

**Artículo original**

## **Diseño y prueba piloto de un *software* para la medida de agudeza visual dinámica**

Valentina Cuenca Hoyos

*Universidad de la Salle*

Ingrid Tatiana Arandia Cañón

*Universidad de la Salle*

Sandra Milena Medrano Muñoz

*Universidad de la Salle*

Citación recomendada Cuenca Hoyos V, Arandia Cañón IT, Medrano Muñoz SM. Diseño y prueba piloto de un *software* para la medida de agudeza visual dinámica. Cienc Tecnol Salud Vis Ocul. 2024;22(1):0006. DOI: <https://doi.org/10.19052/svo.22.iss1.5147>



## DISEÑO Y PRUEBA PILOTO DE UN SOFTWARE PARA LA MEDIDA DE AGUDEZA VISUAL DINÁMICA

Valentina Cuenca Hoyos<sup>1</sup> / Ingrid Tatiana Arandia Cañón<sup>2</sup> / Sandra Milena Medrano Muñoz<sup>3</sup>

Recibido: 3 de noviembre de 2023 Aprobado: 3 de abril de 2024 Versión Online First: 9 de agosto de 2024

**Cómo citar este artículo:** Cuenca Hoyos V, Arandia Cañón IT, Medrano Muñoz SM. Diseño y prueba piloto de un *software* para la medida de agudeza visual dinámica. Cienc Tecnol Salud Vis Ocul. 2024;22(2):0006.  
DOI: <https://doi.org/10.19052/sv.vol22.iss1.7>

### Resumen

La agudeza visual dinámica (AVD) permite determinar detalles en condiciones de movimiento relativo entre sujeto-objeto y es un buen indicador de la funcionalidad del sistema visual; su valoración ha sido poco estudiada, principalmente en la población infantil, debido a la falta de instrumentación computarizada y a procedimientos válidos para la evaluación de la misma; de igual forma, se resalta que los optotipos no computarizados que han utilizado tradicionalmente provocan excesiva ciclotorsión y condiciones de máximo contraste que no son comunes en la vida real. Objetivo. Diseñar un prototipo para la medida de agudeza visual dinámica en niños de edades escolares de 6 a 12 años en Bogotá-Colombia. Metodología. Es un estudio de corte transversal en donde se diseñó un prototipo para evaluar la AVD en niños escolares haciendo uso de características adecuadas para situaciones cotidianas de estos pacientes; posterior a ello, se realizó una prueba piloto a 10 pacientes en dos momentos diferentes con el fin de evitar la intervención, el sesgo de memorización y el cansancio. Resultados. Se realizó el prototipo de AVD en niños; se estableció el paso a paso del protocolo para su uso y en su toma se logró identificar una mayor dificultad en la prueba cuando la velocidad es mayor y el contraste menor.

**Palabras clave:** agudeza visual dinámica, herramienta computarizada, prototipo, niños escolares.

### Introducción

La agudeza visual (AV) se define como la capacidad que tiene el sistema visual de determinar detalles en resolución y se cuantifica de tal manera que sea posible identificar la cantidad de visión que el paciente posee (1, 2). Esta se puede clasificar según la capacidad para discriminar detalles sobre objetos estáticos (AV estática) o en movimiento (AV dinámica). En este caso, la Agudeza Visual Dinámica (AVD) permite determinar objetos en condiciones de movimiento relativo; por ende, su evaluación es importante en el sistema visual de cualquier individuo, aún más en deportistas de alto rendimiento y escolares, ya que estos interactúan gran parte de su tiempo bajo estos estímulos visuales debido a que sus actividades cotidianas requieren de constante dinamismo. Esta medida es bastante útil en los deportes; por ejemplo, para juzgar la velocidad, la rotación y la trayectoria de una pelota dentro del

1 Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia: Correo electrónico: [vcuenca87@unisalle.edu.co](mailto:vcuenca87@unisalle.edu.co)

2 Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.: Correo electrónico: [iarandia92@unisalle.edu.co](mailto:iarandia92@unisalle.edu.co)

3 Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: [sanmedrano@unisalle.edu.co](mailto:sanmedrano@unisalle.edu.co)



### Online First

desarrollo de un encuentro deportivo y detectar la rotación del balón para determinar la velocidad y el tipo de lanzamiento, y para entender las funciones visuales de una persona.

Evaluar esta función permite valorar otros aspectos del sistema visual como son el sistema espacial y temporal, y la medida de agudeza visual, contraste y movimiento (implicando el sistema magnocelular); también ayuda a obtener un indicador global de los campos receptivos pequeños y centrales además del color: implicando al sistema parvocelular; esto, en conjunto, permite obtener una valoración general de las bases neuronales de la percepción visual que se pueden ver afectadas en patologías tales como acinetopsia (afectación en percepción del movimiento), acromatopsia (incapacidad de percibir colores) y en pacientes con pérdida vestibular periférica total, en la que la agudeza visual dinámica se ve afectada durante el movimiento de la cabeza (3).

Por esta razón, la AVD es buen indicador de la funcionalidad del sistema visual, sin embargo, ha sido mucho menos estudiada que la AV estática, sobre todo en la población infantil, debido a que existe una falta de instrumentación y de procedimientos estandarizados válidos para la evaluación de este parámetro (4, 5).

La agudeza visual puede disminuir dependiendo de la velocidad de movimiento de los optotipos o símbolos de la carta empleada, que se encuentra directamente relacionada con el deterioro del seguimiento lento (5). Cuando es el sujeto quien se mueve, entra en acción el reflejo vestíbulo ocular (RVO), mejorando la calidad de la señal.

Distintos autores como Zimmerman, Lust y Bullimore (6) han ofrecido revisiones sobre las pruebas para la valoración de la AVD en donde destacan que son escasas, inadecuadas, de poca fiabilidad y validez. De esta manera, refieren que las cartillas que se han usado tradicionalmente resaltan su falta de especificidad debido a que provocan excesiva ciclorsión ocular y generan condiciones de máximo contraste que no son comunes en la vida real, ya que estas pruebas se basan en la presencia de discos rotacionales que giran a diferentes velocidades utilizando como estímulo visual letras negras sobre un fondo blanco. Por otro lado, Santos-Gorjón (7) menciona que los test activos (el sujeto es quien mueve la cabeza) y pasivos (el clínico es quien mueve la cabeza del sujeto) para evaluar la AVD son limitados y tienen problema como instrumento de medida debido a su escasa precisión en pacientes con problemas en el sistema vestibular (9), porque implica un ajuste ocular que estabiliza la imagen en la retina durante el movimiento de la cabeza, produciendo un desplazamiento ocular en la dirección opuesta a la cabeza, sin embargo, pacientes con RVO alterado no logran estabilizar la imagen en la retina, lo cual limita la utilidad de esta prueba para dichos pacientes.

Coffey y Reichow (9) recomiendan seguir investigando la toma de la AVD, incluyendo los estímulos que realicen tanto trayectorias circulares como horizontales, verticales y diagonales a través de todo el campo visual. De esta manera, en el año 2012 Quevedo (5) propuso una prueba computarizada llamada DinVA 3.0 para medir la AVD, que tiene en cuenta diversos factores (contraste, velocidad y trayectoria de los estímulos visuales) que son modificables por el usuario dentro de los valores fijos del *software*; de igual forma, existen otras herramientas computarizadas tales como Senaptec y COIVision, las cuales, aparte de medir la AVD, evalúan otras habilidades. Su disponibilidad es limitada, ya que estas herramientas presentan altos costos y se realizan principalmente en adultos. Sin embargo, a pesar de la existencia de estas pruebas para medir la AVD, no debe ser evaluada de la misma manera en niños (12), pues, aunque esta función se desarrolla rápidamente entre los 5 y los 15 años, comienza a disminuir a partir de los 20 años, haciendo que sea una de las funciones visuales que más se deteriora con la edad (5), lo que ocasiona que los resultados entre niños y adultos puedan variar significativamente.

Por esta razón, el propósito del presente estudio fue diseñar un prototipo de *software* con características funcionales para la prueba que puedan ser utilizadas para medir la AVD en niños escolares manejando



### Online First

distintas trayectorias y niveles de dificultad en la prueba; de igual

forma, se pretende que en el futuro sea accesible y se pueda validar para su aplicación.

A partir de lo anterior, se diseñó este prototipo de *software* como punto de partida para verificar la funcionalidad de la prueba y que se pueda hacer la construcción de un *software* de AVD completo próximamente. Este prototipo está dirigido a escolarizados de 6 a 12 años teniendo en cuenta los estímulos y fondos de pantalla que se asemejan a situaciones cotidianas para estas edades, partiendo de una prueba piloto realizada con 10 pacientes seleccionados de manera aleatoria.

Considerar la medida y el estado de la AV dinámica es importante, ya que esta se encarga de diversas funciones en las actividades diarias de los niños como las prácticas deportivas, la lectura en pantallas donde el objetivo se desplaza y los videojuegos (14, 15), lo que resulta esencial para la adaptación al medio dinámico y en constante movimiento en el que se ven inmersos. Gracias a esta función es posible desarrollar habilidades de anticipación (interceptar un objeto en movimiento) y predicción (localización espacial de un objeto de interés) (5), lo que resulta importante en deportes de pelota y de mesa; también es un buen indicador de la funcionalidad del sistema visual, ya que está involucrada con otras habilidades (11) de forma indirecta como el contraste y los movimientos oculomotores, específicamente los de seguimiento (8, 9).

Para la realización de este prototipo, con la ayuda del área de ingeniería de sistemas, se implementó un sistema operativo que permite desarrollar aplicaciones específicas para la plataforma. Este prototipo será útil principalmente en el área de la optometría pediátrica, como parte de la evaluación visual, pues si cumple con todas las características esperadas podría ser una herramienta muy útil y novedosa enfocada a escolares, teniendo en cuenta que hasta el momento no ha sido estudiada con detalle en estos grupos etarios.

### Metodología

Se realizó un estudio de corte transversal para la construcción de un prototipo para la medida de AVD en niños de edades escolares entre 6 a 12 años.

### Diseño y elaboración del prototipo

La herramienta descrita se diseñó por medio de un sistema operativo (SO) con HTML + CSS y JavaScript, que permiten desarrollar aplicaciones específicas para la plataforma. Como requisitos para el correcto funcionamiento de esta herramienta es necesario un ordenador con sistema operativo Win 7 o superior y contar con más de 2GB de RAM. Las dimensiones en la pantalla deben ser las siguientes: 28 cm de largo por 43 cm de ancho. La elección de este sistema operativo se dio gracias a que sus características eran las apropiadas para las especificaciones requeridas, pues permitieron tener un control específico acerca de la apariencia del prototipo, los fondos de pantalla, los estímulos presentados y las velocidades, que pudieron ser manejados y manipulados para adaptarlos a las disposiciones requeridas.

Este prototipo tiene trayectorias de estímulo horizontal derecha-izquierda y viceversa, vertical arriba-abajo y viceversa, diagonal izquierda/arriba-derecha/abajo y viceversa, diagonal derecha/arriba-izquierda/abajo y viceversa y al azar; las velocidades, los estímulos, los contrastes, la luminancia y la distancia son aleatorias con posibilidad de ser programadas por el examinador.

El contraste se determinó bajo la fórmula de Michelson (1), en donde M se definió como el contraste para emplear en el prototipo, L (max) la luminancia máxima determinada por el fondo de pantalla y L (min) la luminancia mínima determinada por estímulos.

$$M = [L(\text{máx.}) - L(\text{mín.})] / [L(\text{máx.}) + L(\text{mín.})]$$



La iluminación del fondo de pantalla tiene un valor de 78 cd/m<sup>2</sup>. Se manejaron distintos fondos aparte de los colores sólidos, con canchas de fútbol, canchas de baloncesto o canchas de voleibol, tratando de simular un espacio más real de juego. Los estímulos se dividieron en tres cantidades de luminancia, en donde A = 0,1 cd/m<sup>2</sup>; B = 23 cd/m<sup>2</sup> y C = 60 cd/m<sup>2</sup>. Junto a la luminancia del fondo se proporcionaron tres tipos de contrastes diferentes: M(A) = 0,997; M(B) = 0,54 y M(C) = 0,13, que generaron una mayor dificultad a la prueba.

Por otro lado, los estímulos que se emplearon fueron letras del abecedario en mayúscula y minúscula y números; también se incluyeron palabras de un golpe de voz relacionadas con el deporte. Mientras tanto, el tamaño del mínimo detalle del estímulo permaneció constante (20/50 a 3 metros). Cuando el paciente lograba identificarlo a la velocidad mayor y el mínimo contraste se modificaba la distancia para obtener el nivel de agudeza visual máximo.

Partiendo de lo anterior, se modificó la velocidad del estímulo con el fin de medir la AVD en términos de velocidad de desplazamiento, así como en términos de distancia del estímulo por la pantalla. La AVD máxima es de 0,40 a partir de una velocidad de 30 °/seg (10), sin embargo, se ha establecido en términos de velocidad angular debido a que las pruebas de AVD comúnmente se realizan en discos rotacionales; por dicha razón, en este prototipo se realizó un cálculo de AVD en términos de una velocidad lineal, con lo que al final, matemáticamente, se lograron cinco tipos de velocidades (tabla 1).

Las características de los estímulos fueron las siguientes: velocidad, fondos, trayectorias y contrastes. Dentro de los estímulos se tuvieron en cuenta distintas variables que fueran comprensibles para los pacientes acorde a sus capacidades cognitivas.

**Tabla 1. Características de distancia y velocidad del prototipo**

| Distancias y agudezas visuales correspondientes. Característica: distancia | Niveles de velocidad y valores en m/seg Característica: velocidad |
|--|---|
| d 1 m → 20/150   | V1 = 0,05   |
| d 2 m → 20/75  | V2 = 0,102  |
| d 3 m → 20/50  | V3 = 0,154  |
| d 4 m → 20/37  | V4 = 0,206  |
| d 5 m → 20/30  | V5 = 0,261  |
| d 6 m → 20/25  |   |



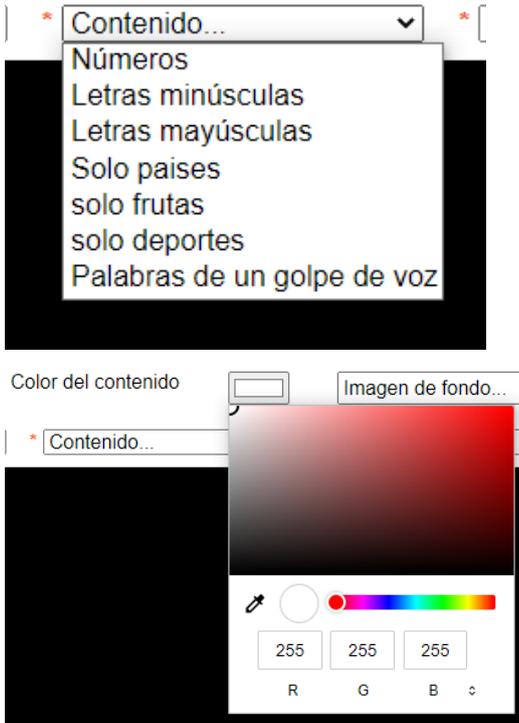
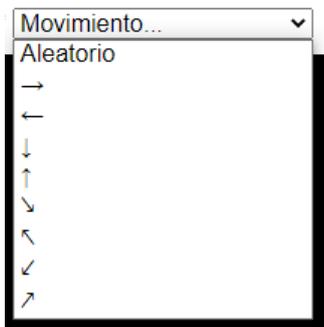


Figura 1. Estímulos implementados en el prototipo de AVD



Figura 2. Fondos de pantalla en la prueba de AVD

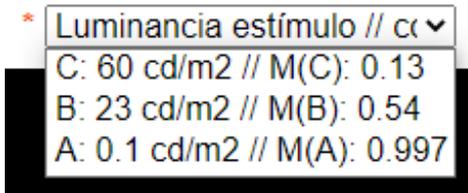
Las trayectorias permitieron la evaluación del estado visual dinámico de los pacientes a diferentes movimientos comúnmente realizados cuando están en condiciones de deporte: horizontal derecha-izquierda y viceversa, vertical arriba-abajo y viceversa, diagonal izquierda/arriba-derecha/abajo y viceversa, diagonal derecha/arriba-izquierda/abajo y viceversa, y aleatorio.



**Online First**

**Figura 3. Trayectorias implementadas en la prueba de AVD**

En el contraste se tuvieron en cuenta tres valores, en donde también fue importante la luminancia del estímulo (C): C: 60 cd/m<sup>2</sup> // M (C): 0,13, B: 23 cd/m<sup>2</sup> // M(B): 0,54, A: 0,1 cd/m<sup>2</sup> // M(A): 0,997.

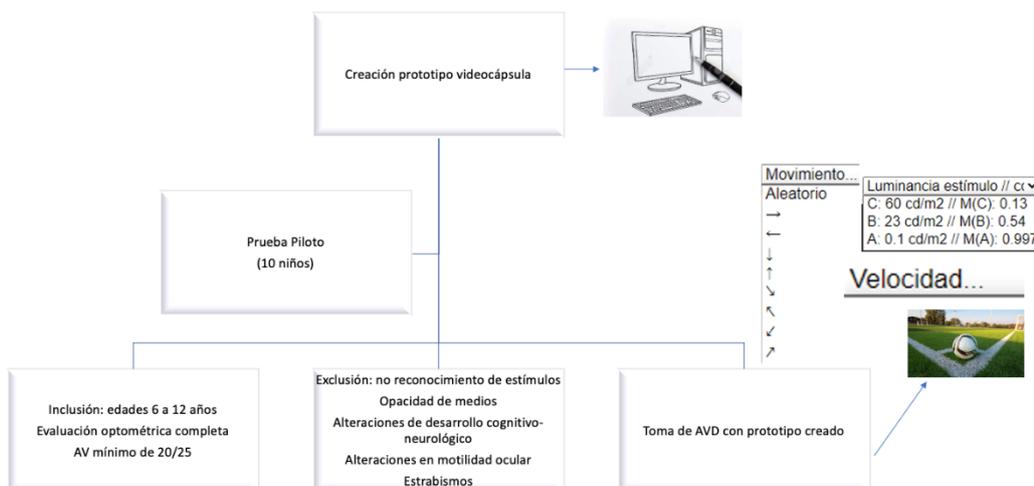


**Figura 4. Contrastes implementados en la prueba de AVD**

**Prueba piloto y procedimiento tipo protocolo**

Se tuvieron en cuenta las variables cualitativas respecto a las características del prototipo (estímulos, velocidades, contraste, trayectorias, luminancias, entre otras), que se adecúan a las situaciones cotidianas de los niños, y las variables cuantitativas en los valores de velocidad, contraste y distancia a la hora de expresar en valores numéricos la cantidad de agudeza visual dinámica que alcance el paciente al momento de realizar esta prueba.

Posterior a la realización de este prototipo se llevó a cabo una prueba piloto en diez niños (conveniencia, muestreo no probabilístico), realizada por dos evaluadores del programa de optometría, cuyos acudientes proporcionaron un consentimiento informado para autorizar la participación de estos en la prueba. Dicho consentimiento siguió los lineamientos de la Declaración de Helsinki y del Decreto 8430 (1993) del Ministerio de Salud. A cada acudiente y al paciente se les explicó el protocolo de evaluación, brindándoles la oportunidad de manifestar sus dudas. Luego se firmó el consentimiento informado, así como el asentimiento por parte de los niños. Todos los resultados obtenidos se registraron en un formato.



**Figura 5. Metodología planteada**



### Online First

Los diez pacientes escolarizados fueron escogidos entre los 6 a 12 años, que contaran con evaluación optométrica completa en la Clínica de la Universidad de la Salle. De igual forma, se incluyeron niños con niveles de AV estática mejor corregida de 20/25. Se excluyeron pacientes que, por condiciones neuropsicológicas, conocidas por sus padres o acudientes, no pudieran reconocer los estímulos ni responder verbalmente a los mismos, y casos con condiciones patológicas que afectaran de forma importante la función visual.

Los siguientes pasos fueron importantes para realizar el procedimiento:

- La iluminación del consultorio de la Clínica de Optometría debía cumplir los criterios de normatividad vigente, entre 300 a 750 Lux.
- Explicar la prueba.
- Ubicar a los niños a la misma altura de la pantalla, a 3 metros de distancia.
- Ocluir un ojo con un parche pirata; luego el otro y luego ambos desocuidos para la evaluación binocular.
- Demarcar las distancias para realizar la prueba.
- Seleccionar las direcciones iniciando por las horizontales, luego las verticales y por último las diagonales. Se seleccionó la velocidad más baja V1 y contraste más alto M(A). A medida que el paciente contestaba correctamente se disminuía el contraste a M(B) y luego a M(C). Posterior a ello, se aumentaba la velocidad a V2 y se iba disminuyendo el contraste de forma progresiva, como se mencionó antes, hasta lograr la mayor velocidad en el contraste más bajo de la prueba.
- Detener el procedimiento en el momento en el que el paciente se equivocaba más de dos veces consecutivas.
- Anotar, en el formato de registro, la máxima velocidad, la distancia y el mínimo contraste con el que se identificaron los estímulos de forma mono y binocular.

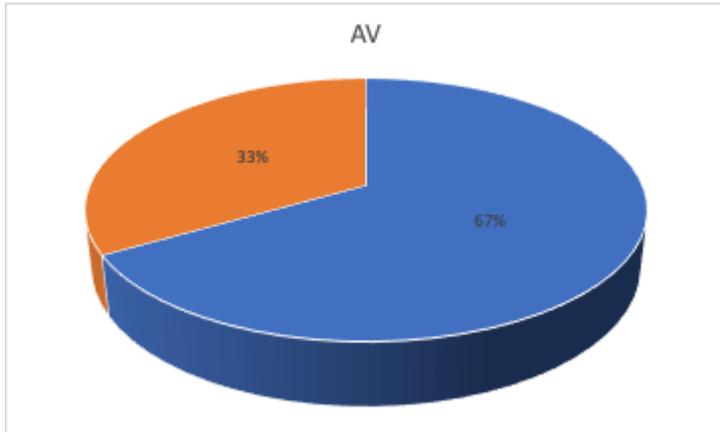
Posterior a la aplicación de la prueba piloto se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos con el fin de describir los hallazgos entre las variables contraste, velocidad, trayectorias horizontales y distancia (AVD).

### Resultados

Los pacientes elegidos fueron niños de 6 a 12 años, escolarizados, de estrato socioeconómico medio. Todos asistieron a la Clínica de Optometría en la cual fueron atendidos por profesionales de optometría con base en la historia clínica. En estos pacientes se encontraron hallazgos de defectos refractivos bajos, la mayoría con presencia de astigmatismos e hipermetropías bajas. En ellos, la valoración del segmento anterior y de fondo de ojo se encontraban dentro de los parámetros de normalidad. Esto hacía parte de la evaluación para poder determinar los criterios de inclusión de los participantes. La AV estática de los niños por criterios de selección debía ser entre 0,0 y 0,1 Log Mar. La AVD de los niños osciló entre el 0,1 y 0,2 Log Mar (figura 6).

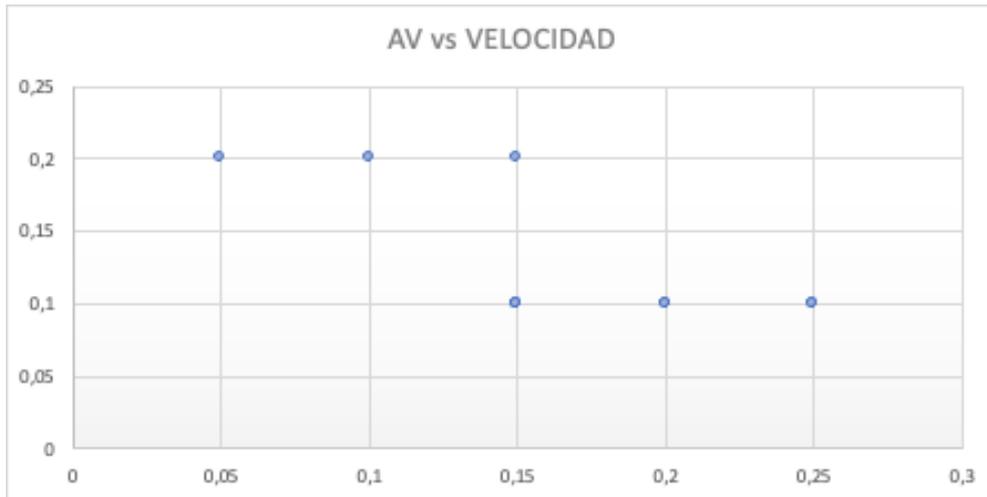


Online First



**Figura 6. Agudeza visual de los niños participantes de la prueba piloto. El 67 % de los niños con agudeza visual dinámica de 0,1 (20/25) y el 33 % con agudeza visual dinámica de 0,2 (20/32)**

En cuanto a la AV versus la velocidad de los estímulos se puede observar que a medida que el nivel de velocidad era mayor la agudeza visual podía descender ligeramente. Es así como velocidades de 0,05, 0,1, 0,15 m/seg en el grupo de la prueba piloto de niños, alcanzaban una agudeza visual de 0,2 unidades Log Mar (20/32). Cuando el nivel de velocidad correspondía a 0,15, 0,2 y 0,25 la agudeza visual dinámica podía llegar a 0,1 unidades Log Mar.



**Figura 7. Agudeza visual en unidades Log Mar (eje y) y niveles de velocidad (eje x)**

En las direcciones empleadas en la prueba se encontró que el nivel de contraste fue muy similar cuando se hacía la medición de la AVD de forma binocular; esto es, entre 0,13 y 0,15.



**Figura 8. Diagrama de barras promedio de contraste a una dirección horizontal derecha-izquierda y viceversa (A), vertical arriba-abajo y viceversa (B), diagonal izquierda/arriba- derecha/abajo y viceversa (C) y diagonal derecha/arriba-izquierda/abajo y viceversa (D)**

### Contraste y edad

El valor de contraste menor programado en el prototipo correspondió a 0,13 M(C), el de M(B) 0,54 corresponde a contraste intermedio, y el de 0,997 M(A) al contraste más alto.

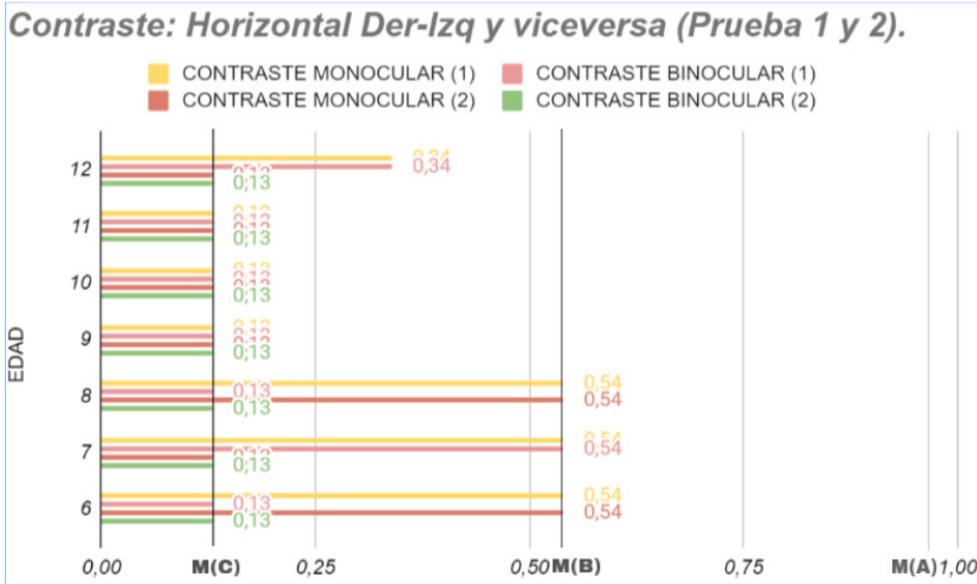
Partiendo de los resultados obtenidos contraste-edad (figura 9), se puede evidenciar que los niños de 6 a 8 años son capaces de distinguir el estímulo en contrastes medios 0,54 M(B) de forma monocular en trayectorias horizontales; sin embargo, de forma binocular lograron identificar el estímulo en contrastes bajos 0,13 M(C). Entre tanto, los niños de 9 a 10 años logran distinguir el objeto de fijación del fondo en contrastes más bajos. Sin embargo, en los pacientes de 12 años, al promediar el contraste obtenido en las pruebas 1 y 2, se identificó que de forma monocular eran capaces de discernir el estímulo del fondo



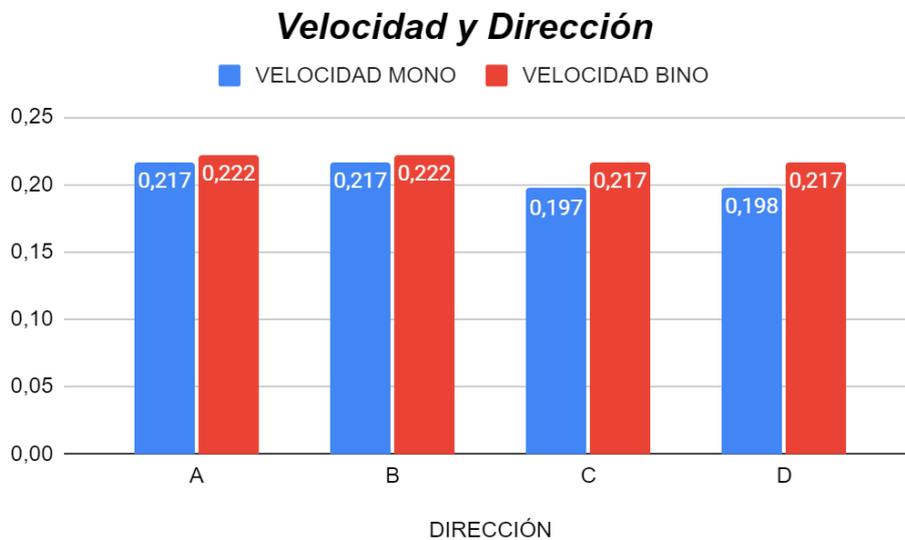
**Online First**

frente a contrastes mayores (0,34) y binocularmente identificaron los estímulos con el contraste más bajo 0,13 M(C).

Los resultados sugieren contraste y edad variables inversamente proporcionales, ya que en edades mayores resulta más sencillo identificar los estímulos con contrastes menores, a diferencia de las edades menores que logran observar los estímulos con contrastes más altos; sin embargo, estos hallazgos pueden estar permeados por factores como la atención en el momento de la prueba, por cuanto en edades específicamente de 12 años el resultado en percepción en contraste bajo fue de manera binocular y en contraste medio de forma monocular.



**Figura 9. Diagrama de barras contraste-edad en una trayectoria horizontal derecha-izquierda y viceversa**



## Online First

**Figura 10. Diagrama de barras promedio de velocidad a una dirección horizontal derecha-izquierda y viceversa (A), vertical arriba-abajo y viceversa (B), diagonal izquierda/arriba-derecha/abajo y viceversa (C) y diagonal derecha/arriba-izquierda/abajo y viceversa (D)**

## Discusión

La agudeza visual dinámica (AVD) se define como la capacidad para discriminar detalles de un objeto cuando existe movimiento relativo al sujeto o viceversa, y se considera una habilidad importante para evaluar en el ser humano, ya que es un indicador que complementa la evaluación de funcionalidad del sistema visual. Aznar y Quevedo (10) exponen que la “evaluación de esta capacidad de visión dinámica combinan parámetros espaciales y temporales (implicando el sistema magnocelular) combinada con la medida de agudeza visual y contraste, lo que permite ser un indicador de la capacidad global del sistema visual que valore el comportamiento visoespacial y el control motor de la acción (percepción-acción) presente en la mayoría de las actividades humanas” (10), y, así mismo, identifica la capacidad de distinguir detalles a una distancia determinada en condiciones de movimiento. Por esta razón, el comité de Visión del consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de América declaró en su libro *Emergent Techniques for Assessment of Visual Performance* que la medida de AVD ofrece valoraciones muy potentes de la funcionalidad del sistema visual (4).

Es conocido que la correlación entre la AVD y la AVE suele ser baja y aumenta de forma inversamente proporcional a la velocidad del estímulo. De hecho, es usual encontrar diferencias individuales importantes en AVD en sujetos con similar AVE. En esta prueba piloto el 100 % de los niños tenían agudezas visuales estáticas de 0,0 Log Mar y mínimo 0,1 Log Mar. En ellos, los hallazgos de AVD mostraron un 67 % de los niños con agudeza visual dinámica de 0,1 (20/25) y 33 % con agudeza visual dinámica de 0,2 (20/32), es decir, la diferencia entre las dos medias estática y dinámica es de una, máximo dos líneas. Se observa que en el movimiento del estímulo, aunque dificulta la discriminación de los detalles del estímulo visual, no se trata de diferencias que se consideren tan marcadas entre las dos medidas, quizás porque son sistemas visuales jóvenes, dado que está descrito que con la edad se suelen presentar cambios anatómicos y fisiológicos que afectan adversamente la percepción visual y la agudeza visual dinámica (16).

A pesar de que se han realizado pocos estudios respecto a la toma de la AVD, se encontró que existen diferentes factores del estímulo móvil que influyen directamente sobre la AVD como el contraste, la velocidad angular de desplazamiento y el tiempo de exposición, entre otros (17). Teniendo en cuenta estos aspectos descritos en la literatura, esta propuesta de prototipo contempló la medida de la AVD con variaciones del contraste entre el estímulo y el fondo, empleando escenarios de tipo real en contextos deportivos.

La AVD se ve reducida al aumentar la velocidad de desplazamiento del estímulo (17) y también se ve potenciada por el aumento del contraste entre el estímulo y el fondo sobre el que se desplaza; estos factores fueron evidentes en la prueba de campo, en la que a medida que se aumentaba la velocidad de V1 a V5 se incrementaba la dificultad de la capacidad de los participantes para reconocer el estímulo. Sin embargo, este aumento de la velocidad por sí sola no es un factor que determine la reducción de la AVD, ya que también presenta una relación directa con la edad.

Por otro lado, se ha encontrado (21) que hay disminución de la agudeza visual para estímulos en movimiento para desplazamientos diagonales y verticales comparadas con las horizontales, lo cual concuerda con lo hallado en la prueba de campo. Este piloto se enfatizó en una estructuración inicial con trayectorias horizontales, pues este tipo de movimientos son los que se emplean en la mayoría de las actividades de la cotidianidad. Aznar (20) menciona que la AVD en los movimientos horizontales es mayor, ya que implica la realización de movimientos oculares persecutorios comúnmente utilizados



### Online First

por los niños, “mover el estímulo desde el punto de fijación hacia la periferia”, lo cual se relaciona con movimientos oculares más sencillos que se realizan gracias a la función que presentan los músculos extraoculares rectos medios y los rectos laterales; por el contrario, para realizar el seguimiento de los estímulos en las trayectorias diagonales entran en juego los músculos oblicuos superiores e inferiores y rectos superiores e inferiores, lo cual resulta más difícil debido a que los movimientos oculares necesarios en esas acciones son más complejos (18).

Partiendo de los aspectos teóricos encontrados y expuestos por Quevedo (10), se plantea que la AVD máxima que puede alcanzar una persona es de 0,40 a 30°/seg en términos de velocidad angular, al igual que lo expresan Gresty & Leech (19), quienes han indicado que esta sería la velocidad límite a partir de la cual se inicia la disminución del rendimiento visual. De esta manera, los resultados obtenidos en la prueba piloto evidenciaron que los niños alcanzaban a 30°/seg la mejor agudeza visual. Prestude (22) propone que a 50°/seg (que corresponde a 0,436 m/seg) sería la velocidad máxima en la que esta agudeza visual puede empezar a deteriorarse. Es importante determinar para un futuro la variable velocidad categorizada por edades en la población infantil.

Por otro lado, Aznar plantea que la AVD se ve potenciada por el aumento del contraste entre el estímulo y el fondo sobre el que se desplaza (22). Los resultados de la prueba piloto concuerdan con Aznar dado que los contrastes menores (0,13) se relacionaron directamente con velocidades medias/bajas, es decir, que a menor contraste disminuye la AVD en términos de velocidad. Los contrastes medios/altos (0,54, 0,997) se relacionaron con velocidades medias/altas.

En este trabajo en edades entre 6-8 años se identificaron los estímulos de manera correcta frente a velocidades menores, mientras que aquellos entre los 11-12 años lograron identificar de manera correcta los estímulos más rápidos. Los niños de 9 a 12 años lograron identificar los estímulos más complejos, es decir: a mayores velocidades y menores contrastes; mientras que los niños de 6, 7 y 8 años percibieron principalmente estímulos en contrastes medios.

Por último, la binocularidad es un factor que influye directamente en la prueba en términos de contraste, como se evidencia en la figura 8, porque en la mayoría de los pacientes, sin importar la edad, lograban identificar binocularmente mejor los estímulos en velocidades mayores y contrastes menores.

### Conclusiones y recomendaciones

La AVD se ve influenciada por cuatro factores principales como son la velocidad, el contraste, la trayectoria y la edad. Respecto a estas características del prototipo, a mayor velocidad existe una mayor dificultad para identificar los estímulos en la pantalla; de igual forma, frente a la disminución de los contrastes también es más difícil su percepción.

Teniendo en cuenta las trayectorias horizontales se resalta que se pueden discriminar los estímulos con mayor facilidad, ya que los movimientos oculares implicados en esta acción son menos complejos de realizar con respecto a los demás movimientos requeridos para identificar los estímulos en otras trayectorias.

El diseño y la evaluación del prototipo tipo *software* se podría pensar como un primer paso para la validación de la prueba, como un nuevo modelo de evaluación de la AVD en la población infantil, en la cual se incluya una mayor muestra para el análisis de las variables de velocidad y contraste.

Con base en estos hallazgos, es posible estructurar un modelo que permita realizar una evaluación más frecuente en la consulta de la AVD en los niños para el análisis de su sistema vestibular, en contextos deportivos, luego de conmociones cerebrales y entendiendo su dinámica de vida actual.

### Referencias



### Online First

1. Martin R y Vecilla G. Agudeza visual [Internet]. Bogotá: Editorial Médica Panamericana, Manual de optometría; 2011. Disponible en: <http://media.axon.es/pdf/80824.pdf>
2. Hoffman LG, Rouse M, Ryan JB. Dynamic visual acuity: A review. J Am Optom Assoc. 1981 Nov;52(11):883-7. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/7320383>
3. Demer J, Honrubia, V, Balo, H. Dynamic visual acuity: A test for oscillopsia and vestibulo-ocular reflex function. Am J Otolaryngol, 15(3):340-7.
4. National Research Council Committee on Vision. Emergent Techniques for Assessment of Visual Performance. Washington: National Academies Press; 1985. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25032463/#:~:text=Emerge>
5. Quevedo L, Aznar J, Merindano D, Cardona G, Solé J. A novel computer software for the evaluation of dynamic visual acuity. J Optom. 2012; 5(3): 131-8.
6. Zimmerman AB, Lust BS, Bullimore MA. Visual acuity and contrast sensitivity testing for sports visión. [Internet]. Eye Contact Lens. 2011;37(3):153-9. Disponible en: [https://journals.lww.com/claajournal/Abstract/2011/05000/Visual\\_Acuity\\_and\\_Contrast\\_Sensitivity\\_Testing\\_for.10.aspx](https://journals.lww.com/claajournal/Abstract/2011/05000/Visual_Acuity_and_Contrast_Sensitivity_Testing_for.10.aspx)
7. Santos-Gorjón P. Revisión de la agudeza visual dinámica. ORL. 2018;9(2):121-6. <https://doi.org/10.14201/orl.17139>
8. Patterson J, Murphy A, Honaker J. Examining effects of physical exertion on the dynamic visual acuity test in collegiate athletes. J Am Acad Audiol. 2017; 28:36-45.
9. Coffey B, Reichow A. Optometric evaluation of the elite athlete. Problems in Optometry. 1990;2:33-58.
10. Quevedo L, Aznar J, Aparecido J. Dynamic visual acuity. Trends Psychol. 2018; 26(3):1267-1278.
11. Ishigaki H, Miyao M. Implications for dynamic visual acuity between athletes and non-athletes. Percept Mot Skills.1994;(78):362-369.
12. Honaker JA y Shepard N. Uso de la prueba de agudeza visual dinámica como evaluador de adultos mayores que viven en la comunidad. Revista de Investigación Vestibular. 2011: 267-276.
13. Shirley R. Dynamic visual acuity test-instrumented. 2014. Disponible en: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/dynamic-visual-acuity-test-instrumented>
14. Quevedo L, Aznar J, Merindano D, Solé J. Una tarea para evaluar la agudeza visual dinámica y una valoración de la estabilidad de sus mediciones. Psicológica. 2010; 31:109-128. Disponible en: <https://www.uv.es/psicologica/articulos1.10/6QUEVEDO.pdf>
15. Gila L, Villanueva A, Cabeza R. Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. An Sist Sanit Navar. 2010;32:9-26. DOI: <https://doi.org/10.23938/ASSN.0152>



**Online First**

16. Li C, Beaumont JL, Rine RM, Slotkin J, Schubert MC.  
Puntuaciones normativas para la prueba de agudeza visual dinámica de la caja de herramientas de Nih de 3 a 85 años. *Neurol Frontal*. 2014;5:223.
17. Gessell A, Igs FL, Bullis GE et al. *Vision: Its development in infant and child*. Nueva York: Paul B. Hoeber; 1950.
18. SMT4V. Agudeza visual dinámica [internet]. Disponible en:  
<https://smarthings4vision.com/agudeza-visual-dinamica/>
19. Gresty, M., & Leech, J. (1977). Coordination of the head and eyes in pursuit of predictable and random target motion. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 48, 741-744
20. Aznar-Casanova JA, Quevedo L, Sinnet S. The effects of drift and displacement motion on dynamic visual acuity. *Psicológica*. 2005;26:101-26.
21. Miller JW. Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects. II: Effects of direction of movement, relative movement and illumination. *J Opt Soc Am*. 1958;48 (11): 803-8.
22. Prestrude, A. M. (1987). Dynamic Visual acuity in the selection of the aviator. In R. Jensen (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Symposium on Aviation Psychology*. Columbus, OH: Ohio State University Press.

