas.com/ninos/educacion/tecnicas-de-aprendizaje-para-ninos-8435>. [Último acceso: 25 Agosto 2019].

- [5 E. d. Expertos, «Universidad Internacional de Valencia,» 1 1 2018. [En línea]. Available:
1] <https://www.universidadviu.com/principales-estrategias-educativas-para-ninos-con-autismo/>.
[Último acceso: 04 Octubre 2019].
- [5 «Healthy Children,» 2018. [En línea]. Available:
2] <https://www.healthychildren.org/Spanish/health-issues/conditions/developmental-disabilities/Paginas/speech-language-therapy.aspx>. [Último acceso: 04 Octubre 2019].
- [5 C. Johnson, «cdc,» 14 05 2019. [En línea]. Available:
3] <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/autism/signs.html>. [Último acceso: 15 10 2019].
- [5 O. P. Joao, A. D. M. d. Escobar, J. E. Salmeron y H. Oliva, «Pedagogia, didactica y autismo,»
4] UFG- Editores, El salvador, 2013.
- [5 S. A. Torres, «TRICs TEA: HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA LA INCLUSIÓN DE PERSONAS
5] CON AUTISMO,» 2019.
- [5 S. G. R. D. G. & F. S. J. Guillén, «Uso de las TIC en el Trastorno de Espectro Autista:
6] aplicaciones,» *EDMETIC*, vol. II, nº 5, pp. 134-157, 2016.
- [5 F. Tortosa Nicolás, «Avanzando en el uso de la TIC con personas con trastorno del espectro
7] autista: usos y aplicaciones educativas,» 2012.
- [5 «Guiainfantil,» 18 Enero 2019. [En línea]. Available:
8] <https://www.guiainfantil.com/blog/educacion/conducta/como-influyen-los-colores-en-la-conducta-y-emociones-de-los-ninos/>. [Último acceso: 13 Septiembre 2020].
- [5 Admin, «Shift Disruptive Elearning,» 15 Marzo 2020. [En línea]. Available:
9] <https://www.shiftelearning.com/blogshift/como-influyen-los-colores-en-el-aprendizaje>.
[Último acceso: 13 Septiembre 2020].
- [6 J. Yepes y H. Racedo, «Youtube,» 07 Noviembre 2020. [En línea]. Available:
0] <https://www.youtube.com/watch?v=VRuuT5YPr4U&feature=youtu.be>. [Último acceso: 07
Noviembre 2020].
- [6 Presidente de la republica, «Diario Oficial de Colombia,» 29 Agosto 2017. [En línea]. Available:
1] <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30033428>. [Último
acceso: 18 Octubre 2019].
- [6 Ministerio de Salud, «Diario Oficial,» 29 Marzo 20019. [En línea]. Available:
2] http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_75992041b795f034e0430a010151f034. [Último acceso: 18 Octubre 2019].
- [6 Ministerio de protección social, «Salud Capital,» 26 Diciembre 2005. [En línea]. Available:
3] [http://www.saludcapital.gov.co/SectorBelleza/Galeria%20de%20Descargas/Normatividad/De-
cretos/Decreto%204725%20de%202005%20-](http://www.saludcapital.gov.co/SectorBelleza/Galeria%20de%20Descargas/Normatividad/Decretos/Decreto%204725%20de%202005%20-)

%20Dispositivos%20M%C3%A9dicos%20(Aparatolog%C3%ADa%20est%C3%A9tica).pdf.
[Último acceso: 23 Octubre 20019].

- [6 Congreso de Colombia, «Discapacidad Colombia,» 27 Febrero 2013. [En línea]. Available:
4] <https://discapacidadcolombia.com/phocadownloadpap/LEGISLACION/LEY%20ESTATUTARIA%201618%20DE%202013.pdf>. [Último acceso: 24 Octubre 2019].
- [6 Congreso de Colombia, «El ABEDUL,» 13 Julio 2009. [En línea]. Available:
5] www.mincit.gov.co/ministerio/ministerio-en-breve/docs/ley-1346-de-2009.aspx. [Último acceso: 24 Octubre 2019].
- [6 Ministerio de salud de Colombia, «Minsalud,» 21 Enero 2013. [En línea]. Available:
6] <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/ley-1616-del-21-de-enero-2013.pdf> . [Último acceso: 24 Octubre 2019].
- [6 Congreso de Colombia, «Salud capital,» 19 Agosto 2015. [En línea]. Available:
7] [http://www.saludcapital.gov.co/Documents/Proyectos_de_Ley_en_curso/P.L.%20083-%202015%20%20Autismo%20\(1\).pdf](http://www.saludcapital.gov.co/Documents/Proyectos_de_Ley_en_curso/P.L.%20083-%202015%20%20Autismo%20(1).pdf). [Último acceso: 04 Noviembre 2019].

ANEXOS

A continuación, se anexó la evidencia filmica de las pruebas realizadas con un niño diagnosticado con un espectro de trastorno autista (referencia en la muestra poblacional), se puede encontrar en la plataforma de Youtube bajo el título de “PROYECTO DE GRADO DEL PROGRAMA ING. MECATRÓNICA.” o a través del siguiente enlace:

[“https://www.youtube.com/watch?v=IEw-Q4CpuJI&feature=youtu.be”](https://www.youtube.com/watch?v=IEw-Q4CpuJI&feature=youtu.be)



Figura 42. Video evidencia del dispositivo en la plataforma de Youtube [60].

DIAGNÓSTICOS TEA

En esta sección se anexan algunos de los diagnósticos de los niños que realizaron las pruebas de validación del dispositivo.

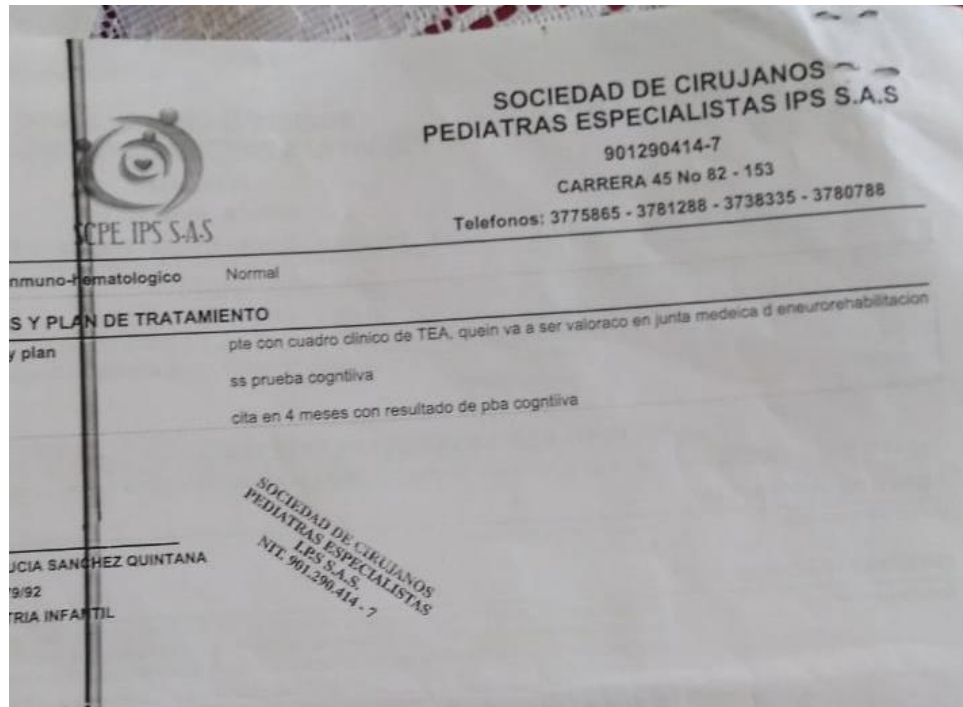


Figura 44. Historia clínica 2 de Camila quién realizó la prueba del dispositivo (Autoría propia).

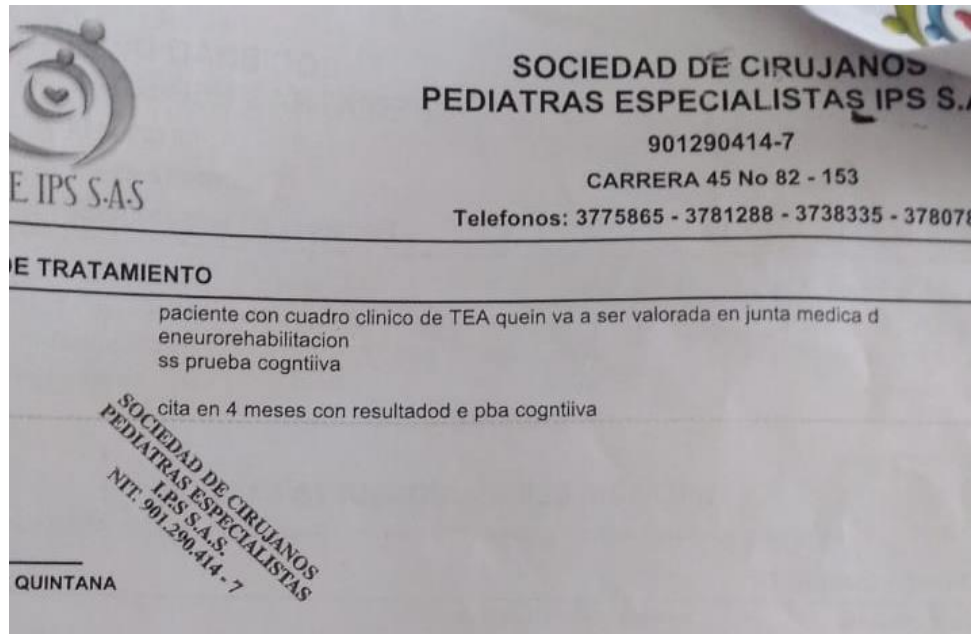


Figura 46. Historia clínica 2 de Santiago quién realizó la prueba del dispositivo (Autoría propia).