

UNIVERSIDAD METROPOLITANA DEL ECUADOR



CARRERA DE OPTOMETRÍA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
OPTÓMETRA.**

**TEMA: EVALUACIÓN DEL USO DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA
EJERCICIOS DE COORDINACIÓN OJO – MANO EN LA FUNDACIÓN HONRAR
LA VIDA, QUITO 2019-2020.**

**AUTORES: TATIANA PAOLA BENALCAZAR VAYAS.
LAURA PATRICIA MORA VERA.**

ASESOR: Dra. Solaimi Ulloa Oliva.

Quito – 2020

CERTIFICADO DEL ASESOR

Dra. Solaimi Ulloa Oliva, en calidad de Asesor/a del trabajo de Investigación designado por disposición del canciller de la UMET, certifico que **TATIANA PAOLA BENALCAZAR VAYAS**, con cédula de identidad N° 172036012-0, **LAURA PATRICIA MORA VERA**, con cédula de identidad N° 171461610-7, han culminado el trabajo de investigación, con el tema: **“EVALUACIÓN DEL USO DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EJERCICIOS DE COORDINACIÓN OJO – MANO EN LA FUNDACIÓN HONRAR LA VIDA, QUITO 2019-2020”**.

Quienes han cumplido con todos los requisitos legales exigidos por lo que se aprueba la misma.

Es todo lo que puedo decir en honor a la verdad facultando al interesado hacer uso del presente, así como también se autoriza la presentación para la evaluación por parte del jurado respectivo.

Atentamente:



Dra. Solaimi Ulloa Oliva

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, **TATIANA PAOLA BENALCÁZAR VAYAS** y **LAURA PATRICIA MORA VERA**, estudiantes de la Universidad Metropolitana del Ecuador “UMET”, carrera de Optometría, declaramos en forma libre y voluntaria que el presente (Trabajo de investigación) que versa sobre: **EVALUACIÓN DEL USO DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EJERCICIOS DE COORDINACIÓN OJO – MANO EN LA FUNDACIÓN HONRAR LA VIDA, QUITO 2019-2020** y las expresiones vertidas en la misma, son autoría de las comparecientes, las cuales se han realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumimos la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al referirnos a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,

Tatiana Paola Benalcázar Vayas.
C.I. 1720360120.
AUTOR.

Laura Patricia Mora Vera.
C.I. 1714616107.
AUTOR.

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, **TATIANA PAOLA BENALCÁZAR VAYAS** y **LAURA PATRICIA MORA VERA**, en calidad de autoras y titulares de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación, **EVALUACIÓN DEL USO DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA EJERCICIOS DE COORDINACIÓN OJO – MANO EN LA FUNDACIÓN HONRAR LA VIDA, QUITO 2019-2020**, modalidad (Proyecto de investigación), de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, cedemos a favor de la Universidad Metropolitana del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autores sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Metropolitana del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Las autoras declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Tatiana Paola Benalcázar Vayas.
C.I. 1720360120.
AUTOR.

Laura Patricia Mora Vera.
C.I. 1714616107.
AUTOR.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis familiares quienes fueron el pilar fundamental para hacer realidad esta investigación. Dedico este trabajo a mis padres MSc. Luis Benalcázar e Ing. Ayda Vayas, a mi hermana Ing. Verónica Benalcázar, a mis abuelitos Rosa Gómez y Arturo Benalcázar, quienes siempre estuvieron siguiendo mis pasos y ayudándome en cada etapa de mi vida. También dedico este trabajo a mi esposo, Mitchell Wilcock, por su apoyo, confianza y comprensión durante todos estos de trabajo.

Tatiana Paola Benalcázar Vayas.

AGRADECIMIENTO

Tatiana Paola Benalcázar Vayas:

Agradezco primeramente a Dios por iluminar mi camino para que pudiera culminar este trabajo. También doy las gracias a mi familia, por contribuir con sus ideas para desarrollar el primer prototipo de coordinación ojo-mano de nuestro País, a mis padres: MSc. Luis Benalcázar e Ing. Ayda Vayas, por todo su apoyo moral y económico y ayuda brindada durante mis años de estudio y en la realización de la tesis; así como también por compartir sus conocimientos e ideas para mejorar al dispositivo electrónico. También agradezco a mi hermana Ing. Verónica Benalcázar, por su apoyo brindado, con sus conocimientos y experiencias para desarrollar esta investigación y ver posible la construcción de este prototipo para mejorar la coordinación de los niños. Agradezco a mi abuelita Rosa Gómez por su apoyo incondicional y a mi abuelito Arturo Benalcázar, que desde el cielo sigue mis pasos, quienes siempre me apoyaron e incentivaron a seguir adelante a cumplir mis sueños y metas. Adicionalmente, quiero agradecer a Mitchell Wilcock por todo su apoyo, ayuda, colaboración y comprensión durante la realización de este trabajo y mis estudios, que me incentivó a culminar este trabajo. También quisiera dar las gracias a la fundación Ecuador Volunteer, por ayudarme a acceder a la Fundación Honrar la Vida de La Roldós; a la directora de esta fundación por permitirnos realizar la terapia a los niños de esta institución.

Además, doy las gracias a mis profesores, quienes confiaron en nosotras y nos dieron su apoyo.

Laura Patricia Mora Vera:

Mi profundo agradecimiento a Dios y a mis familiares que confiaron, en especial a mi tía Chelita, Lcda. Laura Mora Vega, que estuvo siempre conmigo en los momentos difíciles; a mi madre, a Wilson Almeida y Odila Merlo, quienes me brindaron su cariño, a mi padre que se encuentra en la gracia de Dios de donde está cuidándome, a mi padrastro Eduardo Valencia, a mi querida hermana Tarin Vera, a mis hijos: Frederick Bedón, Nicolás Bravo y Tarin Bravo, quienes siempre me apoyaron y a mi compañera Tatiana Benalcázar, quién depositó su confianza para incorporarme en su proyecto.

INDICE

CERTIFICADO DEL ASESOR	I
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
INDICE	VI
INDICE DE TABLAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes y justificación.	2
Situación Problemática.	17
Formulación del problema científico.	17
Delimitación del problema.	18
Justificación del problema.	18
Formulación de una hipótesis.	19
Objetivos de la Investigación.....	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos	20
CAPÍTULO I.	21
MARCO TEÓRICO.....	21
CAPÍTULO II.	63
MARCO METODOLOGICO.	63
Contexto y clasificación de la investigación.....	63
Universo y muestra.	63
Metódica.	64
Para la recolección de la información.	70
Para el procesamiento de la información.	71
Técnica de discusión y síntesis de los resultados.	71
Bioética.	71
Cronograma de actividades.	72
CAPÍTULO III.	73

RESULTADOS.....	73
CONCLUSIONES.	83
RECOMENDACIONES.	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	85
ANEXOS.....	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Incidencia en niños con dificultad en coordinación ojo-mano.....	73
Tabla 2. Estado de la coordinación ojo-mano en la muestra de estudio antes de aplicar la terapia.....	74
Tabla 3. Distribución de la muestra de estudio según la edad.....	75
Tabla 4. Distribución de la muestra de estudio según el sexo.	76
Tabla 5. Distribución de la muestra de estudio según nivel educacional.	77
Tabla 6. Evaluación de terapia y rehabilitación en el grupo control y estudio utilizando métodos tradicionales y dispositivo electrónico, respectivamente	79

RESUMEN

La coordinación ojo-mano es la habilidad de emplear los ojos y las manos de forma sincrónica. Se realizó un estudio observacional de tipo cohorte, con el objetivo de evaluar el impacto del uso de un dispositivo electrónico para ejercicios de coordinación ojo-mano en los estudiantes que asistieron a la “Fundación Honrar la vida”, en el período marzo 2019 – febrero 2020. Se midieron variables como: edad, sexo y nivel educacional; también se evaluó la terapia en el grupo control utilizando métodos tradicionales y en el grupo de estudio usando el nuevo dispositivo electrónico. Las variables cuantitativas se resumieron mediante frecuencias absolutas y en porcentajes. Se utilizó la prueba de χ^2 al 95% para comparar frecuencias o asociar variables. Se diagnosticaron 74 niños (82%) con dificultades de coordinación ojo-mano, el grupo etario que predominó en el estudio fue de 4 a 8 años, representado por 74% de la muestra, el 64% de la muestra correspondió al sexo masculino, el mayor porcentaje (22%) estuvo representado por estudiantes de primero de básica; al evaluar el método tradicional y el uso del dispositivo electrónico se apreció una mejoría en el grupo de estudio en comparación con el grupo control y el dispositivo electrónico mostró un impacto positivo en la terapia de niños con trastornos de la coordinación ojo-mano, ya que mejoró la precisión de sus movimientos y la rapidez de realización de los ejercicios. De forma general el dispositivo fue más aceptado por los estudiantes, por lo dinámico, llamativo y fácil uso de este.

Palabras claves: Coordinación ojo-mano, coordinación óculo manual, terapia visual, dispositivo electrónico.

ABSTRACT

The eye-hand coordination is a skill that uses the synchronicity of eyes and hands. An observational cohort study was developed in this study, with the purpose of evaluating the impact of the using an electronic device to develop eye-hand-coordination exercises to the children who attended “La Fundación Honrar la Vida”, in the period time of March 2019 till February 2020. Some aspects were measured like: age, sex and educational level; furthermore, there were evaluated the visual therapy of control group using traditional methods and in the study group using the new electronic device. The quantitative variables were summarized using absolute frequencies and percentages. There were used the X2 test to the 95% to compare the frequencies and associate the variables. There were diagnosed 74 children (82%) with eye-hand coordination difficulties, the age group between 4 to 8 years was predominated in the study, represented by 74% of the sample; a 64% of the study corresponded to male sex, the highest percentage (22%) was represented by first grade students, when evaluating the traditional method and the use of electronic device, an improvement was seen in the study group compared to the control group and there was a positive impact in children’s therapy while using the electronic device on children with disorders of eye-hand coordination because the children’s accuracy movements and the movement’s speed of exercise performance were improved. In conclusion, the device was much more accepted by the students because of its dynamism, appearance and easy way to be used.

Key words: eye hand coordination, eye movements, visual therapy, electronic device.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la habilidad de coordinación ojo-mano, está relacionado estrechamente con la estimulación temprana que reciba el niño desde el nacimiento, por esta razón, para que un niño realice actividades empleando los ojos y las manos y además responda a estímulos de forma simultánea y precisa, es fundamental que sus estructuras anatómicas y el sistema visual se encuentren en condiciones normales y funcionen correctamente. La coordinación ojo-mano puede conceptualizarse como: la capacidad de sincronizar la percepción visual con las manos, en este proceso los ojos reciben estímulos luminosos, los cuales son convertidos en señales nerviosas y son transportadas hacia la corteza cerebral por medio de la vía óptica. En el lóbulo occipital las señales eléctricas son interpretadas y como resultado se envía una respuesta efectora, que permite ejecutar el movimiento del miembro superior y con la ayuda del brazo, antebrazo y dedos se produce el movimiento de agarre o de señalamiento de objetos.

Desde el nacimiento el ser humano está provisto de cualidades específicas, adquiriendo habilidades y destrezas que se van desarrollando a medida que crece, aprendiendo en cada etapa de la vida a caminar, correr, jugar, escribir o leer. El inicio de la coordinación ojo-mano en los bebés comienza cuando sigue con su mirada la sombra de su mamá y reconoce su voz, toca su pecho y percibe su olor, luego reconoce visualmente la figura completa de su madre y de todos quienes le rodean. El niño inicia su exploración visual utilizando sus manos para tocar y alcanzar los objetos que le llaman la atención, además reconoce la forma de los juguetes que sostiene entre sus manos; de la misma forma, cuando empieza a gatear explora todo su entorno dirigiéndose de un lugar a otro y al aventurarse a caminar ya tiene conciencia de lo que quiere alcanzar y puede visualizar con mejor precisión su entorno. La etapa de escolaridad es muy imprescindible en el aprendizaje óculo-manual, porque se fomenta la motricidad fina y gruesa al realizar actividades iniciales como el trozado, troquelado y el rasgado, hasta actividades que requieren mayor destreza como la lectura, escritura y el lanzamiento coordinado de pelotas en las actividades deportivas.

El aprendizaje se desarrolla por medio de la visión, es de vital importancia para el ser humano, porque la información que recibe el cerebro proviene, en mayor proporción, del sistema visual, por tal motivo la habilidad óculo motora necesita un óptimo desempeño visual para poder realizar las tareas requeridas del ser humano en su diario vivir.

Los factores que se deben considerar para que exista una apropiada coordinación ojo-mano son los siguientes: un adecuado desarrollo de la direccionalidad y lateralidad para que el niño pueda orientar sus manos hacia el objetivo meta; una correcta adaptación del trabajo muscular como resultado de la realización de actividades deportivas o de baile que impliquen el movimiento del brazo, antebrazo y dedos; una adecuada sincronización entre la visión y la mano; una buena correspondencia entre el equilibrio y la posición corporal; así como también es importante que exista una correcta sincronización entre los diferentes sistemas, tales como el sistema locomotor y sistema nervioso.

La mala coordinación ojo-mano, se puede ver reflejada en los problemas de aprendizaje durante la etapa escolar, en la que el niño es incapaz de leer, escribir o tomar notas correctamente del pizarrón. Esto conlleva a que no alcance a completar las metas del año escolar y por tanto tenga que repetir nuevamente el año, atrasándose de los objetivos impuestos para su edad. De allí la importancia de dar estimulación a los niños, de realizar entrenamientos y terapias, para que los niños con problemas de coordinación ojo-mano puedan mejorar sus destrezas, aumentar sus habilidades de lectura y escritura y sobre todo mejorar su rendimiento académico.

Antecedentes y justificación.

Los ancestros prehistóricos apreciaron que el cerebro era vital para la vida, además de encontrarse escritos recuperados de físicos de Egipto, que datan de hace 5000 años, en los que indican que tenían conocimientos de síntomas de daño cerebral (Bear, Connors, & Paradiso, 2016). El primer conocimiento que se tiene de la terapia visual, se encontró en Grecia en el año 2600 A.C, en una esfinge de faraón, en el que se apreció a una persona con estrabismo, en la cual se pudo encontrar el esbozo de

un individuo que tenía sus ejes visuales desviados, puesto que se creía que era una entidad del mal (Camacho, 2019).

Hace 1000 años, el filósofo árabe Ibn al Haytham (965-1040) observó que cuando se abrían los ojos en la noche se podía ver inmediatamente a las estrellas lejanas, él analizó la formulación de que al mirar se envían rayos desde los ojos y reformuló este concepto, indicando que la visión se produce porque la luz ingresa en los ojos; este filósofo se basó en la evidencia de que: la observación de objetos distantes como las estrellas es un proceso más rápido de lo que se podría imaginar, por lo que los rayos visuales no podrían llegar tan rápido hacia las estrellas y cuando los rayos rebotan en un objeto, se mira únicamente los rayos de luz que se reflejan fuera de los objetos y llegan a la retina (Kalat, 2016).

Los griegos del siglo IV antes de Cristo indicaban que el cerebro era el órgano de las sensaciones e Hipócrates (460-379 B.C), padre de la medicina occidental, creía que el cerebro no estaba involucrado en las sensaciones, pero era la base de la inteligencia; mientras que, el filósofo griego Aristóteles (322-384 B.C), manifestaba que el corazón era el centro del intelecto. El físico griego y escritor, Galeno (130-200), también indicó en base a sus observaciones y disecciones en animales, que existen dos partes principales: el cerebro y cerebelo; además, dedujo que el cerebro recibe sensaciones y el cerebelo maneja a los músculos del cuerpo; también, confirmó su teoría de que una vez que las sensaciones son detectadas, los movimientos se inician por el desplazamiento de fluidos desde y a los ventrículos del cerebro, por medio de los nervios, los cuales eran considerados tubos sagrados. El concepto de Galeno fue fortalecido antes del siglo XVII, cuando inventores franceses construyeron dispositivos mecánicos controlados hidráulicamente, los cuales apoyaron la noción de que el cerebro podría funcionar como una máquina, de tal forma que el fluido que sale de los ventrículos cerebrales a través de los nervios se bombearía, provocando movimiento en las extremidades. El matemático y filósofo francés, René Descartes (1596-1650), creía que la mente recibía sensaciones y comandos, para realizar movimientos que se comunicaban con el cerebro por medio de la glándula pineal; también pensaba que los nervios de los ojos se proyectaban hacia los ventrículos cerebrales y que la mente influenciaba la respuesta motora al controlar la glándula pineal, la cual funcionaba como una válvula, que dirigía el movimiento a través de los nervios. En 1751,

Benjamín Franklin publicó sus experimentos y observaciones de la electricidad, los cuales introducían nuevos conceptos para entender el fenómeno eléctrico; más tarde en base a estos conocimientos, el científico italiano, Luigi Galvani y el biólogo alemán, Emil du Bois-Reymond, demostraron que los músculos provocan contracciones cuando los nervios son estimulados eléctricamente y el cerebro es capaz de generar electricidad. En 1810, el físico escocés Charles Bell y el psicólogo francés, François Magendie, descubrieron que dentro de cada nervio existen varias vías que llevan información al cerebro y a la médula espinal, mientras que otras vías llevan información hacia los músculos; adicionalmente, Bell, en 1811, indicó que el origen de las fibras motoras es el cerebelo y el destino de las fibras sensoriales es el cerebro. En 1823, el psicólogo francés, Marie-Jean-Pierre Flourens, usó el método de la ablación experimental en pájaros, para demostrar que el cerebelo participa en la coordinación de los movimientos. El neurólogo francés, Paul Broca, localizó la función de un área específica en el cerebro, concluyendo que el lado izquierdo del lóbulo frontal era responsable del habla; de la misma manera, empleando métodos de ablación, el psicólogo Hermann Munk, encontró que el lóbulo occipital era importante en la visión (Bear, Connors, & Paradiso, 2016).

El filósofo del siglo XVII, René Descartes, creía que los nervios del ojo enviaban al cerebro un patrón de impulsos ordenados, como si se tratara de una foto derecha del objeto percibido. También, se conoció que el cerebro interpreta la información en una forma que no se parece a la que se aprecia, se conoce que los impulsos percibidos en ciertas neuronas pueden ser luminosos, sonoros o táctiles; adicionalmente un objeto puede ser visualizado cuando emite o refleja luz, la cual estimula a los receptores de la retina para que transmitan información al cerebro. En 1838 Johannes Müller describió la ley de las energías nerviosas específicas, la cual sostenía que la excitación de un nervio particular genera una energía especial y única para aquel nervio; de esta forma el cerebro interpreta los potenciales de acción del nervio óptico como imágenes, del nervio auditivo como sonidos y del nervio olfatorio como olores. En la codificación de señales, existe un aspecto especial que se manifiesta cuando se aplica presión mecánica sobre los ojos, que provoca una excitación visual de los receptores de los ojos; esto se demuestra cuando se friega los ojos con las manos y se aprecia puntos luminosos o destellos de luz que se aprecian incluso en un cuarto oscuro. Otro aspecto importante de la codificación constituye la cantidad de

respuestas o número de potenciales de acción que las neuronas son capaces de enviar por unidad de tiempo; la mayor parte de la codificación depende de la frecuencia de activación de los potenciales de acción (Kalat, 2016).

La primera persona que realizó estudios avanzados acerca del tipo de fotorreceptores presentes en el ojo fue Thomas Young (1773-1829), además él encontró que la teoría moderna ondulatoria de la luz definía a la energía en su forma actual, introdujo el coeficiente de elasticidad y descubrió la anatomía del ojo profundamente. Los científicos anteriores pensaron que podrían explicar la percepción del color entendiendo la física de la luz, pero Young determinó que el color debía comprenderse por medio de una explicación biológica, de esta manera él propuso que la percepción del color se produce a través de comparaciones de las respuestas nerviosas de receptores a las diferentes longitudes de onda. Más tarde, esta teoría fue modificada por Hermann Von Helmholtz y que en la actualidad se conoce como teoría tricromática de la visión del color o la teoría de Young-Helmholtz, la cual se basa en que la percepción del color se realiza a través de respuestas relativas de tres tipos de conos, sensibles a las diferentes longitudes de onda. Helmholtz descubrió que las personas podían formar cualquier color, al mezclar cantidades adecuadas con tan solo tres longitudes de onda corta, media y larga; de tal manera que él concluyó que los tres tipos de fotorreceptores conocidos como conos son suficientes para explicar la visión del color en los seres humanos. En base a la teoría tricromática se puede discriminar entre las distintas longitudes de onda por medio de los tres tipos de conos y una luz de 550 nm tiene la capacidad de excitar a los receptores de longitud de onda media y larga, mientras que los receptores de longitud de onda corta no son excitados. La luz más intensa aumenta la actividad de los conos sin que exista un mayor aumento de la respuesta, como resultado la luz se aprecia más brillante, pero constituye el mismo color y cuando todos los conos están activados de manera uniforme, es posible observar el color blanco o el gris. La percepción depende de la frecuencia relativa de respuesta de una célula con respecto a otra célula, por esta razón el sistema nervioso determina el color y el brillo de la luz, al comparar las respuestas de los diferentes tipos de conos. Los fotorreceptores de longitud de onda larga y media, sensibles a la visión de colores, son más abundantes que los conos sensibles a la luz azul o de longitud de onda corta (Kalat, 2016).

La concepción de la terapia visual ha ido cambiando durante los años, inicialmente los conocimientos de psicología, psicomotricidad y neurociencia, han ido formando las bases de la rehabilitación visual, la cual inició como un método estético para la ambliopía. A medida que avanzaban los años, diferentes científicos dieron importantes contribuciones para que se afianzaran los conocimientos de esta área; el científico Mackenzie en 1854 construyó el estereoscopio y más tarde Von Graefe en 1857 dio importantes aportes en el campo de la supresión y correspondencia retinal anómala. Así como también en 1862, Snellen estableció los optotipos para identificar la capacidad de diferenciar entre dos puntos ubicados a una distancia específica y un año más tarde, Donders encontró la relación entre la acomodación y convergencia (Camacho, 2019).

Los neurocientíficos, Gustav Fritsch y Eduard Hitzig (1870), encontraron que la estimulación eléctrica de la corteza motora primaria provoca movimiento; los axones de la corteza motora se dirigen directamente a neuronas motoras para producir mayor destreza; así mismo, se extienden hacia la protuberancia y a la médula espinal, la cual produce impulsos eléctricos que manejan a los músculos. La teoría de los procesos oponentes fue descrita por Ewald Hering, psicólogo del siglo XIX, que indicó la percepción de los colores en función de los opuestos. El cerebro tiene un mecanismo para percibir el color en modalidades continuas, desde el rojo al verde, otra desde el amarillo al azul y desde el blanco al negro. Una vez que se observa el color de un objeto durante demasiado tiempo, se genera una fatiga en las células, disminuyendo su respuesta, lo que tiende a cambiar al color opuesto; los conos responden con un incremento en su señal nerviosa para indicar un color, mientras que la señal disminuye para indicar el color opuesto. Los tres pares de colores opuestos son: rojo con verde, amarillo con azul y blanco con negro; un ejemplo de esta teoría se presenta ante una prolongada exposición a la luz azul, que provoca una fatiga a la célula fotorreceptora, la cual emite una respuesta reducida que conlleva a que se perciba el color amarillo. La percepción del brillo de un objeto se consigue al compararlo con otros objetos, de este modo Edwin Land indicó su teoría combinada de la retina y corteza, para reportar la constancia del brillo y el color. La corteza compara la información de varias áreas de la retina para identificar el brillo y color de cada objeto. El investigador, Dale Purves, junto con sus colegas, indicó que cuando se ve un objeto se genera un resultado, ya que la percepción visual necesita del razonamiento, deducción y no solo de

estimulación retinal; de la misma manera se realiza el proceso de percepción de formas o movimiento. En 1950 David Hubel y Torsten Wiesel usaron electrodos delgados para receptar actividad celular de la corteza occipital de gatos y monos, mientras mostraban patrones luminosos a la retina, con lo que se conoció que las células corticales respondían mejor a los movimientos de los bordes de una lámina y se concluyó que tenían un campo receptivo en forma de barra. Además, Hubel y Wiesel diferenciaron las células de la corteza visual y explicaron que una célula simple presenta un campo receptivo con áreas inhibitorias y excitables, mientras existe mayor luz brillante en el área excitable, la célula tiene una mayor respuesta y mientras hay mayor luz brillante en el área inhibitoria, la respuesta de la célula es menor. Las células complejas responden a patrones luminosos localizados en cualquier ubicación dentro su campo receptivo y se caracterizan por tener una mayor respuesta al usar patrones en movimiento (Kalat, 2016).

En 1974, Campbell desarrolló el estimulador visual para el entrenamiento de la ambliopía, el cual constituyó un gran hito en la terapia visual. Las contribuciones de los científicos David Hubel y Torsten Wiesel fueron muy importantes, ya que modificaron la comprensión de la terapia visual porque ellos explicaron la plasticidad cerebral y su conexión con la madurez visual; así como también, identificaron las variaciones del sistema visual que se presentan durante normal crecimiento de los niños y comprobaron que la información visual que llega a los ojos es reconocida en la corteza cerebral en base al fondo de la imagen, contraste y desplazamiento, además manifestaron conocimientos referentes al cerebro (Camacho, 2019).

Los investigadores identificaron un período sensible cuando las experiencias tienen una influencia fuerte y duradera; este período sensible termina al aparecer sustancias químicas que estabilizan las uniones e inhiben los comienzos de los axones. El científico, Masao Ito (1984), propuso que para conocer la función que desempeña el cerebelo, se necesita de desarrollar tareas motoras que ayuden a realizar una secuencia de acciones como un todo; en relación a esta idea, varios científicos identificaron que el daño en el cerebelo puede ocasionar problemas en el aprendizaje motor. Richard Ivry junto con sus colegas indicaron que, el cerebelo ejecuta tareas que requieren movimientos rápidos en intervalos cortos de milisegundos a 1.5 segundos. El cerebelo está formado por un gran número de

sinapsis y de neuronas, que contribuyen al balance y a la coordinación. Los movimientos sacádicos, movimientos rápidos de los ojos desde un punto de fijación a otro, dependen de la transmisión de los impulsos del cerebelo y de la corteza frontal hacia los nervios craneales; de igual forma, los ojos realizan algunos desplazamientos cortos, en base a la prueba y el error, hasta que encuentren el objetivo visual (Kalat, 2016).

Las neuronas en la corteza motora ajustan sus respuestas en base al aprendizaje de habilidades motoras, al inicio los movimientos son lentos e imprecisos; sin embargo, a medida que los movimientos son más rápidos, las neuronas de la corteza motora aumentan su actividad. Los patrones de movimiento llegan a ser más consistentes después de entrenamiento prolongado en las distintas tareas motoras. Los ganglios basales son estructuras subcorticales, necesarias para la iniciación de actividades, cumplen una función importante en el aprendizaje de nuevas habilidades motoras y en transformar nuevos desplazamientos en respuestas suaves y automáticas. Iván Pávlov postuló los conocimientos del aprendizaje, con su formulación del condicionamiento clásico, más tarde Donald Hebb sugirió que: un axón que estimuló exitosamente a una célula en el pasado, en el futuro mejorará su habilidad de excitación, como resultado de su aprendizaje previo (Kalat, 2016).

El hemisferio izquierdo de la corteza cerebral conecta los receptores de la piel y músculos del lado derecho del cuerpo, mientras que el hemisferio derecho los conecta al lado izquierdo del cuerpo y ambos hemisferios dirigen los músculos del tronco y del rostro. Los rayos de luz de la mitad derecha del campo visual se dirigen hacia la mitad izquierda de cada retina, en tanto que los rayos luminosos de la mitad izquierda del campo visual van hacia la mitad derecha de cada retina. La mitad izquierda de cada retina se une con el hemisferio izquierdo, el cual obtiene información del campo visual derecho; de la misma manera, la mitad derecha de cada retina se une con el hemisferio derecho, el cual obtiene información del campo visual izquierdo (Kalat, 2016).

La electrónica es una ciencia que pertenece a la física aplicada, la cual se basa en el estudio del transporte de electrones que se cargan eléctricamente para transmitir energía y corriente desde un punto de un circuito eléctrico hacia otro punto, el estudio

de dispositivos electrónicos y de teorías y fenómenos eléctricos. Un circuito electrónico puede definirse como una red compuesta de semiconductores activos como: transistores, diodos, sensores y componentes electrónicos pasivos. Los aportes de la electrónica a cada esfera del mundo, han sido muy importantes y significativos; su impacto ha sido trascendental en sectores de la programación, de la comunicación, tecnología, energía eléctrica y socio económico, que se pueden observar en los dispositivos del diario vivir que han hecho la vida más confortable y en la tecnología moderna de las generaciones jóvenes. El desarrollo de la electrónica involucró científicos y grandes mentes que pasaron su vida investigando y descubriendo para contribuir al mundo con sus conocimientos. El inicio de la electrónica data del año 600 A.C., a través de los descubrimientos de la atracción, cuando Tales de Mileto frotó un imán natural y ámbar fosilizado, encontrando que ambos elementos se atraen, que podían atraer elementos ligeros como el cabello y si se frotaba fuertemente incluso se podían observar chispas eléctricas. En 1600, el científico inglés William Gilbert conceptualizó la palabra electrón en base al ámbar, a partir de esto se comenzó a emplear la palabra electrónica; de la misma manera Otto Van Guericke, en 1660, construyó la primera máquina estática capaz de producir electricidad por medio de la fricción. En el año 1675, el científico inglés Robert Boyle descubrió la atracción y la repulsión que se presenta en el vacío y en 1729 Stephen Gray dividió a los materiales en conductores e aislantes. Así mismo, en 1744, el alemán Ewald Georg von Kleist, junto con los holandeses Pieter van Musschenbroek y Cunnaeus, inventaron un elemento capaz de almacenar electricidad entre dos electrodos. En 1780, el físico y biólogo, Luigi Galvani experimentó con la bioelectricidad, cuando empleó chispazos eléctricos, él pudo presenciar la contracción de los músculos de la pata de una rana; esto constituyó el inicio de las señales eléctricas en el sistema nervioso (Bhuyan, 2016).

En 1785, el físico francés Charles Augustin de Coulomb estudió la interacción eléctrica entre partículas, conocida como fuerza electrostática y definió la ley de Coulomb para explicar la carga eléctrica; además en 1800, Alessandro Volta descubrió la diferencia de potenciales o voltajes, que el flujo de carga se presenta cuando existe una diferencia de voltaje, conceptualizó a la unidad de medida de voltaje como voltios e inventó la primera batería llamada pila galvánica; de la misma manera Andre Marie Ampere, en 1820, propuso la ley de fuerza de amperios para definir la relación entre

la electricidad y el magnetismo e indicó el flujo de carga llamada corriente eléctrica y su unidad de medida el amperio. En el año de 1831, el inglés, Michael Faraday investigó acerca de la inducción electromagnética, la cual constituye el principio de motores, generadores y transformadores; también, él identificó la ley de la electrólisis, la cual es la base de las baterías, identificando la polaridad, positiva y negativa de la electricidad; Faraday es considerado el padre la Ingeniería Eléctrica por todas sus contribuciones de generación y transmisión de la electricidad. Entre los años de 1861 a 1862, el físico y matemático James Maxwell desarrolló las ecuaciones matemáticas de la teoría de la electricidad y magnetismo, las cuales son la base de los circuitos eléctricos y de la Ingeniería moderna de la Electrónica y las Telecomunicaciones. En 1879, el inventor Thomas Alva Edison inventó la bombilla eléctrica e identificó el efecto termoiónico, el cual se presenta cuando existe flujo de corriente, sin que existan cables eléctricos, sino por la presencia del calor. El inventor, Joseph John Thomson, en 1897, descubrió los rayos catódicos y más tarde, el inventor Karl Ferdinand Braun construyó el primer tubo de rayos catódicos y el osciloscopio de tubo de rayos catódicos; esta tecnología fue reemplazada años más tarde por pantallas planas, pantallas de cristal líquido y diodos (Bhuyan, 2016).

La corriente alterna fue conocida gracias a Nicola Tesla, esta es una corriente más barata para producirla y transmitirla en comparación que la corriente directa. Cuando la corriente alterna fue popularizada, los científicos comenzaron a convertirla en corriente directa y en 1904, James Ambroise Fleming construyó el primer tubo de vacío de dos terminales, también llamado diodo; de la misma manera, en 1906, el inventor Lee de Forest y Robert von Lieben inventaron el tubo de vacío de tres terminales conocido como tríodo. En 1912 Edwin Armstrong creó el amplificador de realimentación y el oscilador (Bhuyan, 2016).

En 1947, tres investigadores del Laboratorio Bell de Estados Unidos, John Bardeen, William Brattain y William Shockley, descubrieron la amplificación de señales, al poner en contacto dos puntos de oro a un cristal de germanio y construyeron el primer transistor bipolar; la introducción del transistor produjo una nueva rama de la ingeniería llamada Ingeniería Electrónica. Años más tarde, en 1958, el inventor americano, Jack Kilby de la Texas Instrument creó el primer circuito integrado, en el que interconectó cables, transistores, resistencias y capacitores en la tarjeta madre

de un chip compacto. La Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas lanzó su primer satélite artificial, lo cual provocó una grande producción de circuitos integrados y componentes electrónicos de alta calidad alrededor del mundo. En 1960, se creó el primer Transistor de Efecto de Campo Semiconductor de Óxido de Metal (MOSFET); en 1968 Gordon Moore y Robert Noyce fundaron la compañía Intel Corporation, para trabajar en el campo de la microelectrónica y en 1971 inventaron el primer microprocesador 4004, el cual contenía 2300 transistores en un solo chip integrado y la invención de los microprocesadores aceleró la revolución de la industria de las computadoras alrededor del mundo, esto produjo el desarrollo de los procesadores Pentium 8080 y sus familias. Adicionalmente, en base a la invención de los microprocesadores, los cuales incluían memorias de lectura, de escritura, programables y borrables, se inventó el primer microcontrolador con capacidad similar a un microprocesador, compuesto elementos electrónicos introducidos en un único chip pequeño, con capacidad para almacenar datos y que es accesible para todas las personas; en 1993, se produce el microcontrolador Peripheral Interface Controller (PiC16x84), este microcontrolador contaba con memoria de sólo lectura programable y borrrable eléctricamente o Electrically Eraseble Programmable Read-Only Memory (EEPROM); en el mismo año, la compañía de Tecnología Avanzada para la Memoria y la Lógica (Atmel) lanza el primer microcontrolador que utiliza memoria flash. Los microcontroladores permiten la creación rápida de prototipos, ya que se requiere menor número de elementos electrónicos, se disminuye el tamaño de tarjetas electrónicas y el control de su memoria ayuda a almacenar y a modificar programas en base a los requerimientos del usuario, ya que cada uno de los bits de programación pueden ser configurado como entradas o salidas (Bhuyan, 2016).

Los neurocientíficos han identificado al menos 80 áreas del cerebro que contribuyen a la visión, cada parte se encarga de conocer las características del objeto, tal es el caso de que un área se encarga de la forma, otra del color, otra de la localización y otra de la percepción del movimiento. Las diferentes partes del sistema visual del cerebro obtienen información en base a la necesidad del conocimiento básico, por esta razón las células responsables de los movimientos de los músculos de la mano, brazo, antebrazo y dedos, para alcanzar objetos, necesitan conocer el tamaño, la forma y la localidad del objeto (Kalat, 2016).

Los investigadores diferenciaron a dos vías: vía ventral o corriente especializada para identificar y reconocer objetos, a través de la corteza temporal y vía dorsal o corriente para guiar visualmente movimientos a través de la corteza parietal. En la corteza visual secundaria, muchas de células responden mejor a líneas, bordes y formas sinusoidales, pero algunas responden específicamente a círculos, líneas que se encuentran en un ángulo y otros patrones más complejos como texturas. El área cerebral V4 es importante para la percepción del color, las respuestas de las células de esta área perciben colores aparentes que dependen de todo el panorama; puesto que el color aparente de un objeto está en función de la luz que se refleja en él y de su comparación con respecto a otros objetos que lo rodean. El contraste del color es la capacidad para distinguir colores con cambios de luz o de intensidad; esto se puede apreciar cuando se ingresa en un cuarto con luz verde o se usan gafas tinturadas de color rojo, el cerebro elimina cierta cantidad de verde o de rojo de los objetos para construir sus colores naturales (Kalat, 2016).

El cerebro activa áreas especializadas de la corteza cerebral para reconocer patrones complejos de movimiento, estas dos áreas son: la corteza temporal media y la corteza temporal superior media, las cuales reciben información principalmente de caminos magno celulares y que incluso pueden detectar movimientos en grandes áreas del campo visual. Las células del área de la corteza temporal media responden selectivamente a objetos que se mueven a cierta velocidad y dirección; son capaces de detectar aceleración, desaceleración y velocidad absoluta; así como también captan movimientos en tres dimensiones y movimientos implícitos dentro de fotografías. Las células, del área de la corteza temporal superior media, responden a estímulos más complejos tales como: expansión, contracción y rotación de escenas visuales grandes, esto se puede comprender cuando se mueve la cabeza hacia adelante o hacia atrás o al inclinar la cabeza. El desplazamiento de la cabeza o de los ojos de izquierda a derecha, ocasiona que todo dentro del campo visual se deslice sobre la retina. Las neuronas, de las áreas de la corteza temporal media y temporal superior media, ayudan a discriminar entre la apreciación del panorama al mover los ojos y cuando los objetos se deslizan dentro del panorama; además, son capaces de responder rápidamente a desplazamientos relativos de objetos, con respecto al fondo de la escena en la que se ubican; sin embargo, tienen baja capacidad de respuesta cuando el objeto y su fondo se mueven en la misma dirección y velocidad. Las áreas

de la corteza temporal media y corteza parietal disminuyen su actividad durante movimientos voluntarios de los ojos o movimientos sacádicos, sin embargo, su actividad no disminuye, mientras los ojos siguen un objeto. En la corteza temporal media y partes de la corteza parietal, decrece la actividad neuronal y el flujo sanguíneo 75 ms antes de que se produzca el movimiento de los ojos y se mantiene suprimida durante el movimiento (Kalat, 2016).

La corteza motora se ubica en la parte anterior a la corteza somato sensorial, de esta forma se puede controlar el movimiento de la mano y sentirla respectivamente. La corteza somato sensorial se caracteriza por: sentir las partes del cuerpo, identificar las áreas de la corteza motora que dirigen a los músculos de las distintas áreas del cuerpo, determinar la forma del objeto, profundidad de la presión, frío, calor, la posición y movimiento de articulaciones y músculos. La señal eléctrica de una neurona, de la corteza motora, es responsable del movimiento de varios músculos de la mano, muñeca y brazo, más no de un único músculo. La corteza parietal posterior es una de las primeras áreas que se activan para planificar inicialmente un movimiento, la cual tiene la función de monitorear la posición relativa del cuerpo en relación con el mundo que lo rodea; mientras que la corteza pre frontal y la corteza motora suplementaria son muy importantes en la planificación y organización de desplazamientos de secuencias rápidas. La corteza pre motora se activa antes de que se produzca un desplazamiento, recibe información de: la meta a la que el cuerpo direcciona un movimiento y de la posición y postura actual del cuerpo (Kalat, 2016).

Los caminos de la corteza cerebral hacia la médula espinal son conocidos como vías cortico espinales, las cuales se dividen en medial y lateral, dependiendo del movimiento puede derivarse la información más a una vía que la otra y son responsables de que se realicen casi todos los movimientos. La vía cortico espinal lateral es una trayectoria que incluye los axones de la corteza motora primaria y del núcleo rojo, la misma que corresponde al mesencéfalo y es la responsable de controlar los movimientos de los músculos de las partes laterales del cuerpo, como son los brazos; en las pirámides la vía lateral se cruza al lado contrario de la médula espinal, por lo que se llama también vía piramidal. La vía cortico espinal media está compuesta por los axones de varias áreas de la corteza cerebral, del núcleo vestibular y de las

formaciones reticulares, esta vía controla los movimientos bilaterales de los músculos de las partes medias del cuerpo incluyendo el cuello y el tronco (Kalat, 2016).

Es muy importante considerar las capacidades y destrezas de los niños, el papel que tiene la familia en su desarrollo, la escuela y la sociedad que lo rodea, para lograr que el niño triunfe a nivel escolar, por lo que se considera que la educación parvularia puede mejorar las habilidades de los niños. Durante la fase de la asimilación de la lectura se requiere que varios factores estén establecidos: la agudeza visual sea adecuada para que se puedan observar claramente estímulos de menor tamaño como son las palabras, la identificación de la pronunciación de los fonemas y la memoria acústica de las palabras para que el niño pueda relacionar diferentes palabras cuando las escucha, así como también aprender y reconocer los símbolos que representan a las letras cuando se las escribe. Para que el niño tenga una adecuada escritura, es necesario que tenga una correcta motricidad fina, una adecuada capacidad para mover cada uno de los dedos de la mano de forma individualizada, así como también un correcto movimiento de las manos, un adecuado control muscular y de postura del cuerpo y que el aprendizaje del lenguaje sea apropiado para que los niños puedan entender lo que se encuentra escrito y que puede indicar el concepto de las palabras. Tanto para la lectura como para la escritura se necesita que el niño tenga un correcto desarrollo cognitivo para que sea capaz de emplear las letras como símbolos y comprender la organización del espacio para la conversión de símbolos en letras y sonidos (Chadwick, Condemarín, Gorostegui, & Milicic, 2016).

La coordinación es la capacidad que tienen las personas para integrar todas las habilidades para realizar una tarea concreta, como es la destreza de moverse y ordenarse alrededor del propio espacio físico del cuerpo. La coordinación ojo-mano es una habilidad motora perceptiva que incorpora la integración y el procesamiento de la información de estímulos visuales y táctiles en el sistema nervioso central para que un movimiento motor intencionado pueda ser realizado. El sistema visual coordina la información recibida a través de los ojos para controlar, guiar y direccionar las manos para lograr la tarea esperada y las manos se encargan de desarrollar la tarea como puede ser escribir o agarrar una pelota La coordinación ojo-mano se divide en 2 componentes: la prueba o acción y la reacción. La acción constituye una actividad

motora cerrada, que es iniciada y controlada por la persona; mientras que la reacción es el movimiento que se produce como una respuesta a otra acción (Kumar, 2015).

La terapia de la coordinación ojo-mano se basa en la capacidad de plasticidad del cerebro, ya las conexiones entre neuronas se fortalecen mientras más entrenamiento se realice con ejercicios y actividades que involucren la sincronización de los movimientos de los músculos del brazo, antebrazo, muñeca y dedos y el seguimiento de los músculos de los ojos, para que la persona sea capaz de observar un objeto mientras mueve sus manos. El empleo de metodologías innovadoras como dispositivos electrónicos y software, constituye una herramienta muy importante para el aprendizaje, como para la realización de terapias, ya que se consigue que el niño se mantenga estimulado y motivado durante sus sesiones de terapia. La metodología de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), hace uso de métodos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje, porque constituyen herramientas tecnológicas muy importantes para potenciar las capacidades de los niños. En el marco de enseñanza educativa de la Unión Europea, STEM se incluye en el sistema de aprendizaje, además esta metodología es empleada junto con la robótica educativa por medio de dispositivos electrónicos, que fomentan las destrezas de los niños mientras juegan (Resola, 2020).

En el siglo XXI, la educación ha tenido grandes transformaciones causadas por la globalización digital en diferentes áreas del diario vivir. El uso del papel está siendo excluido por pantallas táctiles y dispositivos electrónicos que facilitan la vida de las personas. Los métodos de enseñanza tradicional están siendo abandonados por métodos dinámicos y creativos, como es el caso de las innovaciones de la compañía Redmond, que incentiva al uso de videojuegos como Minecraft en el área educativa; con la inserción de este software se ha conseguido que los estudiantes estén más motivados e interesados, mientras aumentan sus habilidades cognitivas, las cuales son esenciales para tener una adecuada lectura y escritura. Se han desarrollado nuevas técnicas de aprendizaje, conocidas como gamificación, las cuales son empleadas para ayudar en el entrenamiento cognitivo y también en terapias visuales o de coordinación. La compañía tecnológica, Microcomputer y Software (Microsoft) también ha creado las gafas de realidad virtual llamadas HoloLens, que mantienen a

los estudiantes enfocados, aumenta el nivel de la experiencia, mientras observan escenarios como si estuvieran presentes (Resola, 2020).

En Ecuador existe una carencia de métodos tecnológicos que se empleen en el sistema educativo para mejorar el aprendizaje y potencializar las habilidades motoras de los niños de educación primaria. Los niños que se encuentran en una situación de pobreza y que viven en lugares marginados de la ciudad, normalmente asisten a instituciones de educación accesibles para ellos y sus padres, tanto por la cercanía a sus hogares, así como también por el bajo costo de la educación. Una de estas instituciones constituye la Fundación Honrar la Vida, la cual está ubicada en el barrio la primavera, en la Cooperativa Líder Abogado Jaime Roldós Aguilera, recibe a niños de los barrios Jaime Roldós del Distrito Metropolitano de Quito, los cuales constituyen lugares marginados y con problemas sociales tales como: alcoholismo, drogadicción, delincuencia, pobreza extrema y migración, como consecuencia del desarrollo inequitativo de las ciudades. En 1987, un grupo de universitarios liderados por el padre Alan Mendoza ingresaron a los sectores más pobres del Ecuador para mejorar la crisis de estos barrios, durante este tiempo ellos pudieron darse cuenta de las carencias de que tenían como: falta de servicios básicos, mala alimentación y dificultad para acceder a la educación. Esta institución fue fundada en 1995, como una institución sin fines de lucro, cuya meta es mejorar las condiciones de vida de los niños, así como también la salud, educación, alimentación y entrenamiento; desde entonces ha trabajado incansablemente por brindar oportunidades que contribuyan a mejorar el desarrollo de los niños, lo que ayuda a disminuir el índice de delincuencia juvenil causada por la desocupación y la carencia de lugares de entretenimiento que eleven su autoestima. La misión de esta fundación es lograr la realización integral, de cuerpo, mente y espíritu y la dignidad de las personas en situaciones de riesgo; la visión de esta ONG es ser una organización reconocida a nivel nacional por los procesos efectivos de promoción humana, desarrollados para personas en situaciones de riesgo. El centro educativo atiende a niños entre 4 a 15 años, que no pudieron acceder al sistema de educación formal, se proporciona educación integral desde inicial 2 hasta séptimo de básica; cuenta con 90 estudiantes en los distintos niveles de educación.

Situación Problemática.

En el Ecuador, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor del 50% de los niños menores de 5 años registran problemas en la motricidad fina y gruesa, con ello están expuestos a un riesgo pedagógico, tienen limitaciones en la coordinación ojo-mano, presentan problemas para la lectoescritura, el cálculo y el desarrollo psicomotor, teniendo problemas en el desarrollo intelectual. Se sabe que los primeros años de vida de los niños son decisivos para el desarrollo de la imagen y expresión libre, para un buen desarrollo evolutivo en las etapas de crecimiento que repercuten en el transcurso de sus vidas.

Uno de los grandes problemas que se presentan, dentro de la estimulación y desarrollo de las destrezas motrices y óculo-manuales, es la falta de material didáctico interactivo que aplique la tecnología, la electrónica y la programación, como medio para captar la atención de los niños. El desarrollo de un dispositivo electrónico para la coordinación ojo-mano ayudará a reducir los problemas de motricidad y coordinación ojo-mano de los niños, además podrán mejorar en la escritura y lectura para que puedan tener un mayor rendimiento escolar y por tanto mejorar sus condiciones de vida ya que los niños se sentirán atraídos y motivados a realizar actividades de seguimiento de luces de colores con sus dedos, como si se tratara de un juego.

Formulación del problema científico.

La evaluación de la madurez visomotriz es importante para los pedagogos y estimuladores tempranos, que apoyan a los niños desde edades muy tempranas en el desarrollo de las habilidades motrices, particularmente en lo que corresponde a movimientos precisos y coordinados y también para fomentar su seguridad, autonomía y la capacidad para desenvolverse en su entorno. Cómo influyen los dispositivos electrónicos en mejorar la coordinación ojo-mano, rehabilitación visual y cómo participan en la estimulación temprana de los niños para que tengan un buen rendimiento escolar, es un problema científico de vital interés en las ramas de la salud y educación.

Delimitación del problema.

La falta de tecnología y programas educativos predestinados a desarrollar las habilidades de coordinación ojo-mano en los niños, no permite que, los educadores o personas que están a cargo del cuidado de los niños tengan el instrumento o metodología necesaria que amplifique su conocimiento para su formación integral, de acuerdo con las demandas científicas y tecnológicas de la sociedad actual.

La era tecnológica cumple una función importante dentro de todas las actividades del ser humano y más aún dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, el reto más grande dentro de la educación preescolar es involucrar la tecnología dentro del currículo de estudios, fomentar una participación activa de niños en las instituciones educativas para lo cual los maestros deben agregar a sus prácticas tradicionales de enseñanza herramientas digitales, que sirvan como apoyo para mejorar la calidad educativa. El insuficiente número de actividades interactivas que estimulan el desarrollo de la coordinación ojo-mano, así como la falta de utilización de herramientas tecnológicas dentro del proceso enseñanza, ocasiona que los niños tengan dificultades al realizar tareas visuales y motrices. Al no aplicar actividades que incluyan herramientas tecnológicas o digitales se genera desmotivación y falta de interés por parte de los niños.

Justificación del problema.

Las ciencias neuro – psicológicas mencionan que durante los estadios de crecimiento de los niños se observa mayor plasticidad neuronal. La coordinación ojo-mano es propicia para lograr una escritura satisfactoria debido a que implica una serie de movimientos controlados y deliberados que requieren de mucha precisión; conjuntamente trabajan con los ojos, mano y dedos para: rasgar, cortar, pintar, colorear, enhebrar, escribir, entre otras actividades. De esta forma, al mejorar los procesos óculo-motrices se fortalece la escritura y el aprendizaje, a su vez se desarrollan las capacidades cognoscitivas, socio-afectivas y sensoriales, de los niños.

Las consecuencias de padecer una mala coordinación ojo-mano pueden afectar a una gran cantidad de actividades. Estos problemas pueden generar trastornos del desarrollo y dificultades de aprendizaje en esferas de la lectoescritura y el deporte; en

ámbitos académicos se entorpecerse la atención a las clases, en ámbitos profesionales se reduce la eficiencia en el trabajo y en las actividades de la vida diaria puede interferir en llevar la comida a la boca, coser e incluso conducir. Las estrategias óculo-manuales permiten generar ambientes de aprendizaje adecuados para las diversas formas quinesísticas, auditivas y visuales. Por eso es importante incorporar dentro de todo el proceso educativo y en las diferentes asignaturas, herramientas tecnológicas que potencien el desarrollo de habilidades y destrezas de los niños y adolescentes del mundo actual, ya que las habilidades motrices básicas son comunes para todos los individuos. La utilización de las tecnologías y de dispositivos electrónicos, que estimulen el desarrollo de la coordinación ojo-mano de los niños, son muy útiles porque permiten obtener mecanismos de aprendizaje mucho más versátiles.

Formulación de una hipótesis.

El uso de un dispositivo electrónico puede mejorar las habilidades de coordinación ojo-mano, en los niños escolares, en comparación a los métodos tradicionales.

Objetivos de la investigación.

Objetivo general.

Evaluar el impacto del uso de un dispositivo electrónico para ejercicios de coordinación ojo- mano en los estudiantes de la “Fundación Honrar la Vida”, en el período marzo 2019 – febrero 2020.

Objetivos específicos.

- Determinar incidencia de niños con dificultades de la coordinación ojo- mano.
- Evaluar estado de la coordinación ojo- mano en la muestra de estudio antes de aplicar la terapia.
- Distribuir la muestra de estudio según las variables: edad, sexo y nivel educacional.
- Diseñar un prototipo electrónico que permita el entrenamiento de la coordinación ojo-mano.
- Evaluar la terapia y rehabilitación en el grupo control y estudio, utilizando métodos tradicionales y dispositivo electrónico, respectivamente.

- Determinar impacto del uso del dispositivo electrónico en la terapia y rehabilitación de niños con trastornos de la coordinación ojo-mano.

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

La coordinación ojo mano es la capacidad de emplear las manos de manera sincronizada, mientras se observa un objeto de interés; para que el niño tenga una buena coordinación ojo-mano es importante que el equilibrio, la lateralidad y las capacidades espaciales, se encuentren correctamente desarrolladas. Las actividades que se emplean para mejorar la coordinación ojo-mano incluyen las siguientes: seguir trazos con el dedo índice, dibujar y copiar formas en papel, lanzar objetos como pelotas, rasgar y recortar con los dedos (Encalada & Morales, 2017).

La coordinación ojo-mano también es considerada como la capacidad que tiene el sistema visual para procesar la información recibida por medio de los ojos y emplearla para controlar el movimiento de las manos. A su vez, constituye un proceso neurológico compuesto que debería ser potencializado desde una edad temprana, que funciona conjuntamente con las habilidades motoras finas como es abotonarse un saco y habilidades motoras gruesas como es lanzar una pelota. Incluso, las tareas diarias requieren del trabajo conjunto del cerebro, ojos y extremidades superiores para poder realizar cualquier actividad de coordinación en la que intervengan los ojos y las extremidades superiores. Sin una buena coordinación ojo-mano las personas serían incapaces de realizar actividades diarias como la escritura, vestirse o coger un vaso para servirse agua; esta habilidad también se puede observar en deportes como: tenis, baseball (golpear una pelota con un bate) y basketball (Scheiman & Wick, 2020).

El crecimiento físico es importante para el desarrollo motor normal, a los 2 meses de edad los reflejos primitivos comienzan a desaparecer y el bebé es capaz de mover su cuerpo entero y de comenzar a levantar su cabeza mientras está recostado sobre su estómago. A los 3 meses, sus reflejos primitivos ya han desaparecido y el control voluntario comienza a desarrollarse, el bebé mueve muy poco sus brazos y piernas y puede levantar su cabeza y mantenerla en esa posición; además, mientras está recostado sobre su estómago el bebé puede coordinar el movimiento de brazos y piernas en ambos lados y a esta edad comienza a seguir objetos con sus ojos y a tratar de alcanzarlos. A los 4 meses, el infante puede voltearse sobre su espalda, ya

puede alcanzar, sostener y sacudir un juguete, aunque su agarre es muy impreciso y también puede llevar sus manos hacia la boca. A los 6 meses, el infante será capaz de sentarse sin ningún soporte y podrá darse vuelta desde su estómago hacia su espalda y viceversa y podrá agarrar y sostener objetos con su dedo meñique y el dedo pulgar. A los nueve meses, el infante llega a ser más activo, aprende a gatear; a los 10 meses comienza a pararse sin apoyo alrededor de objetos, puede caminar unos pocos pasos sosteniéndose de los muebles de la casa y sostiene objetos usando el dedo índice de la mano, lo que le ayuda a tener mayor precisión al agarrar objetos (Duckman, Schnell, & Taub, 2020).

A los 12 meses, el infante puede caminar sin sostenerse y cuando tiene 1 año de edad puede coger objetos pequeños con más precisión; alrededor de los 15 meses, el infante puede arrodillarse y pararse, a pesar de tener desequilibrio, además pueden arrojar objetos y aprenden a ser más precisos mientras lo hacen. A los 18 meses, el niño debe ser capaz de caminar y correr, recoger juguetes mientras camina, desvestirse, beber de una taza de café y alimentarse con una cuchara. A los 2 años de edad, el niño puede pararse en puntas, correr más rápido, patear una pelota y arrojar una pelota. A los 3 años, el niño corre fácilmente, sube gradas, puede dibujar un círculo y construir una torre con 6 bloques. Cuando el niño inicia la escuela, comienza a mejorar en la coordinación motora fina y a manipular el lápiz mientras dibuja y colorea. A los 5 años, el niño debe ser capaz de pararse en un solo pie por 10 segundos o más y a mejorar sus capacidades motoras finas. A partir de los 6 años los niños mejoran la precisión en los distintos movimientos y tienen mayor coordinación, algunos tendrán excelentes habilidades para los deportes, mientras que otros tocarán instrumentos o les gustará el dibujo (Duckman, Schnell, & Taub, 2020).

A los infantes les gusta mover sus ojos y cuerpo en dirección de las cosas y personas que los atrae e interesa; además desarrollan destrezas para acercarse a las cosas y mueven objetos cercanos a ellos. En otra publicación se afirma que, a los 6 meses de edad, muchos infantes comienzan a alcanzar objetos rápidamente pueden alimentarse ellos mismos de galletas, ellos tratan de alcanzar objetos que ya están más alejados, también pueden mirar desde la mano hacia el objeto que desean coger, a seguir el movimiento de sus manos con los ojos y comienzan a tocar los objetos con su dedo índice. Después de los 6 meses, los infantes pueden manipular una taza y a

sostenerla por su asa, empiezan a alcanzar objetos con un brazo; a partir de los 8 meses la destreza motora mejora y los infantes pueden emplear el agarre de pinza para sostener pequeños objetos, ellos pueden aplaudir y mover sus manos como saludo, transferir cosas de una mano a otra y coger varios objetos juntos (Kumar, 2015).

La coordinación visual y manual proporciona información sumamente útil acerca del objeto como: su tamaño, forma, localización del lugar de agarre para determinar la fuerza necesaria de la punta de los dedos para sostenerlo; incluso en tareas pequeños los ojos se mueven hacia otros lugares para localizar otros objetos cercanos con la finalidad de poder obtener información adicional para reajustar errores de movimiento y conseguir movimientos visomotrices más organizados. En las tareas de secuencias la coordinación ojo-mano se presenta en situaciones cinemáticas (conversión de un movimiento en otro) que se manifiesta en el cambio de dirección de un movimiento o cuando al pasar se percibe algo relevante; de esta manera se relaciona con las tareas de búsqueda orientada de los ojos y su relación con el movimiento planificado de las manos. Existe un sistema de retroalimentación en el que los errores entre la señal motora de salida y los resultados percibidos por el sentido de la vista son muy útiles para corregir los movimientos; la coordinación de los ojos y las manos tiene una tendencia a volver a fijar sobre un objeto determinado para recordar su forma o sustituir cambios en su forma o geometría en tareas de dibujo que impliquen una entrada de información visual al cerebro y una respuesta que consiste en el movimiento de la mano para copiar en el papel lo que se ha percibido. En tareas más precisas, en las que existen estímulos visuales, el tiempo empleado para ejecutar un movimiento se incrementa linealmente por la Ley de Fitts (Scheiman & Wick, 2020).

El control neurológico de la coordinación ojo-mano es complicado porque incluye cada parte del sistema nervioso central implicado en la visión, en los movimientos de los ojos, el contacto y control de la mano, como son los ojos, la corteza cerebral con sus áreas de la corteza frontal y parietal para controlar los movimientos sacádicos de los ojos, el alcance de las manos y la planificación de los movimientos durante las tareas; además se necesita de las estructuras subcorticales como son: el cerebelo, ganglio basal y el bulbo raquídeo, médula espinal y el sistema nervioso periférico. El área parieto occipital está involucrada en la transformación de la entrada visual periférica

para alcanzar con las manos o en la coordinación ojo-mano, esta región tiene subdivisiones para alcanzar, agarrar y realizar los movimientos sacádicos. La corteza parietal posterior es fundamental en actividades de propiocepción y en la transformación de entrada de información sensorial motora para planificar y controlar el movimiento en relación a la entrada de información visual y a la coordinación de los ojos y las manos (Scheiman & Wick, 2020).

Cuando existen problemas en la coordinación ojo-mano, esto se puede manifestarse en la escritura en la que existen problemas con el control del lápiz al iniciar y parar en un punto correcto, así como puede existir una sobre reacción o una baja reacción, dificultad para copiar del pizarrón o de libros, problemas para pintar o escribir dentro de líneas, lentitud y frustración al usar el lápiz y el papel. Las habilidades de la escritura dependen de una adecuada coordinación ojo-mano, así como también de habilidades visuales perceptivas como: la percepción del tamaño, percepción de figura y fondo, memoria secuencial y la visualización.

Los problemas de coordinación ojo-mano deben ser diagnosticados y tratados tempranamente para minimizar el impacto en las habilidades funcionales como es en la escritura, cuando un niño es diagnosticado con un problema visomotor no necesariamente significa que exista un trastorno en el sistema visual, ni tampoco en el control motor, más bien el problema se presenta en la comunicación entre el sistema visual y el sistema motor. Una vez que los problemas de coordinación entre el sistema visual y motor son diagnosticados se debe realizar un programa de terapia visual individualizada que permita trabajar el sistema visual, cerebro y extremidades superiores, que contribuya a aumentar la velocidad del sistema visual y motor, a tener una mejor legibilidad durante las actividades de escritura a mano, optimizar las habilidades de integración visual y motora y a perfeccionar las actividades deportivas (Scheiman & Wick, 2020).

Los investigadores identificaron un período sensible cuando las experiencias tienen una influencia fuerte y duradera; este período sensible termina al aparecer sustancias químicas que estabilizan las uniones e inhiben los comienzos de los axones. Adicionalmente, la plasticidad cortical es mayor a edades tempranas de la vida, pero nunca termina. La mayoría de las neuronas en la corteza visual responden

a los dos ojos, existiendo áreas correspondientes para ambos ojos, la comparación de la información visual de cada ojo permite conseguir estereopsis o visión con profundidad. La disparidad entre lo que ve el ojo derecho y el izquierdo, produce la percepción de profundidad; las experiencias visuales que una persona puede tener, son el resultado de la complejidad de las conexiones y de las interacciones entre una gran cantidad de neuronas, así como también son el resultado de años de vivencias visuales; las experiencias visuales se caracterizan por reafirmar la visión binocular, mientras que experiencias anómalas la alteran y tienen un mayor efecto durante el período sensible que después de este (Kalat, 2016).

Es de suma importancia considerar las capacidades y habilidades de los niños, el rol que tiene la familia en su desarrollo, la escuela y la sociedad que lo rodea, para lograr que el niño avance en el nivel escolar, por lo que se considera que la educación parvularia puede contribuir a mejorar las habilidades de los niños. Durante la fase de aprendizaje de la lectura se requiere que varios factores estén establecidos: la agudeza visual sea correcta para que se puedan observar claramente estímulos de menor tamaño como son las palabras, la identificación de la pronunciación de los fonemas y la memoria acústica de las palabras para que el niño pueda relacionar diferentes palabras cuando las escucha, así como también aprender y reconocer los símbolos que representan a las letras cuando se las escribe. La adquisición de una adecuada escritura, requiere que el niño tenga una correcta motricidad fina, una adecuada capacidad para mover cada uno de los dedos de la mano de forma individualizada, así como también un correcto movimiento de las manos, un adecuado control muscular y de postura del cuerpo y que el aprendizaje del lenguaje sea apropiado para que los niños puedan entender lo que se encuentra escrito y que puede indicar el concepto de las palabras. Tanto para la lectura como para la escritura se necesita que el niño tenga un correcto desarrollo cognitivo para que sea capaz de emplear las letras como símbolos y comprender la organización del espacio para la conversión de símbolos en letras y sonidos (Chadwick, Condemarín, Gorostegui, & Milicic, 2016).

El aprendizaje es la modificación de la conducta y la mente, ante la exposición continúa a diferentes experiencias dentro del entorno, en el que una persona se desenvuelve. El científico, Iván Pavlov estableció la conducta del aprendizaje mientras

realizaba experimentos con perros, él encontró que ciertas conductas pueden ser aprendidas a medida que se las enseña continuamente. Las manualidades son muy útiles para entrenar movimientos de los dedos y de las muñecas, ya que constituyen las tareas del diario vivir, como es tomar un vaso para beber agua o alcanzar un objeto; además ayudan a mejorar la escritura y la lectura, con lo que se mejora la capacidad cognitiva de los niños durante su etapa escolar. Las manualidades también ayudan a desarrollar la creatividad, esto se puede apreciar cuando se sostiene un pincel para pintar o colores para dibujar, adicionalmente los niños pueden crear con sus manos cosas, ya sea al usar sus dedos para transformar la plastilina en diferentes figuras. Las destrezas cognitivas y psicomotrices, no son innatas, sino que se van desarrollando a medida que el ser humano crece y mientras más se trabaje con los manos y se observen los objetos que se quieran alcanzar, la coordinación ojo-mano se potencializará (Díaz & Latorre, 2015).

El crecimiento de los seres humanos comprende las fases de su desarrollo en función de la edad, inicia desde su nacimiento, niñez hasta su madurez. El científico, Jean Piaget identificó que los bebés emplean sus capacidades sensitivas y motoras, para comprender su entorno y aumentar sus experiencias; cuando el niño utiliza sus manos para alcanzar objetos y detectar sus texturas y formas, obtiene mayor información de su mundo. Las etapas del desarrollo de la inteligencia según Piaget se definen de la siguiente manera: hasta los 2 años se considera la fase de la inteligencia sensorial y motriz, se establece que el niño conoce el entorno que le rodea, en base a los estímulos visuales, sensoriales y auditivos; en la etapa de 2 a 7 años, se desarrolla el período pre operacional, en el que el niño obtiene destrezas cognitivas, mejoramiento en el habla y desenvolvimiento en los juegos. En la etapa de 7 a 11 años, se presenta el período de operaciones intelectuales, en el cual el niño emplea la lógica y la comprensión matemática (Encalada & Morales, 2017).

El científico David Gallahue relacionó las fases del desarrollo motor en función de la edad de los niños y manifestó que: cuando las capacidades motoras no se desarrollan correctamente, los movimientos de coordinación serán más difíciles de aprender. De esta forma, Gallahue indicó que, hasta el primer año de vida, se desarrollan los movimientos reflejos arcaicos y reflejos que le permiten estar de pie, en esta etapa se manifiesta la motricidad involuntaria y automática, ocasionada por estímulos a los

sentidos, mientras que el sistema nervioso continúa con su perfeccionamiento. A la edad de 1 a 2 años, se manifiestan los movimientos rudimentarios, se inhiben los reflejos automáticos e inicia el estado de pre control; en esta etapa los niños comienzan a manipular objetos y a dirigir el movimiento, realizando desplazamientos locomotores en el ambiente en el que el niño se encuentra. A la edad de 2 a 7 años, se presentan los movimientos fundamentales y aparecen los desplazamientos voluntarios más complejos como son: caminar, correr y lanzar pelotas al aire. Entre los 7 a 15 años, se observa los movimientos referentes a deportes y se considera la fase de especialización, en el que los movimientos tienen finalidades definidas para el desempeño deportista y para realizar actividades artísticas (Encalada & Morales, 2017).

La motricidad es la capacidad cognitiva que tienen los niños para desenvolverse en el entorno que los rodea, empleando los movimientos de sus manos o de su cuerpo para mejorar su conocimiento y habilidades, durante la fase del aprendizaje. La enseñanza psicomotriz tiene la finalidad de ayudar que el niño potencia sus habilidades motoras, intelectuales y perceptivas, mediante el entrenamiento de los movimientos de diferentes partes del cuerpo. El retraso en las habilidades motoras y cognitivas provocan problemas en el crecimiento, aprendizaje y desenvolvimiento del niño; por eso es importante diagnosticar los problemas psicomotrices en edades tempranas mediante exámenes durante los 3 primeros años de vida. La coordinación fina es la habilidad que tienen los niños al usar sus manos y dedos, para agarrar un objeto o para señalarlo, se presenta cuando se emplean herramientas o se sostiene utensilios, en los que los movimientos son pequeños y requieren de precisión; esta destreza se mejora con el crecimiento del niño, las experiencias y los estímulos percibidos durante su niñez (Encalada & Morales, 2017).

Hace cuarenta años los profesionales de salud visual aconsejaban que los padres trajeran a los niños para ser examinados a la edad de 5 años, puesto que en aquel tiempo se creía que los niños no podían ver bien al nacimiento y que no podían alcanzar la agudeza visual de 20/20 hasta la edad de 5 años. Adicionalmente, los niños no eran muy bien recibidos en las salas de optometría porque existían muy pocos test prácticos que pudieran indicar si el niño podía o no podía ver y los practicantes se sentían incompetentes e intimidados cuando trabajaban con niños

pequeños. De esta forma los exámenes visuales eran típicamente referidos hasta la edad en que los niños ingresaban a la escuela, a la edad de 5 años; los optómetras podían esperar conseguir una medida de agudeza visual, así como también determinar la alineación de los ojos, la refracción y la salud ocular. Al final del año de 1960 y al inicio de 1970 en base a las observaciones hechas por Robert Fantz en relación a las preferencias visuales de los infantes, la psicología experimental comenzó a probar la función visual de los infantes y conforme se recolectaba información y se publicaba se produjo mayor interés por continuar investigando acerca de la función visual de la población joven. Lentamente los científicos comenzaron a darse cuenta que los infantes eran significativamente más capaces visualmente de lo que se pudo haber pensado. Las medidas psicométricas son necesarias para el estudio científico, pero debido a que requerían de demasiado tiempo fueron dejadas para la utilidad clínica; por algún tiempo las técnicas empleadas fueron desarrolladas dentro de los laboratorios para medir la capacidad visual de los infantes y permanecieron en los laboratorios. En 1980 ya existía información suficiente que fue recolectada para establecer las normas y los lineamientos de los procedimientos de laboratorio. Con las normas establecidas para los recién nacidos y los niños, los procedimientos pudieron reducirse y los resultados pudieron ser alcanzados. Se desarrolló la técnica conocida como mirada preferencial de elección forzada, la cual se basó en las observaciones de Robert Fantz a los infantes, cuando se les dio una elección ellos prefirieron mirar el campo visual con un patrón que un campo visual homogéneo con igual iluminación; esto constituyó la base del procedimiento de mirada preferencial que antes no se conocía lo que los infantes de diferentes edades eran capaces de visualizar. De esta forma todas las edades tuvieron que ser examinadas en base a un patrón psicométrico, esto tomó algunos años, pero después de haber recolectado y compilado suficiente información se establecieron tablas con normas de edad para infantes y niños de diferentes edades; se realizaron miles de pruebas en miles de bebés, niños y jóvenes. Se comenzó a realizar los delineamientos de las técnicas que permitan facilitar los procedimientos, esta técnica fue lentamente transformada a partir de un paradigma de laboratorio a un standard que se conoce actualmente como agudeza visual dentro de parámetros clínicos aplicables a infantes. Casi todos los parámetros de la función visual han sido probados de forma similar como son: la estereopsis infantil, fusión infantil, la función de la sensibilidad al contraste infantil, la visión del color, entre otros (Scheiman & Wick, 2020).

Los psicólogos experimentales han encontrado conductas en los niños que pueden ser generalizadas para todos, ellos crearon diseños experimentales para obtener la información visual, las técnicas desarrolladas fueron transformadas en herramientas clínicas confiables para evaluar la función visual infantil. Uno de los aspectos que se han aprendido a través de las investigaciones visuales infantiles es que los niños son altamente competentes y sofisticados visualmente de lo que se pensaba anteriormente. En muchas áreas de la función visual, los infantes de 6 meses de edad o más jóvenes pueden desempeñarse casi tanto como un adulto; se creía que los recién nacidos no podían acomodar para ver de cerca al nacimiento y la acomodación era de 5D, de esta forma los recién nacidos no podían ver más allá de 8 pulgadas; sin embargo las investigaciones recientes han demostrado que los recién nacidos pueden acomodar, que la respuesta acomodativa no es exacta como la de los adultos y a los 2 o 3 meses de edad las respuestas acomodativas se aproximan a la exactitud del adulto (Scheiman & Wick, 2020).

Como resultado del conocimiento de las capacidades visuales infantiles y el desarrollo de herramientas clínicas para evaluarlas, se ha comenzado a dar mayor importancia la evaluación de la visión de los niños en edades cada vez más tempranas. De esta manera es ampliamente recomendado que los niños deberían tener su primer examen ocular a los 6 meses de edad y no a los 5 años como usualmente se recomendaba en 1970. La Academia Americana de Pediatría, la Asociación Americana para Oftalmología Pediátrica y Estrabismo, la Academia Americana de Oftalmología y la Asociación Americana de Optometría, han establecido que el primer examen visual a los niños debería realizarse a los 6 meses de edad, puesto que los infantes ya tienen función visual cercana a la del adulto en muchas áreas a esta edad. Cuando se diagnostican problemas visuales tempranamente, existe mayor probabilidad de restablecer la función visual normal antes que la pérdida visual por privación suceda y el tratamiento puede comenzar lo más antes posible. A partir de las últimas cuatro décadas se comenzó a entender como es la precocidad del sistema visual infantil y como se ha subestimado sus capacidades (Scheiman & Wick, 2020).

Muchas veces la identificación temprana de una patología ocular puede mejorar el resultado físico y funcional, con las herramientas actuales para identificar e intervenir en los problemas visuales se puede restablecer la función visual y por tanto mejorar

la calidad de vida de los niños, si existe una incapacidad visual que no permite que el infante tenga suficientes capacidades de resolución para ver los objetos en el espacio, el niño perderá el interés y no levantará la cabeza y el torso, esto tendrá un impacto significativo en el desarrollo de la musculatura superior del cuerpo (Scheiman & Wick, 2020).

La visión maneja el desarrollo de otros sistemas más allá del sistema visual y por tanto las anomalías visuales pueden impactar muchas áreas de desarrollo. Los períodos de la infancia son los más plásticos y maleables, la privación durante estos períodos de tiempo tendrá un mayor impacto que una privación igual en un niño de 7 años, adolescente o un adulto. El diagnóstico temprano de los problemas visuales puede tener un gran impacto en la función visual, en la función motora, en el desarrollo cognitivo, en el aprendizaje y en su desarrollo; el optometrista debe ser capaz de diagnosticar e intervenir cuando una anomalía es identificada, ya que esto es esencial para alcanzar la visión normal en infantes y niños con anomalías visuales. Sin embargo, en la actualidad existen pocas herramientas y recursos para poder realizar la evaluación de todos los infantes, por lo que es importante el entrenamiento de los optómetras para incrementar su conocimiento, habilidad y comodidad al cuidar las necesidades visuales de los niños (Scheiman & Wick, 2020).

El sistema nervioso se clasifica en dos partes: sistema nervioso central compuesto del cerebro y médula espinal y el sistema nervioso periférico conformado por los nervios y ganglios, ambos funcionan conjuntamente. El sistema nervioso periférico lleva la información de los diferentes tejidos del cuerpo al sistema nervioso central y además lleva las instrucciones del sistema nervioso central que cambian las actividades del cuerpo. El sistema nervioso periférico transmite la información por medio de dos vías: la vía aferente y eferente; por medio de la vía aferente se transmiten los potenciales de acción de los receptores sensoriales hacia el sistema nervioso central, esto se realiza a través de las neuronas sensoriales. La vía eferente transmite los potenciales de acción del sistema nervioso central hacia los órganos efectores es decir hacia los elementos que van a efectuar una acción de movimiento o de expresión, tales como los músculos y las glándulas; esto se produce gracias a las neuronas motoras (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

La vía eferente o motora a su vez se clasifica según el efector que es inervado en: sistema nervioso somático que conduce potenciales de acción del sistema nervioso central hacia los músculos esqueléticos y en sistema nervioso autónomo, que transmite potenciales de acción desde sistema nervioso central hacia el músculo cardíaco, músculo suave y glándulas; de la misma manera el sistema nervioso autónomo se clasifica en simpático y parasimpático. Una única subdivisión del sistema nervioso periférico constituye el sistema nervioso entérico, el cual incluye a neuronas sensoriales y motoras localizadas completamente en el tracto digestivo y tiene la capacidad de funcionar sin contribución del sistema nervioso central u otras partes del sistema nervioso periférico, aunque está integrado con el sistema nervioso central por las neuronas sensoriales y las motoras (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El sistema nervioso está constituido por dos clases de células que son: las neuronas y las células gliales; las neuronas son células nerviosas que reciben estímulos, transmiten potenciales de acción y conducen señales a órganos efectores o a diferentes neuronas, se encuentran conformadas por cuerpo en el que se halla el núcleo con su material genético y organelos, dendritas que son capaces de recibir información de otras neuronas o de receptores sensoriales y axones que transmiten potenciales de acción de un área del cerebro o de la columna vertebral, que se encuentran envueltos por mielina y que pueden transferir potenciales de acción hacia el sistema nervioso central cuando son axones de neuronas sensoriales o pueden transferir potenciales de acción fuera del sistema nervioso central cuando son axones de neuronas motoras.

Las neuronas se pueden clasificar desde el punto de vista funcional en: neuronas sensoriales encargadas de llevar información del cuerpo al sistema nervioso central y neuronas motoras que llevan información del sistema nervioso central al cuerpo. Desde el punto de vista estructural se clasifican en multipolares cuando tienen muchas dendritas, un único axón y mayoritariamente corresponden a las neuronas motoras, en bipolares cuando tienen una dendrita y un axón y en pseudounipolar cuando tienen una única extensión (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Las células gliales o neuroglia son el principal soporte de las células del sistema nervioso central y periférico, no conducen potenciales de acción son más numerosas

que las neuronas, tienen la capacidad de dividirse, existen cinco tipos de células gliales: astrocitos que estimulan o inhiben la señal de neuronas cercanas y contribuyen a limitar el daño al tejido neural, forman la barrera sanguínea del cerebro entre la sangre y el sistema nervioso central; las células ependimales producen líquido cefalorraquídeo que rellena las cavidades del sistema nervioso central; la microglía que actúa como célula del sistema nervioso central, ayuda a proteger el cerebro removiendo bacterias y células de desecho; los oligodendrocitos se ubican en el sistema nervioso central y las células de Schwann en el sistema nervioso periférico que proporcionan tejido de aislamiento que envuelve a los axones (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El sistema nervioso central y periférico almacena espacios de materia gris y blanca, la materia gris contiene agrupaciones de los cuerpos y dendritas de las neuronas, toma el nombre de corteza al ubicarse en la superficie del cerebro; la materia blanca está compuesta de los axones de las neuronas junto con sus coberturas de mielina que le proporcionan el color blanco y forma los caminos de conducción que transmiten potenciales de acción que está asociado con el tejido conectivo de los nervios. Todas las células se caracterizan por sus propiedades eléctricas, la parte interna de las membranas celulares tienen carga negativa en relación con la parte externa lo que la convierte en una membrana polarizada.

Una célula en reposo tiene un potencial o voltaje diferencial de membrana en reposo debido a varios factores: una alta concentración de potasio dentro de la membrana celular, una alta concentración de sodio fuera de la membrana celular y más alta permeabilidad de la membrana al potasio que al sodio por la diferencia en el número de canales iónicos abiertos, puesto que los iones no se desplazan libremente por la membrana y más bien deben fluir a través de canales iónicos a causa de las diferentes concentraciones iónicas (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Los canales cerrados se abren en presencia de neurotransmisores, químicos o por un cambio en el potencial de membrana, iones de potasio cargados positivamente fluyen hacia afuera de la célula por los canales iónicos haciendo que la carga interna de la membrana celular se haga más negativa y las moléculas cargadas positivamente comienzan a atraer a los iones positivos de potasio dentro de la célula. La bomba

sodio potasio ayuda a mantener una mayor concentración de sodio fuera de la membrana celular y de potasio dentro de la membrana (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Las células musculares y nerviosas son células excitables cuyo potencial de membrana en reposo cambia cuando se presenta un estímulo que abra los canales iónicos de sodio e ingrese sodio dentro de la célula provocando que se despolarice es decir que la membrana celular se cargue positivamente, debido a una carga contraria los canales de potasio comienzan a abrirse y los de sodio a cerrarse, los iones de sodio dejan de ingresar a la célula y el potasio sale provocando que la membrana se repolarice y se cargue más negativamente que en reposo produciendo una hiperpolarización; tanto la repolarización como la despolarización son potenciales de acción que se activan cuando se alcanza el valor umbral.

La médula espinal está formada superficialmente de materia blanca y profundamente de materia gris, se extiende desde el agujero magno en la base del cráneo hacia la segunda vértebra lumbar, la comunicación de los nervios espinales se produce entre la médula espinal y el cuerpo. La materia blanca se distribuye en tres columnas dorsal, ventral y lateral, cada columna tiene caminos ascendentes y descendentes, los caminos ascendentes contienen los axones de las neuronas que conducen potenciales de acción hacia el cerebro; en tanto que los caminos descendentes tienen a los axones que propagan potenciales de acción fuera del cerebro (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Los cinco principales nervios surgen del plexo braquial para abastecer el miembro superior y el hombro que se origina en los siguientes nervios espinales: quinto cervical y primero torácico. El nervio axilar inerva a dos músculos del hombro y a la piel que cubre una parte del hombro; el nervio radial inerva a todos los músculos de la parte posterior del brazo, antebrazo y a su vez a la piel de la superficie posterior del brazo, antebrazo y mano (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El nervio músculo cutáneo inerva a los músculos anteriores del brazo y a la piel que cubre la superficie radial del antebrazo. El nervio cubital inerva a dos músculos anteriores del antebrazo y a la mayoría de los músculos intrínsecos de la mano, así

como a la piel sobre el lado cubital de la mano. El nervio medio inerva a la mayoría de los músculos anteriores del antebrazo, a algunos músculos intrínsecos de la mano y a la piel encima del lado radial de la mano (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El tronco encefálico une la médula espinal con el cerebro, consiste de la médula oblonga, mesencéfalo y puente de Varolio, adicionalmente contiene núcleos involucrados en funciones vitales como el control del pulso del corazón, presión sanguínea y respiración. La médula oblonga se encuentra en la parte inferior del tronco encefálico y continúa con la médula espinal, se encarga de controlar los latidos del corazón, la espiración, balance y coordinación; a lo largo de su parte anterior se presentan las pirámides con caminos nerviosos descendentes para transmitir señales del cerebro a las neuronas motoras de la médula espinal que controlan voluntariamente a los músculos esqueléticos. Encima de la médula oblonga se halla el puente de Varolio que se caracteriza por tener vías nerviosas ascendentes y descendente, se encarga de realizar las actividades respiratorias, salivación, balance y control (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El mesencéfalo se ubica encima del puente de Varolio, está conformado por los núcleos que permiten las actividades de coordinación de los movimientos oculares, regulación del diámetro de la pupila y el manejo de la acomodación. En su parte posterior se observan cuatro colículos, los dos inferiores para realizar las funciones auditivas, mientras que los dos superiores son empleados en las percepciones visuales, auditiva y táctil; además incluye a la substancia negra, la cual está involucrada en el manejo de los movimientos del cuerpo (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El cerebelo se une con el tronco encefálico por medio de los pedúnculos cerebelosos, se encuentra involucrado en controlar el balance y el tono muscular, así como también la coordinación de movimientos finos, cuando se produce un daño en el cerebelo el tono muscular disminuye y los movimientos finos son torpes. Su función principal es de comparar la información de la corteza motora y de las estructuras periféricas; los potenciales de acción de la corteza cerebral motora bajan en dirección a la médula espinal para producir movimientos voluntarios, a su vez se transmiten desde la corteza motora hacia el cerebelo para dar a conocer el movimiento que se pretende realizar.

Otra función del cerebelo es la participación junto con el cerebro en el aprendizaje de destrezas motoras, una vez que el cerebro y el cerebelo aprenden estas destrezas los movimientos se realizan de forma coordinada y automática (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El cerebro está dividido en dos hemisferios por la fisura longitudinal, cada hemisferio a su vez se divide en lóbulos: lóbulo frontal para regular las funciones motoras voluntarias, la motivación, olfato y recepción, el lóbulo parietal representa el principal punto receptor de las funciones sensoriales como el tacto, dolor, temperatura y el balance, el lóbulo occipital se caracteriza por recibir información visual, el lóbulo temporal se encarga del olfato, audición y la memoria (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El sistema nervioso central recibe estímulos internos y externos del cuerpo hacia el cerebro y cerebelo para que el sistema nervioso central maneje las funciones motoras. Las vías ascendentes llegan a áreas sensoriales primarias o específicas de la corteza cerebral como es la corteza visual que se encuentran en el lóbulo occipital, las fibras sensoriales se encargan de transportar información sensorial como: el dolor, temperatura y las neuronas sensoriales transmiten a la corteza sensorial somática primaria. Las áreas corticales cercanas a las áreas sensoriales primarias se conocen como áreas de asociación que se relacionan con el método de reconocimiento. Los potenciales de acción sensorial se inician en la retina del ojo, llegan a la corteza visual en donde se percibe la imagen, los potenciales de acción se dirigen al área visual de asociación para que la información visual sea comparada con experiencias visuales anteriores y que se pueda decidir si la información visual es importante.

El sistema motor del cerebro y de la columna vertebral es responsable de mantener la postura y balance del cuerpo, así como también del movimiento del tronco, cabeza, miembros, lengua, ojos y comunicación a través de expresiones faciales y discurso, Los reflejos mediados a través de la medula espinal y del bulbo raquídeo son responsables de los movimientos del cuerpo. Los movimientos involuntarios ocurren son inconscientes, los movimientos voluntarios por otro lado son conscientes activados por una meta específica (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

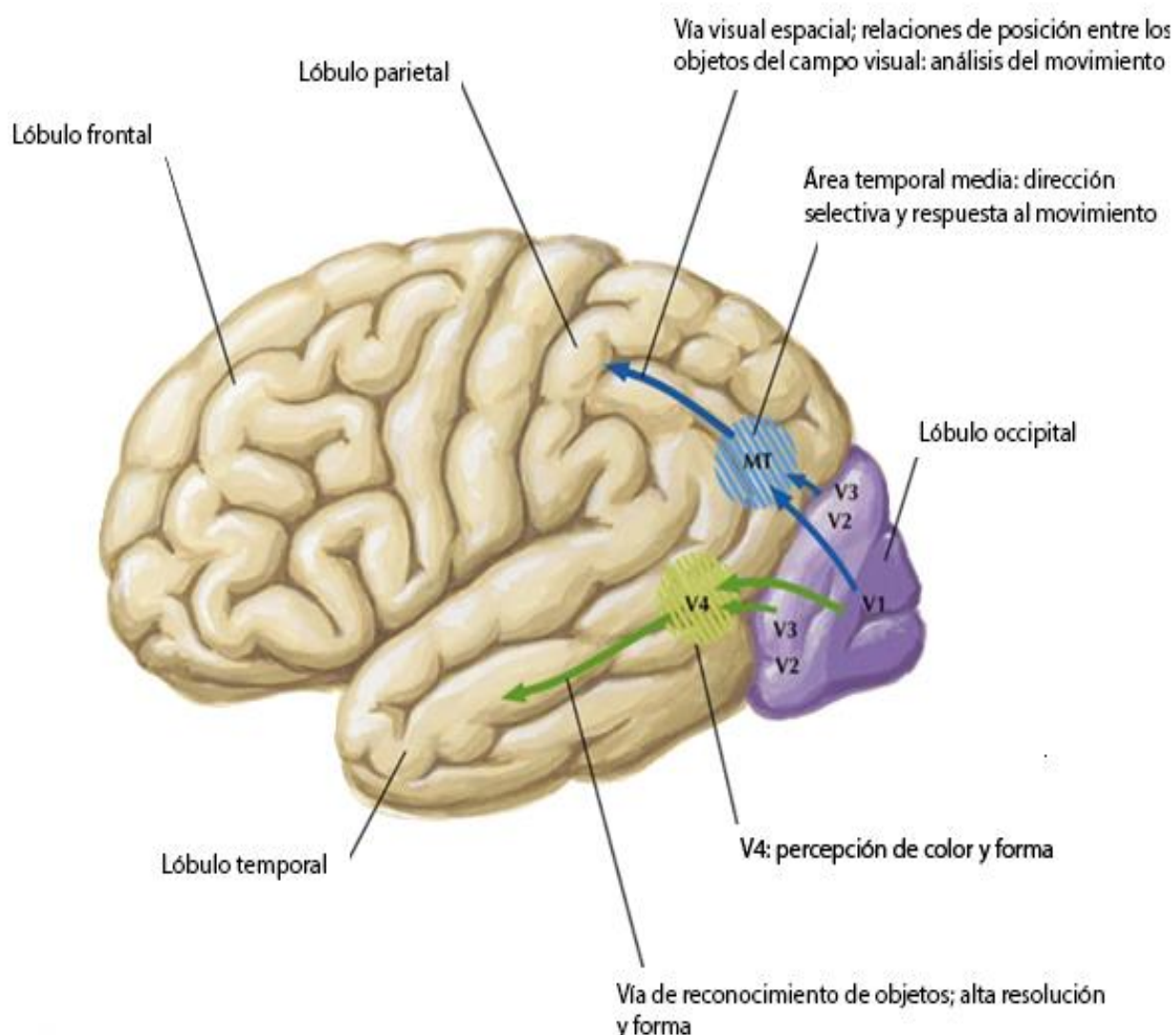
Los movimientos voluntarios resultan de la estimulación de las neuronas motoras superiores e inferiores, las neuronas motoras superiores tienen cuerpos celulares en la corteza cerebral. Los axones de las neuronas motoras superiores tienen vías descendentes que conectan a neuronas motoras inferiores. Las neuronas motoras inferiores tienen cuerpos celulares en las partes anteriores de la materia gris de la médula espinal o en los núcleos de los nervios craneales; los axones dejan el sistema nervioso central y se extienden a través de los nervios craneales y espinales hacia los músculos del esqueleto. Las neuronas motoras inferiores forman las unidades motoras (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

La corteza motora primaria es localizada en la parte posterior del lóbulo frontal y anterior al sulco central, los potenciales de acción controlan los movimientos voluntarios de los músculos del esqueleto. Los axones de las neuronas motoras superiores se proyectan desde regiones específicas de la corteza hacia partes del cuerpo. El área premotora del lóbulo frontal es en donde las funciones motoras se organizan antes de que se inicien en la corteza motora primaria. Los potenciales de acción pasan a las neuronas motoras superiores de la corteza motora primaria para iniciar con los movimientos planeados (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

La vía cortico espinal se puede considerar directa ya que se dirige desde las neuronas motoras superiores de la corteza cerebral hacia las neuronas motoras en la médula espinal. Las vías descendentes controlan diversas clases de movimientos. Las vías en las columnas laterales manejan los movimientos dirigidos de los miembros superiores para alcanzar y manipular objetos. La vía lateral cortico espinal inicia en la corteza cerebral y desciende hacia el tronco encefálico, en la parte inferior de las pirámides de la médula oblonga los axones se cruzan al lado opuesto del cuerpo y siguen hacia la médula espinal, este cruce de los axones provoca que el lado izquierdo del cerebro maneje a los músculos esqueléticos del lado derecho del cuerpo, las neuronas motoras superiores se unen a interneuronas que a su vez se unen con neuronas motoras inferiores en el tronco encefálico o médula espinal y los axones de estas neuronas se prolongan hacia la fibra muscular; esta vía se encarga de dirigir la velocidad y precisión de los movimientos de destreza de las manos. El núcleo basal se encarga de planificar y controlar los movimientos motores de coordinación y postura, se une al tálamo y a la corteza cerebral por medio de circuitos neuronales

complejos que tienen realimentación de estimulación para ayudar a que se produzca el inicio de un movimiento muscular voluntario o de inhibición de los movimientos musculares antagonistas u opuestos y para disminuir el tono muscular cuando el cuerpo, los brazos y la cabeza se encuentran en una posición de descanso (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Figura 1. Vías visuales de lóbulos cerebrales.



Fuente: (Felten, O`Banion, & Summo, 2017).

Los potenciales de acción de neuronas propioceptivas que llegan al cerebelo inervan juntas, tendones y músculos para dar a conocer información de la posición de las

partes del cuerpo, el cerebelo compara información acerca del movimiento que se pretende realizar de la corteza motora y de la información sensorial de las estructuras en movimiento, si detecta una diferencia el cerebelo envía potenciales de acción las neuronas motoras de la corteza motora y a la médula espinal para corregir esta diferencia. Como resultado se obtiene un movimiento suave y coordinado (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Las principales funciones del sistema muscular son: contracción de los músculos esqueléticos responsables del movimiento de los miembros superiores para la manipulación de objetos con las manos, producción de calor que se elimina fuera del cuerpo al realizarse la contracción de los músculos y que es fundamental para mantener la temperatura corporal del cuerpo. El músculo esquelético está asociado al tejido conectivo, constituye aproximadamente el 40% del peso del cuerpo, se encuentra unido al sistema esquelético y es también conocido como músculo estriado, ya que a través del microscopio se pueden observar bandas transversales o estrías. Se caracteriza por presentar cuatro características funcionales: contractibilidad, extensibilidad, excitabilidad y elasticidad. La contractibilidad es la capacidad del músculo esquelético a encogerse enérgicamente durante la contracción, provocando movimiento de las estructuras a las que se encuentra unido; la contracción del músculo opuesto o la gravedad ocasionan que se forme una fuerza que hala al músculo contraído y provoca que se extienda. La extensibilidad es la característica del músculo esquelético a extenderse, después de una contracción los músculos esqueléticos pueden extenderse a su posición normal de reposo y más allá de esta posición hacia su posición límite. La excitabilidad es la habilidad que tiene el músculo esquelético para responder a los estímulos provenientes de los nervios que son controlados conscientemente, mientras que la elasticidad es la capacidad de retornar a su longitud de reposo original después de haber sido estirado (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El miembro superior está compuesto por los huesos del brazo, antebrazo, muñeca y mano; el brazo constituye el área comprendida entre el hombro y el codo, que a su vez contiene al húmero; la parte final del húmero tiene una cabeza suave y redondeada que se une a la escápula. El miembro superior se une al cuerpo por medio de músculos que unen la extremidad y el hombro al cuerpo y los del brazo, antebrazo

y mano. Los músculos que juntan la escápula al tórax y mueven la escápula son: trapecio, elevador de la escápula, romboide anterior y pectoral menor; estos músculos actúan como fijadores para sostener la escápula firmemente en su lugar cuando los músculos del brazo se contraen y permiten el desplazamiento de la escápula en diversas ubicaciones para aumentar el grado de movimiento del miembro superior (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El brazo se une al tórax por los músculos: pectoral mayor y dorsal ancho; el pectoral mayor aduce el brazo, flexiona el hombro y extiende el hombro de una posición flexionada; mientras que el músculo dorsal ancho rota hacia la línea media, aduce el brazo y extiende el hombro. El grupo de cuatro músculos, conocido como manguitos rotadores, une el húmero a la escápula y estabiliza la juntura al sostener la cabeza del húmero en la cavidad glenoidea durante los movimientos de los brazos en especial en abducción. El músculo deltoides se une por medio de la tuberosidad del deltoides, en la superficie lateral del húmero, se encarga de juntar el húmero a la escápula y a la clavícula, constituyendo el abductor principal del miembro superior y constituye la masa redondeada del hombro. El brazo puede ser dividido en compartimiento anterior y posterior, el músculo tríceps braquial es el extensor primario del codo y se ubica en el compartimiento posterior; en tanto que el bíceps braquial y el braquial se extienden en el compartimiento anterior y conforman los flexores primarios del codo (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El antebrazo posee dos huesos como son: el cúbito que se encuentra en la parte interna del antebrazo es decir en la misma línea del dedo meñique y el radio en la parte externa es decir en la línea del dedo pulgar. El final proximal del cúbito forma una escotadura troclear que se ajusta firmemente al final del húmero y forma la mayor parte de la juntura del codo. El final distal del cúbito tiene una cabeza que articula con los demás huesos de la muñeca y en la parte medial se halla la apófisis estiloides que sirve de unión para los ligamentos de la muñeca. El final proximal del radio tiene una cabeza por medio de la cual articula con el húmero y el cúbito, en la parte distal de la cabeza del radio se encuentra la tuberosidad radial en donde el bíceps braquial se une. De la misma manera, el final distal del hueso conocido como radio articula con los huesos de la muñeca y en su lado lateral se halla la apófisis estiloides del radio (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El braquiorradial es un músculo del antebrazo posterior que contribuye a flexionar el codo. La supinación del antebrazo o la colocación de la mano con la palma hacia arriba cuando se gira el antebrazo se realiza por medio del músculo supinador y el bíceps braquial que supina el antebrazo mientras se flexiona el codo. La pronación del antebrazo o la colocación de la palma de la mano hacia abajo, al girar el antebrazo se lleva a cabo por medio los músculos pronadores. Existen veinte músculos del antebrazo que se dividen en dos grupos: anterior y posterior, la mayoría de los músculos anteriores del antebrazo realizan la flexión de la muñeca y de los dedos; en tanto que los músculos posteriores del antebrazo desempeñan la función de la extensión. Existe una banda fibrosa, membranosa y fuerte conformada de tejido fibroso conocida como retináculo que cubre a los tendones flexores y extensores y que adicionalmente los sostiene en su lugar alrededor de la muñeca para que los tendones se mantengan en su posición durante la contracción muscular, el retináculo durante la contracción muscular no se deforma con la presión porque no tiene la capacidad de extenderse (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

La muñeca es un área pequeña entre el antebrazo y la mano, se encuentra formada por ocho huesos carpianos como son: escafoides, semilunar, pisiforme, trapecio, trapecoide, grande, piramidal y ganchoso. Los huesos de la mano se localizan en dos hileras con cuatro huesos cada una, formando una ligera curvatura cóncava en la parte anterior y convexa en la parte posterior. Los músculos flexores del carpo tienen la función de flexionar la muñeca, mientras que los extensores del carpo extienden la muñeca; el tendón del flexor radial del carpo es una referencia para la localización del pulso radial; los tendones de los extensores de las muñecas son visibles en la parte posterior del antebrazo.

Los cinco huesos metacarpianos se unen a los huesos de la mano, alineándose con los cinco dedos para integrar la estructura de la mano; las cabezas de los huesos metacarpianos que se relacionan con el pulgar y los otros dedos forman los nudillos de la mano. Cada dedo tiene tres huesos más pequeños llamados falanges, que en base a su ubicación en los dedos se dividen en proximal, medial y distal; en tanto que el dedo pulgar consta de dos falanges: la proximal y distal (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El músculo flexor de los dedos cumple la función de flexionar los dedos, por otro lado, la extensión de los dedos es desempeñada por el músculo extensor de los dedos cuyos tendones son visible en el dorso de la mano. El dedo pulgar tiene sus propios músculos flexores, extensores, aductores y abductores, el dedo meñique tiene algunos músculos similares. Existen diecinueve músculos llamados intrínsecos de la mano que se ubican dentro de la mano, los músculos interóseos se encuentran entre los huesos metacarpianos y se encargan de la aducción y abducción de los dedos. Incluso se encuentran otros músculos intrínsecos de la mano que permiten los diversos movimientos del pulgar y meñique, se ubican en la base de estos dedos y en el área entre los huesos metacarpianos del dedo pulgar y el índice (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Los sentidos constituyen los medios a través de los cuales el cerebro recibe la información del medio externo y del cuerpo, la sensación constituye el proceso que inicia con la estimulación de los receptores sensoriales que generan potenciales de acción que se transmiten a la médula espinal y al cerebro, el cerebro recibe constantemente muchos estímulos tanto internos como externos al cuerpo; la percepción se manifiesta cuando los potenciales de acción llegan a la corteza cerebral. Los sentidos se clasifican en dos grupos: los sentidos generales y especiales; los sentidos generales tienen receptores distribuidos en áreas grandes del cuerpo y que a su vez se clasifican en sentidos somáticos que dan información sensorial del cuerpo y del entorno y en sentidos viscerales que proveen información de órganos internos relacionados con el nivel de dolor y la presión. Los sentidos especiales constituyen: el gusto, olfato, vista, oído y tacto, están especializados en la estructura y localización de áreas específicas del cuerpo. Los receptores sensoriales son las terminaciones nerviosas sensoriales o células especializadas en responder a estímulos con la generación de potenciales de acción. Los receptores se diferencian en mecano-receptores que responden a estímulos mecánicos, los quimiorreceptores responden a estímulos químicos, los fotorreceptores responden a estímulos luminosos y los termo-receptores responden a cambios de temperatura (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El desarrollo del sistema visual comienza en la cuarta semana de gestación. Las estructuras oculares procederán del ectodermo y mesodermo sin participación del

endodermo. El primer esbozo del sistema ocular se aprecia a partir de la tercera a cuarta semana de gestación con la aparición de las vesículas y tallos ópticos a partir del prosencéfalo o cerebro primitivo (neuroectodermo). Dichas vesículas, al entrar en contacto con el ectodermo superficial, inducen la formación de las vesículas o cúpulas cristalinas hacia la cuarta y quinta semana, de donde procederán el cristalino y el epitelio corneal. Las vesículas ópticas se invaginan adquiriendo forma de cáliz y englobando a las cristalinas. Otra invaginación también se produce en la zona inferior del ojo, por lo que originalmente no será una estructura cerrada. En este punto se ve un ojo primitivo con una zona más anterior, donde el desarrollo del ectodermo superficial y las células de la cresta neural darán lugar a la diferenciación de diferentes estructuras. El ectodermo de superficie da origen al cristalino, glándula lagrimal, epitelio de la córnea, conjuntiva, glándulas accesorias y epidermis de los párpados; mientras que la cresta neural es responsable de la formación de los queratocitos del endotelio corneal, malla trabecular, estroma del iris y coroides, músculos ciliar, fibroblastos de la esclera, vítreo y meninges del nervio óptico, también de la formación del cartílago y hueso de la órbita, tejido conectivo orbitario, nervios, músculos extraoculares y capa sub epidérmica de los párpados. El ectodermo neural da origen al desarrollo de: la retina, epitelio pigmentario, m de la retina, epitelio pigmentario y no pigmentario del cuerpo ciliar, a los músculos dilatador y esfínter del iris, fibras del nervio óptico y glía. El mesodermo contribuye a la formación del vítreo, músculos extraoculares, músculos palpebrales, la órbita y al endotelio vascular. La apertura inferior o fisura coroidea permite la invasión del mesénquima, el cual es el derivado mesodérmico o tejido conectivo embrionario; esto origina las estructuras vasculares del ojo, los vasos hialoideos que involucionarán hasta desaparecer durante la vida fetal y los vasos definitivos que permanecerán tras la regresión de los primeros. El cierre de la fisura coroidea se presenta en la séptima y octava semana, aunque un pequeño desarrollo creciente inferior permanece sin cerrar hasta un período más avanzado (Augsburger & Riordan, 2018).

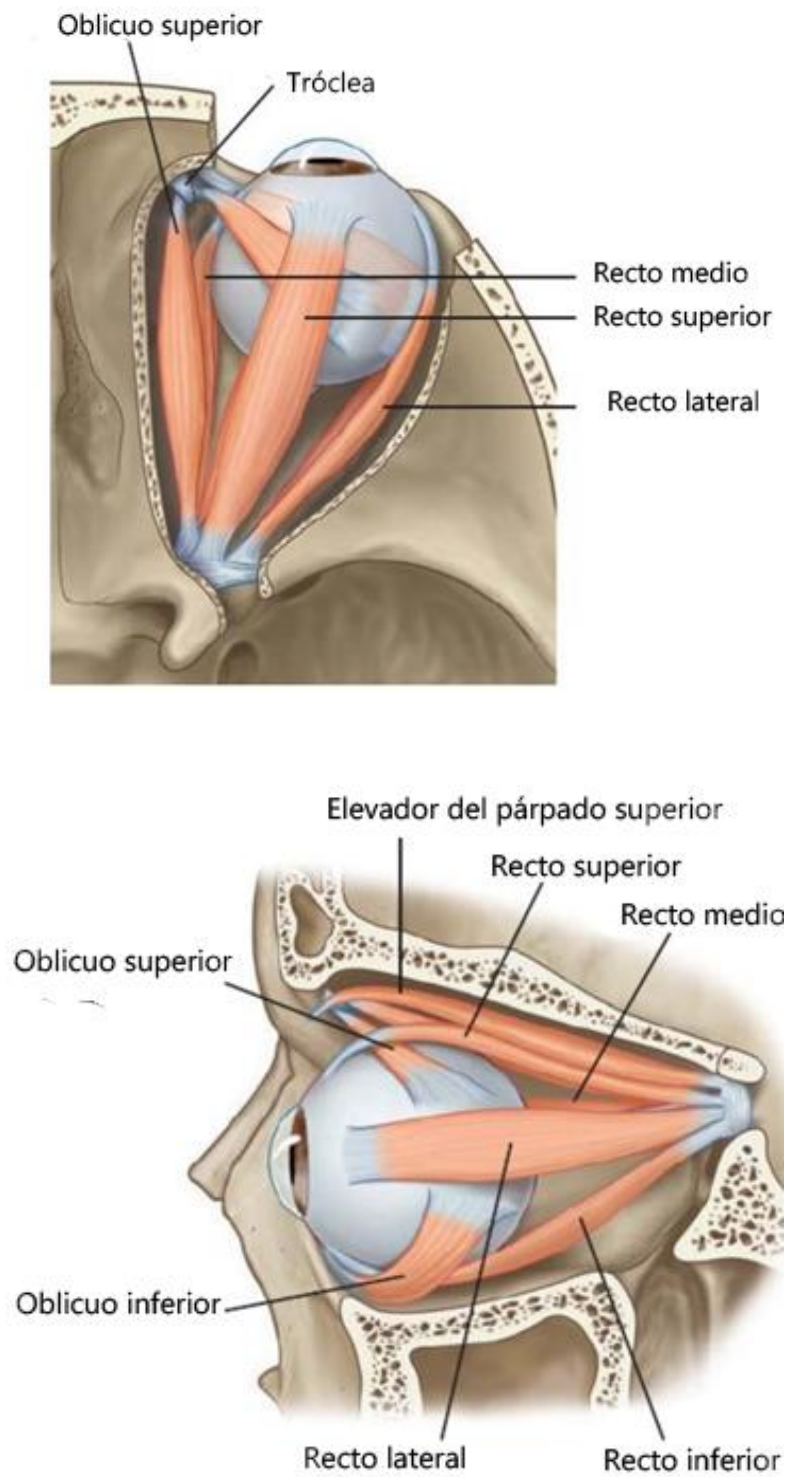
El sistema visual está conformado por los ojos, estructuras accesorias y neuronas sensoriales; la mayor parte de la información de nuestro entorno se obtiene a través del sistema visual. Los potenciales de acción llevan la información de los ojos hacia el cerebro. La educación depende del ingreso de información visual que incluye el movimiento, color, luz y oscuridad y de las habilidades para leer frases y números.

Las estructuras accesorias tienen la función de proteger, lubricar y mover los ojos, está compuesto por las cejas, párpados, conjuntiva, aparato lagrimal y los músculos extraoculares. Las cejas se encargan de proteger a los ojos al impedir que el sudor proveniente de la frente ingrese a los ojos y provoque irritaciones oculares y contribuyen a protegerlo de los rayos solares.

Los párpados junto con las pestañas protegen a los ojos de objetos extraños por medio del reflejo del parpadeo, si un objeto se acerca al ojo, los párpados se cierran rápidamente para protegerlo; el parpadeo ayuda a mantener el ojo humectado ya que las lágrimas se esparcen alrededor de la superficie ocular y se produce a razón de 20 veces por minuto. La conjuntiva es una capa mucosa, delgada y transparente que reviste el área interna de los párpados y la zona anterior del ojo; las secreciones de la conjuntiva contribuyen a lubricar la superficie ocular. El sistema lagrimal está integrado por la glándula lagrimal localizada en la parte temporal superior de la órbita, el conducto naso lagrimal y las estructuras asociadas en la esquina nasal inferior de la órbita. La glándula lagrimal secreta lágrimas que circulan en la zona anterior del ojo, la mayor parte del fluido producido por las glándulas lagrimales se evapora del ojo y el exceso de lágrimas ingresa a través de pequeños conductos conocidos como canaliculos lagrimales, pasa por el saco lagrimal hacia la cavidad nasal. Las lágrimas cumplen la función de humectar, limpiar los ojos y de inmunidad ya que presenta enzimas que ayudan a luchar contra infecciones oculares (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

El movimiento del ojo se desarrolla por medio de seis músculos esqueléticos conocidos como músculos extrínsecos del ojo o extraoculares; cuatro de estos músculos se dirigen desde la posición posterior de la órbita hacia su inserción en los cuatro cuadrantes del ojo, estos músculos son el recto superior, inferior, medio y externo; mientras que los otros dos músculos tales como: el oblicuo superior y oblicuo inferior se ubican en el ángulo del eje más largo del ojo (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Figura 2. Músculos extraoculares de los ojos, vista superior y lateral.



Fuente: (Drake, Mitchell, & Vogl, 2018).

Los nervios motores oculares comprenden: oculomotor (III par craneal), troclear (IV par craneal) y abductor (VI par craneal). El nervio oculomotor tiene dos grupos de neuronas, uno para el elevador del párpado superior y otro para el esfínter de la pupila y el músculo ciliar; su núcleo se ubica a nivel del colículo superior. Las unidades motoras oculares son pequeñas, contienen entre 5 a 10 fibras musculares, estas unidades se dividen en los siguientes grupos: en neuronas que forman un solo terminal e inervan fibras musculares que responden con la generación de contracciones rápidas y las neuronas que tienen múltiples terminales, que inervan a fibras musculares no contráctiles que responden con contracciones tónicas lentas. Las fibras musculares contráctiles están involucradas con los movimientos sacádicos o movimientos rápidos de los ojos, mientras que las fibras no contráctiles se relacionan con la fijación y la suavidad de los movimientos de seguimiento superior (Mtui, Gruener, & Dockery, 2016).

El movimiento conjugado de los ojos, desplazamiento coordinado de ambos ojos, se clasifica en dos tipos como son: de seguimiento de mirada y de fijación. En los movimientos de seguimiento, las áreas corticales y subcorticales son las responsables de los movimientos sacádicos y vergenciales. Los movimientos sacádicos son movimientos conjugados de alta velocidad, que redireccionan la fijación, a un nuevo objeto de interés, sobre la fóvea; en tanto que los movimientos vergenciales son movimientos disyuntivos en los que los ojos siguen un objetivo de lejos a cerca. En los movimientos de fijación, como las persecuciones suaves y reflejos vestíbulo oculares, el sistema visual realiza una retroalimentación entre la posición ocular y la ubicación del objeto que se desea mirar, esto permite mantener el objeto visualizado en la retina cuando el objeto o la persona se desplazan. Las persecuciones suaves se observan cuando los ojos siguen un objeto de interés, que se mueve lentamente en el campo visual, la velocidad del ojo es correspondiente con el objeto observado y se mantiene la agudeza visual, al mantener la imagen enfocada en la fóvea. Los reflejos vestíbulo oculares se caracterizan por: mantener la mirada en el objeto de interés, mientras se mueve la cabeza y depender del deslizamiento de la endolinfa en el laberinto cinético superior (Mtui, Gruener, & Dockery, 2016).

El campo en el que actúan los músculos se representa con la dirección de la vista, para cual los músculos se activan individualmente según el objetivo que se pretende

visualizar. Para que se produzca el movimiento de los músculos extraoculares se requiere de los siguientes elementos: la activación de músculos agonistas, activación de músculos antagonistas, las fascias orbitarias las que sirven como freno para evitar que se produzca un movimiento exagerado. Esto se puede observar cuando el músculo recto interno se contrae se produce una aducción, en cambio cuando el músculo recto superior se contrae se genera una elevación y una abducción. Los desplazamientos sacádicos son movimientos oculares involuntarios, rápidos y tienen una gran amplitud, los cuales empiezan en una posición definida y se paran rápidamente al presentarse la imagen del objeto en la fóvea para que se produzca la fijación. Los movimientos sacádicos aparecen ante una estimulación retinal en la periferia, incluso con una anatomía adecuada de la corteza visual, de los núcleos oculomotores de los nervios de los músculos extraoculares y de sus fibras musculares. La precisión con la que se realizan los desplazamientos sacádicos se debe a los estímulos percibidos dependiendo del nivel de excentricidad de los puntos de la retina; en este movimiento el lóbulo occipital transmite señales nerviosas, a través de las fibras, a cada uno de los núcleos de los músculos extraoculares para que los músculos se desplacen una distancia que tiene relación directa con la ubicación en la periferia del estímulo visual.

El correcto movimiento de los músculos oculares depende de varios factores como: la anatomía debe permitirle moverse correctamente, la forma en la que se insertan los músculos, adecuada anatomía de los nervios craneales involucrados como el II par, III par, IV y VI par, que la corteza visual trabaje adecuadamente, adecuada fisiología de las fascias orbitarias y de las leyes de inervación de los músculos conocidas como Ley de Sherrington y de Hering. El estudio de la función muscular independiente de los músculos extraoculares (ducciones) y el patrón comparativo de la fisiología muscular de ambos ojos (versiones), complementan el cuadro diagnóstico de la integridad funcional de los músculos extra oculares y permiten detectar fallas musculares que afectan la visión binocular.

Las leyes inervacionales son las encargadas de controlan el movimiento de los músculos extraoculares en los tres planos X, Y y Z. La ley de Sherrington o de la inervación recíproca, establece que para que se produzca el movimiento del globo ocular hacia una determinada dirección, un músculo se contrae, mientras que el

músculo antagonista se relaja; esto se observa cuando se produce un movimiento de dextroducción, en el ojo derecho el músculo recto externo se contrae y el músculo recto interno se relaja. La ley de Hering o de la inervación binocular, establece que cuando un músculo se mueve en una determinada dirección, el músculo sinergista también se mueve, produciéndose un movimiento conjugado de ambos ojos se mueve en igual dirección para mantener la fijación foveal y que sea posible la visión binocular.

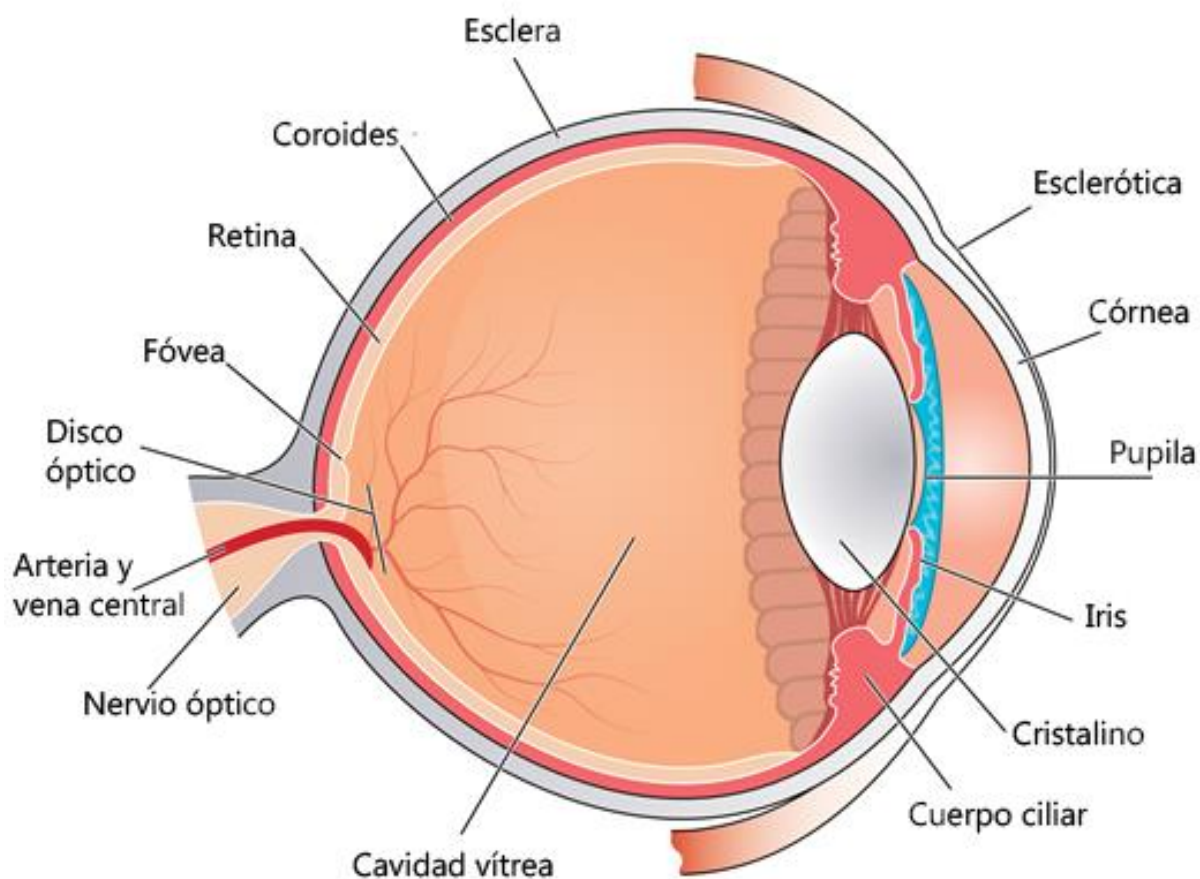
Cuando los movimientos sacádicos no son precisos la persona puede omitir, confundir o suprimir palabras. El movimiento sacádico de lectura ideal es un único y simple movimiento ocular que se inicia rápidamente y se detiene en el punto de interés. Mientras que el movimiento sacádico no ideal tendría que hacerlo en dos veces o más. Si con un solo movimiento los ojos no llegan a la posición deseada, se induce a un segundo sacádico, llamado sacádico corrector. Después de la realización de un movimiento sacádico se produce una fijación del objeto que se quiere observar, en las cuales los ojos no están inmóviles, sino que, se producen pequeños movimientos oculares involuntarios para mantener la fijación (Perales, Lozano, & López, 2018).

La amplitud del movimiento sacádico, la duración de las fijaciones y el número de regresiones están condicionadas a la dificultad del texto presentado; a mayor dificultad del texto, menor amplitud del movimiento sacádico, más fijaciones y más regresiones. Estos tres parámetros también se ven modificados dependiendo del material sobre el que se lea y según las metas del lector. En los últimos años, se ha demostrado que el tiempo que mantienen los ojos fijos en un punto se ve influenciado por diferentes factores lingüísticos. Algunos estudios han demostrado que para que un lector pueda adquirir información útil a partir de un punto de fijación, se extiende a tres o cuatro espacios de caracteres a la izquierda de la fijación, aproximadamente de catorce a quince espacios a la derecha y los lectores no utilizan la información de las palabras de la línea de debajo a la que están fijando (Borrás, Mullor, & Ondategui, 2016).

El globo ocular es una cavidad esférica rellena de fluido, que mide aproximadamente 25 mm de diámetro, su pared está compuesta de tres capas: la capa externa es fibrosa compuesta por la esclera y la córnea, la capa media es vascular constituida por la coroides, el cuerpo ciliar y el iris y la capa interna es nerviosa compuesta por la retina. La esclera es una capa de tejido conectivo externo, firme y blanco que cubre cinco

sextos posteriores de la capa fibrosa, su función es la de dar forma al ojo, proteger a las estructuras internas y proporcionar un sitio de adherencia para los músculos extraoculares. La córnea es la parte anterior transparente del ojo que ayuda a que la luz atraviese el ojo y se refracte. La capa media se llama vascular porque está formada por la mayoría de vasos sanguíneos del ojo, la parte posterior corresponde a la coroides que es una capa delgada formada por la vasculatura del ojo y por células pigmentadas con melanina que provocan que tenga una coloración negra que absorbe la luz que no se refleja dentro del ojo. El cuerpo ciliar se continúa con el borde anterior de la coroides, se caracteriza por tener músculos lisos conocidos como músculos ciliares, los cuales se unen al cristalino por medio de los ligamentos suspensorios; el cristalino es una lente biconvexa, transparente y flexible.

Figura 3. Anatomía del globo ocular.

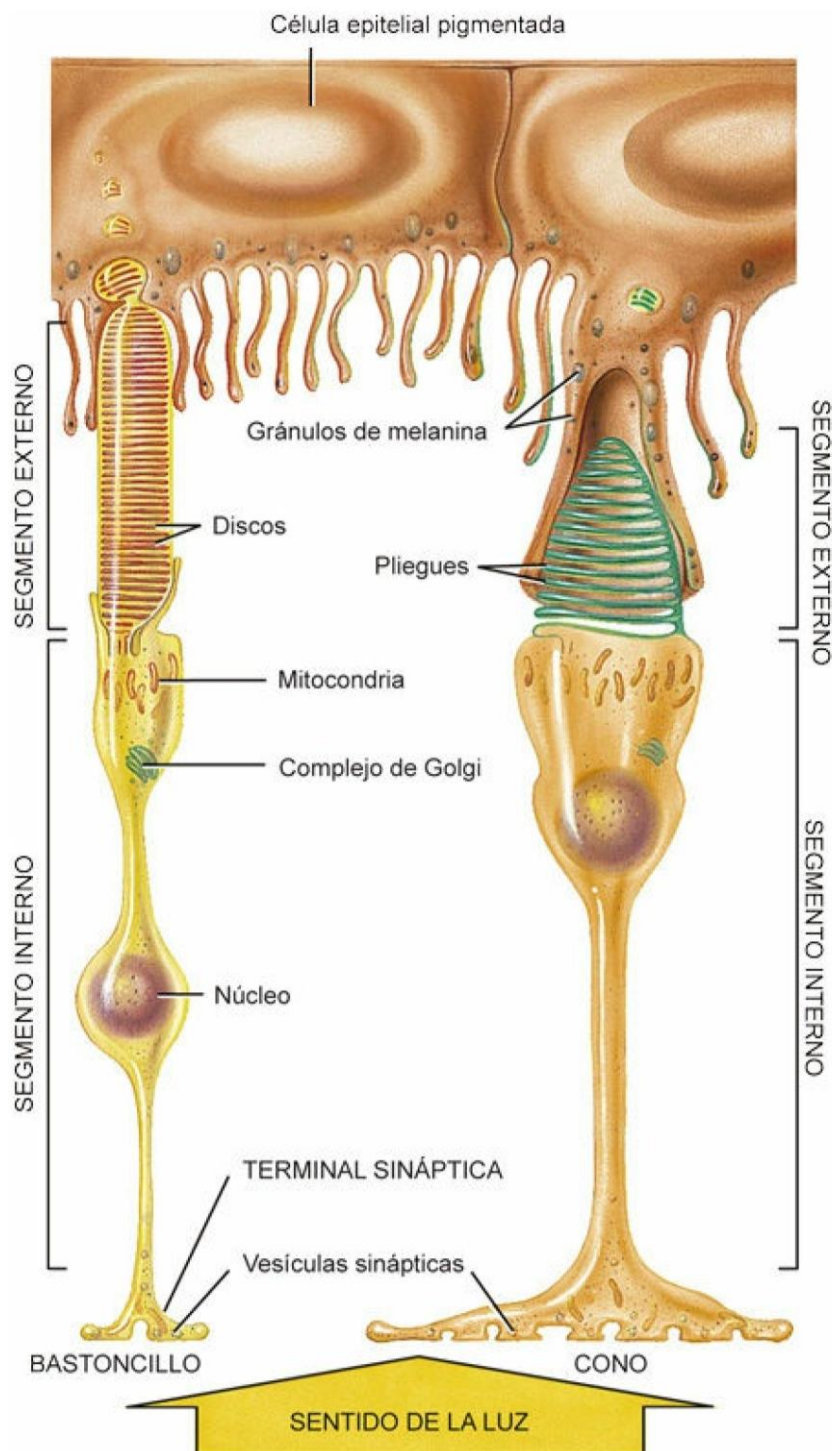


Fuente: (McGuinness, 2018).

El iris constituye la parte pigmentada del ojo, se une a la parte anterior del cuerpo ciliar, se ubica delante del cristalino y es la parte contráctil formada de músculo liso que rodea la apertura central conocida como pupila; la luz pasa a través de la pupila y el iris controla el diámetro de la pupila para regular el ingreso de luz hacia el ojo; la estimulación del sistema parasimpático del tercer nervio oculomotor provoca que el músculos liso circulares del iris se contraigan para contraer la pupila, mientras que la estimulación del sistema simpático provoca que los músculos lisos del iris se contraigan para dilatar la pupila, de esta forma cuando la intensidad de luz aumenta la pupila se contrae y cuando la intensidad de luz disminuye la pupila se dilata. La capa nerviosa es la más interna y constituye la retina, la cual envuelve la parte posterior del ojo y está conformada por dos capas: una externa que es la retina pigmentaria y una interna que es la retina sensorial. La retina pigmentaria, junto con la coroides contribuyen a que la luz se refleje adecuadamente dentro del ojo. La retina sensorial está compuesta por interneuronas, células fotorreceptoras capaces de responder a estímulos luminosos, como son conos y bastones, existen veinte veces más bastones que conos, los bastones son más sensibles a luz y pueden funcionar en luz baja pero no dan visión en colores, mientras que los conos para funcionar necesitan de mayor iluminación y dan la visión en colores, existen tres tipos de conos que son sensibles a los colores: azul, verde y rojo (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Los segmentos externos de los conos y bastones tienen varios dobleces en su membrana celular que forman discos. Los bastones están conformados por pigmentación fotosensible llamada rodopsina, esta molécula tiene una proteína opsina y retinal o pigmento amarillo, que en presencia de luz el retinal se transforma y se separa de la opsina y provoca que los bastones transmitan su respuesta que dará como resultado la visión. Se necesita de energía adenosina trifosfato para que el retinal y la opsina se vuelvan a unir y se forme nuevamente la rodopsina. La formación de retinal en los bastones requiere de vitamina A. Los conos están constituidos por tres tipos de opsinas, que son los pigmentos sensibles a los colores azul, rojo y verde, a su vez cada color es estimulado por diferentes longitudes de onda de luz. La gran variedad de colores que podemos percibir es la consecuencia de las diferentes combinaciones de las tres clases de conos (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

Figura 4. Células fotorreceptoras de la retina.



Fuente: (Nair & Peate, 2019).

Las células fotorreceptoras se unen con interneuronas como son: las células bipolares de la retina sensorial, que junto con las células horizontales cambian la señal de salida

de las células fotorreceptoras, lo que contribuye a la identificación de márgenes de las cosas con diferente contraste. A su vez, las células bipolares y horizontales se unen con células ganglionares, sus axones se continúan hacia la parte posterior del ojo para formar el nervio óptico. En la parte posterior de la retina se puede identificar a la mácula y el disco óptico; la mácula es una pequeña área próxima al centro de la parte posterior de la retina, en su centro se halla la fovea que constituye el área en la que se enfocan mayoritariamente los rayos de luz al observar a un cuerpo, en la que hay mayor capacidad para diferenciar características finas de los objetos y que está constituida exclusivamente por conos. El disco óptico constituye el área blanquecina localizada junto a la mácula, en la que se hallan los axones del nervio óptico; en esta área se puede identificar el ingreso de vasos sanguíneos y su distribución en la superficie retinal y fue nombrada como el punto ciego porque se caracteriza por no presentar células fotorreceptoras, por tanto, no emite señales en presencia de la luz y cualquier imagen proyectada en ella no puede ser reconocida (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

En los bastones, la estimulación luminosa de los fotopigmentos activa a las proteínas G, las cuales activan a una enzima efectora que cambia la concentración citoplasmática de una molécula mensajera, este cambio provoca que el canal iónico de la membrana se cierre y su potencial se altere. En completa oscuridad el potencial de membrana de los bastones es de -30mV , esta despolarización es ocasionada por el ingreso de cationes de sodio a través de los canales de la membrana. El movimiento de cargas positivas en la membrana, mientras se encuentra en la oscuridad, se conoce como corriente oscura; los canales de sodio son estimulados a abrir sus compuertas por un mensajero conocido como guanósín monofosfato cíclico.

La luz es absorbida por el fotopigmento de los discos de los bastones, lo que reduce el guanósín monofosfato cíclico, ocasionando que los canales de sodio se cierren y por lo tanto el potencial de membrana se haga más negativo, con lo que se produce una hiperpolarización en respuesta a la absorción de la luz; además se genera un cambio en la conformación del retinal, derivado de la vitamina A, el cual activa la opsina o proteína receptora. El blanqueamiento de la rodopsina estimula a la proteína G, a activar a la enzima fosfodiesterasa para que descomponga al guanósín

monofosfato cíclico que está presente en el citoplasma de los bastones (Bear, Connors, & Paradiso, 2016).

Desde 1950, los neurocientíficos Keffer Hartline y Stephen Kuffler, han estudiado las descargas de los potenciales de acción de las células retinales ganglionares, mientras la retina es estimulada con luz. En 1960, Hubel y Wiesel fueron los primeros en estudiar la corteza estriada con micro-electrodos. En 1970, John Dowling y Frank Werblin mostraron la manifestación de la repuesta de las células ganglionares, por la interacción de células horizontales y bipolares de la retina. En 1990 se descubrió que existe un pequeño porcentaje de células ganglionares retinales que transducen la luz, llamadas células ganglionares retinales intrínsecamente fotosensibles, las cuales usan melanopsina como foto pigmento (Bear, Connors, & Paradiso, 2016).

La parte interna del globo ocular se divide en: dos cámaras, anterior y posterior que se ubican entre la córnea y el cristalino y la cámara vítrea. Las cámaras anterior y posterior, divididas por el iris e intercomunicadas por medio de la pupila, están rellenas de un fluido acuoso o humor acuoso, el cual se genera en el cuerpo ciliar y tiene las siguientes funciones: contribuye a que la presión intraocular se mantenga en un rango estable, refracta la luz y proporciona nutrientes necesarios a la superficie interna del ojo. La cámara vítrea, es un área más amplia que está en la parte posterior del cristalino, está rellana de una sustancia gelatinosa o humor vítreo, que no vuelve a formarse y que se caracteriza por presentar las siguientes funciones: refractar los rayos de luz, conservar la presión intraocular en el interior del ojo y mantener al cristalino y a la retina en su lugar (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

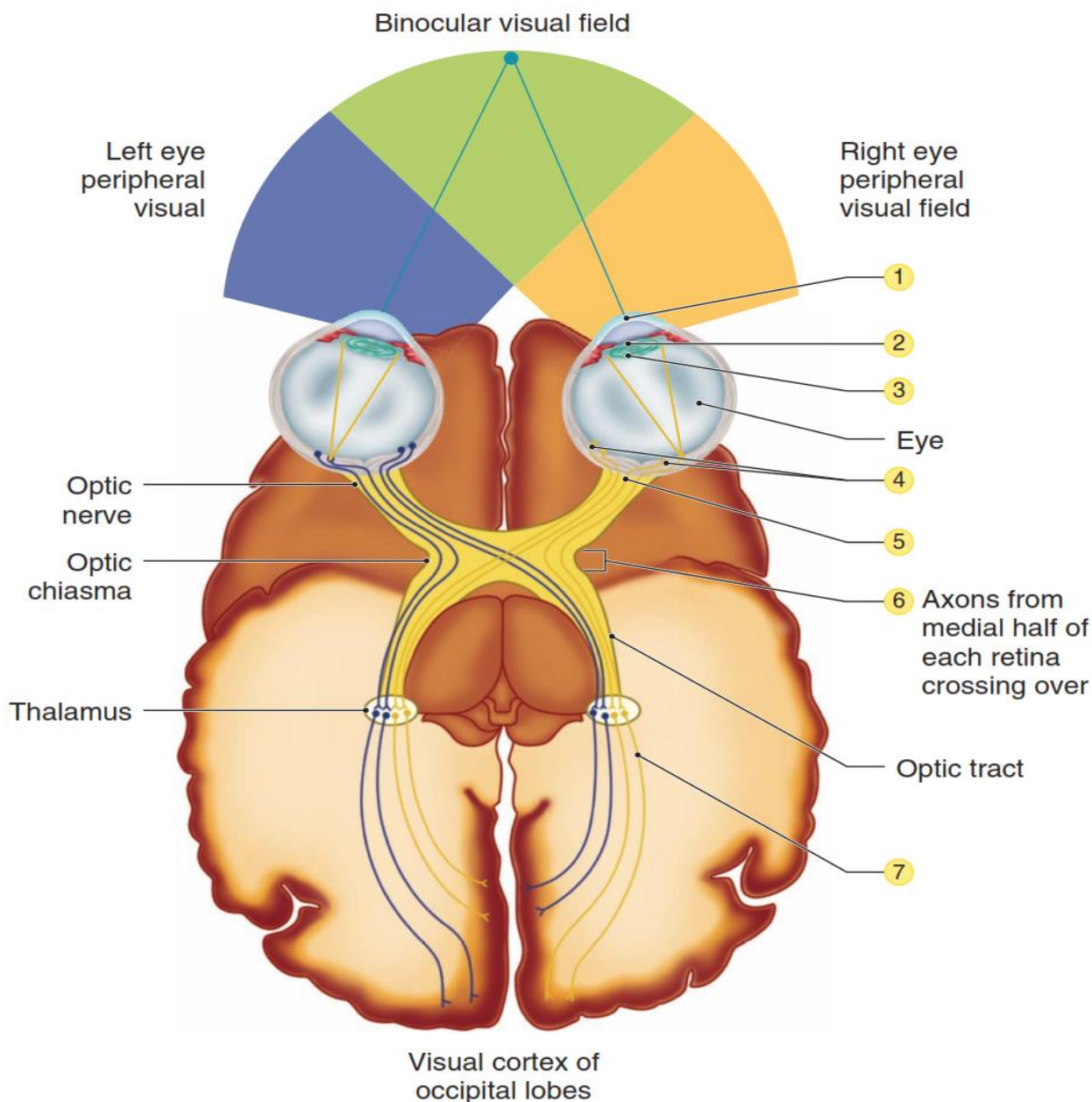
La córnea es una estructura convexa que converge los rayos luminosos, sin embargo, para cambiar de enfoque se necesita del cristalino que altera su forma en el proceso de acomodación, en el cual al relajarse el músculo ciliar los ligamentos suspensorios se tensan para mantener al cristalino aplanado para la visión de lejos; mientras que cuando se desea observar un objeto cercano el músculo ciliar se contrae, los ligamentos suspensorios se relajan para ayudar a que el cristalino se abombe y obtenga un mayor poder refractivo (Regan, Russo, & VanPutte, 2016).

La trayectoria neuronal transporta las señales de los rayos de luz desde que ingresan al ojo hasta que llegan al cerebro en donde las imágenes son percibidas y procesadas. Cada campo visual está compuesto por dos mitades temporal y nasal, una vez que los rayos de luz atraviesan el cristalino, la mitad de cada campo visual se proyecta en el lado contrario de la retina. El nervio óptico sale del ojo y deja la órbita por medio del agujero óptico para poder ingresar a la cavidad craneal, lugar en el cual los dos nervios ópticos se unen en el quiasma óptico.

Los axones nasales de la retina se cruzan en el quiasma óptico y se proyectan al lado contrario del cerebro, en tanto que los axones de retina temporal se continúan y se proyectan en el mismo lado del cerebro sin cruzarse. Los axones ganglionares continúan hacia las cintillas ópticas, en las cuales la mayor parte de sus axones finaliza en el tálamo y otras en el colículo superior o centro de los reflejos visuales. Las neuronas del tálamo forman las fibras de las radiaciones ópticas que se dirigen hacia la corteza cerebral del lóbulo occipital del cerebro; la corteza cerebral representa el sitio del cerebro en él se perciben las imágenes. El sentido de la profundidad o apreciación visual en tres dimensiones se consigue cuando ambos ojos funcionen adecuadamente y los campos visuales de ambos ojos se cruzan. Cada ojo aprecia una misma imagen levemente diferente y en el cerebro se procesan ambas imágenes para que se obtenga la visualización en tres dimensiones del objeto; en el caso de que un solo ojo trabaje, la vista del objeto será únicamente en dos dimensiones y sin profundidad (Derricson & Tortora, 2017).

Adicionalmente al nervio óptico, existen tres nervios que inervan a los músculos oculares como son: el tercer par craneal o nervio motor ocular común que se divide en la rama superior para inervar a los músculos recto superior y elevador del párpado superior, mientras que la rama inferior inerva a los músculos recto interno e inferior, oblicuo inferior y las fibras nerviosas del parasimpático del músculo ciliar para producir la acomodación y del músculo esfínter de la pupila para contraer a la pupila; en tanto que el sexto par craneal inerva al músculo recto externo y el cuarto par craneal o nervio patético inerva al músculo oblicuo superior (Agur, Dalley, & Moore, 2017).

Figura 5. Vía Visual.



Fuente: (LaPres, Kersten, & Tang, 2016).

La luz es una radiación electromagnética descrita como una onda de energía; la radiación emitida a una alta frecuencia tiene el nivel más alto de energía, como son los rayos gama, rayos X usados en radiografías; mientras que, la radiación emitida a bajas frecuencias se caracteriza por tener menos energía, entre ellas se encuentran las ondas de radio. Solamente una pequeña parte del espectro electromagnético es

detectable por el sistema visual, dentro del rango de luz visible se encuentran longitudes de onda entre 400 y 700nm. Las ondas chocan con los objetos y pueden ser absorbidas, reflejadas o refractadas; debido a la naturaleza de las ondas electromagnéticas y su interacción con el medio ambiente, el sistema visual es capaz de extraer información para formar imágenes del mundo que rodea a las personas.

La anamnesis consiste en obtener información que permita determinar el estado del paciente y que ayude a analizar los exámenes que se realizarán para conseguir un diagnóstico adecuado; esta información se recoge en una ficha de registro. En la anamnesis se tiene en cuenta los siguientes aspectos: observación física y psicológica, queja principal, síntomas, tiempo y tipo de aparición del problema, historia ocular del paciente, historia médica del paciente, tratamientos previos, historia ocular familiar e historia médica familiar. El optómetra debe observar al niño desde el momento en el que ingresa a la consulta; es importante la observación física como es: la forma de caminar, postura, estatura en función de la edad, asimetrías faciales y asimetría palpebral; mientras que en la observación psicológica se aprecia el nivel de comprensión en relación a la edad y la relación que tiene el niño con sus padres. La queja principal es la razón de la visita del niño al optómetra, los padres deben explicar el motivo de su presencia y esta información se anota en la ficha con sus propias palabras. La historia ocular del paciente recoge información referente a: la fecha de la última revisión visual, el uso de lentes o lentes de contacto, edad y forma de aparición de alguna afección ocular, el cambio de los síntomas de afecciones oculares que pudieran haberse presentado en el niño, si existe alguna desviación en un ojo y la forma en la que se manifiesta; así como también se debe preguntar acerca de exámenes, tratamientos anteriores, si recibió terapia visual o si tuvo alguna cirugía (Nieto & Palomo, 2019).

La historia médica del paciente ayuda a determinar la existencia de alguna patología relacionada con un problema visual actual o futuro, para lo cual se debe preguntar acerca de la salud general del paciente, enfermedades que ha tenido o las tiene, medicación anterior y actual, alergias o alguna alteración médica de interés. La historia médica del paciente se estructura en tres períodos como son: prenatal, perinatal y postnatal. En el período prenatal se debe consultar si la madre tuvo un embarazo normal, si consumió tabaco, alcohol, drogas o medicamentos; también preguntar si

padeció rubeola o sarampión y si estuvo expuesta a radiaciones, puesto que estos factores afectan al feto en especial si se producen en el primer trimestre de gestación. En el período perinatal es importante conocer si el nacimiento fue prematuro o a término, las condiciones del nacimiento, si el parto fue difícil, si se utilizaron fórceps y el peso del bebé al nacimiento. En el período postnatal se debe saber las incidencias en el desarrollo del niño, tales como: el desarrollo motor en la primera infancia, la edad a la que gateó, caminó y la edad en la que dijo sus primeras palabras. En la historia ocular y médica familiar se debe conocer las alteraciones visuales y oculares de los familiares del niño, para poder definir el diagnóstico y pronóstico; en esta área se pregunta si algún familiar tuvo o tiene un problema ocular, pérdida de visión por ametropías o ambliopías y patologías oculares como: glaucoma, ceguera o alteraciones de retina; así como también se debe preguntar la existencia de enfermedades sistémicas adquiridas o heredadas. En la anamnesis se puede recoger información adicional, más detallada en relación a las destrezas motoras, sociales y académicas; en los niños que presentan un rendimiento escolar bajo, se requiere conocer la forma y el tiempo en el que inició el problema; también se debe consultar si le gusta leer, si se cansa, se acerca mucho al libro, su conducta en la escuela y la casa y si ha sido diagnosticado por un psicólogo, psicopedagogo, psiquiatra o neurólogo (Nieto & Palomo, 2019).

La agudeza visual es una prueba para detectar la capacidad que tienen las personas para diferenciar e identificar un objeto pequeño a una distancia determinada, se puede examinar de forma monocular, binocular, de lejos y de cerca. Para evaluar la agudeza visual de lejos, la sala debe estar iluminada adecuadamente, mientras que para la agudeza visual de cerca se puede emplear una iluminación adicional. Entre los 2 a 3 años de edad se emplean test de agudeza visual como: ruedas rotas, test de LEA o test de la E direccional, entre otros; la mayoría de los niños pueden participar activamente en el examen de agudeza visual, comprenden instrucciones, responden verbalmente y mantienen su atención en la actividad; sin embargo, algunos niños no tienen buena habilidad en el lenguaje, por lo que se puede utilizar métodos no verbales o de emparejamiento. El test de LEA está compuesto por cuatro figuras como son: casa, círculo, cuadrado y manzana; este test se evalúa a 3 m de distancia del paciente y es una herramienta muy útil en pacientes que no pueden responder verbalmente

porque se presenta una tarjeta de asociación para que el niño indique la figura que observa (Nieto & Palomo, 2019).

El test de la E direccional de Snellen se presenta en diferentes orientaciones y el paciente tiene que indicar con sus manos la orientación de la letra; este test también se puede evaluar en niños preescolares. En niños escolares se puede emplear el test de números, letras y figuras en la escala de Snellen, se puede evaluar en niños mayores a 5 años o aquellos que reconocen números y letras; en la realización de este examen se le pide al niño que diga los números o letras de cada línea proyectada y se finaliza la medida cuando el niño falla más de la mitad de los símbolos de la línea y se anota la agudeza visual de la última línea en la que reconoció más de la mitad de los símbolos. El optotipo de Snellen examina la habilidad de discriminación de letras y números a una distancia visual de 6 metros; la visión de 20/20 se consigue cuando el paciente puede reconocer una letra que subtende un ángulo de 0.083° o su equivalente a 5 minutos de arco, en donde 1 minuto equivale a $1/60$ grados (Bear, Connors, & Paradiso, 2016).

La refracción es una prueba objetiva que permite conocer el estado refractivo del paciente, se observa el grosor, la rapidez y el brillo de las sombras retinoscópicas. La retinoscopía estática permite medir de forma objetiva el estado refractivo del paciente, se emplea retinoscopio de franja, reglas de retinoscopía o lentes sueltas y estímulo de fijación. En este examen el paciente mira con ambos ojos a un estímulo situado a 5m, el evaluador se ubica frente al paciente a 50 cm, se evalúa el ojo derecho e izquierdo del paciente con el ojo derecho e izquierdo del evaluador, respectivamente, se dirige la luz del retinoscopio hacia uno de los ojos del niño para neutralizar cada meridiano interponiendo reglas de retinoscopía o lentes sueltas y se anota el resultado en forma esfero cilíndrica, tomando en cuenta la distancia de trabajo (Nieto & Palomo, 2019).

El test Hirschberg determina la dirección, dominancia y frecuencia de desviación por medio de la comparación de los reflejos corneales, en ausencia de un estrabismo ambos reflejos corneales se encuentran centrados en la pupila; es un método muy útil para examinar a niños y bebés; este test se realiza dirigiendo la luz de la linterna hacia el puente nasal del paciente entre 33 a 50 cm, se pide al paciente que fije el punto

luminoso, se observan los reflejos corneales en cada ojo, se estima su posición desde el centro de la pupila y se registra el desplazamiento nasal, temporal, superior e inferior de los reflejos en milímetros, 1 mm de desviación del reflejo corneal corresponde a un valor aproximado de 14Dp (Nieto & Palomo, 2019).

El examen cover test se emplea para valorar la desviación ocular de forma objetiva, está formado por dos fases: cover test unilateral para diferenciar una foria y una tropia y el cover test alternante para medir la magnitud de la desviación. El cover test unilateral se realiza ocluyendo el ojo derecho y se observa si el ojo izquierdo se mueve para fijar el estímulo, se repite tapando el ojo izquierdo y se observa si el ojo derecho se mueve para fijar el estímulo, si esto no sucede el paciente tiene ortotropia. Después se ocluye el ojo derecho y se observa si al destaparlo se produce algún movimiento del ojo derecho, en caso de existir un movimiento se trata de una foria y el tipo de foria se define en base a la dirección del movimiento al destapar uno de los ojos, puede ser endoforia si el movimiento es hacia afuera, exoforia si se mueve hacia adentro, hipoforia cuando se mueve hacia arriba e hiperforia cuando se mueve hacia abajo. Cuando se ocluye el ojo derecho y se observa que el ojo izquierdo realiza un movimiento para fijar el estímulo, se produce una tropia del ojo izquierdo, la cual puede ser: exotropia, endotropia, hipotropia e hipertropia. Se retira el ocluidor del ojo derecho y se deja un tiempo suficiente de 2 a 3 segundos; si al retirar el ocluidor del ojo derecho, el ojo izquierdo mantiene su fijación es un estrabismo alternante, mientras que si el ojo izquierdo se mueve en dirección contraria es un estrabismo unilateral. El cover test alternante se inicia cubriendo un ojo con el ocluidor y se mueve alternando del ojo derecho al izquierdo varias veces, manteniendo el ocluidor 2s en cada ojo antes de ocluir el otro, cambiando el ocluidor de un lado a otro lo más rápido posible, se observa el movimiento de cada ojo al destapar y se ubica la barra de prismas en el ojo desviado con la orientación correcta, se emplea base temporal para endodesviaciones, base nasal si es una exodesviación, base inferior si es una hiperdesviación y base superior si es una hipodesviación (Nieto & Palomo, 2019).

La primera opción de tratamiento para la disfunción motora es la terapia visual que ayuda a que el sistema oculomotor tenga una gran plasticidad y adaptación a diferentes respuestas. La mayoría de los síntomas de la disfunción de los movimientos sacádicos de pequeña amplitud están relacionados con la lectura, estos incluyen el

movimiento de la cabeza, frecuentes pérdidas de situación, omisión de las palabras, saltarse líneas, una lenta velocidad de lectura, una mala comprensión lectora y otro síntoma muy común es la falta de atención. Los niños con inadecuadas fijaciones y sacádicos pueden parecer más distraídos que otros niños, hecho que puede llevar a pensar que el niño no está atento o que es impulsivo. El tiempo que un niño no mira un punto de interés está relacionado con la percepción que tiene el maestro hacia el comportamiento personal y social del niño (Borrás, Mullor, & Ondategui, 2016).

El aprendizaje es la modificación de la conducta y la mente, ante la exposición continua a diferentes experiencias dentro del entorno, en el que una persona se desenvuelve. El científico, Iván Pavlov estableció la conducta del aprendizaje mientras realizaba experimentos con perros, él encontró que ciertas conductas pueden ser aprendidas a medida que se las enseña continuamente (Díaz & Latorre, 2015).

La estimulación temprana es el conjunto de actividades, que se realizan a los niños con la finalidad de potenciar las capacidades y habilidades sensitivas y motoras, las cuales permiten reforzar el desarrollo de los menores en su entorno; la estimulación temprana presenta algunos beneficios como: mejora la coordinación motriz, refuerza las habilidades cognitivas y del lenguaje, asiste en los problemas de aprendizaje, aumenta la integración del niño a los ámbitos emocionales y perfecciona la imaginación y la inventiva. En la primera infancia los niños mejoran las capacidades perceptivas de los sentidos, como es su percepción visual y auditiva, lo que les ayudará a identificar las formas y colores de los diferentes objetos que se encuentran en su entorno; por esta razón es importante que los niños tengan una correcta estimulación (Encalada & Morales, 2017).

La terapia visual consiste en el empleo de diferentes métodos y ejercicios, que son adaptados para cada paciente, que ayudan a potencializar y a mejorar la precisión de las capacidades visuales; se emplea cuando existen dificultades visuales que afecten el aprendizaje y desarrollo de las actividades diarias del niño. La terapia visual se puede usar tanto en niños como adultos, sin embargo, el éxito depende de la capacidad receptiva, de la perseverancia y la motivación de la persona; de esta manera los niños tienen mayor plasticidad cerebral, lo que les ayuda a mejorar eficientemente y con mayor rapidez que un adulto. Las dificultades de aprendizaje y

los problemas en la lectura y escritura pueden ocultar los problemas visuales, por lo que la terapia recobra gran importancia. La terapia visual es un procedimiento muy útil para potencializar y mejorar las capacidades visuales de los niños; se puede tratar problemas visuales relacionadas a la agudeza visual en la ambliopía, la coordinación ojo-mano, la sensibilidad al contraste a grandes frecuencias, velocidad y precisión de captación de movimientos, memoria visual y motricidad ocular, en los movimientos de seguimiento y sacádicos, correspondencias retinianas anómalas y supresiones sensoriales (Consejo General de Opticos Optometristas, 2019).

Las actividades de terapia visual para mejorar la coordinación ojo-mano se caracterizan por realizar actividades motoras finas, las cuales involucran movimientos usando los músculos de las manos, muñecas y dedos. Estas actividades ayudan a desarrollar la estabilidad de la fijación y la eficiencia para realizar movimientos oculares sacádicos, para lo cual se necesita mantener la convergencia y la precisión de la percepción de profundidad, mientras se realizan las tareas. Las actividades de coordinación ojo mano puede complementarse con el seguimiento de luces, lentes, prismas y filtros rojo y verde (Duckman, Schnell, & Taub, 2020).

El avance de la tecnología en los últimos años ha contribuido a que se incrementen aplicaciones de software y dispositivos electrónicos para la realización de la terapia visual. La incorporación de los científicos, ingenieros y matemáticos, al área de la optometría, ha hecho posible que la terapia visual haya crecido y se haya fortalecido en los últimos años. Se han empleado conocimientos de realidad virtual para entrenar falencias visuales de forma controlada, con un entorno amigable para el paciente, haciendo que la terapia no sea monótona sino más bien parezca un juego (Consejo General de Opticos Optometristas, 2019).

Los grandes cambios que se han originado en los últimos años referentes a mejorar el conocimiento de las personas y a mejorar las metodologías de enseñanza de los profesores, ha contribuido a que los investigadores inventan y crean métodos innovadores, en esta investigación deben involucrarse profesores, así como también científicos para mejorar el nivel educacional y por tanto potencien el intelecto de los niños. La tecnología puede ser una herramienta muy útil para cambiar la forma de la enseñanza y el aprendizaje, porque puede ayudar a alcanzar los propósitos

rápidamente de manera interactiva, disminuir las desigualdades, facilitando la accesibilidad al conocimiento, adaptar la forma de enseñanza a las necesidades particulares de los niños, además se puede orientar la enseñanza de acuerdo a actividades de la vida diaria, se puede emplear una amplia variedad de recursos digitales y dispositivos para alcanzar contenidos complejos. Las escuelas, centros de enseñanza e instituciones educativas deberían implementar la tecnología en las formas de enseñanza.

El aumento en el empleo de juegos y aplicaciones de simulación, provoca que los niños se involucren activamente en tareas de análisis para resolver problemas; gracias al avance de la tecnología y la inserción de la inteligencia artificial, las computadoras y dispositivos electrónicos pueden contribuir a elevar el nivel de enseñanza; un ejemplo de esto se puede observar en el software interactivo que se presenta en tres dimensiones llamado zSpace, el cual tiene la capacidad de transformar las experiencias de aprendizaje, puesto que se usa con gafas tridimensionales y un lápiz táctil para que los estudiantes puedan interactuar de forma más real y a la vez incrementar sus conocimientos en las diferentes áreas de estudio en base a las imágenes almacenadas en el programa. De la misma manera con la contribución de los conocimientos de realidad aumentada en la pedagogía, como se puede observar en la plataforma de monitoreo SCIM-C, en la que los estudiantes usan un dispositivo móvil para experimentar y observar lugares de manera real e interactiva. Por medio del avance de las tecnologías, el aprendizaje ya no se centra solamente a que los estudiantes permanezcan en las aulas y observen a través de pantallas; sino que en el mundo actual puedan ser capaces de aprender como si ellos fueran parte de la escena y que se involucren en el mundo que los rodea de manera activa (United States of America, Department of Education, 2017).

Un ejemplo de los conocimientos sobre los que los docentes deberían poseer mayor información son los que provienen de la neuropsicología y la psicología educativa. En relación con los problemas visuales, el docente identifica sin mayor dificultad a aquellos alumnos cuya agudeza visual es menor, pues, por ejemplo, entrecierran los ojos para leer los escritos del tablero, alejan o acercan los libros o cuadernos a la cara para leer, pestañean o se tocan los ojos constantemente. Estos comportamientos constituyen indicios de que existen patologías visuales usuales tales como

astigmatismo, hipermetropía o miopía. Un problema de la visión no tan conocido, pero que causa graves perjuicios en quien lo padece es el de las alteraciones de los movimientos sacádicos (Hernández, Prada, & Rincón, 2017).

La evaluación de la coordinación ojo-mano se realiza con el test de Frostig, el cual permite identificar a los niños con dificultades de la coordinación ojo- mano; este test está constituido por varias categorías, una de ellas corresponde al sub-test de coordinación ojo-mano, el cual incluyó 16 elementos, cada uno de ellos está compuesto de figuras localizadas entre dos posiciones, en el medio de ellas se encuentran dos líneas guías rectas, curvas y con ángulo; en el medio de estas dos líneas, el niño debe trazar una línea para unir ambas figuras desde el extremo izquierdo hacia el derecho. La máxima puntuación de este test es de 30 puntos, se evalúa de la siguiente manera: se otorga dos puntos cuando el niño es capaz de unir las figuras adecuadamente sin interrupciones, desviaciones o angulaciones entre las líneas guías, se da un punto cuando el lápiz cruzaba la línea guía en más de una ocasión o si la línea dibujada sobrepasaba a las imágenes en menos de 1 cm y no se otorga puntaje cuando la línea trazada cruza las líneas guías, hay interrupciones, desviaciones, angulaciones y si la línea dibujada sobrepasa a las imágenes en más de 1 cm (Avila & Bermejo, 2018).

En las evaluaciones internacionales del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA), de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se realizó un análisis del rendimiento académico, en el que se detectó que los países latinoamericanos han obtenido bajos puntajes. La prueba fue realizada en el año 2012 a 65 países, de los cuales: Chile, México, Uruguay, Costa Rica, Brasil, Argentina, Colombia y Perú ocuparon los puestos 51, 53, 55, 56, 58, 59, 62 y 65 respectivamente (Hernández, Prada, & Rincón, 2017).

CAPÍTULO II.

MARCO METODOLOGICO.

Contexto y clasificación de la investigación.

Se realizó un estudio prospectivo, observacional descriptivo y de cohorte; con el objetivo de evaluar el impacto del uso de un dispositivo electrónico para ejercicios de coordinación ojo-mano en los niños que asistieron a la institución “Fundación Honrar la Vida” en el año 2019-2020.

Universo y muestra.

El universo estuvo conformado por todos los niños que asistieron a la institución “Fundación Honrar la Vida” de la ciudad de Quito en el periodo establecido para el estudio (N=90).

La muestra estuvo conformada por todos los niños que asistieron a la institución “Fundación Honrar la Vida”, de la ciudad de Quito, en el periodo establecido para el estudio y que una vez aplicado el test de Frostig inicial se concluyeron como pacientes con defecto de coordinación ojo mano, cumpliendo los criterios de inclusión y exclusión (n=74).

Criterios de inclusión:

- Todos los niños que forman parte de la matricula oficial de la institución “Fundación Honrar la Vida” y asistieron el día de la investigación.
- Todos los niños entre 4 y 12 años.
- Niños con alteración de la coordinación ojo- mano.
- Niños sin otras alteraciones visuales o con alteraciones visuales corregidas o rehabilitadas.
- Los niños cuyos padres o representantes legales firmaron el consentimiento informado para participar en la investigación (ver anexo1. Consentimiento informado).

Criterios de exclusión:

- Los niños que no forman parte de la matrícula oficial de la institución “Fundación Honrar la Vida”.
- Los niños que no acudieron el día de la realización de la investigación.
- Los niños menores de 4 años y mayores de 12 años.
- Los niños sin alteración de la coordinación ojo-mano.
- Niños con otras alteraciones visuales no corregidas o no rehabilitadas.
- Los niños cuyos padres o representantes legales no firmaron el consentimiento informado.

Metódica.

Se diseñó el prototipo electrónico que permitió realizar el entrenamiento de la coordinación ojo – mano de los niños de la institución, el cual está formado por dos partes que son: el hardware o la parte tangible que se puede tocar y el software que constituye la parte intangible o el programa que no se puede observar a simple vista. El hardware del dispositivo a su vez está compuesto por tres unidades: unidad de control, unidad de visualización y unidad periférica; mientras que el software está conformado por todas las instrucciones que permiten manejar y controlar a los elementos electrónicos.

La unidad de control del dispositivo está constituida por un chip electrónico llamado microcontrolador AVR ATmega 164 de la marca ATMEL, el cual es un circuito integrado y representa al cerebro del prototipo, ya que es una Unidad Central de Procesamiento (CPU) que trabaja en un ciclo de reloj con una arquitectura de 8 bits para receptor instrucciones dentro de sus celdas de registro de información por medio de: una memoria flash, una memoria de sólo lectura que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente y una memoria estática de acceso aleatorio. El microcontrolador está constituido por 40 pines que sirven de interfaz con la unidad de visualización y la unidad periférica; cada uno de los pines se conectaron como entradas hacia el microcontrolador y como salidas hacia los elementos periféricos como pulsadores o switches.

La unidad de visualización está formada por una matriz de 512 diodos de emisión de luz, estos diodos son semiconductores que emiten luz cuando circula electricidad a través de su terminal positivo o ánodo hacia su terminal negativo o cátodo, produciéndose una polarización en la que un electrón pasa a ser un fotón por medio del proceso de electroluminiscencia. Cada matriz tiene 9 filas y 8 columnas de diodos, que se encuentran dispuestos en una tarjeta electrónica compuesta por circuitos electrónicos y elementos electrónicos que permiten interactuar con los diodos de emisión de luz; los diodos se encuentran dispuestos en una configuración en serie y en paralelo. Los diodos distribuidos en serie internamente dentro de la matriz fueron soldados en la siguiente distribución: uno de los terminales de una resistencia de 330 Ohmios se conectó al terminal positivo de la fuente de voltaje de 5 Voltios y el otro terminal de la resistencia se conectó al terminal positivo de un diodo, el terminal negativo del diodo se conecta a tierra de la fuente.

La unidad periférica está formada por los elementos electrónicos que se conectan externamente al microcontrolador y que permiten enviar instrucciones por parte del operador hacia el cerebro del dispositivo para que estas instrucciones sean procesadas en su interior y que envíen una respuesta que será desplegada por cada matriz de diodos de emisión de luz.

Se elaboró el programa que contiene las instrucciones que permiten controlar cada uno de los elementos electrónicos que se encuentran conectados al microcontrolador o cerebro del dispositivo. El software fue elaborado usando programación en C con comandos para manejar cada puerto del microcontrolador, el cual tiene 8 pines que se pueden configurar como pines de entrada, pines de salida, interrupciones y temporizadores. El programa se inició con la configuración de cada pin del microcontrolador, indicando si son entradas (in) y si son salidas (out), se configuró el reloj interno del microcontrolador a una frecuencia de oscilación de 20 Megahertz (MHz) que corresponde a la frecuencia de trabajo de cada instrucción y se habilitaron las interrupciones que se corresponden con las entradas de los pulsadores que el operador puede presionar para cambiar la imagen proyectada en las matrices de diodos.

Después de haber realizado la configuración de pines del microcontrolador, se procedió a realizar el programa principal, el cual se basa en un algoritmo de posibilidades que emplea el comando if que corresponde a una instrucción condicional, dependiendo de la figura que se desea proyectar en las matrices de leds se configura el programa para la activación y desactivación de cada uno de los diodos; para esto se desarrolló un barrido horizontal, esto quiere decir que para que se active el diodo que corresponde a la primera fila y primera columna se envió una salida de un uno lógico al pin que corresponde a la primera fila de la matriz y se envió una salida de un uno lógico a otro pin que corresponde a la primera columna de la matriz, de esta forma se procedió hasta completar con todos los setenta y dos diodos que corresponden a setenta y dos posibilidades en el programa.

El operador del dispositivo electrónico, para entrenar la coordinación ojo-mano, interactúa con el dispositivo al colocar su dedo índice sobre uno de los diodos que se encienden. El microcontrolador recolecta cada una de las señales de entrada y por medio de las instrucciones del programa procesa esta información que es recibida en forma análoga es decir en ocho bits de ceros y unos. Por medio del programa que contiene las instrucciones para cada opción se estableció una interrelación de la información entre la memoria del microcontrolador, la unidad de visualización y la unidad periférica. Los registros internos del microcontrolador reciben la información externa por medio de los pulsadores y se realiza un análisis e interpretación de las señales eléctricas que son recibidas en forma de ceros y unos, teniendo en cuenta cada una de las instrucciones del programa. El microcontrolador envía una respuesta de un uno a cada uno de sus pines de salida para habilitarlos, es decir envía una señal eléctrica de corriente continua en miliamperios que es necesaria para activar los diodos de emisión de luz. Cada uno de los diodos se activa en función de las instrucciones que se encuentran en el programa; los cuales emiten luz dependiendo de la ubicación de filas y columnas que mantengan en las matrices y se correspondan con la designación de los comandos del programa.

Se realizó la prueba de Frostig para evaluar la coordinación ojo-mano y se identificaron a los niños con dificultades de la coordinación ojo-mano; para lo cual se escogió el sub-test de coordinación ojo-mano de la prueba de Frostig, el cual incluyó 16 elementos, cada uno de ellos estuvo compuesto de figuras localizadas entre dos

posiciones, en el medio de ellas se encontraron dos líneas guías rectas, curvas y con ángulo; en el medio de estas dos líneas, el niño tenía que trazar una línea para unir ambas figuras desde el extremo izquierdo hacia el derecho. La prueba se inició con las debidas indicaciones a los niños y se les pidió que no levantaran el lápiz mientras realizaban los trazos hasta que no los terminaran, los niños no debían salirse de las líneas guías; además se les mostró un ejemplo de la forma en la que tenían que realizar el test para que no se produjeran equivocaciones. El test de Frostig empleado constituyó un prueba cuantitativa en la cual el puntaje máximo fue de 30 puntos y se evaluó de la siguiente manera: se otorgó dos puntos cuando el niño era capaz de unir las figuras adecuadamente sin interrupciones, desviaciones o angulaciones entre las líneas guías, se otorgó un punto cuando el lápiz cruzaba las línea guía en más de una ocasión o si la línea dibujada sobrepasaba a las imágenes en menos de 1 cm y no se otorgó puntaje cuando la línea trazada cruzaba las líneas guías, habían interrupciones, desviaciones, angulaciones y si la línea dibujada sobrepasaba a las imágenes en más de 1 cm. Cuando el niño levantaba el lápiz o se salía de las líneas guías demostraba que tenía cierto grado de mala coordinación ojo-mano y requería de terapia. El puntaje de la prueba de Frostig se dividió en los siguientes rangos de habilidad: cuando el niño alcanzaba un puntaje de 30 puntos correspondió a logro demostrado, cuando alcanzaba una puntuación entre 20 y 29 puntos correspondió a la coordinación ojo-mano por lograr, si obtenía entre 10 y 19 puntos correspondió a la categoría en proceso y si obtenía entre 0 y 9 puntos correspondía a la categoría en inicio (Khorasani, et al., 2018). De esta manera, todos los niños de la Fundación Honrar la Vida de la ciudad de Quito, que tuvieron algún tipo de alteración en la coordinación ojo mano se incluyeron en el estudio.

A los niños que constituyeron la muestra, se les realizó la anamnesis, se les evaluó la agudeza visual, test de Hirschberg, motilidad ocular evaluando ducciones y versiones, refracción objetiva con auto refractómetro y refracción subjetiva con reglas esquiásticas, caja de prueba y montura. Se procedió a realizar la anamnesis, la cual contenía los antecedentes personales, antecedentes patológicos personales, antecedentes familiares y antecedentes patológicos familiares; esta información se recogió por medio de la entrevista a los padres de los niños de la institución y se anotó en la historia clínica; dentro de la información relevante recopilada se encontró: la edad, sexo y nivel educacional.

Se determinó la agudeza visual con la pantalla de optotipos y la cartilla de Snellen, empleando optotipos de figuras y de la E de Snellen, que fueron símbolos conocidos por los niños y adecuados para su edad, esta prueba se realizó a seis metros para lo cual se utilizó un oclisor y se comenzó por el ojo derecho; los optotipos pudieron ser identificados fácilmente por los niños. La evaluación de los movimientos de seguimiento ocular realizó con un objeto de color brillante para atraer la atención de los niños, el objeto se movió en diferentes direcciones correspondientes con las nueve posiciones diagnósticas de mirada, las ducciones se realizaron observando el movimiento del ojo derecho mientras se ocluía el ojo izquierdo y viceversa; mientras que las versiones se realizaron de forma binocular desplazando el objeto en las diferentes direcciones.

Se realizó el método de evaluación llamado cover test, que permitió valorar las habilidades motoras del ojo al cubrirlo por medio de un oclisor de forma alternada y por tanto romper el mecanismo fusión, iniciando con el ojo derecho para poder determinar la existencia de forias y estrabismos o tropias, consistió en que el niño miraba un objeto con ambos ojos a una determinada distancia mientras que el examinador observaba el ojo del paciente y ocluía el otro ojo por unos instantes, una vez descubierto se repitió el mismo procedimiento con el ojo contrario, si ninguno de los dos ojos se mueve al ser ocluidos indica que no hay estrabismo, pero si por el contrario se produjo movimiento de un ojo al ocluir el otro indicará la existencia de estrabismo. Otro test de motilidad ocular que permitió evaluar la fisiología motora fue el test subjetivo de Hirschberg el cual ayudó a determinar la alineación de los ejes visuales por medio del reflejo de la primera imagen de Purkinje, se procedió a reflejar luz puntual, por medio de una linterna, directamente a ambos ojos, reflejándose en la superficie anterior de la córnea y se observó la relación de un reflejo corneal respecto al otro reflejo corneal.

La refracción se realizó por medio del auto refractómetro, se colocó al paciente en una posición adecuada y se procedió a tomar las mediciones, obteniéndose las medidas de esfera, cilindro y eje; la retinoscopía subjetiva se realizó con reglas esquiásticas a una distancia de 40 cm con el método de retinoscopía estática. Se empleó la caja de pruebas y la montura para comprobar la medida del paciente; a los niños que

presentaron mayor defecto refractivo se les donó lentes para que pudieran obtener mejores resultados al realizar la terapia.

La muestra de estudio fue clasificada en grupos etarios, con la finalidad de determinar el predominio de edad de los niños con problemas óculo-manuales, en rangos de edades de cinco años, atendiendo al censo de población y vivienda del Ecuador del año 2010, para lo cual se estableció el primer grupo comprendido entre los 4 a 8 años y el segundo grupo entre los 9 y 13 años (Ecuador, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015). Adicionalmente, la muestra se clasificó según sexo en masculino y femenino y según el nivel educacional, para conocer cuantitativamente el predominio de los niños con problemas en la coordinación ojo-mano en función de su grado escolar, para esto se consideraron los siguientes niveles educativos: inicial dos, primero de básica, segundo de básica, tercero de básica, cuarto de básica, quinto de básica, sexto y séptimo de básica. Se escogió el intervalo de edad de 4 a 12 años de edad para evaluar la capacidad de coordinación ojo-mano en base a las consideraciones establecidas en el escrito de: 200 Juegos y Ejercicios de Coordinación Óculo-Motriz, se manifiesto que las habilidades y destrezas de coordinación inician su desarrollo a partir de los 4 años y se consolidan a los 12 años de edad, por lo que durante este intervalo es importante exponer a los niños a varias actividades que les permitan alcanzar todo el potencial de la coordinación ojo-mano (Bernal, Wanceulen, & Wanceulen, 2018).

Se procedió a dividir a los niños que tuvieron dificultades en la coordinación ojo-mano en dos grupos, tanto el grupo control y grupo estudio los niños fueron seleccionados por medio de muestreo aleatorio simple en un programa estadístico, para lo cual se trató de dividirlos de manera equitativa en base a su edad. La terapia visual se realizó una vez a la semana a todos los niños seleccionados, en el primer grupo o grupo control se desarrolló la terapia de coordinación mediante actividades convencionales empleando una pelota que se tenía que encestar, durante la terapia se aumentó el nivel de dificultad al emplear pelotas cada vez más pequeñas y a distintas distancias. Mientras que en el segundo grupo o grupo estudio los niños fueron entrenados con el nuevo dispositivo electrónico, para este propósito se realizó una primera evaluación del tiempo de reacción de los niños con el dispositivo electrónico usando una frecuencia de intermitencia entre el primer y segundo estímulo de 2000ms, la mayoría

de los niños tuvieron una reacción lenta por lo que se inició la terapia con esta velocidad. La terapia del grupo estudio consistió en que al niño se le presentaban diferentes estímulos luminosos en diferentes posiciones de una matriz de filas y columnas y el niño debía ser capaz de tocar con su dedo índice el lugar en el que aparecía el estímulo, para lo cual el niño hacía uso de su posición en el espacio para localizar un estímulo en su campo visual de una forma activa y dinámica en la cual los pacientes debían emplear destreza en sus movimientos motores de las manos y de los ojos; ya que cuando aparecía un estímulo visual, este era percibido por los ojos y a través de los medios transparentes, se transmitía una señal o impulso eléctrico al cerebro, el cual respondía una señal motora que direccionaba al dedo índice de la mano hacia la posición en la que aparecía el estímulo. En cada sesión de la terapia los niños debían seguir el estímulo visual dispuesto en su campo visual y tocarlo con su dedo, de tal forma que el niño fuera capaz de seguir el estímulo visual con precisión, velocidad y cumpliendo los retos sin olvidar un estímulo. En el proceso de la realización de la terapia de coordinación, a medida que se avanzó en el número de sesiones, se fue incrementando la velocidad de frecuencia entre estímulos luminosos para aumentar la dificultad de las pruebas; así como también se realizó de forma monocular y binocular y se aumentó la dificultad pidiéndole al niño que use ambas manos y que además se toque la nariz.

La terapia de coordinación se efectuó durante tres meses tanto al grupo control y estudio, al finalizar la última sesión de terapia, para evaluar el avance de la coordinación ojo – mano de los pacientes investigados, se aplicó nuevamente el test de Frostig utilizando las mismas categorías de evaluación. Según el método, el puntaje se clasificó en 4 categorías por rangos de habilidad: categoría 1 (logro demostrado igual a 30 puntos), categoría 2 (por lograr de 20 a 29 puntos), categoría 3 (en proceso de 10 a 19 puntos) y categoría 4 (inicio de 0 a 9 puntos) (García & Pérez, 2009). Se anotaron los resultados y luego se compararon haciendo una evaluación cualitativa del impacto del método electrónico

Para la recolección de la información.

La metodología que se empleó para recolectar la información fue la historia clínica optométrica elaborada (ver anexo 2. Historia clínica) y el test de Frostig para evaluar

la coordinación ojo mano (ver anexo 3. Test Frostig). Dichos datos fueron llevados a sistemas automatizados de gestión de base de datos.

Para el procesamiento de la información.

Los métodos usados para procesar la información recolectada fueron: una base de datos en la que se calculó el porcentaje como medida de resumen y para las comparaciones se usó el estadígrafo chi cuadrado al 95% de certeza.

Técnica de discusión y síntesis de los resultados.

Los métodos usados para la discusión y síntesis de los resultados de la investigación fueron la observación y la experiencia aportada por el tutor.

Bioética.

En la realización de la investigación no existieron violaciones de la ética médica ni moral, ya que se obtuvo el permiso de los padres de los niños que participaron en la investigación por medio del consentimiento informado, adicionalmente, se recolectó la información en base a la historia clínica individual aplicada a los niños que se incluyeron en la investigación y la información recogida relacionada con el empleo del dispositivo se realizó mediante la observación del avance en la terapia visual y motora de los niños; por tanto se cumplieron los principios éticos fundamentales como: autonomía, beneficencia al incrementar los beneficios y disminuir los perjuicios; no maleficencia puesto que se evitó el uso de procedimientos invasivos que afecten la salud de los pacientes y justicia al manejar a todos los pacientes por igual.

Cronograma de actividades.**Cronograma de Actividades.**

MESES A PARTIR DE MARZO 2019 (INICIO) HASTA FEBRERO 2020 (FIN).												
ACTIVIDADES	MAR 2019	ABR 2019	MAY 2019	JUN 2019	JUL 2019	AGO 2019	SEP 2019	OCT 2019	NOV 2019	DIC 2019	ENE 2020	FEB 2020
ASIGNACIÓN DEL TEMA Y TUTOR DEL PROYECTO	■											
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA		■										
REDACCIÓN DEL CAPÍTULO DE INTRODUCCIÓN		■										
DISEÑO DEL DISPOSITIVO		■	■									
CORRECCIÓN DEL CAPÍTULO DE INTRODUCCIÓN			■									
REDACCIÓN DEL CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO			■	■	■							
ELABORACIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO DEL DISPOSITIVO				■	■							
CORRECCIÓN DEL CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO					■							
ANAMNESIS Y AGUDEZA VISUAL					■							
REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS PRELIMINARES.					■							
MODIFICACIONES DEL HARDWARE DEL PROTOTIPO						■						
REDACCIÓN DEL CAPÍTULO II METODOLOGÍA						■	■					
CORRECCIÓN DEL CAPÍTULO II METODOLOGÍA							■					
MODIFICACIONES DEL SOFTWARE DEL PROTOTIPO							■	■				
REDACCIÓN DEL CAPÍTULO III RESULTADOS								■	■	■		
REALIZACIÓN DE LA TERAPIA							■	■	■	■	■	
CONSTRUCCIÓN DE LA CARCAZA DEL PROTOTIPO Y MODIFICACIONES									■	■		
CORRECCIÓN DEL CAPÍTULO III RESULTADOS											■	■
PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL												■

Fuente: Propia.

Elaborado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS.

La tabla 1 muestra la incidencia en niños con dificultad en la coordinación ojo-mano en los pacientes estudiados. Como se evidencia en la tabla, de un total de 90 pacientes el número de niños que tienen dificultad en la coordinación ojo-mano es de 74 que corresponde al 82.22%, mientras que el número de niños que no tienen dificultad en la coordinación ojo-mano es de 16 que corresponde al 17.78% atendiendo a los resultados obtenidos al aplicar el test Frostig.

Tabla 1. Incidencia en niños con dificultad en coordinación ojo-mano.

Dificultad coordinación ojo-mano	Nº	%.
Si.	74	82.22
No.	16	17.78
Total.	90	100.00

Fuente: Historia clínica.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

En el estudio realizado por la Universidad de Huancavelica de Perú, referente a ejercicios motrices en el desarrollo de la coordinación óculo manual de los niños de la Institución Inicial Nº 568, en la comunidad de Pucarumi de Perú, se determinó que el 50 % de los 20 estudiantes matriculados presentan una deficiente coordinación ojo mano (Avalos, Chávez, & Valdivia, 2015) .

En el trabajo elaborado en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, relacionado al desarrollo de la coordinación visual y manual de los niños de la Unidad Educativa Particular Gregoriano, se encontró que el 65% de los niños analizados presentan problemas de la coordinación ojo-mano, mientras que el 35% demostró tener una adecuada coordinación en las diferentes actividades realizadas (Quimis, Valencia, & Verdezoto, 2016).

En un estudio realizado en Ambato, a 50 niños de la Unidad Pedro Fermín Cevallos, para controlar movimientos de coordinación ojo mano en relación con los objetos y capacidades del espacio, se obtuvo como resultado que los estudiantes de esta institución educativa tienen problemas en la coordinación ojo mano, ya que no lograron realizar esta actividad el 40%, lograron el 40% y por lograr el 20% de los niños. Los resultados de la presente investigación coinciden con los encontrados por los autores (Robalino & Ruiz, 2017).

En la tabla 2 se muestra la evaluación del test de Frostig de coordinación ojo-mano antes de aplicar la terapia a la muestra de estudio. El grupo control en su puntaje mínimo de 0 a 9 puntos tuvo 17 niños (45.95%), mientras que en el grupo estudio hubo 18 niños (48.65%). Con puntaje entre 10 y 30 puntos el grupo control tuvo 20 niños, mientras en el grupo estudio se ubicaron 19 niños.

Tabla 2. Estado de la coordinación ojo-mano en la muestra de estudio antes de aplicar la terapia.

Intervalo de puntaje.	Grupo control.		Grupo estudio.	
	Nº	%.	Nº.	%.
30.	0	0.00	0.00	0.00
20-29.	0	0.00	0.00	0.00
10-19.	20	54.05	19	51.35
0-9.	17	45.95	18	48.65
Total	37	100.00	37	100.00

Fuente: Historia clínica.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

En un estudio realizado por la Universidad del Centro del Perú, a 36 niños de la Institución Educativa Integrado N° 31594 Juan Poma del Riego en el Tambo – Huancayo, Perú; se aplicó el test de coordinación ojo-mano de Marine Frostig tanto al grupo control y grupo estudio o experimental, en el cual se obtuvo los siguientes puntajes en el grupo control: 77.8 % en el puntaje de 10 a 19, seguido de 22.2 % en

el puntaje de 0 a 9; mientras que en el grupo estudio se obtuvo 44.4% en el puntaje de 10 a 19, seguido de 55.6% en el puntaje de 0 a 9 (García & Pérez, 2009).

En una investigación realizada referente a la aplicación de la terapia visual a 70 pacientes para mejorar las habilidades de coordinación ojo – mano en estudiantes con problemas visuales , realizado en Irán en el Centro de Investigación de Errores Refractivos de la Universidad Médica de Ciencias Mashhad, después de aplicar el test frostig a la muestra, tanto al grupo de control y al grupo de estudio, se encontró que el grupo control obtuvo una media de 21.60 en el promedio de este test, mientras que el grupo estudio obtuvo una media de 22.74. Los resultados de la presente investigación coinciden con los enunciados por los autores (Khorasani, et al., 2018).

La tabla 3 recoge la distribución de la muestra de estudio según edad. Como se aprecia en la tabla, de un total de 74 niños, el grupo de edad que predomina es de 4 a 8 años representado por 55 niños que corresponde al 74.32 %.

Tabla 3. Distribución de la muestra de estudio según la edad.

Grupo Etario.	Nº	%.
4-8	55	74.32
9-13	19	25.68
Total.	74	100.00

Fuente: Historia clínica.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

En un estudio realizado a los pacientes del Hospital Ocular Moorfield y de la Clínica Optométrica de la Universidad de Londres, se reclutó a 36 niños de las edades de 5 a 11 años, determinándose una prevalencia de 22 niños entre 5 a 8 años y 14 niños en el grupo de 9 a 11 años (Finlay, Grant, Melmoth, Sloper, & Suttle, 2011).

En un estudio de aplicación de terapia visual a 70 pacientes, para mejorar las habilidades de coordinación ojo – mano, en estudiantes con problemas visuales, realizado en Irán en el Centro de Investigación de Errores Refractivos de la

Universidad Médica de Ciencias Mashhad, se encontró que la edad media es de 11 años. Los resultados de la presente investigación coinciden con los autores citados (Khorasani, et al., 2018).

La tabla 4 expresa la distribución de la muestra de estudio según el sexo de los pacientes estudiados. El sexo que predominó fue el masculino, que está representado por 47 niños que corresponde al 64%.

Tabla 4. Distribución de la muestra de estudio según el sexo.

Sexo.	Nº.	%.
Masculino.	47	63.51
Femenino.	27	36.49
Total.	74	100.00

Fuente: Historia clínica.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

En investigaciones previas de las diferencias de género en tareas de coordinación motora y visual, se revela que existen diferencias entre el sexo masculino y femenino, tal como se puede apreciar en la publicación realizada en Bucarest –Romania, en la revista International Journal of Physical Education, Sports and Health acerca de las diferencias de género en la coordinación ojo-mano, se determinó que existen diferencias en la coordinación ojo-mano en función del sexo, ya que se encontró que los niños realizaban las actividades con mayor precisión que las niñas y que las niñas tienen mayor capacidad para corregir errores y de aprender de errores previos (Anitei & Chraif, 2013).

En un estudio realizado a la aplicación de la terapia visual a 70 pacientes para mejorar las habilidades de coordinación ojo – mano en estudiantes con problemas visuales, realizado en Irán en el Centro de Investigación de Errores Refractivos de la Universidad Médica de Ciencias Mashhad, se encontró que el sexo femenino es el predominante con un 69% (Khorasani, et al., 2018).

En una investigación desarrollada por Jenelly Campoverde a 146 niños de ambos sexos, tanto de centros educativos rurales como urbanos de la ciudad de Cuenca como: el Centro de Estimulación Integral y Apoyo Psicoterapéutico de la Universidad de Azuay, Centro de Desarrollo Infantil Pulgarcito, Catalina Guerrero de Monay y la Escuela Manuel Guerrero de la parroquia el Valle, con la finalidad de determinar una de las variables del desarrollo perceptivo que es la coordinación ojo-mano, se encontró que el sexo predominante es el sexo femenino con un porcentaje de 60.3% equivalente a 88 niñas, mientras que el sexo masculino con un 39,7% equivalente a 58 niños. Los resultados actuales coinciden con la bibliografía referida (Barros & Campoverde, 2014).

En la tabla 5 se puede evidenciar la distribución de la muestra de estudio según el nivel educacional. En la tabla se evidencia que el nivel educacional que predomina es primero de básica, representado por 16 niños, que corresponde al 21.62%.

Tabla 5. Distribución de la muestra de estudio según nivel educacional.

Nivel educacional.	Nº.	%.
Inicial 2.	9	12.16
Primero de básica.	16	21.62
Segundo de básica	6	8.11
Tercero de básica.	6	8.11
Cuarto de básica.	12	16.22
Quinto de básica.	7	9.46
Sexto de básica.	8	10.81
Séptimo de básica.	10	13.51
Total.	74	100.00

Fuente: Historia clínica.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

En la investigación realizada por la Universidad Internacional de la Rioja a niños de edad escolar, se encontró que existe una estrecha relación entre la coordinación viso-manual y el rendimiento académico, para que los niños tengan una adecuada lecto-

escritura y tengan un adecuado razonamiento lógico requieren de una buena percepción viso-manual y una baja coordinación ojo-mano conlleva al fracaso escolar y pérdida de año, con lo que los niños que deberían estar en un grado superior de acuerdo a su edad se encuentra en un grado inferior que no está en relación con su edad (Fernández, 2014).

En un estudio de coordinación ojo-mano, realizado a 30 alumnos del Centro de Educación Infantil y Primaria de la localidad de Plasencia, Cáceres, se determinó que existe predominancia del tercer curso de educación infantil, el cual es equivalente con segundo de básica de la educación de Ecuador, con un 66.7% y seguido por primero de educación primaria, equivalente con tercero de básica, con un 33.3% (Fernández, 2014).

En una investigación realizada por la Universidad del País Vasco relacionada con la coordinación ojo-mano a 436 estudiantes de centros públicos y privados de la Ciudad de Victoria, se encontró que existe prevalencia del primer grado de educación primaria con 33.1% equivalente a 133 niños, seguido del segundo grado de educación infantil con 23.3% equivalente a 102 niños y seguido por el grado de educación infantil con 21.1% equivalente a 92 niños. Los resultados de la investigación realizada guardan similitud con los referidos por los autores citados (Cruz, Garaigordobil, & Maganto, 2001).

En la tabla 6 se muestra la evaluación del test de Frostig de terapia y rehabilitación de los pacientes estudiados. En la tabla se puede precisar que existe una mejoría en el grupo de estudio en comparación con el grupo control. Al evaluar con métodos tradicionales, en su puntaje mínimo de 0 a 9 puntos, en el grupo control hubo 13 niños (35.13%) mientras que en el grupo estudio, utilizando el dispositivo electrónico se redujo el número a 4 niños (10.81%). Con puntaje entre 10 y 30 puntos el grupo control tuvo 24 niños, mientras en el grupo estudio se ubicaron 33 niños.

Tabla 6. Evaluación de terapia y rehabilitación en el grupo control y estudio utilizando métodos tradicionales y dispositivo electrónico, respectivamente.

Intervalo de puntaje.	Grupo control.		Grupo estudio.	
	Nº	%.	Nº.	%.
30.	0	0	0	0
20-29.	3	8.11	7	18.92
10-19.	21	56.76	26	70.27
0-9.	13	35.13	4	10.81
Total	37	100.00	37	100.00

Fuente: Historia clínica.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Se pudo apreciar que el uso del dispositivo electrónico para mejorar la coordinación ojo- mano tuvo un impacto positivo en los educandos del grupo estudio ya que mejoró la precisión de los movimientos en los niños y la rapidez con la que realizaron los ejercicios. De forma general el dispositivo es más aceptado por los estudiantes, por lo dinámico, lo llamativo y el uso fácil del mismo. El dispositivo electrónico diseñado y construido para la terapia de coordinación ojo mano presentó las siguientes ventajas en comparación que los métodos tradicionales:

- La versatilidad puesto que se pueden entrenar a distintos pacientes con diferentes grados de descoordinación usando un solo dispositivo.
- La adaptabilidad, ya que se pudo programar y modificar los tiempos de duración de los estímulos visuales y su ubicación en el espacio, adaptándose a cada paciente; puede ser personalizado a cada situación y modificable ya que en el desarrollo de la terapia se pudo ir aumentando el grado de dificultad para cada niño.
- El dinamismo porque los niños lo asemejan a un juego del que no quieren parar y se consiguió mantener la concentración durante la terapia; adicionalmente la apariencia y los estímulos luminosos ayudaron a fomentar la motivación en los niños durante la terapia porque estuvieron atraídos por las luces, lo que les

mantuvo activos; mientras que con el método tradicional los niños estaban desmotivados, distraídos y no prestaban mucha atención.

En la publicación realizada por el Instituto de Microcirugía Ocular se indica que la clave del éxito de la terapia visual es la motivación del paciente, que además los ejercicios dinámicos en los que se usan dispositivos tecnológicos y pantallas permiten mantener al paciente interesado y que quiera continuar asistiendo a la terapia, esto se confirma con los resultados obtenidos en las observaciones que se hicieron en el presente estudio al emplear el nuevo dispositivo electrónico y técnicas tradicionales, en las que los niños tuvieron mayor motivación por el dispositivo electrónico que por los métodos tradicionales, lo que produjo que su nivel de coordinación ojo-mano aumentara (Instituto de Microcirugía Ocular, n.d.).

El empleo dispositivos electrónicos y de programas puede ayudar a realizar la terapia visual empleando la innovación tecnológica, esto se observa al usar el sistema de terapia visual conocido como Saunet Vision Integrator el cual consta de una pantalla táctil y de un software que ayuda en diferentes problemas como: ambliopía, dificultades de lectura, escritura, traumatismo, visión en el deporte y coordinación; puesto que la realización de la terapia al usar una pantalla táctil en la que se pueden observar actividades que incluyen juegos consiguen que los pacientes aumenten su concentración y velocidad en la realización de tareas que involucren la vista (Confort Vision, 2020).

Los científicos de la Universidad de Rochester y Vanderbilt realizaron una investigación relacionada a la terapia visual con juegos de video de entrenamiento especializados, en los que se aislaron las variables que causaban un efecto mayor en la percepción, se eliminaron componentes violentos, se tomó en cuenta todo el campo visual y fue una aplicación más amigable con los niños, esta terapia reflejó una mejoría en la percepción visual, en especial en la visión periférica de los niños con baja visión, que permaneció estable incluso después de 12 meses de la terapia (Lappin, Nyquist, Tadin, & Zhang, 2016).

El desempeño de actividades deportivas, en deportes de reacción balística como es bloquear una pelota de futbol o de hockey y golpear una pelota de tenis con la raqueta

o una pelota de béisbol o una pelota de cricket, depende de las habilidades de coordinación del jugador. Los investigadores de las ciencias de deportes han desarrollado tecnologías para mejorar las habilidades deportivas, cognitivas, motoras y perceptivas visuales de los atletas, entre ellas se encuentran: simuladores, realidad virtual, detección de múltiples objetos con visión en tres dimensiones (Fadde & Zaichkowsky, 2019)

Los atletas necesitan tener una excelente visión para desempeñarse eficientemente en los deportes, por lo que han comenzado a usar programas de entrenamiento visual para afianzar su entrenamiento tradicional; esta creciente práctica se basa en que la demanda visual perceptiva, cognición y tareas óculo motoras, pueden mejorar la habilidad para procesar y responder de manera eficiente a lo que se observa y consecuentemente mejorar las capacidades deportivas. Con la introducción de nuevas tecnologías digitales, inspiradas en programas de entrenamiento y simuladores de realidad virtual, se hizo posible que el entrenamiento visual promoviera las capacidades oculares, cognitivas y motoras de practicantes de diferentes deportes, los mismos que pueden entrenarse en actividades que involucran la coordinación de los ojos y las manos, con el propósito de aumentar la rapidez de actuación y la precisión cuando practican deportes que requieren de gran coordinación ojo-mano, tal es el caso de batear una pelota de béisbol (Appelbaum & Erickson, 2016).

En el estudio desarrollado por investigadores del Reino Unido, con la aprobación de las siguientes instituciones: University of Lincoln School Of Psychology Research Ethics Committee y United Kingdom National Research Ethics Service Committee North East – Newcastle & North Tyneside 1, se empleó un video juego especializado llamado Eyelander, a participantes entre edades de 7 a 25 años con problemas de pérdida de campo visual, se observó que la terapia mejoró las habilidades visuales de los niños porque los mantenía concentrados, que en contraste con las terapias tradicionales no se pudo lograr, ya que provocaban cansancio, falta de interés y consecuentemente fracasaban en mantenerlos comprometidos (Ellis, et al., 2018).

En la investigación realizada por la Universidad de Hong Kong, se confirmó que los video juegos de acción contribuyeron a mejorar la coordinación ojo-mano, la muestra estuvo conformada por participantes que jugaban activamente con video juegos y

participantes que no jugaban; se realizó con tareas que se mostraron en una pantalla, que incluían la presentación de un objetivo gaussiano celeste que se movía aleatoriamente en el entorno, los participantes tenían que seguir el objetivo con sus ojos mientras usaban un mouse para alinear un puntero rojo con el objetivo celeste (Chen & Li, 2016).

El uso de un dispositivo electrónico mejoró las habilidades de coordinación ojo-mano en los niños escolares, lo que contribuyó a optimizar el proceso de aprendizaje, así como también al desarrollo de la lectura y escritura.

CONCLUSIONES.

- Se diagnosticaron 74 niños (82%) con dificultades de la coordinación ojo-mano.
- El grupo control antes de aplicar la terapia, en el rango de 0 a 9 puntos tuvo 17 niños (45.95%), mientras que en el grupo estudio hubo 18 niños (48.65%). Con puntaje entre 10 y 30 puntos el grupo control tuvo 20 niños, mientras que en el grupo estudio se ubicaron 19 niños.
- El grupo etario que predominó en el estudio fue de 4 a 8 años, representado por 74% de la muestra.
- El 64% de la muestra de estudio correspondió al sexo masculino.
- El mayor porcentaje (22%) de la muestra estuvo representado por estudiantes de primero básica.
- Al evaluar el método tradicional y electrónico se apreció una mejoría en el grupo de estudio en comparación con el grupo control.
- El uso del dispositivo electrónico mostró un impacto positivo en la terapia y rehabilitación de niños con trastornos de la coordinación ojo-mano.

RECOMENDACIONES.

- Emplear el dispositivo electrónico para la terapia de la coordinación ojo – mano en las distintas instituciones educativas y centros de educación para mejorar las habilidades motoras de los niños, en especial en aquellos niños que tienen problemas de lectura y escritura, con la finalidad de mejorar su proceso de desarrollo motor y cognitivo.

- Usar el dispositivo electrónico en la terapia de pacientes con problemas oculomotores para entrenar movimientos de fijación, de seguimiento y sacádicos, los cuales son imprescindibles en el aprendizaje escolar y en el desarrollo visual de los niños.

- Continuar realizando innovaciones y automatizaciones por medio de la tecnología, a los materiales e instrumentos convencionales utilizados en la rehabilitación ocular, para aumentar la motivación y la atención de los niños al realizar la terapia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Agur, A. M., Dalley, A., & Moore, K. (2017). *Anatomía con orientación clínica de Moore* (Octava ed.). Barcelona: Wolters Kluwer.
- Anitei, M., & Chraif, M. (Marzo de 2013). Gender differences in motor coordination at young students at psychology. *International Journal of Social Science and Humanity*, III(2), 147-150. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de <http://www.ijssh.org/papers/215-D10018.pdf>
- Appelbaum, L. G., & Erickson, G. (2016). Sports vision training: A review of state of the art in digital training techniques. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, XI(1), 160-189. Recuperado el 4 de Febrero de 2020, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1750984X.2016.1266376?journalCode=rirs20>
- Augsburger, J., & Riordan, P. (2018). *Vaughan and Asbury's general ophthalmology* (Nineteenth ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Avalos, E., Chávez, D., & Valdivia, R. (2015). *Ejercicios motrices en el desarrollo de la coordinación óculo manual de los niños y niñas de 4 y 5 años en la Institución Educativa Inicial N° 568 de Pucarumi (Tesis de pregrado)*. Recuperado el 11 de Febrero de 2020, de Universidad Nacional de Huacavelica: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/573>
- Avila, V., & Bermejo, P. (2018). *Madurez de la percepción visual de los niños y niñas de 4 a 5 años de la Unidad Educativa Eugenio Espejo (Tesis de pregrado)*. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31595>
- Barros, M., & Campoverde, J. (2014). *El desarrollo de las habilidades perceptivas en niños y niñas de 4 a 5 años en los Centros Educativos Rurales y Urbanos de la ciudad de Cuenca en el año 2012/2013 (Tesis de Maestría)*. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de Universidad de Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3691>
- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. (2016). *Neuroscience: exploring the brain* (Fourth ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Bernal, J., Wanceulen, A., & Wanceulen, J. (2018). *200 Juegos y ejercicios de coordinación óculo-motriz*. Sevilla: Wanceulen.
- Bhuyan, M. (2016). History of electronics. *Tech Valley Solutions Limited*, 21-29. Recuperado el 11 de Febrero de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/294317463_History_of_Electronics
- Borrás, M. R., Mullor, L., & Ondategui, J. C. (2016). *Movimientos oculares en lectura, efecto del error prismático en la prescripción (Tesis de maestría)*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de Universidad Politécnica de Cataluña: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/119243>

- Camacho, M. (2019). *Terapia y entrenamiento visual* (Segunda ed.). Bogotá: Marcela Camacho Montoya.
- Chadwick, M., Condemarín, M., Gorostegui, M. E., & Milicic, N. (2016). *Madurez escolar*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Chen, R., & Li, L. (Septiembre de 2016). Action videogame play improves eye hand coordination. *Journal of Vision*, XVI(12). Recuperado el 15 de Enero de 2020, de <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2550438>
- Confort Vision. (18 de Febrero de 2020). *SVI –la más alta tecnología aplicada a la terapia visual*. Recuperado el 12 de abril de 2020, de <https://confortvision.com/blog/terapia-visual-2/svi-la-mas-alta-tecnologia-aplicada-la-terapia-visual/>
- Consejo General de Opticos Optometristas. (2019). *Libro blanco de la salud visual en España 2019*. Madrid: Grupo ICM Comunicación.
- Cruz, M., Garaigordobil, M. T., & Maganto, C. (2001). Análisis evolutivo de la coordinación visomotora y sus relaciones con la inteligencia, estilo cognitivo y atención. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, XII(21), 73-88. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de <http://www.sc.ehu.es/ptwmamac/articulos/18a.pdf>
- Derricson, B., & Tortora, G. (2017). *Principles of anatomy and physiology* (Fifteenth ed.). New Jersey: Jhon Wiley & Sons.
- Díaz, D., & Latorre, J. M. (2015). *Psicología médica*. Barcelona: Elsevier.
- Drake, R., Mitchell, A., & Vogl, A. W. (2018). *Gray`s basic anatomy* (Second ed.). Philadelphia: Elsevier.
- Duckman, R., Schnell, P., & Taub, M. (2020). *Visual development, diagnosis, and treatment of the pediatric patient* (Second ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Ecuador, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Informe nacional del Ecuador para la tercera conferencia de las Naciones Unidas sobre vivienda y desarrollo urbano sostenible Habitat III*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Ellis, R., Gerling, K., Hodgson, T., Linehan, C., Robson, L., Waddington, J., & Williams, C. (Noviembre de 2018). Evaluation of eyelander: a video game designed to engage children and young people with homonymous visual field loss in compensatory training. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 112(6), 717-730. Recuperado el 17 de Enero de 2020, de <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0145482X1811200607>
- Encalada, M., & Morales, J. (2017). *Metodología para estimular la coordinación óculo manual mediante aplicación de técnicas grafoplásticas en niños y niñas de 2 a 3 años en el Centro Infantil del Buen Vivir el Vecino, provincia del Azuay y cantón Cuenca (Tesis de pregrado)*. Recuperado el 18 de Febrero de 2020,

de Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14391>

- Fadde, P., & Zaichkowsky, L. (2019). Training perceptual cognitive skills in sports using technology. *Journal of Sport Psychology in Action*, IX(4), 239-248. Recuperado el 24 de Enero de 2020, de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21520704.2018.1509162?src=rcsys>
- Felten, D., O'Banion, M. K., & Summo, M. (2017). *Netter atlas de neurociencia* (Tercera ed.). Barcelona: Elsevier.
- Fernández, S. (2014). *Relación de percepción viso-motriz y rendimiento escolar (Tesis de maestría)*. Recuperado el 13 de Enero de 2020, de Universidad Internacional de la Rioja: <https://reunir.unir.net/handle/123456789/3046>
- Finlay, A., Grant, S., Melmoth, D., Sloper, J., & Suttle, C. (2011). Eye-hand coordination skills in children with and without amblyopia. *Investigate Ophthalmology and visual science*, LII(3), 1851-1864. Recuperado el 19 de Enero de 2020, de <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2127335>
- García, M. L., & Pérez, M. (2009). *El collage como estrategia para mejorar la coordinación visomanual en los niños del primer grado de la Institución Educativa Integrado No 31594 Juan Parra del Riego El Tambo Huancayo (Tesis de pregrado)*. Recuperado el 17 de Febrero de 2020, de Universidad Nacional del Centro del Perú: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2773>
- Hernández, C., Prada, R., & Rincón, G. (2017). Influencia de los movimientos sacádicos en el rendimiento académico de estudiantes de básica primaria en situación de vulnerabilidad en la ciudad de Cúcuta. *Psicogente*, XX(38), 256-267. Recuperado el 17 de Enero de 2020, de <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/psicogente/article/download/2545/2546>
- Instituto de Microcirugía Ocular. (s.f.). *La terapia visual permite mejorar el rendimiento escolar de ciertos niños con dificultades de aprendizaje*. Recuperado el 2 de febrero de 2020, de <https://www.imo.es/es/terapia-visual-0>
- Kalat, J. (2016). *Biological psychology* (Twelfth ed.). Boston: Cengage Learning.
- Khorasani, A. A., Riazi, A., Shandiz, j., Torab, M., Yazdani, N., & Zohourian, B. (2018). Impact of vision therapy on eye-hand coordination skills in students with visual impairment. *Journal of Ophthalmic and Vision Research*, XIII(3), 301-306. Recuperado el 17 de Febrero de 2020, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6058561/pdf/JOVR-13-301.pdf>
- Kumar, A. (2015). Effect of hand-eye coordination on motor coordinative ability of tribal adolescents. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, II(2), 328-330. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de

<http://www.kheljournal.com/archives/?year=2015&vol=2&issue=2&part=F&ArticleId=245>

- Lappin, J., Nyquist, J., Tadin, D., & Zhang, R. (2016). Perceptual training yields rapid improvements in visually impaired youth. *Scientific Reports*, VI, 1-13. Recuperado el 21 de Enero de 2020, de <https://www.nature.com/articles/srep37431>
- LaPres, J., Kersten, B., & Tang, Y. (2016). *Gunstream`s anatomy and physiology: with integrated study guide* (Sixth ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- McGuinness, H. (2018). *Anatomy and physiology* (Fifth ed.). London: Hodder Education.
- Mtui, E., Gruener, G., & Dockery, P. (2016). *FitzGerald`s clinical neuroanatomy and neuroscience* (Seventh ed.). Philadelphia: Elsevier.
- Nair, M., & Peate, I. (2019). *Anatomía y fisiología para enfermeras* (Primera ed.). Ciudad de México: El Manual Moderno.
- Nieto, A., & Palomo, C. (2019). *Manual de procedimientos clínicos en optometría pediátrica y estrabismo*. Madrid: Ediciones Complutense.
- Perales, M., Lozano, I., & López, A. (2018). Los colores de la vida. *Ciencia*, 69(2), 85-91. Recuperado el 19 de Febrero de 2020, de <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-69-numero-2/277-comunicaciones-libres/370-los-colores-de-la-vida>
- Quimis, M., Valencia, A., & Verdezoto, R. (2016). *Estimulación sensorial y su incidencia en el desarrollo de la coordinación visomotriz de los niños de 2 y 3 años de la Unidad Educativa Particular Gregoriano de la ciudad de Guayaquil (Tesis de pregrado)*. Recuperado el 24 de Febrero de 2020, de Universidad Laica Vicente Rocafuerte: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/889>
- Regan, J., Russo, A., & VanPutte, C. (2016). *Seeley's essentials of anatomy & physiology* (Ninth ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Resola, S. (22 de Febrero de 2020). *Así ha avanzado la educación con la tecnología*. Recuperado el 22 de Febrero de 2020, de <http://www.impulsodigital.elmundo.es/sociedad-inteligente/asi-ha-avanzado-la-educacion-con-la-tecnologia>
- Robalino, M., & Ruiz, J. (2017). *Desarrollo de actividades interactivas para tablet como apoyo en la coordinación visomotora en niños de primer año de educación básica (Tesis de maestría)*. Recuperado el 10 de Enero de 2020, de Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato: <http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1923>
- Scheiman, M., & Wick, B. (2020). *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative and eye movement disorders* (Fifth ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer.

United States of America, Department of Education. (2017). *Reimagining the role of technology in education: 2017 national education technology plan update*. Washington: Department of Education.

ANEXOS.

ANEXO 1.

ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Yo, _____,
representante legal de la niña _____, autorizo a
que mi representada participe en el desarrollo de la presente investigación, cuyo único
fin es evaluar el uso de un dispositivo electrónico para ejercicios de coordinación ojo
– mano.

Se me ha explicado por parte del equipo de investigación que no se realizará ningún
tipo de agresión en los exámenes que se realice a mi representada, siendo todos
totalmente gratuitos e inocuos para su salud.

Con conocimiento pleno y en pleno goce de mis facultades mentales firmo la presente.
Para que así conste registro mi nombre, dos apellidos y firma:

Nombre y Apellidos del Representante.

Firma.

Tatiana Paola Benalcázar Vayas.
Firma de la estudiante investigadora.

Laura Patricia Mora Vera.
Firma de la estudiante investigadora.

Fecha: 09 de septiembre del 2019

ANEXO 2.

Historia clínica optométrica.

LUGAR: _____ FECHA: _____

DATOS GENERALES:

APELLIDOS: _____ NOMBRES: _____

EDAD: _____ TELÉFONO: _____ DIRECCIÓN: _____

CÉDULA DE IDENTIDAD: _____ FECHA DE NACIMIENTO: _____

PERSONA RESPONSABLE: _____ PARENTESCO: _____

ANAMNESIS:

MOTIVO DE CONSULTA _____

ANTECEDENTES MÉDICOS _____

MEDICAMENTOS _____

ALERGIAS: _____

CIRUGÍAS: _____

ANTECEDENTES VISUALES: _____

ANTECEDENTES MÉDICOS FAMILIARES: _____

ANTECEDENTES FAMILIARES

OCULARES _____

PESO AL NACER: _____ TIPO DE PARTO: _____ TIEMPO DE GESTACIÓN: _____

RX EN USO:

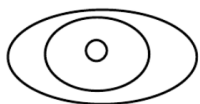
	ESFERA	CILINDRO	EJE	AV
OD				
OI				
AO				

AGUDEZA VISUAL:

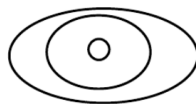
DIP: _____

	OD	OI	AO	PH
VL S/C				
VP S/C				
VL C/C				
VP C/C				

EXAMEN EXTERNO Y SEGMENTO ANTERIOR:



OD: _____



OI: _____

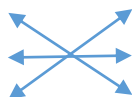
MOTILIDAD OCULAR

HIRSCHBERG: _____

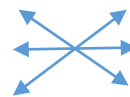
COVER TEST: VL: _____ VP: _____ PPC: _____

DUCCIONES:

OD:



OI:



VERSIONES:

OD



OI



REMISION: OPTOMETRIA _____ OFTALMOLOGICA _____ OTROS _____

NOMBRE DEL EXAMINADOR: _____

FIRMA _____

ANEXO 3.

Test de Frostig para evaluar la coordinación ojo mano.

1.



Two horizontal red lines for tracing practice.



2.



Two horizontal red lines for tracing practice.



3.



Two horizontal red lines for tracing practice.



4.



Two horizontal red lines for tracing practice.



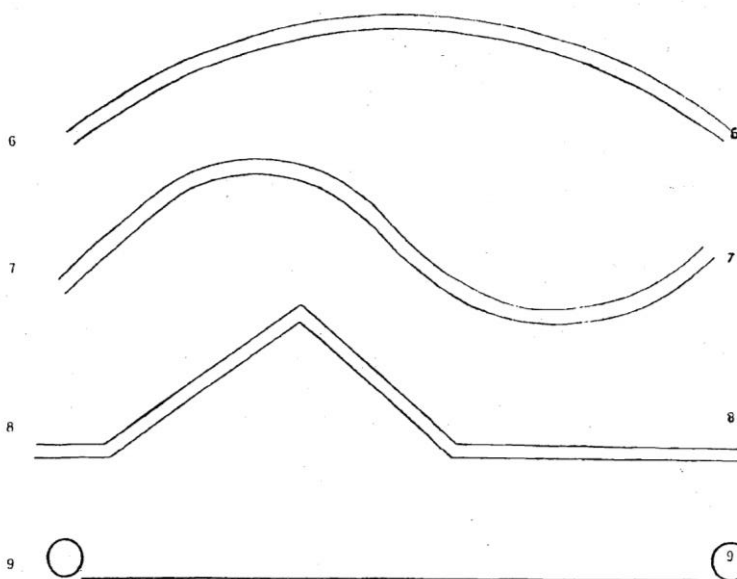
5.



Two horizontal red lines for tracing practice.



1b



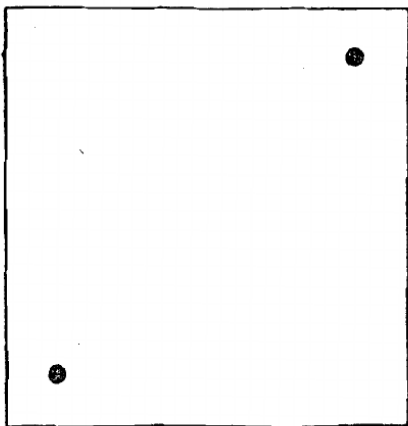
10



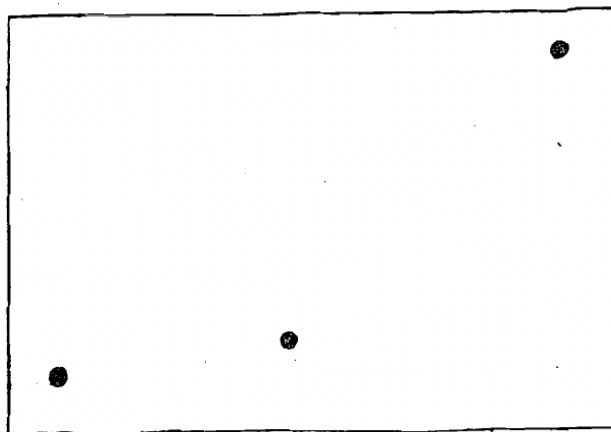
11



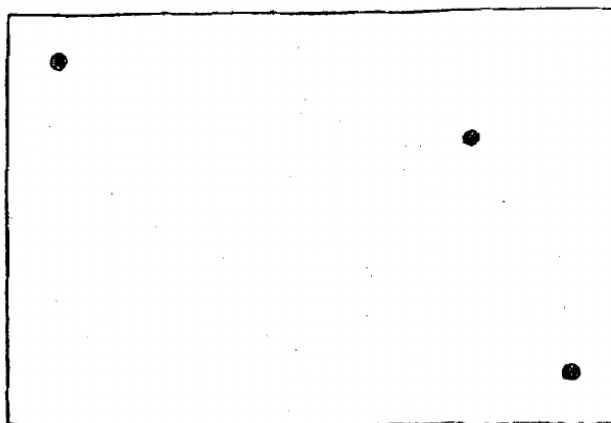
14



15



16



Fuente: (García & Pérez, 2009).

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Aplicación del test de Frostig de coordinación ojo – mano.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Realización del examen optométrico.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Realización del examen visual de los niños.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Test de agudeza visual realizado a los niños.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Evaluación de coordinación ojo – mano a los niños de inicial 2.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

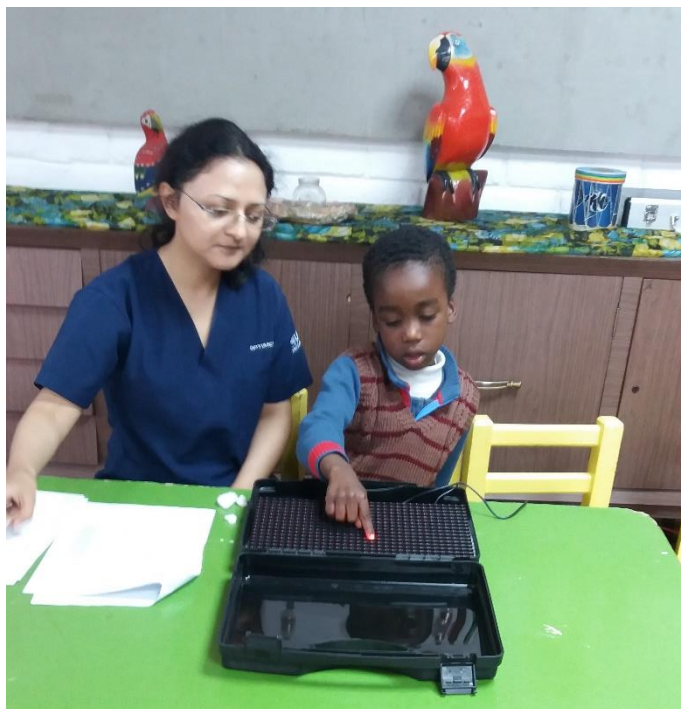
Evaluación de coordinación ojo – mano a los niños de primero de básica.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

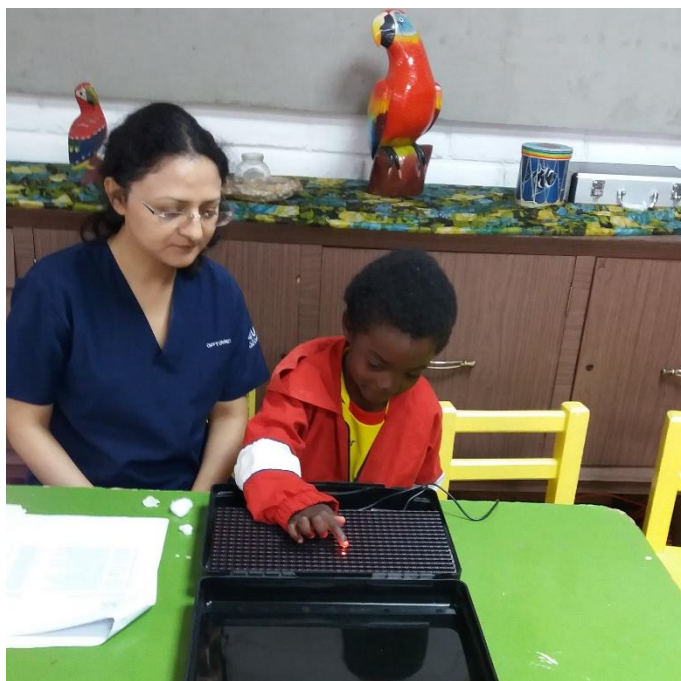
Realización de la terapia empleando el dispositivo electrónico.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

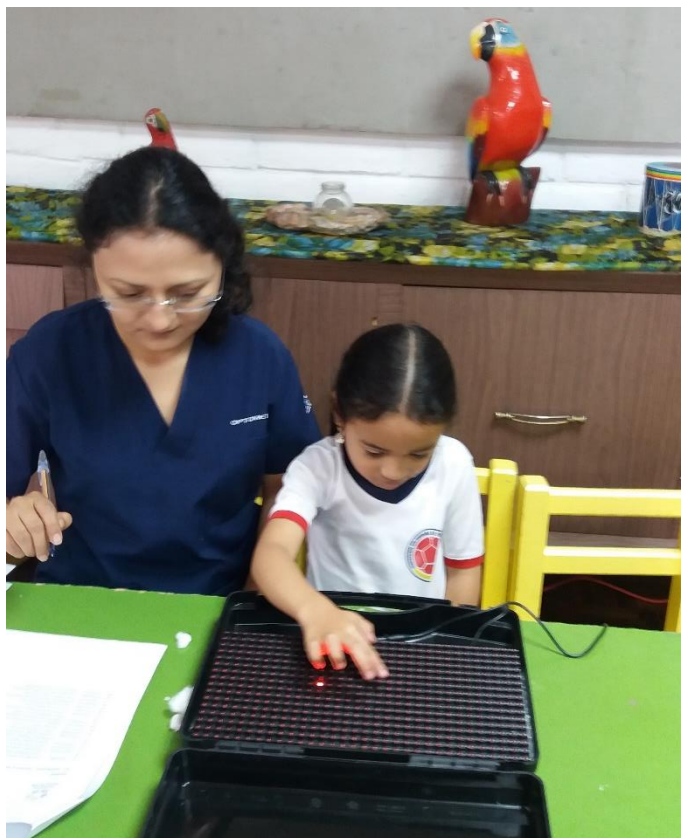
Terapia de coordinación ojo – mano a un niño de primero de básica.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Avance en la terapia de coordinación ojo-mano.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Entrenamiento de coordinación ojo – mano usando el dispositivo electrónico.



Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.

Entrenamiento de coordinación ojo-mano empleando métodos tradicionales.

Fuente: Propia.

Realizado por: Tatiana Paola Benalcázar Vayas y Laura Patricia Mora Vera.