UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

1.

GRADO EN ÓPTICA I OPTOMETRÍA

TRABAJO FINAL DE GRADO

PATRONES DE RASTREO EN EL TEST DE BÚSQUEDA VISUAL DEL PROGRAMA MOVILAB

MARIA PUCHADES MUÑOZ

EULALIA SÁNCHEZ HERRERO
JOAN GISPETS PARCERISAS
DEPARTAMENTO DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

8 DE JULIO DE 2021

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

PATRONES DE RASTREO EN EL TEST DE BÚSQUEDA VISUAL DEL PROGRAMA MOVILAB

RESUMEN

La búsqueda visual se define como aquella acción que permite escanear de manera activa la información que se percibe de una determinada escena.

Objetivo: La obtención de un patrón de normalidad en el test de búsqueda visual integrado en el programa de habilidades visuales Movilab.

Metodología: Se evalúan 48 sujetos, mediante una prueba que valora los movimientos sacádicos aleatorios y que se realiza con y sin mentonera. La sesión se graba con un dispositivo de seguimiento ocular que permite parametrizar los movimientos de la mirada.

Resultados: El tiempo y el número de fijaciones realizadas durante la prueba aumentan significativamente con la edad. Sin embargo, el porcentaje de fijaciones realizadas se mantiene constante. No se obtuvo ningún patrón de mirada con mayor prevalencia, pero sí una predominancia en la inclinación. Tampoco se ha observado ningún modelo relacionado con una mayor eficacia.

Conclusiones: El patrón de búsqueda visual con mayor prevalencia es aquel que no tiene ninguna orientación en el espacio dominante. Sin embargo, esto no indica que tenga una mayor eficiencia en la realización del test.
La edad es un factor influyente en el tiempo que se destina a la búsqueda visual, así como en el número de fijaciones necesarias. No obstante, el tiempo dedicado a realizar las fijaciones sí se mantiene constante.
Por otro lado, no se encuentra influencia respecto a la realización del test con mentonera o sin ella.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

PATRONS DE RASTREIG EN EL TEST DE RECERCA VISUAL DEL PROGRAMA MOVILAB

RESUM

La recerca visual es defineix com aquella acció que permet escanejar de manera activa la informació que es percebuda de una determinada escena.

Objectiu: L'obtenció d'un patró de normalitat en el test de recerca visual integrat en el programa d'habilitats visuals Movilab.

Metodologia: S'avaluen 48 individus, mitjançant una prova que valora els moviments sacàdics aleatoris y que es realitza amb i sense mentonera. La sessió es grava amb un dispositiu de seguiment ocular que permet parametritzar els moviments de la mirada.

Resultats: El temps i el número de fixacions realitzades durant la prova augmenten significativament amb la edat. Tanmateix, el percentatge de fixacions realitzades es manté constant. No es va obtenir cap patró de mirada amb major prevalença, però si una predominança en la inclinació. Tampoc s'ha observat ningun model relacionat amb una major eficàcia.

Conclusions: El patró de recerca visual amb major prevalença és aquell que no té ninguna orientació en l'espai dominant. Tot i això, açò no indica que tingui una major eficàcia en la realització de la prova.
L'edat és un factor influent en el temps que es destina a la recerca visual, així com el número de fixacions necessàries. No obstant, el temps dedicat a realitzar les fixacions sí es manté constant.
D'altra banda, no es troba influència respecte a efectuar el test amb mentonera o sense ella.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

DEGREE IN OPTICS AND OPTOMETRY

TRACKING PATTERNS IN THE VISUAL SEARCH TEST OF THE MOVILAB PROGRAMME

SUMMARY

Visual search is defined as an action that allows us to actively scan the information perceived in a given scene.

Objective: To obtain a normal pattern in the visual search test integrated in the Movilab visual skills programme.

Methodology: 48 subjects are evaluated by means of a test that assesses random saccadic movements and which is carried out with and without a chin rest. The session is recorded with an eye-tracking device that allows the gaze movements to be parameterised.

Results: The time and number of fixations made during the test increased significantly with age. However, the percentage of fixations made remained constant. No gaze pattern was found to be more prevalent, but there was a predominance of tilt. No pattern related to higher efficiency was observed either.

Conclusions: The visual search pattern with the highest prevalence is one with no orientation in space dominant. However, this does not indicate that it has a higher test performance efficiency.
Age is an influential factor in the time spent on visual search, as well as in the number of fixations required. However, the time spent on fixations remains constant.
On the other hand, there is no influence on whether the test is performed with or without a chin rest.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN. 8

2. MARCO TEÓRICO. 9

2.1. Proceso de búsqueda visual. 9

2.2. Seguimiento ocular. 9

2.2.1. Historia. 9

2.2.2. Técnicas de seguimiento ocular. 11

2.2.3. Eye tracker Tobii Pro Nano. 13

2.2.4. Aplicaciones. 14

2.3. Movimientos oculares. 14

2.3.1. Mantenimiento de la mirada. 15

2.3.2. Desplazamiento de la mirada. 15

2.3.3. Fijación binocular. 16

2.4. Movilab 1.0. 16

3. OBJETIVO. 16

4. HIPÓTESIS. 17

5. METODOLOGÍA. 17

5.1. Tamaño de la muestra. 17

5.2. Criterios de inclusión y exclusión. 17

5.3. Material. 17

6. PROTOCOLO. 18

6.1. Calibración de la pantalla. 18

6.2. Protocolo Covid-19. 21

6.3. Entrevista inicial y consentimiento informado. 21

7. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS. 22

7.1. Calibración del eye tracker. 22

7.2. Medida de Agudeza visual. 23

7.3. Test búsqueda visual Movilab. 24

7.4. Obtención y análisis de los resultados. 25

7.4.1. Datos de Movilab. 25

7.4.2. Datos del eye tracker. Creación de un protocolo de análisis en base a los mapas de búsqueda- 26

8. RESULTADOS. 30

8.1. Datos Globales. 30

8.2. Test 2. Búsqueda visual basada en movimientos sacádicos aleatorios. 31

8.2.1. Estadística descriptiva. 31

8.2.2. Análisis de tipos de distribución y valores de variables. 32

8.2.3. Parámetros de análisis de búsqueda. 33

8.3. Tabla resumen de los datos en función del grupo de edad. 42

9. DISCUSIÓN. 43

10. CONCLUSIONES. 44

11. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN. 44

12. ABREVIATURAS. 45

13. BIBLIOGRAFÍA. 45

14. ANEXOS. 47

14.1. Datos del participante. 47

14.2. Documento informativo. 48

14.3. Consentimiento informado. 49

14.4. Protocolo preventivo Covid-19. 50

14.5. Diagramas de mirada y mapas de calor. 52

15. ÍNDICE DE FIGURAS. 69

2. INTRODUCCIÓN.

La búsqueda visual es una acción que se utiliza de manera continuada y en todos los ámbitos de la vida diaria, tales como deporte, estudios o actividades rutinarias. Este acto permite situar sobre la región de la fóvea, que es la zona de mayor sensibilidad de la retina, el objeto de interés.

Cuando se nos presenta un reto visual lo primero que se hace es fijar toda la atención en el elemento en cuestión, ya sea una obra de arte, como el Jardín de las delicias de El Bosco (Figura 1) o el último desafío visual publicado en las redes sociales (Figura 2). A partir de ese momento, entran en juego otros mecanismos del sistema visual que permiten realizar los movimientos oculares necesarios para el rastreo con el fin de dar solución al envite planteado.

Figura 1. El jardín de las delicias (Silva Maroto 2016).

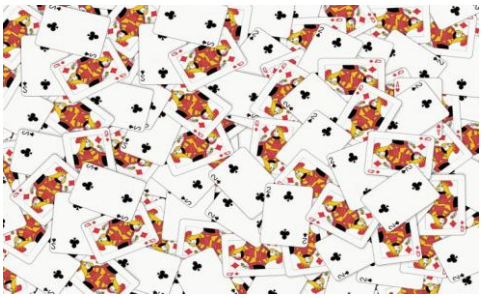


Figura 2. Encuentra el As de corazones.(Genial.guru 2021)

¿Serías capaz de encontrar el As de corazones en esta imagen? (Figura 2).

Este desafío plantea otras cuestiones que se intentan resolver mediante este estudio:

¿Se pueden identificar diferentes estrategias/patrones de búsqueda visual en los observadores?
¿Existen patrones de búsqueda eficaces?
¿Existen diferencias en función del sexo y edad del sujeto?
¿Qué disparidades hay entre las distintas estrategias?

Asimismo, se busca la posibilidad de poder clasificar y cuantificar los diferentes patrones visuales encontrados mediante los mapas de rastreo obtenidos con la ayuda del dispositivo de seguimiento ocular.
Por otra parte, si existiese una estrategia predominante y de mayor eficacia, el programa Movilab podría ser utilizado para la evaluación de los patrones en poblaciones específicas, como pueden ser los menores con problemas de aprendizaje o pacientes con discapacidad visual, para sugerir modificaciones en sus estrategias de búsqueda visual.

3. MARCO TEÓRICO.

En este apartado se van a desarrollar aspectos como el proceso de búsqueda visual, los sistemas de registro ocular y sus aplicaciones.

3.1. Proceso de búsqueda visual.

El proceso de búsqueda visual comienza con la percepción de un objeto en el campo visual periférico, lo que permite conocer dónde está localizado. Posteriormente, se orientan los ejes visuales en esa dirección para posicionar el objeto en la fóvea con la intención de identificarlo (Moreno Hernández, Avila and Damas Arroyo 2001).

La motilidad ocular extrínseca es la responsable de los mecanismos neuromusculares que inducen el movimiento ocular de manera voluntaria. La finalidad de estos movimientos es la de situar el objeto sobre la fóvea, ya que es la zona de mayor agudeza visual. En la zona periférica la sensibilidad a la percepción de los detalles es menor, pero mayor en lo que respecta a los cambios o movimientos de los objetos.

Respecto a las estrategias de búsqueda visual, se admite que aquellas que impliquen menor número de fijaciones y de gran duración, serán más efectivas. Esto se debe a que es durante este tipo de movimiento ocular, cuando se produce el proceso consciente de atención y procesamiento de la información (Moreno Hernández, Avila and Damas Arroyo 2001).

En las tareas de exploración visual se pueden diferenciar varios modelos, donde factores como los tiempos de búsqueda, la identificación de características de los estímulos visuales, la configuración de mapas, los efectos atencionales y los patrones conductuales asociados a la actividad motora de los ojos, entre otros, pueden ser estimados (Rodríguez Martínez and Castillo Parra 2018).

En el presente trabajo se analiza la búsqueda visual tan solo desde el punto de vista oculomotor, para lo cual se hace necesario la utilización de un sistema de registro de la motilidad ocular.

3.2. Seguimiento ocular.

El “Eye tracking” o seguimiento ocular hace referencia a la técnica que nos permite conocer en qué objeto o detalle está fijando una persona, así como el camino que dibuja su mirada durante la realización de una tarea específica.

3.2.1. Historia.

En el siglo XVIII comienzan los primeros estudios sobre los movimientos oculares realizándose mediante la observación directa.

En 1879, Louise Emile Javal, oftalmólogo de origen francés, observa durante la tarea de lectura que los movimientos oculares realizados no implican un suave barrido de los ojos a lo largo del texto, sino que se daban una serie de paradas cortas, denominadas fijaciones y unos movimientos sacádicos rápidos (LEBENSOHN 1939).

Edmund Huey, en 1908, diseñó el primer prototipo de seguimiento ocular. Consistía en una lente de contacto con aberturas. Este aparato, pese a ser efectivo, su diseño invasivo sobre la superficie ocular hizo que quedase en desuso (García 2021).

Guy Thomas Buswell, psicólogo estadounidense, construyó el primer rastreador ocular no invasivo durante los años 30. Utilizando técnicas de la industria cinematográfica, diseñó un dispositivo que emite unos haces de luz que se dirigen a los ojos de los observadores y cuyo reflejo es grabado en una película.(Gentil 2017a).

Alfred L Yarbus genera una revolución en el estudio de los movimientos oculares tras la traducción al idioma inglés de su libro *Eye Movements and Vision 1967.* El interés de su trabajo se centró en las influencias cognitivas de los patrones de exploración. El capítulo titulado "Movimientos oculares durante la percepción de objetos complejos", se ha convertido en la contribución del autor a la historia reciente de la investigación en el campo del movimiento ocular. En éste se pueden observar los gráficos de registros de movimientos oculares y se plantean preguntas sobre cómo las personas inspeccionan los objetos y escenas complejas. Mediante la presentación de la pintura “El visitante inesperado” (Figura 3) a un grupo de observadores, se muestra que cuando diferentes personas veían la misma pintura, los patrones de movimientos oculares eran similares, pero no idénticos. Cuando a un solo individuo se le muestra la misma pintura en varias ocasiones, con entre uno y dos días de separación entre las sesiones de grabación, los registros de movimientos oculares de las sucesivas visualizaciones fueron nuevamente muy parecidas, pero no idénticos. Sin embargo, era evidente que la similitud entre los patrones de inspección de un solo observador era mayor que entre los observadores (Tatler et al. 2010).

Figura 3. El visitante inesperado. (Yarbus 1967)

3.2.2. Técnicas de seguimiento ocular.

Se puede hacer una clasificación de las técnicas de seguimiento ocular en función de su modalidad de funcionamiento (Madueño Alcina 2014)

- Técnica invasiva. Consisten en una lente con un espejo o un sensor de campo magnético que se dispone sobre la superficie ocular. La desventaja de esta modalidad es la incomodidad que provoca al sujeto que ha de portar el sistema.
    - Search coil. Se basa en la inducción de un campo magnético en una bobina que se encuentra dentro de un anillo de silicona flexible que es adherido a la superficie del ojo humano mediante una lente de contacto.
    - Electro-oculograma (EOG). Esta técnica se basa en la diferencia de potencial que existe entre la córnea y la membrana de Bruch. Se coloca un electrodo sobre la piel cercana al ojo que permite conocer los movimientos realizados por los ojos gracias al ángulo que forma el dipolo respecto a los electrodos.

- Técnica no invasiva. Se determina el movimiento ocular mediante un haz lumínico que es irradiado en la superficie ocular y captado mediante una cámara de vídeo o sensor óptico.
  Este tipo de dispositivos se valen del reflejo corneal y el centro de la pupila para determinar el movimiento realizado por el ojo.
  Como desventaja, puede ocurrir que no se detecte con precisión la pupila o la córnea, así como la falta de registro en los casos que el observador cierre los ojos.
    - Foto-oculografía (POG) y video-oculografía (VOG). Se consigue el registro del movimiento ocular mediante la medición de características oculares como la forma de la pupila, la posición del limbo escleral y los reflejos corneales de una luz dirigida, que en la mayoría de las ocasiones es infrarroja. El registro del camino visual que ha realizado el sujeto con la mirada se determina de forma manual, con la observación de cada fotograma del vídeo.
      La desventaja de este tipo de técnica es que no proporciona la medición del punto de mirada y que hay una propensión de errores debido a la tarea de evaluación visual de manera manual.
    - Reflexión corneal basada en vídeo. Estos dispositivos utilizan unas cámaras y un hardware de procesamiento de imágenes que les permite calcular el punto de mirada en tiempo real. Este tipo de rastreadores localizan la primera imagen de Purkinje (Figura 4), que es la obtenida tras la reflexión de la luz en la primera capa de la córnea. El motivo de utilizar luz infrarroja se debe a que estas ondas no pueden ser percibidas por el ojo humano y, además, el espectro de la luz visible hace reflejos en el iris, haciendo que una cámara no pueda detectar con facilidad la dirección de la mirada (Superior, Díaz Herráez and Varona Martínez 2017).
      Tras la calibración, son capaces de determinar el punto de mirada sobre una superficie situada de manera perpendicular. Además, van a permitir obtener datos relativos al tiempo empleado en las fijaciones y sacádicos, definir un área de interés, obtener mapas de calor y gráficos de mirada y porcentaje de grabación.

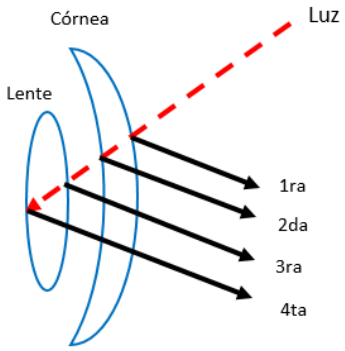


Figura 4. Imágenes de Purkinje.(Gentil 2017b).

Según su modalidad de montaje, existen dos tipos: (Superior, Díaz Herráez and Varona Martínez 2017).

- Remotos o estáticos. Se disponen en la parte inferior de un monitor y registran la actividad ocular a cierta distancia del usuario.
- Móviles. Se colocan en la cabeza del sujeto. Estos permiten una mayor libertad de movimiento.

Para el desarrollo de este estudio se ha elegido un dispositivo de seguimiento ocular no invasivo, mediante reflexión corneal basada en vídeo y de tipo remoto, con disposición fija en pantalla.

A continuación, se van a tratar los parámetros que caracterizan los rastreadores oculares con la finalidad de conocer las ventajas que nos va a aportar el modelo seleccionado para la realización de este estudio.

- Exactitud: Es la diferencia promedio entre la posición real del estímulo y la posición medida de la mirada.
- Precisión: Este parámetro aporta la información de la capacidad que tiene el dispositivo de reproducir de manera fiable la misma medición del punto de mirada en medidas sucesivas.

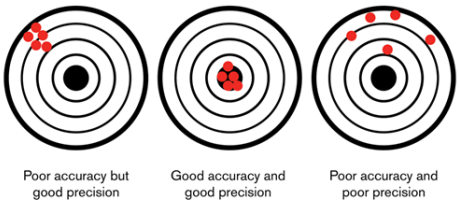


Figura 5. Representación del concepto de exactitud y precisión. (Tobii Eye Tracker 2015).

- Tolerancia a movimientos: El sensor óptico dispone de dos cámaras que capturan los reflejos corneales y de la pupila de los dos ojos. Este tipo de procesamiento de datos dual, nos proporciona información sobre la posición de la cabeza.

- Recuperación tras parpadeo: Este acto involuntario da como resultado puntos sin datos que procesar. El software permite extraer estos puntos que no han sido procesados o extrapolar los datos. (Tobiipro.com 2015)
- Frecuencia de muestreo: Se refiere al número de veces por segundo que el rastreador ocular registra la posición de los ojos. Una mayor frecuencia indica una mayor capacidad de estimar la trayectoria real de los movimientos que se han realizado. Sin embargo, una elevada frecuencia también genera mayor ruido en la grabación debido a que detecta micromovimientos.
- Software: Es un software de investigación, compatible con los rastreadores, que respalda todo el proceso de investigación, desde el diseño y la planificación hasta la grabación de pruebas, la interpretación y la presentación de resultados.
- Información registrada: Además de registrar la dirección de mirada en cada fotograma presentado, recoge información acerca de la duración de los eventos, número de fijaciones y sacádicos, porcentaje de grabación, etc.

3.2.3. Eye tracker Tobii Pro Nano.

El dispositivo de rastreo ocular que se ha utilizado en este estudio es el Tobii Pro Nano, que está considerado como de alto rendimiento y está diseñado para llevar a cabo estudios basados en fijaciones (Tobiipro.com 2019).

En la tabla 1 se observan las características técnicas diferenciales de los dispositivos de seguimiento ocular de pantalla de los que dispone a nivel profesional la empresa Tobii.

Especificaciones	Tobii Pro Nano	Tobii Fusion	Tobii Pro Spectrum
Técnica	Vídeo basado en reflejo corneal y pupilar. Una única cámara detecta imágenes de ambos ojos.	Vídeo basado en reflejo corneal y pupilar. Dos cámaras capturan en estéreo imágenes de ambos ojos.	Vídeo basado en reflejo corneal y pupilar. Dos cámaras capturan en estéreo la posición de ambos ojos en 3D.
Frecuencia muestreo	60 Hz	60, 120 o 250 Hz	60, 120, 150, 300, 600 o 1200 Hz
Precisión	0'10º	0'04º	0.01°
Exactitud	0'3º	0'3º	0.3°
Latencia del sistema	1 frame (17ms)	3 frame	<3 frame
Recuperación parpadeo	1 frame	1 frame	1 frame
Tolerancia movimiento cabeza	Más sensitivo que cámara dual.	Más preciso y exacto que una sola cámara.	Más exactitud y precisión gracias a cámara dual.
Distancia de trabajo	45 a 85 cm	50 a 80 cm	55 a 75 cm
Tamaño pantalla óptimo	24"	24"	23'8"

Tabla 1. Comparativa de Eye tracker Tobii Pro Nan, Fusion y Pro Spectrum.

Cabe destacar la importancia de elegir un dispositivo de seguimiento ocular en función del estudio que se vaya a realizar. La posibilidad de poder trabajar con una frecuencia de muestreo elevada aportará datos de movimientos sacádicos que no se pueden obtener mediante frecuencias más bajas.

3.2.4. Aplicaciones.

El seguimiento ocular ha sido objeto de estudio en numerosas áreas y se ha ido extendiendo durante los últimos años (Gentil 2017b). A continuación, se describen algunas de sus aplicaciones:

- Investigación científica: Desde la rama de la psicología y la neurociencia, hasta el rendimiento deportivo, pasando por el área que nos concierne de la optometría.

- Investigación del mercado y del consumidor: La búsqueda de la perspectiva del consumidor cuando rastrea la ubicación de un determinado producto, cuando observa el diseño del embalaje, la publicidad. Estos factores influyen en el proceso de compra y la interacción de los consumidores respecto al producto.

- Usabilidad y experiencia del usuario: Representa la aplicación más habitual de esta tecnología en el sector comercial.

- Industria y rendimiento humano: Permite optimizar los puestos de trabajo, así como sus procesos.

- Discapacidad: Permiten la realización de tareas guiadas por los ojos cuando la movilidad es limitada.

- Desarrollo de juegos avanzados de ordenador: En el sector de los videojuegos, la tecnología de seguimiento ocular ofrece muchas posibilidades creativas.

- Diagnóstico de dificultades de aprendizaje con fines pedagógicos: Existen estudios en los que incluyen a niños con trastornos como la dislexia o TEL (trastorno específico del lenguaje) para obtener un mayor conocimiento de este desorden y promover aplicaciones para promover su mejoría en el área que les implica (León, Cuadro and Católica 2017).

3.3. Movimientos oculares.

Los movimientos oculares tienen como misión conducir los estímulos visuales del campo periférico al central y mantener la fijación foveal del objeto en movimiento (Gila, Villanueva and Cabeza 2009).

La fóvea es la zona de mayor agudeza visual de la retina y es allí donde necesitamos focalizar el haz luminoso que nos llega del objeto para obtener un buen enfoque de éste.

Para realizar esta acción el sistema visual se ayuda de los movimientos oculares, que podremos clasificar en base a su funcionalidad.

3.3.1. Mantenimiento de la mirada.

Compensan los movimientos de la cabeza o el objeto para asegurar su enfoque sobre la fóvea.

- Vestíbulo-oculares. Equilibran los movimientos realizados con la cabeza.
- Optocinéticos. Compensan los movimientos que se han dado en el objeto.

3.3.2. Desplazamiento de la mirada.

Permiten que pase la atención de un objeto a otro, incrementándose así el campo visual efectivo (Gentil 2017b).

- Sacádicos. Son los movimientos voluntarios que se dan entre dos fijaciones. Se puede medir de ellos los siguientes parámetros descritos en la Tabla 2.

Movimientos sacádicos	
Amplitud máxima	30º desplazamientos superiores requieren movimiento de la cabeza
Duración	30 – 120 ms según la amplitud del desplazamiento
Velocidad máxima	Alcanzada durante la sacada: hasta 700°/s
Main Relation	Relación constante entre amplitud y velocidad máxima: a mayor amplitud del movimiento mayor velocidad máxima. La dirección y la velocidad no se pueden modificar una vez lanzado el movimiento
Latencia o tiempo de reacción sacádica	Tiempo entre la aparición de un estímulo y el inicio de la sacada: 180 – 300 ms. En condiciones normales se producen movimiento de menor latencia (80 – 100 ms) llamados sacádicos express.
Periodo refractario motor	100 – 200 ms siguientes al término de una sacada durante los cuales no puede iniciarse voluntariamente un nuevo movimiento sacádico
Tiempo mínimo de fijación	200 – 350 ms, comprende el periodo refractario motor y un tiempo de procesamiento cognitivo del objeto enfocado (50 ms mínimo). Existe una relación directa de la fijación y la amplitud de la sacada precedente: la fijación es más larga cuanto mayor ha sido el desplazamiento sacádico anterior

Tabla 2. Parámetros de los movimientos sacádicos (Gila, Villanueva and Cabeza 2009).

- Seguimiento. Movimientos de carácter voluntario de mayor duración que los optocinéticos y que precisan de un objeto de fijación.
  Se producen de manera coordinada en ambos ojos y sus funciones son el mantenimiento de la mirada ante desviaciones involuntarias del ojo y regular la fijación en los movimientos de vergencia.
- Vergencias. Es la modificación de los ejes visuales para permitir su convergencia en un punto de fijación. Son necesarios para alinear las fóveas de ambos ojos sobre el objeto (movimientos de convergencia y divergencia)

3.3.3. Fijación binocular.

Destinados a evitar el fenómeno de fading que se da cuando se suprime la imagen retiniana debido a la saturación de los fotorreceptores. Este tipo de movimiento es necesario para que se mantenga la fijación ocular. Se clasifican como micromovimientos debido a su pequeña amplitud (tremores, fluctuaciones y microsacádicos).

3.4. Movilab 1.0.

Es un programa informático desarrollado en el marco del doctorado de Sánchez E. y destinado a valorar habilidades visuomotoras y visuoperceptivas de pacientes con discapacidad visual, como lo son la agudeza visual, sensibilidad al contraste, deslumbramiento, perimetría, búsqueda visual y percepción visual. Una característica distintiva e importante de este software es la posibilidad de adaptar los test a las características del observador (agudeza visual, polaridad y sensibilidad al contraste). Igualmente, permite estudiar el efecto de los filtros terapéuticos en el deslumbramiento y proporcionar una simulación personalizada del campo y la agudeza visual del paciente.

El presente estudio se centra en el área de la búsqueda visual, por lo que se precisa evaluar la motilidad ocular. El tamaño de los símbolos utilizados se adapta a la agudeza visual del observador. El programa permite valorar diferentes tipos de movimientos oculares, distinguiéndolos en función del uso o no de mentonera:

- Test 1: Movimientos sacádicos en línea sin mentonera.
- Test 2: Movimientos sacádicos aleatorios sin mentonera.
- Test 3: Movimientos de seguimiento sin mentonera.
- Test 4: Movimientos en línea con mentonera.
- Test 5: Movimientos aleatorios con mentonera.
- Test 6: Movimientos de seguimiento con mentonera.

De todos ellos, en el presente estudio se van a valorar los movimientos oculares sacádicos aleatorios (test 2 y 5).

Los datos derivados de la valoración, así como la aplicación de ecuaciones de corrección, se registran de forma automática en un archivo cvs.

4. OBJETIVO.

Obtener los patrones de búsqueda visual, en población visualmente sana, del ejercicio de sacádicos aleatorios del programa informático Movilab y estudiar la posible relación de los mismos con la edad, el sexo, estudios completados y horas diarias que destinan a la lectura los participantes.

Como objetivo secundario está la creación de un protocolo de análisis en base a los mapas de búsqueda ofrecidos por el eye tracker Tobii Pro Nano.

5. HIPÓTESIS.

Los observadores, visualmente sanos, presentan patrones de búsqueda visual coincidentes.

6. METODOLOGÍA.

6.1. Tamaño de la muestra.

Los participantes del estudio son clientes de la Farmacia Puchades, situada en Granollers.

Se han escogido 48 adultos de edad comprendida de entre 20 y 80 años, sin patologías oculares, estrabismos, ni ambliopías.

Con el objetivo de mantener un equilibrio entre el género y las edades de los observadores, se plantea la siguiente distribución. Se crean 8 grupos en función de la edad y sexo de los participantes, así como una denominación específica para grupo para facilitar el posterior análisis de datos (Tabla 3).

	Hombre	Mujer
20-35 años	B01	B11
36-50 años	B02	B12
51- 65 años	B03	B13
>65 años	B04	B14

Tabla 3. Distribución de observadores en grupos.

6.2. Criterios de inclusión y exclusión.

Se han aplicado las siguientes normas para limitar la participación de los sujetos en el estudio:

- Ausencia de ambliopía o estrabismo.
- Ausencia de patologías oculares, tanto presentes como previas.
- Ausencia de patologías neurológicas que dificulten el desarrollo del estudio.
- Observadores colaboradores.
- Haber firmado el consentimiento informado.

6.3. Material.

Para realizar las medidas y gestionar los datos obtenidos del estudio se ha utilizado los siguientes materiales y programas de ordenador:

- **Monitor de ordenador marca DELL de 24"**: El participante, situándose a 500'00 mm delante de una pantalla de 530mm de amplitud total formará un ángulo de 27'92º.

- Ordenador portátil HP Laptop 15s: En este Hardware es donde están instalados los programas MoviLab y Tobii Pro Lab, junto con el Minitab, Mendeley, Microsoft Word y Excell que nos permitirá gestionar todos los datos obtenidos.

- Mentonera: Permite limitar los movimientos de la cabeza durante la realización del test número 5.

- MoviLab: Programa desarrollado por la FOOT en el marco del doctorado de Sánchez E., destinado a la evaluación de diferentes habilidades visuales, motoras y perceptivas a pacientes que padecen una discapacidad visual.

- Eyetracker Pro Nano: Dispositivo utilizado para registrar los movimientos oculares y que permitirá identificar la existencia de patrones dentro o fuera de la normalidad. Se instala en el monitor de 24".

- Tobii Pro Lab: Programa vinculado al eye tracker que proporciona soporte durante todo el proceso de investigación, desde el diseño y grabación del test, hasta la interpretación y presentación de los resultados.

7. PROTOCOLO.

7.1. Calibración de la pantalla.

El software Movilab, permite la calibración de la luminancia y del tamaño de la fuente a través de la medida del píxel.

Se gradúa la pantalla en base al nivel de luminancia para conseguir unas condiciones de trabajo concretas y reproducibles.

Para la realización de esta tarea es utilizado un luxómetro, que es un instrumento que nos permite la medida de la luminancia, cuya unidad de medida en el SI es el lux, y mediante un adaptador de densidad luminosa podemos valorar la luminancia, que nos dará en las unidades candelas por metro cuadrado (cd/m2).

El luxómetro utilizado para estas medidas es el fotómetro Mavolux 5032B (referencia 179369 _kainos o 4d28222). Figura 5 y 6.

Figura 6. Luxómetro. *Figura 7. Adaptador.*

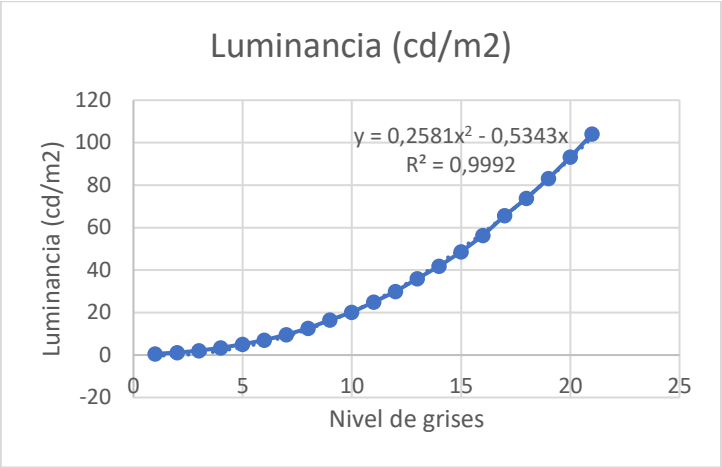
Esto se consigue modificando en los ajustes de la pantalla con la que estamos trabajando el contraste a un valor de 63% y el brillo a un 59%. De esta manera conseguimos una luminancia de 103'8 cd/m2.

A continuación, desde el programa Movilab, en el apartado de "calibración" y "nivel de grises", se modifica el nivel de brillo y contraste de la pantalla hasta conseguir el nivel de luminancia deseado en el color blanco.

A continuación, en el apartado "nivel de grises", se obtiene la luminancia para cada nivel de gris, datos que se anotan para hacer posteriormente la tabla con los resultados obtenidos, la gráfica correspondiente y su ecuación (Tabla 4).

Nivel Grises	Luminancia (cd/m2)
1	0,6
2	1,2
3	2,1
4	3,4
5	5,1
6	7
7	9,6
8	12,6
9	16,5
10	20,2
11	24,9
12	29,9
13	36
14	41,8
15	48,6
16	56,4
17	65,7
18	73,8
19	83,2
20	93,3
21	104,1

Tabla 4. Datos de luminancia en función del nivel de grises.



Gráfica 1. Nivel de luminancia absoluto según el nivel de grises.

A continuación, se procede a la calibración de la pantalla mediante otros parámetros, como la medida del píxel y la fuente.
Esta parte es importante, debido a que el tamaño de fuente que se le presenta al participante varía en función de su agudeza visual, siendo de dos líneas por debajo de la más alta, con corrección, si precisa.
En primer lugar, se va a calibrar el tamaño de píxel, para ello es necesario dirigirse al apartado de "calibraciones" y "medida de píxel". Posteriormente, aparece un cuadrado de color negro que se mide y se inserta en la casilla indicada el valor de su tamaño en milímetros (Figura 8).

Figura 8. Pantalla de calibración de Movilab. Medida píxel.

A continuación, calibra la medida de la fuente, para ello se entra en el apartado de "calibraciones" y "medida de la fuente". Aparece en la pantalla una letra de la cual se debe medir el tamaño y anotar en el recuadro correspondiente en milímetros (Figura 9).

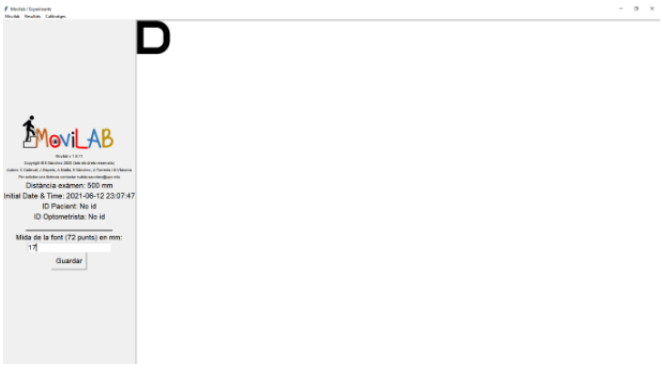


Figura 9. Pantalla de calibración del programa Movilab. Medida de la fuente.

7.2. Protocolo Covid-19.

La infección por el agente vírico SRAS-COV-2, genera una enfermedad infecciosa que nos ha llevado a una pandemia que ha dejado 171.292.827 de contagiados y 3.687.589 de muertes a nivel mundial, hasta Junio de 2021. (World Health Organization (WHO) 202AD)

La transmisión del virus se da de persona a persona y a través de pequeñas partículas líquidas que son expulsadas por el sujeto infectado por la boca o nariz al realizar la acción de toser, estornudar, hablar o respirar.

Esta enfermedad, nos ha llevado a un cambio en nuestros hábitos de vida y movilidad.

En el entorno sanitario, se han implantado numerosas medidas para evitar la propagación del virus a través de fómites y aerosoles, que aplicaremos también en la realización de las pruebas a los sujetos que participen en el estudio (Anexo 4).

7.3. Entrevista inicial y consentimiento informado.

Esta etapa del estudio se centra en:

- Realizar una breve entrevista donde poder valorar si el observador cumple los criterios de inclusión y exclusión para poder aceptar o rechazar al participante.
- Explicar al participante el objetivo, la metodología y el compromiso derivado de su participación. Se le entregaba un "documento informativo" (Anexo2) junto con el "consentimiento informado" que debía de firmar al final de la entrevista (Anexo 3). (Asamblea Medica Mundial 2013)
- Asignar al sujeto un número de identificación que consta de una letra "B", que se refieren a Búsqueda Visual, seguido de cuatro dígitos que nos permiten diferenciar el grupo en el que se encuentra el participante en función de su grupo de edad y sexo. Por ejemplo, B0101 (B: búsqueda visual, 0: hombre, 1: grupo de edad de 20 a 36 años, 01: número aleatorio).

- Recopilación inicial de datos del observador: Edad, género, estudios completados (básicos, medios, superiores) y tiempo dedicado diariamente a tareas de lectura, donde diferenciaremos si son en dispositivos electrónicos o de papel.

8. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS.

8.1. Calibración del eye tracker.

Este apartado del procedimiento es muy importante, ya que es el momento en que el eye tracker detecta y registra la posición de los ojos del observador, para poder posteriormente realizar el seguimiento de la mirada.

La calibración del rastreador ocular se realiza en dos partes diferenciadas:

- Eye Tracker Manager.

Mediante este software se valora que la distancia entre la pantalla y el participante en el estudio sea la correcta. En este caso vamos a trabajar a 50 cm (Figura 10 y 11).

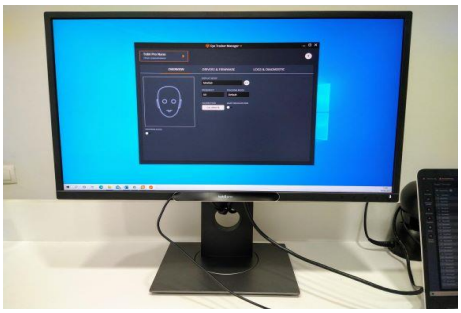


Figura 10. Calibración Eye tracker manager.

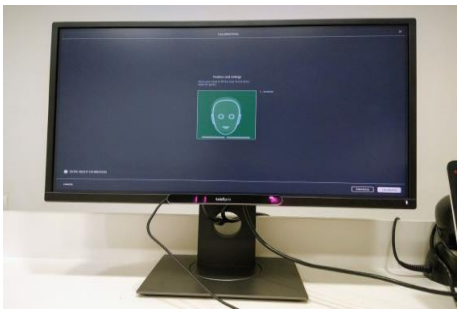


Figura 11. Calibración distancia observador.

El observador se sitúa a 50 cm de la pantalla. La posición de su cabeza debe coincidir en la silueta que aparece dibujada en la pantalla. Se pueden observar dos colores que nos alertan:

- Rojo: Si el sujeto no está en la posición correcta, tanto por exceso como por defecto.
- Verde: Sí es correcta la posición del observador.

A continuación, aparece en la pantalla un punto de color grisáceo que se debe seguir con la mirada hasta su expansión.

- Tobii Pro Lab.

Este software valora el movimiento binocular del observador al seguir un punto de color blanquecino que se desliza por la pantalla deteniéndose en nueve posiciones distintas (Figura 12 y 13).

Al finalizar, se obtiene un mapa que indica la desviación que se ha dado entre la posición del punto y la dirección de la mirada del observador (error de centraje). Esto permitiría, en caso de necesidad, volver a calibrar el sistema observador-eyetracker.

Se han añadido una serie de diapositivas al diseño del proyecto que permite, mediante una presentación, guiar al participante en las instrucciones a seguir para calibrar el dispositivo.

Figura 12. Calibración Tobii Pro Lab.

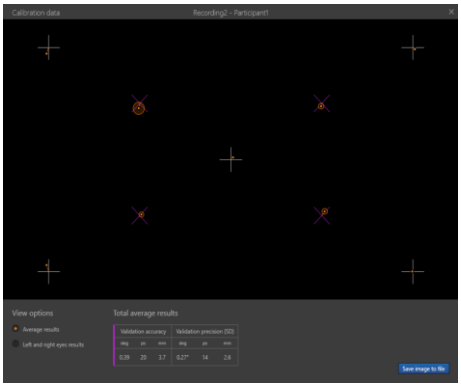


Figura 13. Resultado calibración.

8.2. Medida de Agudeza visual.

Se abre el programa Movilab 1.0 y nos dirigimos al apartado de “Movilab” y “Nueva valoración”, donde rellenaremos los datos de ID del participante, edad, ID de optometrista, señalamos la opción de CV de ambos ojos y, finalmente, se guardan los datos introducidos (Figura 14).

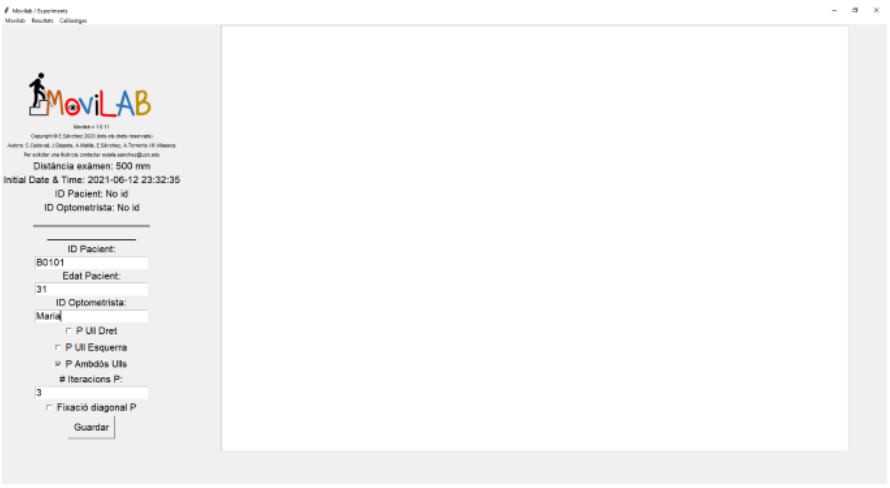


Figura 14. Movilab. Registro de observadores.

Para valorar la agudeza visual del observador se va al apartado AV, apareciendo así en la pantalla un test de Bailey-Lovie.

Con el objetivo de reducir el tiempo de examen, y siendo conocida la AV previa del observador (tras la evaluación optométrica), el programa permite a acceder directamente a niveles de AV superior. A continuación, se le pide al participante que nos indique las letras que puede leer en la pantalla y el optometrista los va incluyendo en el programa. Cada letra correcta, el software lo registra como (1) y las respuestas incorrectas como (X). Se da como finalizado cuando se detectan 2 errores, momento en el que el software, automáticamente, nos proporciona el valor obtenido en escala decimal y logarítimica (Figura 15).

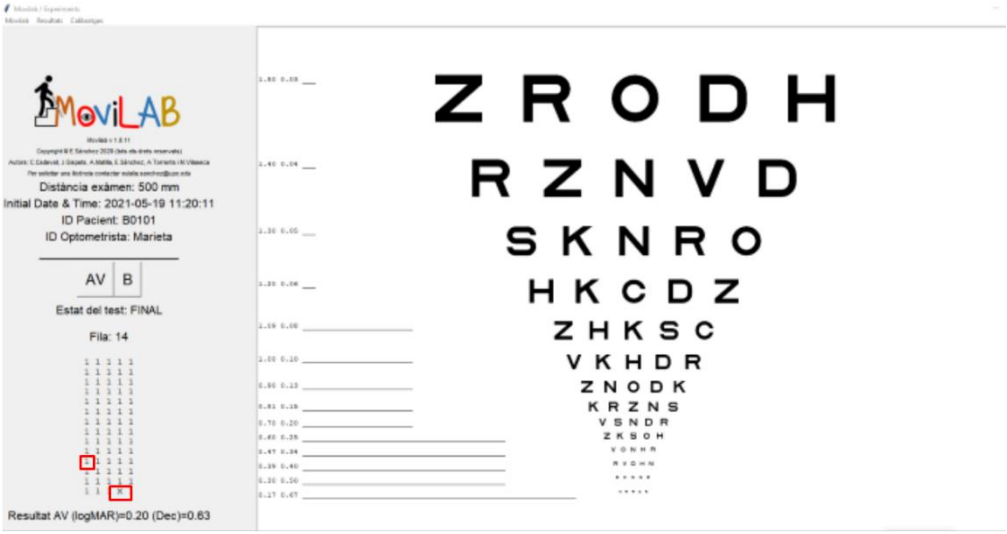


Figura 15. Movilab. Valoración AV.

8.3. Test búsqueda visual Movilab.

Existen tres modalidades de evaluación de la motilidad ocular (sacádicos en línea, aleatorios y seguimientos), permitiendo el registro sin mentonera (1, 2 y 3) y con mentonera (4, 5 y 6).

Para el presente estudio, se trabaja con la modalidad de sacádicos aleatorios (test 2 y 5), ya que es la que más se adecua a la realización de los movimientos de búsqueda visual. El ejercicio consiste en la presencia en la pantalla de 21 letras (V o C) presentadas de forma aleatoria, donde el observador deberá indicar cuántas letras “C” hay. La diferencia entre el test 2 y 5 radica en el uso de la mentonera (5) o la ausencia de ella (2). Hecho que aportará información sobre la ayuda del movimiento de cabeza ante la realización de ejercicios de búsqueda visual (Figura 16).

En todos los casos se registra el tiempo de respuesta y los errores cometidos. Se obtiene un tiempo bruto que se modifica posteriormente en función de los errores cometidos por el participante para calcular el valor neto. El objetivo de este ajuste es compensar el posible efecto de cometer errores u omisiones y que no sea la eficacia en la búsqueda lo que justifique un tiempo bajo (Pujol et al. 2020).

$$Tajust = t + \left(\frac{t}{5 - e} \cdot e\right)$$

Fórmula 1. Tiempo neto Movilab.

Donde (T ajust) es el tiempo ajustado, (t) es el tiempo real y (e) son los errores (Fórmula 1).

El resultado del test siempre será igual a 5 letras “C”, pero mediante el botón “Aleatorio” se introduce la opción de hacer el mismo ejercicio a modo de entrenamiento y cuyos valores no serán registrados.

Figura 16. Movilab: Test movimientos sacádicos aleatorios. El tamaño de las letras del test, están referenciadas a la AV del observador.

Para evitar una afectación en los resultados, con cada observador se alterna el orden de la realización del test 2 y 5.

8.4. Obtención y análisis de los resultados.

Los datos provienen de dos fuentes, los obtenidos por el programa Movilab y los obtenidos a través de eye tracker.

8.4.1. Datos de Movilab.

El software proporciona un archivo cvs, generado automáticamente por el programa, y que registra el tiempo de resolución bruto del ejercicio, el número de errores y el tiempo neto (Tabla 5).

Date and Tim	##########	Errors B/Tier	Resp B	Num B
ID Pacient	B1101			
Edat Pacient	22			
ID Optometr	Marieta			
Polaritat Inv	0			
Distància exà	500			
AV test LogM	0.39			
AV LogMAR	0.17			
AV Decimal	0.67			
SC test	0.00			
B Test #1 Nu	Correcte	0	5	5
B Test #1 Ter	2.55	2.55		
B Test #2 Nu	Correcte	0	5	5
B Test #2 Ter	5.81	5.81		
B Test #3 Lini	Correcte	5	0	5
B Test #3 Ter	12.30	12.30		
B Test #4 Me	Correcte	0	5	5
B Test #4 Ter	2.36	2.36		
B Test #5 Nu	Correcte	0	5	5
B Test #5 Ter	6.03	6.03		
B Test #6 Lini	Correcte	5	0	5
B Test #6 Ter	12.35	12.35		

Tabla 5. Movilab. Archivo de registro de resultados cvs.

8.4.2. Datos del eye tracker. Creación de un protocolo de análisis en base a los mapas de búsqueda-

Se obtiene una grabación de la prueba realizada a cada participante y la información obtenida que aparece en la zona inferior y derecha de la pantalla (Figura 17).

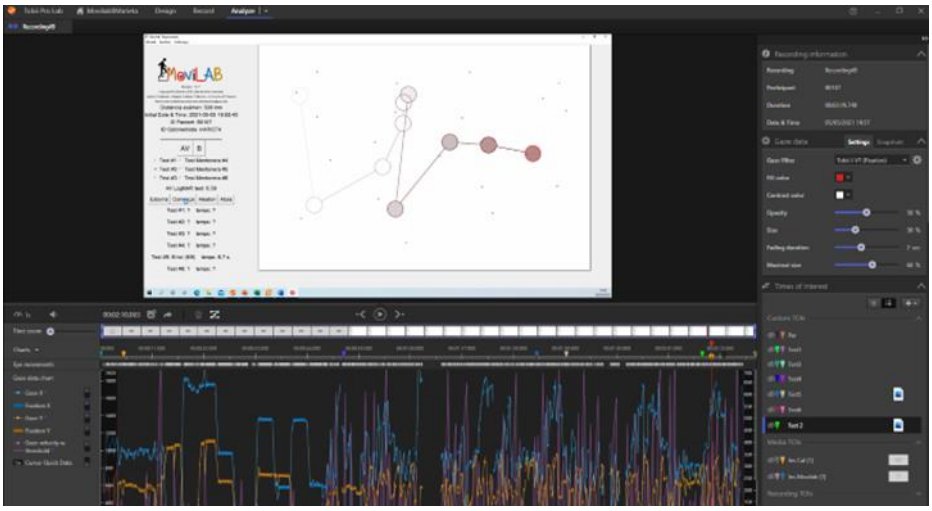


Figura 17. Grabación Tobii Pro Lab.

Se puede obtener el diagrama de mirada. Para ello es preciso acceder al registro de vídeo y delimitar la parte correspondiente al tiempo bruto de los tests 2 y 5.

A continuación, se selecciona un fotograma de cada test y cada observador, lo que nos permite analizar posteriormente lo que ve el observador en cada fijación y el camino que traza con cada movimiento sacádico.

A través de los apartados "Analyze" y "Visualizations se obtiene:

- Gaze plot. Se selecciona el observador y la fracción de grabación de interés para la obtención del mapa de rastreo. Éste permite ver el número de fijaciones (números en el interior del círculo) y el de sacádicos, ya que es igual al número de fijaciones menos 1. Se obtiene la orientación subjetiva del patrón utilizado (líneas continuas entre dos fijaciones) Figura 15.
  El programa, permite poder superponer el mapa de rastreo sobre la pantalla a resolver (Figura 18 y 19).

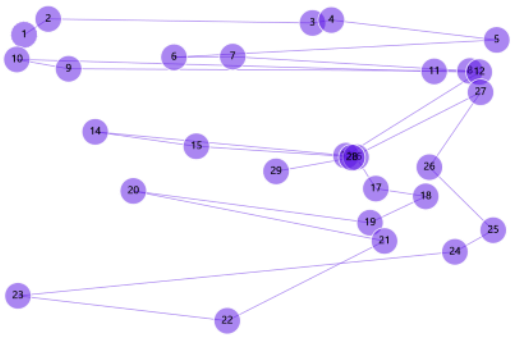


Figura 18. Mapa de rastreo visual (Gaze plot).

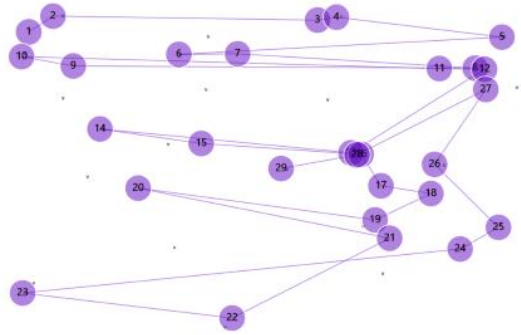


Figura 19. Mapa de rastreo visual (Gaze plot + fotograma del test).

Mediante este mapa y un transportador transparente, se procede a determinar la orientación de cada movimiento sacádico, valorando el ángulo que se forma respecto a la normal (Figura 20).

- Horizontal: Delimita de 330º a 30º y de 150º a 210º.
- Vertical: Zona angular de 60º a 120º y de 240º a 300º.
- Oblicuo: Área que abarca de 30º a 60º, 120º a 150º, 210º a 240º y de 300º a 330º.

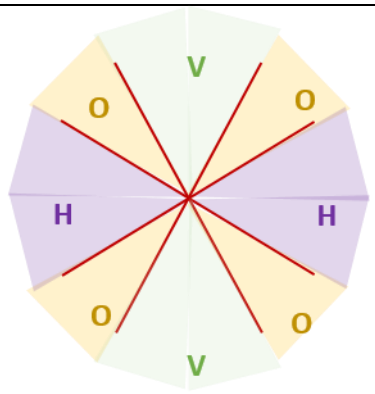


Figura 20. Transportador transparente.

Los datos registrados relativos a la inclinación de cada movimiento sacádico se introducen en un Excel que ha sido diseñado de manera específica y que permite calcular en unidades de porcentaje la cantidad de movimientos que se han producido en cada meridiano (Figura 21). De esta manera, se obtiene un valor en % de la inclinación en cada meridiano.

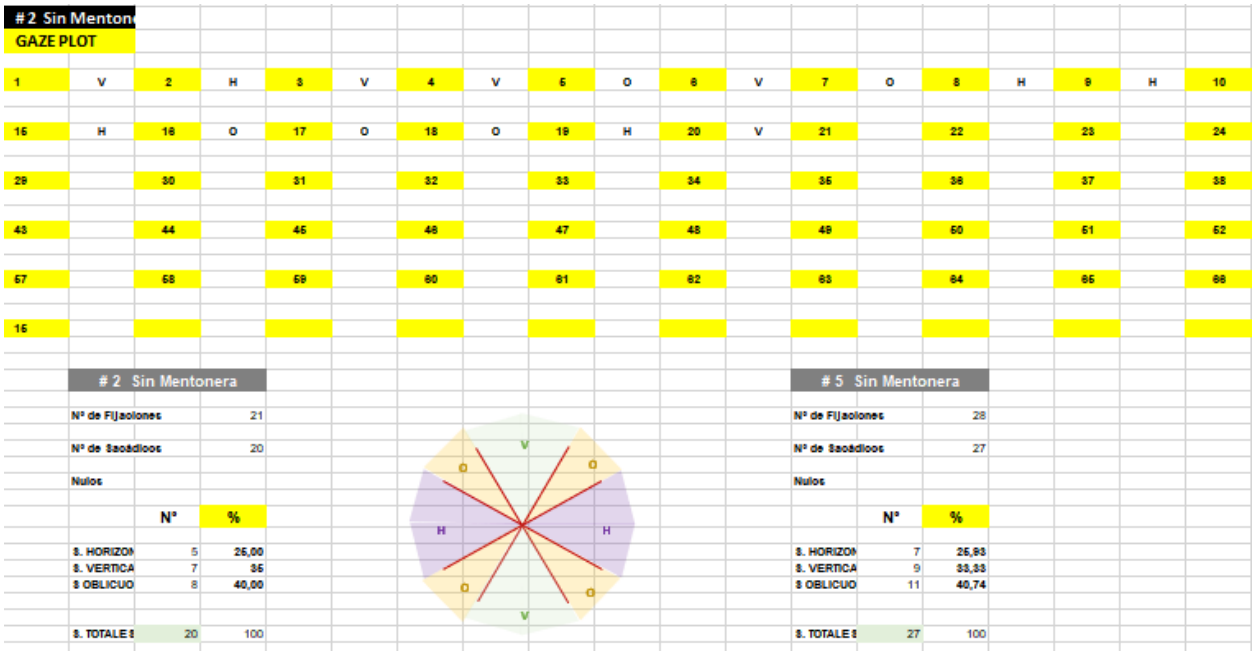


Figura 21. Hoja de cálculo patrón de mirada.

A partir de esos datos, se ha tomado un criterio para definir el patrón de mirada del observador, definiendo el eje dominante como aquel que presentaba un valor ≥45% para cada observador y cada test.

- Gaze plot + fotograma test. Esta opción del software permite visualizar hacia dónde dirige la mirada el observador en el test durante cada fijación y la zona por la que pasa en cada sacádico (Figura 22 y 23).

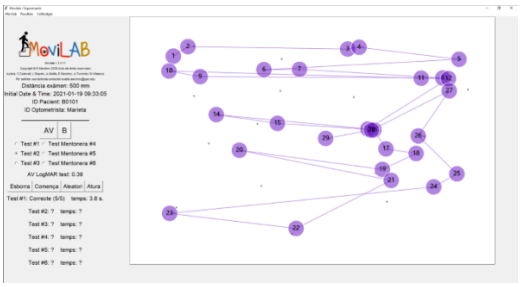


Figura 22. Gaze plot + fotograma.

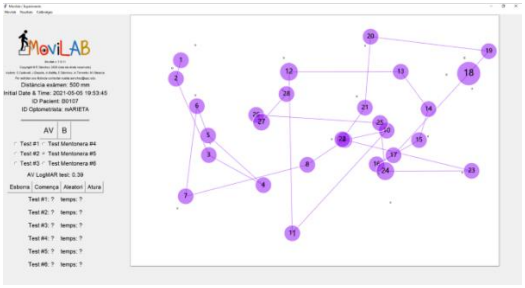


Figura 23. Gaze plot + fotograma.

- Heat Map. Se obtiene un mapa de calor donde se puede diferenciar las zonas donde más tiempo ha estado fijando el observador que se tiñen de color rojo, un grado intermedio de tiempo de fijación que queda coloreado en tono amarillo y, por último, unas áreas de color verde que corresponden a las fijaciones donde menos tiempo se ha destinado (Figura 24).

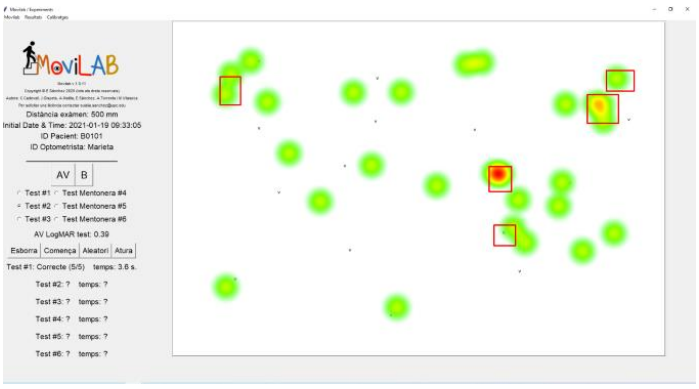


Figura 24. Heat map + fotograma test.

Se adapta en formato Power Point un documento donde aparecen los diagramas de mirada, mapas de calor y cantidad de movimientos sacádicos en función de su orientación (Figura 25).

Figura 25. Resumen de datos observadores.

9. RESULTADOS.

9.1. Datos Globales.

Son objeto de estudio 48 observadores de edades comprendidas entre 20 y 83 años. En esta tabla se reflejan los resultados de los test 2 y 5, sin y con mentonera, respectivamente. Se destaca los valores medios del número de fijaciones realizadas 30,26±7,94, el tiempo medio neto registrado con el programa movilab 9,47±10,09 o la media del porcentaje de tiempo dedicado a fijar 72,42±9,01 %. Indicar igualmente la información proporcionada por el programa Pro Lab que nos indica el % de captación de imágenes por parte del programa, presentando una media de 87,77 % (Tabla 6).

Variable	N	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
Edad	96	49,79	16,66	20,00	50,00	83,00
% Captación imágenes	96	87,77	7,67	57,00	89,50	98,00
% Tiempo fijación	96	0,72	0,09	0,35	0,74	0,87
Nº fijaciones	96	30,26	7,94	17,00	28,50	51,00
Tobii H	96	37,04	20,83	0,00	33,33	87,50
Tobii O	96	35,07	10,54	6,25	35,14	67,35
Tobii V	96	27,89	17,46	0,00	24,66	68,42
Tiempo neto Movilab	96	9,47	10,09	3,84	7,11	99,68

Tabla 6. Descripción estadística de la globalidad de los datos.

Se analiza la normalidad de las variables Tiempo Movilab y número de fijaciones.

Las variables no presentan una distribución normal (p> 0,05), en la prueba Kolmogorov-Smirnov), motivo por el que se realiza una estadística no paramétrica. Con el objetivo de determinar si las medianas de población de los grupos difieren debido al uso de la mentonera (test 2 y 5), se utiliza el estadístico de Mann-Whitney. Se obtiene que las medianas no difieren (p>0.05) ni para la valoración de los tiempos netos en Movilab, ni para el número de fijaciones (Tablas 7 y 8).

Comparando los datos obtenidos sin y con mentonera, el estadístico de Mann-Whitney nos refleja tanto para el tiempo neto de Movilab como para el número de fijaciones que las medianas no difieren (p> 0,05).

Método

η_1: mediana de TiempoN_Movilab_tets 2
η_2: mediana de TiempoN_Movilab
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
TiempoN_Movilab_tets 2	48	8,095
TiempoN_Movilab	48	6,875

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
0,535	(-0,35; 1,73)	95,00%

Prueba

Hipótesis nula H_0: $\eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna H_1: $\eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	2471,00	0,296
Ajustado para empates	2471,00	0,296

Tabla 7. Diferencia de las medianas para el tiempo neto de Movilab test 2 y test 5 (Mann-Whitney) (Para todos los grupos de edad)

Método

η_1: mediana de Nº Fijaciones _tes 2
η_2: mediana de Nº Fijaciones_test 5
Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Nº Fijaciones _tes 2	48	28,5
Nº Fijaciones_test 5	48	28,5

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-0,0000000	(-3; 3)	95,00%

Prueba

Hipótesis nula H_0: $\eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna H_1: $\eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	2357,50	0,832
Ajustado para empates	2357,50	0,831

Tabla 8. Diferencia de las medianas para el número de fijaciones realizadas test 2 y test 5 (Mann-Whitney) (Para todos los grupos de edad)

A continuación, se trabajará únicamente con los datos obtenidos del test 2, ya que la modalidad de sacádico aleatorio sin mentonera es la situación habitual del observador al realizar una tarea de búsqueda visual.

9.2. Test 2. Búsqueda visual basada en movimientos sacádicos aleatorios.

9.2.1. Estadística descriptiva.

En la tabla presentada a continuación se diferencia mediante distinta coloración los datos que son obtenidos a partir del eye tracker Tobii Pro Nano (en azul), de los mapas de fijación y del programa Movilab (en verde) (Tabla 9).

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mínimo	Mediana	Máximo	Datos
Edad	48	49,79	16,75	20,00	50,00	83,00	
% Registro Imágenes	48	87,77	7,71	57,00	89,50	98,00	Parámetros del Tobii
Porcentaje Tiempo Fijación	48	0,7270	0,0953	0,3487	0,7450	0,8747	
Nº Fijaciones	48	30,21	7,50	17,00	28,50	50,00	Obtenidos del Mapa de fijación
Tobii H	48	34,51	21,38	6,12	28,76	87,50	
Tobii O	48	35,10	10,70	6,25	34,62	67,35	
Tobbi V	48	30,39	16,78	0,00	32,45	57,69	
TiempoN_Movilab	48	10,69	13,69	4,57	8,10	99,68	Obtenidos de MVL

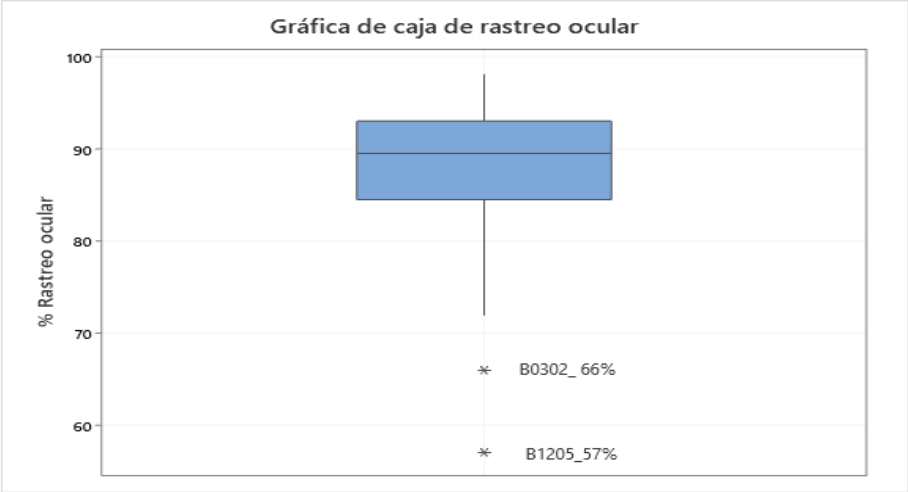
Tabla 9. Estadística descriptiva de variables de test 2.

Teniendo presente tan solo los resultados del test 2, se destaca los valores medios del número de fijaciones realizadas 30,21±7,5, el tiempo medio neto registrado con el programa Movilab 10,69±13,69 segundos o la media del porcentaje de tiempo dedicado a fijar 72±9,5 %.

9.2.2. Análisis de tipos de distribución y valores de variables.

9.2.2.1. Parámetro de fiabilidad: Porcentaje de grabación.

El Software Tobii Pro Lab nos proporciona el dato del porcentaje de grabación que se ha obtenido de cada observador. Este dato puede variar de un sujeto a otro en función de si se ha dado alguna situación en la que ha desviado la vista de la pantalla, si ha cerrado los ojos o se produce una falta de colaboración.
Para poder estimar el tipo de distribución se ha considerado conveniente eliminar 2 outliers, los correspondientes a los observadores B0302 y B1205, por estar fuera de tendencia y aportar una baja fiabilidad. (Gráfica 2).



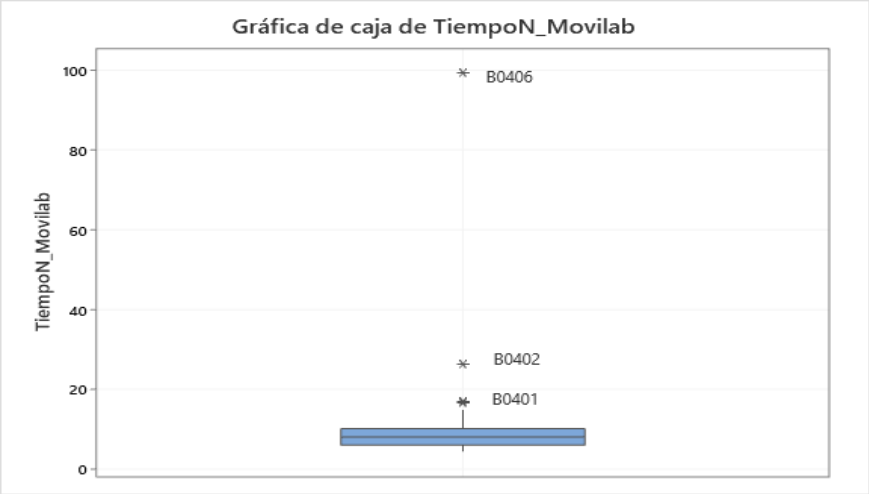
Gráfica 2. Gráfica de caja con valores de % de grabación.

Se obtiene una media de 88,91 ± 5,4 % de grabación del ejercicio.

9.2.3. Parámetros de análisis de búsqueda.

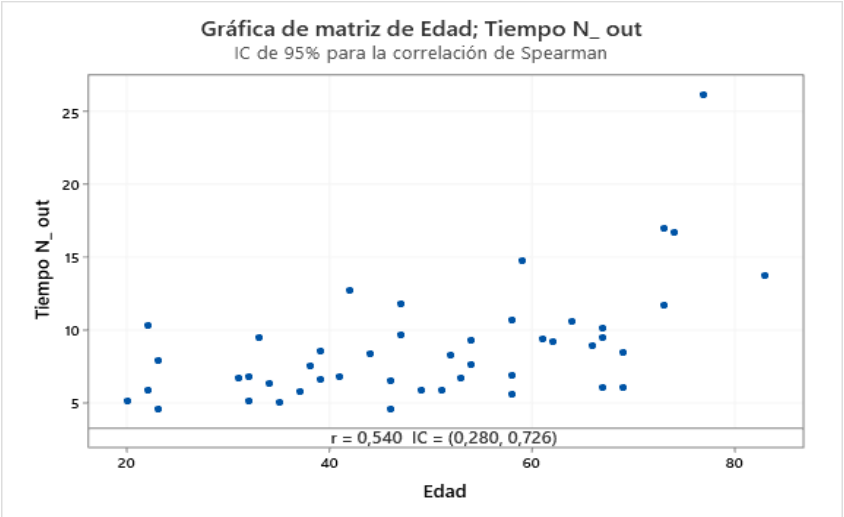
9.2.3.1. Tiempo neto Movilab.

Se agrupan todos los grupos de edad y sexo, obteniéndose así una distribución no normal respecto a la variable del tiempo (Gráfica 3).



Gráfica 3. Gráfica de caja de los valores del tiempo Movilab para los observadores.

A continuación, se valora la existencia de la influencia de la edad, mediante una correlación de Spearman.
Se obtiene un dato que está fuera de rango y se decide descartarlo, para obtener así un valor r=0,54 y con un valor de p<0,05 (Gráfica 4).

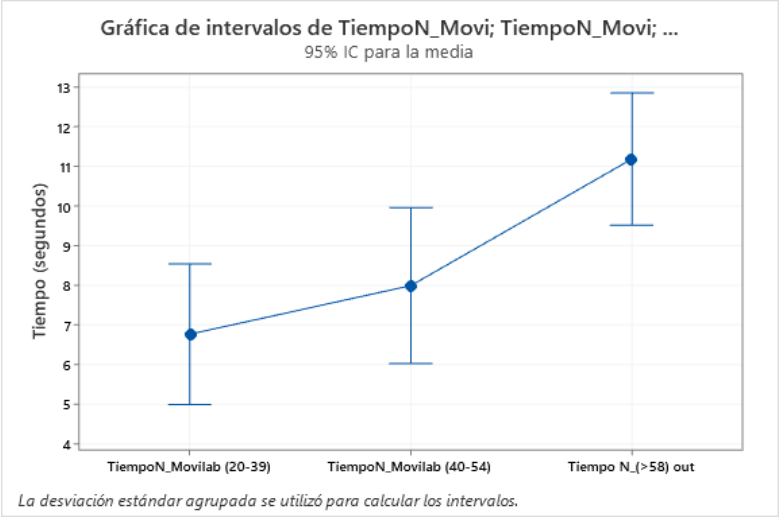


Gráfica 4. Correlación de Spearman entre la edad y el tiempo neto de Movilab.

Se valora a continuación, la posibilidad de diferenciar tres grupos de edad:

- 20 a 39 años.
- 40 a 57 años.
- 58 a 83 años.

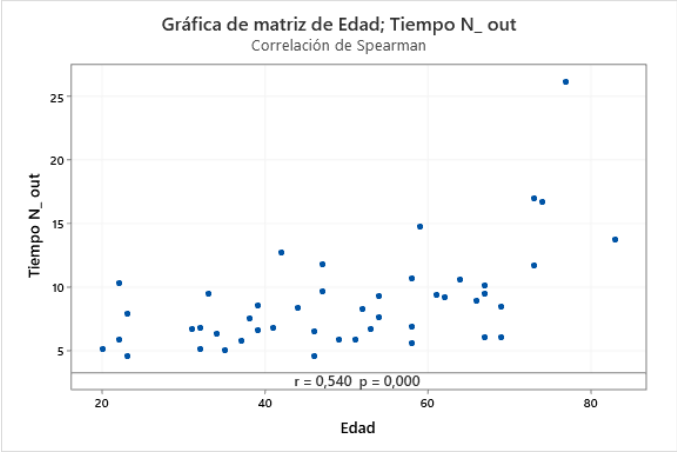
Tras obtener una distribución normal de estos datos, se opta por realizar un análisis de varianza, ANOVA de un solo factor, para valorar si las medias de los tres grupos son iguales.



Gráfica 5. La gráfica de intervalos del tiempo vs edad.

Se puede observar una tendencia a aumentar con la edad el tiempo de búsqueda visual en esta prueba. Siendo una diferencia significativa entre los grupos de menor y mayor edad (Gráfica 5).
Sin embargo, el grupo de los observadores que tienen entre 40 y 54 años comparten variabilidad con los otros dos grupos, siendo mayor la zona compartida con el de menor edad. Por esta razón, se determina la nueva creación de dos grupos diferenciados de edad (Gráfica 6):

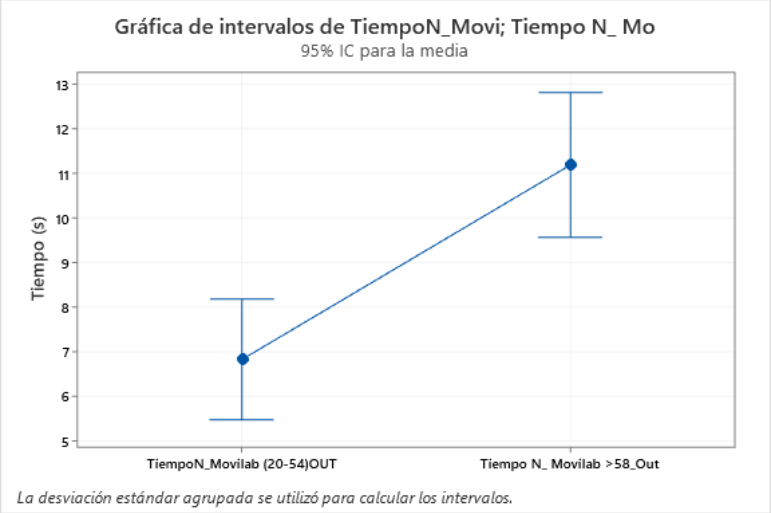
- 20 a 54 años.
- 58 a 83 años.



Gráfica 6. Gráfica de correlación entre el tiempo neto de Movilab y la edad. Separación de los dos grupos de edad.

9.2.3.2. Grupos de edad y Tiempo neto de Movilab.

Respecto al tiempo obtenido a través del programa movilab (test2), ambos grupos de edad presentan una distribución normal. El grupo de 20 a 54 muestra una media de 6,81± 1,47 segundos y el grupo de edad de 58 a 83, con una media de 10,3 ± 3,52 segundos.
Mediante el método de ANOVA, se obtiene que la prueba de igualdad de varianza, con un intervalo de confianza de Bonferroni de un 95%, informa con una p < a 0,05 que las varianzas no son iguales. Por este motivo, se aplica en el procedimiento de comparación de grupos el estadístico de Games Howell (Gráfica 7).

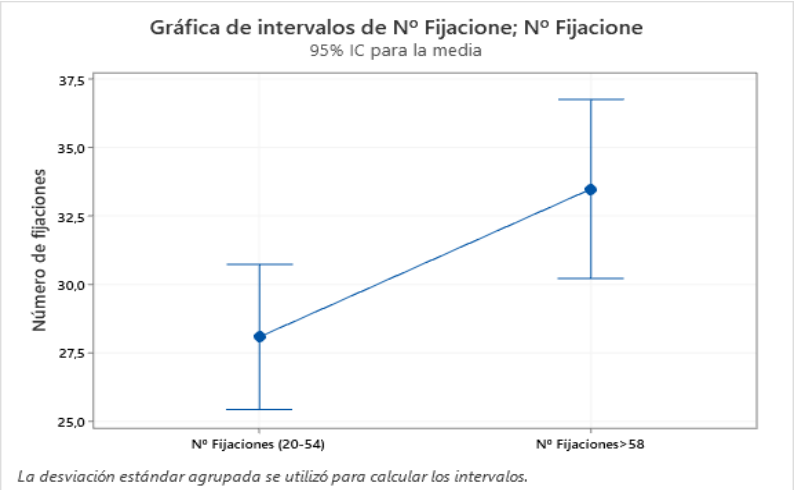


Gráfica 7. Gráfica de intervalos de tiempo Movilab para diferentes grupos de edad.

El método Anova, nos muestra una p <0,05 e informa de que el tiempo de realización de los dos grupos de edad es estadísticamente diferente.
A su vez, la comparación en parejas por el método de Games-Howell, con un nivel de confianza de un 95% lo confirma.

9.2.3.3. Grupos de edad vs Número de fijaciones.

Respecto al número de fijaciones realizadas al ejecutar el tet 2, ambos grupos de edad presentan una distribución normal, obteniéndose para el de 20 a 54 una media de 28,07± 6,4 y para el de 58 a 83 años, una media de 33,47± 8 fijaciones.
El método ANOVA, mediante la prueba de igualdad de varianza, con un intervalo de confianza de Bonferroni de un 95%, informa, con una p>0,05, que las varianzas son iguales. Por esta razón, se aplica el procedimiento de comparación de grupos el estadístico de Tukey (Gráfica 8).



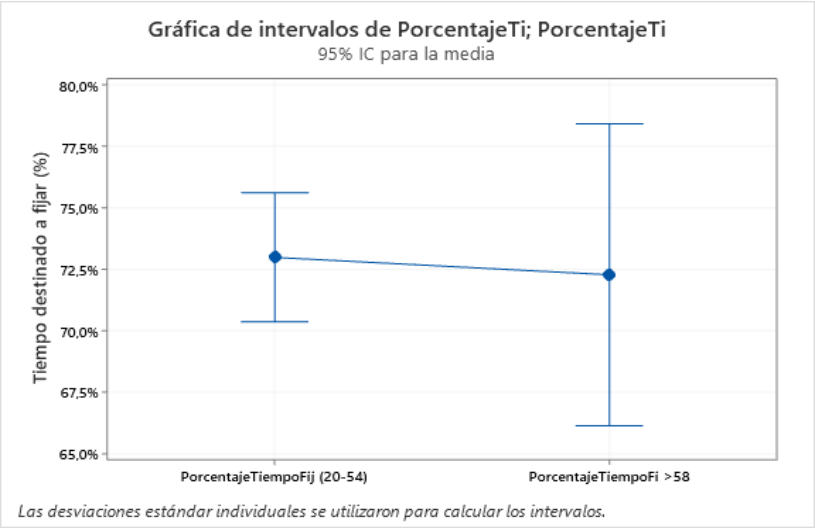
Gráfica 8. Comparación de número de fijaciones en función del grupo de edad.

El análisis mediante Anova, con una p<0,05 nos indica que el número de fijaciones de los dos grupos de edad son estadísticamente diferentes y con un nivel de confianza del 95%, y así lo confirma el método de comparaciones de parejas de Tukey. Por lo tanto, se puede afirmar que el número de fijaciones aumenta con la edad.

9.2.3.4. Tiempo dedicado a las fijaciones.

Respecto al tiempo dedicado a las fijaciones al ejecutar el tets 2, ambos grupos de edad presentan una distribución normal, obteniéndose para el de 20 a 54 dedica una media de 72,99± 6,9% del tiempo a las fijaciones.
El grupo de edad de 58 a 83, obtiene una media de 72,28 ± 12% del tiempo invertido en el test, se destina a fijar.

A continuación, se realiza un análisis mediante Anova y se obtiene que la prueba de igualdad de varianza, con un intervalo de confianza de Bonferroni de un 95%, resulta una p <0,05 donde nos indica que las varianzas son diferentes. Así se aplica, en el procedimiento de comparación de grupos, el estadístico de Games-Howell (Gráfica 9).



Gráfica 9. Comparación del tiempo que se dedica a la fijación vs grupos de edad.

El método Anova, con una p > a 0,05 (0,82) informa que no hay diferencias estadísticamente significativas en el tiempo dedicado a las fijaciones entre ambos grupos.

Cabe destacar el alto grado de variabilidad de datos en el grupo de mayor edad. Esta afirmación es confirmada por la comparación en parejas por el método de Games-Howell, con un nivel de confianza de un 95% (Tabla 10).

Agrupar información utilizando el método de Games-Howell y una confianza de 95%

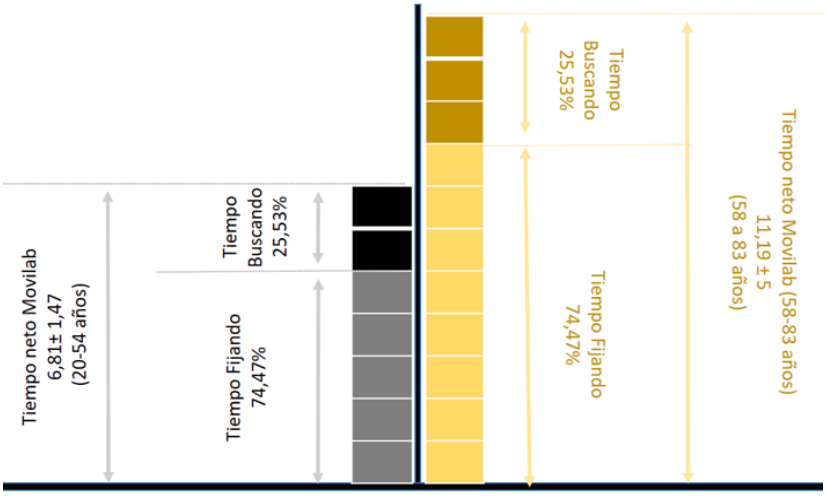
Factor	N	Media	Agrupación
PorcentajeTiempoFij (20-54)	29	0,7299	A
PorcentajeTiempoFi >58	19	0,7228	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 10. Comparación en parejas por el método de Games-Howell.

Se determina el valor medio de la variable, sin tener presente los grupos de edad, existiendo una distribución normal y obteniéndose la media y la desviación estándar con un valor de 74,47 ± 6,46 %. Es decir, los observadores sin patología, independientemente de la edad, destinan a fijar aproximadamente el 75% del tiempo de la prueba y un 25% en busca del objeto de interés.

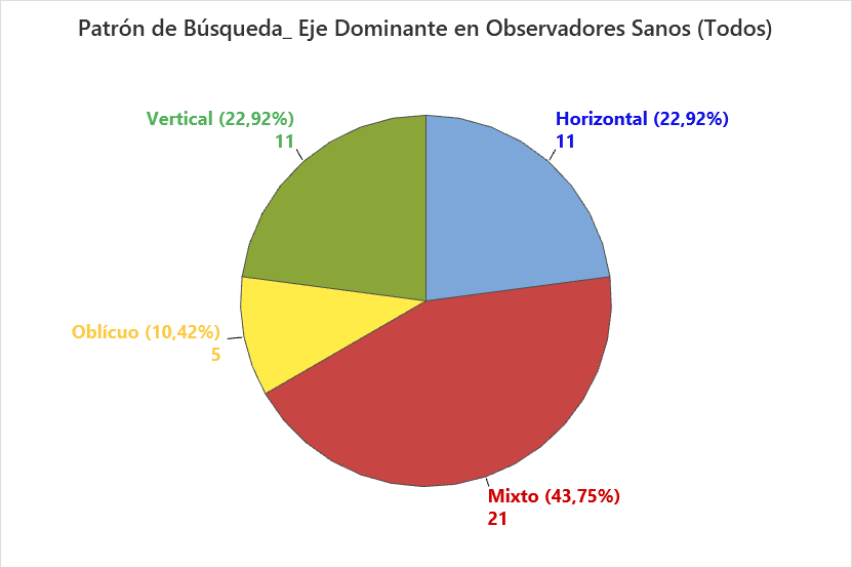
En la gráfica 10 se representa en color gris los resultados del grupo de edad de 20 a 54 años y en amarillo el grupo de edad de 58 a 83, observándose cómo el tiempo medio entre grupos es diferente, pero el % de tiempo para fijar y buscar es el mismo.



Gráfica 10. Distribución del tiempo de fijación y de búsqueda en función de grupos de edad.

9.2.3.5. Patrón de mirada. Eje principal.

Los datos globales obtenidos, sin diferenciar grupos de edad, nos muestran la existencia de un patrón de búsqueda más frecuente, que es el mixto con una prevalencia del 43,75%, seguido del horizontal y vertical con un 22,92% cada uno de ellos. Se observa que el patrón menos frecuente es el oblicuo con un 10,42% (Gráfica 11).



Gráfica 11. Frecuencia de los patrones de búsqueda sin separación de grupos de edad.

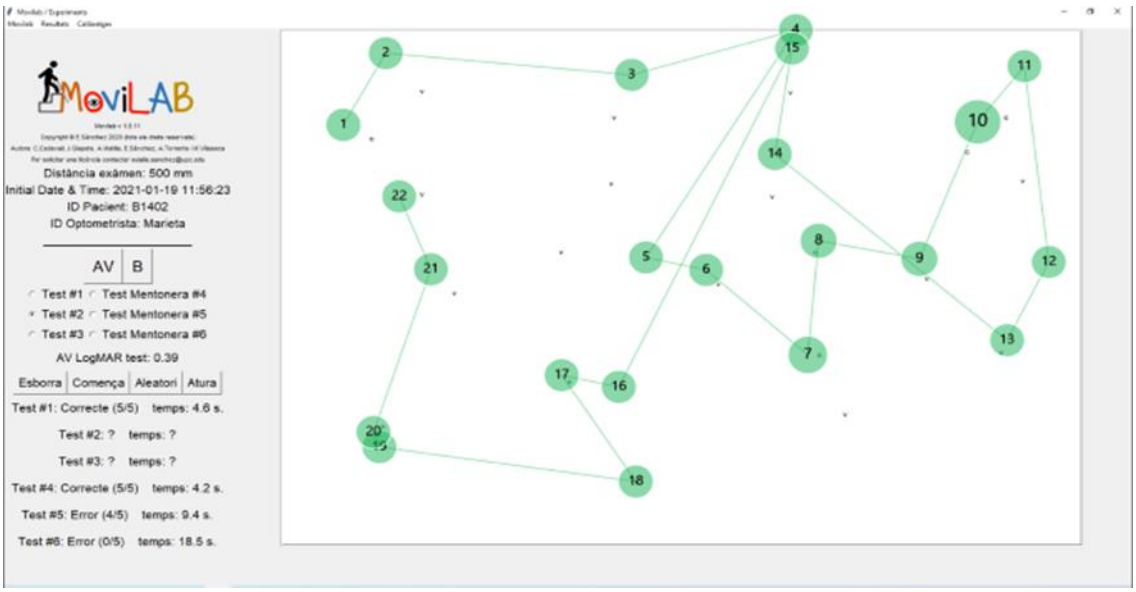


Figura 26. Mapa de rastreo visual de patrón mixto.

Se observa en la Figura 26 la poca dominancia de unas orientaciones sobre otras, siendo en este caso los porcentajes de movimientos oculares de un 28,57% en orientación horizontal, un 42,85% en vertical y un 28,75% en oblicua.

9.2.3.6. Análisis de la posible relación entre la velocidad y patrón de mirada.

Grupo de edad de 20 a 54 años.

En la tabla 11 se representan para este grupo de edad, tanto para el eje dominante como para el débil, a través de una tabla de contingencia y un gráfico circular la información sobre el patrón de búsqueda:

- El eje de búsqueda más predominante en este grupo de edad es el mixto, considerándose como mixta, aquella situación donde ninguna dirección de búsqueda sobrepasa el 45%.

- La dirección de búsqueda menos predominante en este grupo de edad es la horizontal, con un 48,3%.

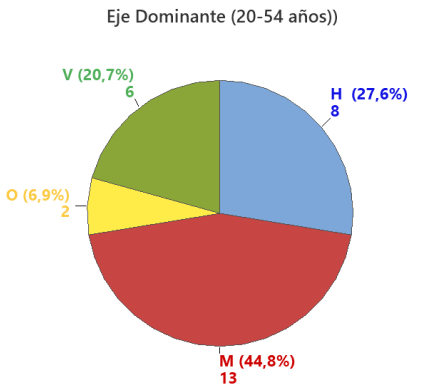
- La fuerza de correlación entre las variables de tiempo y eje de búsqueda visual (dominante o débil) es muy baja, siendo el coeficiente de correlación de Rho de Spearman r<0,34 y 0,21, para ambos casos. Estos datos nos llevan a deducir que las variables son independientes entre sí.

A

Edades entre 20 y 54 años

Tiempo de realización del test aleatorio de búsqueda visual	TNETO MOVILAB	EJE DOMINANTE DE BÚSQUEDA VISUAL H	M	O	V	Todo
	ALTA (9,99-12,71 s)	1	2	0	0	3
		33,33	66,67	0,00	0,00	100
	BAJA (4,5-7,27 s)	5	9	2	1	17
		29,41	52,94	11,76	5,88	100
	MEDIA (7,28-9,98 s.)	2	2	0	5	9
		22,22	22,22	0,00	55,56	100
	Conteo	8	13	2	6	29
	% Fila	27,59	44,83	6,90	20,69	100

GRÁFICA DE PASTEL Y ESTADÍSTICA DE CORRELACIÓN T NETO MOVILAB VS EJE DOMINANTE DE BÚSQUEDA VISUAL



Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	10,867	6
Relación de verosimilitud	11,428	6

4 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
11 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

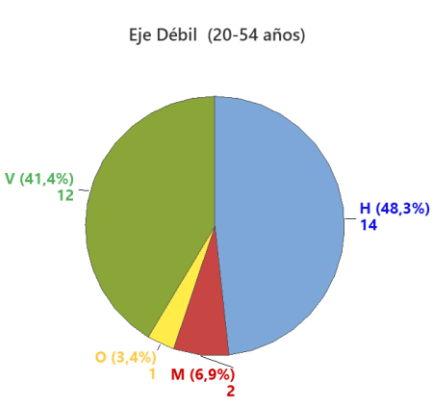
Coeficientes de correlación para categorías ordinales

r de Pearson	0,413279
Rho de Spearman	0,346982

B

Tiempo de realización del test aleatorio de búsqueda visual	TNETO MOVILAB	EJE DÉBIL DE BÚSQUEDA VISUAL H	M	O	V	Todo
	ALTA (9,99-12,71 s)	1	1	0	1	3
		33,33	33,33	0,00	33,33	100
	BAJA (4,5-7,27 s)	7	1	0	9	17
		41,18	5,88	0,00	52,94	100
	MEDIA (7,28-9,98 s.)	6	0	1	2	9
		66,67	0,00	11,11	22,22	100
	Conteo	14	2	1	12	29
	% Fila	48,28	6,90	3,45	41,38	100,00

GRÁFICA DE PASTEL Y ESTADÍSTICA DE CORRELACIÓN T NETO MOVILAB VS EJE DÉBIL DE BÚSQUEDA VISUAL



Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	8,250	6
Relación de verosimilitud	7,595	6

5 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
10 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

Coeficientes de correlación para categorías ordinales

r de Pearson	-0,169963
Rho de Spearman	-0,219427

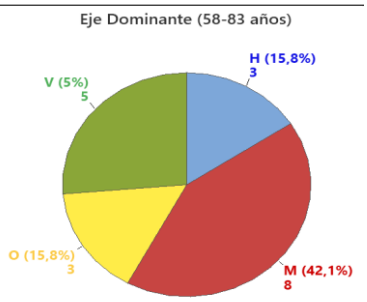
Tabla 11. Grupo de edad de 20 a 54 años: Tabla de contingencia T Neto Movilab vs eje de búsqueda. Gráficos de pastel con frecuencias del eje dominante vs eje débil.

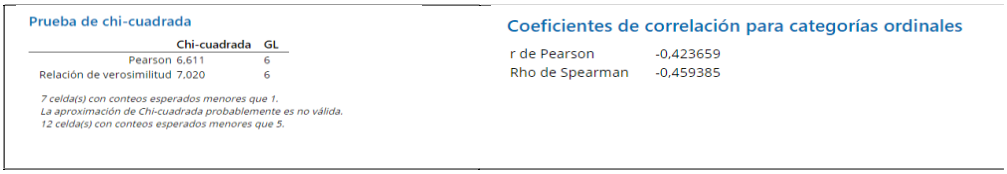
A

Edades entre 58 y 83 años

Tiempo de realización del test aleatorio de búsqueda visual	TNETO MOVILAB	EJE DOMINANTE DE BÚSQUEDA VISUAL H	M	O	V	Todo
	ALTA (19,33-26,20 s)	0	0	1	0	1
		0,00	0,00	100,00	0,00	100
	BAJA (45,59-12,46S)	1	4	2	3	10
		10,00	40,00	20,00	30,00	100
	MEDIA (72,47-19,32s.)	1	2	0	0	3
		33,33	66,67	0,00	0,00	100
	Conteo	2	6	3	3	14
	% Fila	14,29	42,86	21,43	21,43	100

GRÁFICA DE PASTEL Y ESTADÍSTICA DE CORRELACIÓN T NETO MOVILAB VS EJE DOMINANTE DE BÚSQUEDA VISUAL

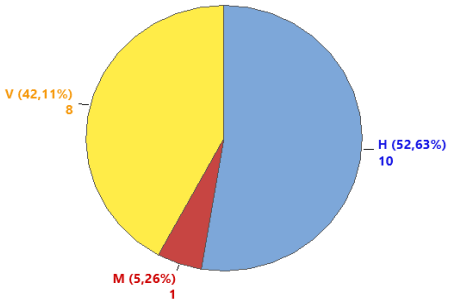




B

Tiempo de realización del test aleatorio de búsqueda visual	TNETO MOVILAB	EJE DÉBIL DE BÚSQUEDA VISUAL H	M	V	Todo
	ALTA (19,33-26,20 s)	2	0	0	2
		100,00	0,00	0,00	100
	BAJA (45,59-12,46S)	7	1	5	13
		53,85	7,69	38,46	100
	MEDIA (72,47-19,32s.)	1	0	3	4
		25,00	0,00	75,00	100
	Conteo	10	1	8	19
	% Fila	52,63	5,26	42,11	100

GRÁFICA DE PASTEL Y ESTADÍSTICA DE CORRELACIÓN T NETO MOVILAB VS EJE DEBIL DE BÚSQUEDA VISUAL



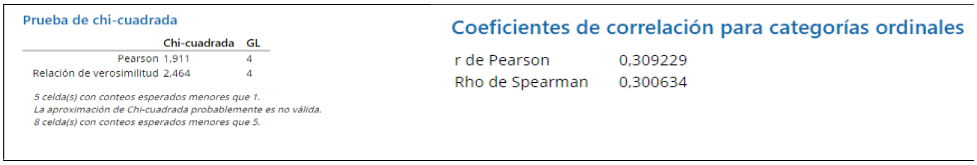


Tabla 12. Grupo de edad de 58 a 83 años. Tabla de contingencia tiempo neto Movilab vs eje de búsqueda. Gráficos de pastel con frecuencias del eje dominante vs eje débil.

Grupo de edad de 58 a 83 años.

En la tabla 12 se representan para este grupo de edad, tanto para el eje dominante como para el débil, a través de una tabla de contingencia y un gráfico circular la información sobre el patrón de búsqueda:

- El eje de búsqueda predominante en este grupo de edad es el mixto, considerándose como mixta, aquella situación dónde ninguna dirección de búsqueda sobrepasa el 45%.

- La dirección de búsqueda que se encuentra con menor frecuencia en este grupo de edad es la horizontal con un 52,6%.

- La fuerza de correlación entre las variables tiempo y eje de búsqueda visual (dominante o débil) es muy baja, siendo el coeficiente de correlación de Rho de Spearman r<0,4 y 0,3, para ambos casos. Se deduce de estos datos que las variables son independientes entre sí, es decir, no están relacionadas.

9.3. Tabla resumen de los datos en función del grupo de edad.

GRUPO DE EDAD	TIEMPO$_{NETO}$ MOVILAB (Segundos)	Nº DE FIJACIONES	% DE TIEMPO FIJANDO	PATRÓN DE MIRADA_EJE PRINCIPAL			
				H	M	O	V
Entre **20 y 54**	6,81± 1,47	28,07 ± 6,41	74,47±6,46	27,6%	44,8%	6,9%	20,7%
Entre **54 y 83**	**10,3 ± 3,5**	**33,47 ± 8,03**		14,29%	42,86%	21,43%	21,43%

Tabla 13. Tabla resumen de los resultados obtenidos.

La tabla 13 permite ver de manera rápida y clara las diferencias que se generan con la edad en los parámetros valorados.

Se obtiene un aumento de un 66,11% en el tiempo de realización del test de búsqueda visual cuando se pasa de un grupo de edad al superior.

Tras el análisis de los datos obtenidos de los mapas de rastreo, se observa un aumento de un 119,24% en el número de fijaciones.

Sin embargo, del total del tiempo empleado en la realización de las tareas, los dos grupos de edad dedican el mismo porcentaje de tiempo en fijar.

Respecto al patrón de mirada, se identifica un modelo mayoritario entre los observadores de los dos grupos de edad, siendo el mixto el de mayor prevalencia con una prevalencia del 44,8% para el grupo de 20-54 años y del 42,86% para el grupo de 54-83 años.

10. DISCUSIÓN.

Inicialmente, nuestra hipótesis planteaba la posible existencia de un determinado patrón de búsqueda visual al presentar un test de valoración de movimientos sacádicos aleatorios a observadores visualmente sanos. Este modelo se esperaba pudiese estar relacionado con una mayor eficiencia en dicha tarea.

Se ha valorado la influencia del movimiento de cabeza, a través del uso de mentonera, y coincidiendo con un estudio previo (Pujol et al. 2020), en este perfil de pacientes y para los sacádicos aleatorios no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el tiempo de realización entre ambas condiciones.

Este resultado nos ha llevado a estudiar de forma más profunda los resultados del test 2, es decir, sin mentonera, ya que representa de forma más realista la búsqueda visual habitual.

Lo primero que nos hemos encontrado es que la edad influye de forma significativa en el tiempo de realización de los movimientos de búsqueda, que aumenta. Este resultado coincide con otros trabajos como el de (Pujol et al. 2020) . Por otro lado, el número de fijaciones realizadas también aumentan de forma estadísticamente significativa con la edad, coincidiendo este último resultado con los estudios de (Moreno Hernández, Avila and Damas Arroyo 2001).

Al no encontrarse en la bibliografía una metodología para definir el patrón de mirada, se ha elaborado un sistema de análisis donde definir dicho patrón en función de la dirección principal de los sacádicos. Se ha determinado la inclinación de cada sacádico reflejando en % la predominancia de cada observador (horizontal, vertical u oblicuo). A partir de esta información se ha indicado la dirección de búsqueda preferente, siendo aquella que fuese igual o superior a 45%. El resultado encontrado en este perfil de población ha reflejado que la mayoría de los patrones de búsqueda son fruto de la combinación de las tres orientaciones, denominando este modelo como “Mixto”, por no existir una dominancia marcada de ninguna de ellas.

A la respuesta sobre la influencia de este patrón en la efectividad de búsqueda, teniendo como criterio de efectividad un menor tiempo de realización, nos hemos encontrado con la inexistencia de una correlación entre el tiempo de realización y el tipo de patrón encontrado. Este resultado está en línea con el obtenido por Hultman et al. (2019), en el que encontraron una amplia variación en los comportamientos de lectura y no existiendo relación alguna entre el tiempo dedicado a leer y el patrón de búsqueda visual de un informe patrón.

Asimismo, tal y como demostraba J. Yarbus en su estudio mediante la presentación de la pintura “El visitante inesperado”, en el presente también se han obtenido patrones de movimientos oculares similares en los dos test realizados por el mismo participante, aunque no idénticos. Sin embargo, se han encontrado amplias diferencias entre las estrategias de búsqueda visual empleadas por cada participante en su tarea (Tatler et al., 2010).

11. CONCLUSIONES.

- En observadores visualmente sanos, la limitación de los posibles movimientos de cabeza mediante una mentonera no tiene ningún efecto estadísticamente significativo, ni sobre el tiempo destinado al desarrollo de la tarea visual, ni sobre el número de fijaciones realizadas.
- Se observa que la edad es un factor que influye en el tiempo destinado a realizar un test de búsqueda visual, así como el número de fijaciones necesarias para ello. A mayor edad, se obtiene un tiempo y un número de fijaciones notablemente incrementado.
- Tras el análisis del parámetro de fiabilidad, que viene representado por el porcentaje que queda registrado de la grabación, en los observadores sanos, presenta una media de 88,91±5,4%.
- Se detecta que el tiempo empleado en la realización de los ejercicios tiende a aumentar con la edad. Motivo por el cual se crean dos grupos estadísticamente diferentes, de 20 a 54 años y de 58 a 83 años. Se obtiene así, el tiempo y desviación estándar para cada uno de los dos grupos de edad:
    - Grupo de 20 a 54 años. Presenta una media de 6,81±1,47 segundos.
    - Grupo de 58 a 83 años. Presenta una media de una media de 11,19±5 segundos.
- El número de fijaciones realizadas aumentan con la edad. Siendo los resultados para cada conjunto de edad los siguientes:
    - Grupo de 20 a 54 años. Presenta una media de 28,07±6,4 fijaciones.
    - Grupo de 58 a 83 años. Nos muestra una media de 33,47±8 fijaciones.
- El porcentaje de tiempo dedicado a realizar las fijaciones no varía con la edad, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de edad.
- El patrón de búsqueda de mayor prevalencia en los observadores sanos es el mixto, es decir, aquel en el que no hay ninguna dirección del movimiento aleatorio dominante respecto al resto.
- El tiempo empleado en la realización de los ejercicios de búsqueda no está relacionado con los patrones de mirada. No podemos indicar que la velocidad vaya ligada a un patrón de búsqueda concreto. Esto sucede para todos los grupos de edad.

12. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.

El conocimiento de los patrones visuales obtenidos, así como su eficiencia, se estima que puede ser una línea de investigación en el campo de la rehabilitación visual. Este trabajo ha aportado una línea base sobre los resultados de los modelos de búsqueda, número de fijaciones y tiempo dedicado a fijar en población visualmente sana. Siendo desconocidos estos datos en población con patología ocular, niños con problemas de aprendizaje o población con problemas neurológicos. La realización de trabajos en poblaciones específicas nos informará sobre la utilidad de este sistema de evaluación

13. ABREVIATURAS.

- AV Agudeza visual.
- ID identificación.
- OMS Organización Mundial de la Salud.
- S.I. Sistema Internacional.
- SRAS-COV-2. Síndrome Respiratorio Agudo Severo – Coronavirus – 2.
- TEL Trastorno específico del lenguaje.

14. BIBLIOGRAFÍA.

ASAMBLEA MEDICA MUNDIAL, 2013. Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos – WMA – The World Medical Association. *Asamblea Medica Mundial* [en línea]. [Consulta: 13 June 2021]. Disponible en: https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/.

GARCÍA, B., 2021. Máster Universitario en Tecnologías para la Investigación de Mercados y Marketing > TFM Bárbara García Martí | Universidad de Granada. *Universidad de Granada* [en línea]. [Consulta: 12 June 2021]. Disponible en: https://masteres.ugr.es/mutimm/pages/info_academica/biblioteca_tfms/202021/tfmbarbaragarciamarti.

GENIAL.GURU, 2021. Test: Pon a prueba tu capacidad de observación con estos 15 retos visuales con naipes. [en línea]. [Consulta: 22 June 2021]. Disponible en: https://genial.guru/inspiracion-test/test-15-retos-visuales-con-naipes-para-poner-a-prueba-nuestra-capacidad-de-observacion-1311710/.

GENTIL, M.R., 2017a. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID. . S.l.:

GILA, L., VILLANUEVA, A. and CABEZA, R., 2009. Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares Physiopathology and recording techniques of ocular movements. *An. Sist. Sanit. Navar*. S.l.:

LEBENSOHN, J.E., 1939. LOUIS ÉMILE JAVAL 1839-1907. *Archives of Ophthalmology* [en línea], vol. 21, no. 4, pp. 650. [Consulta: 21 June 2021]. ISSN 0093-0326. DOI 10.1001/archopht.1939.00860040088009. Disponible en: https://jamanetwork.com/journals/jamaophthalmology/fullarticle/614253.

LEÓN, P. de, CUADRO, R. and CATÓLICA, U., 2017. Movimiento ocular en la dislexia : un estudio experimental. *IX Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXIV Jornadas de Investigación XIII Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR.* [en línea], [Consulta: 13 June 2021]. Disponible en: https://www.aacademica.org/000-067/195.

MADUEÑO ALCINA, Alfredo., 2014. Tesis Doctoral Tesis Doctoral - Pdf. *Universidad de Alcalá* [en línea], pp. 1–322. [Consulta: 23 May 2021]. Disponible en: https://docplayer.es/77540368-Tesis-doctoral-tesis-doctoral.html.

MORENO HERNÁNDEZ, F., AVILA, F. and DAMAS ARROYO, J., 2001. El papel de la motilidad ocular extrínseca en el deporte. Aplicación en los deporte abiertos. *European journal of human movement*, vol. 7, no. 0, pp. 75–94. ISSN 2386-4095. DOI 10.21134/eurjhm.2001.7.66.

PUJOL, G., PARCERISAS, J.G., SÁNCHEZ, E., DEPARTAMENTO, H., ÓPTICA, D.E. and OPTOMETRÍA, Y., 2020. Estudio de tres subtests de búsqueda visual en una población adulta. [en línea]. S.l.: Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/handle/2117/337110.

RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, G.A. and CASTILLO PARRA, H., 2018. Tareas de búsqueda visual: modelos, bases neurológicas, utilidad y prospectiva. *Universitas Psychologica* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 1–12. [Consulta: 12 June 2021]. ISSN 2011-2777. DOI 10.11144/Javeriana.upsy17-1.tbvm. Disponible en: http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revPsycho/article/view/15010.

SILVA MAROTO, P., 2016. Tríptico del Jardín de las delicias - Colección - Museo Nacional del Prado. *Museo Nacional del Prado, p. n. 46* [en línea]. [Consulta: 22 June 2021]. Disponible en: https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/triptico-del-jardin-de-las-delicias/02388242-6d6a-4e9e-a992-e1311eab3609.

SUPERIOR, E.P., DÍAZ HERRÁEZ, V. and VARONA MARTÍNEZ, P., 2017. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID TRABAJO FIN DE GRADO Estudio de la precisión de los dispositivos de eye-tracking para la evaluación de patrones de lectura. [en línea]. S.l.: [Consulta: 14 June 2021]. Disponible en: https://repositorio.uam.es/handle/10486/679804.

TATLER, B.W., WADE, N.J., KWAN, H., FINDLAY, J.M. and VELICHKOVSKY, B.M., 2010. Yarbus, eye movements, and vision. *i-Perception* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 7–27. [Consulta: 23 May 2021]. ISSN 20416695. DOI 10.1068/i0382. Disponible en: /pmc/articles/PMC3563050/.

TOBII EYE TRACKER, 2015. Eye tracker accuracy and precision. *Learning Center* [en línea], [Consulta: 19 June 2021]. Disponible en: https://www.tobiipro.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/what-affects-the-accuracy-and-precision-of-an-eye-tracker/.

TOBIIPRO.COM, 2015. How does blinking affect eye tracking ? [en línea], [Consulta: 13 June 2021]. Disponible en: https://www.tobiipro.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/how-does-blinking-affect-eye-tracking/.

TOBIIPRO.COM, 2019. Eye-tracking fijo en pantalla | Tobii Pro Nano. [en línea]. [Consulta: 25 May 2021]. Disponible en: https://www.tobiipro.com/es/products/tobii-pro-nano/.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 202AD. *WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard* [en línea]. 202AD. S.l.: s.n. [Consulta: 29 January 2021]. Disponible en: https://covid19.who.int/.

YARBUS, A.L., 1967. *Eye Movements and Vision*. S.l.: Springer US.

15. ANEXOS.

15.1. Datos del participante.

Datos del participante

Número identificación:

Edad:

Sexo M F

Estudios completados

Básicos (Primaria y secundaria)

Medios (Bachillerato)

Superiores (Universitarios)

Tiempo de dedicación diario a tareas de lectura

	Lectura papel	Lectura digital	Lectura total
Menos de 1h diaria			
1-3 h diarias			
Más de 3h			

AV (decimal): **AV (logMar):**

Orden test: Directo Inverso

15.2. Documento informativo.

Documento informativo de participación en el estudio

Usted va a participar en el estudio "Normalización de la prueba de valoración de búsqueda visual incluido en el programa Movilab". Dicho trabajo de investigación está enmarcado dentro de la formación de Grado en Óptica y Optometría de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC).

Consiste en la realización de dos pruebas de búsqueda visual (con y sin mentonera), con las que quedarán registrados los tiempos de respuesta, errores y movimientos oculares de los participantes.

En un futuro, estos resultados permitirán la valoración de la habilidad de búsqueda visual en otras poblaciones (geriátricos, niños, discapacitados visuales…)

¡Muchas gracias por su colaboración!

María Puchades Muñoz

Estudiante Facultad Óptica y Optometría UPC

15.3. Consentimiento informado.

Consentimiento informado

Normalización de la prueba de valoración de búsqueda visual incluido en el programa MOVILAB (TOBE)

Yo, mayor de edad y con DNI

He entendido la información que se me ha dado.
He podido hacer preguntas sobre el estudio.
He recibido suficiente información acerca del estudio.
He hablado con María Puchades Muñoz.

Comprendo que mi participación es voluntaria.
Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera.
- Sin tener que dar explicaciones.

Presto libremente mi conformidad a participar en el estudio.

Los datos de carácter personal serán tratados por María Puchades Muñoz e incorporados a la documentación relativa al estudio, cuya finalidad es colaborar en la ampliación de la base de datos con la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa (UPC).

Puede ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, supresión y portabilidad de sus datos, de limitación y oposición a su tratamiento, así como a no ser objeto de decisiones basadas únicamente en el tratamiento automatizado de sus datos, cuando procedan, enviando un correo a

Fecha

Firma

15.4. Protocolo preventivo Covid-19.

Protocolo preventivo Covid-19

1. Limpieza.

Limpiaremos las superficies de contacto con una solución que contiene detergentes y surfactantes mediante una fuerza mecánica. Este paso nos ayuda a retirar la materia orgánica de la superficie a limpiar, ya que ésta nos impedirá que el agente desinfectante entre en contacto y realice su función.

El producto escogido es el limpiador multiusos Botanical Origin® de Reckitt Benkisser SL. Contiene *Sodium lauryl ether sulphate* que es un agente detergente y surfactante, lo que permite emulsionar la materia orgánica presente en las superficies y retirarla mediante acción mecánica.

Para retirar el producto detergente utilizamos toallas desechables de celulosa impregnadas con agua.

2. Desinfección.

Para la desinfección de superficies por la posible presencia de SRAS-COV-2, la OMS recomienda el uso de los siguientes productos:

- Etanol al 70-90%.
- Soluciones a base de Cloro al 0'1% o 0.5%.
- Peróxido de hidrógeno al ≥0'5%.

El tiempo mínimo de contacto del agente desinfectante con la zona a tratar debe ser de 1 minuto.

Posteriormente se retirará con la ayuda una toalla desechable y agua.

En este estudio, se ha elegido el Etanol al 70% debido a la razón de efectividad/precio y por su rápido tiempo de evaporación en superficies.

3. Mascarilla.

El virus SRAS-COV-2 se transmite a través de gotículas respiratorias (5-10µm de diámetro) y núcleos goticulares (<5µm de diámetro) que emitimos al hablar.

Limitaremos la transmisión del agente infeccioso mediante el uso de una mascarilla de categoría quirúrgica tipo IIR (norma UNE-EN 14683) que se proporcionará a cada observador. Este material consta de:

- Una capa de tejido PP non-woven
- Una capa de tela filtrante Meltblown.

- Elásticos para sujeción en orejas.
- Pinza nasal.

El tiempo recomendado de uso de esta mascarilla es de 4 horas.

4. Ventilación.

La presencia de personas a menos de 1'5m durante más de 15 minutos en lugares cerrados está calificado como situación de riesgo.

A pesar de llevar la mascarilla, se pueden generar aerosoles que podría llevar a la transmisión del virus.

Por este motivo se ventilarán las zonas donde haya estado el participante durante un tiempo mínimo de 10 minutos antes y después de cada sesión.

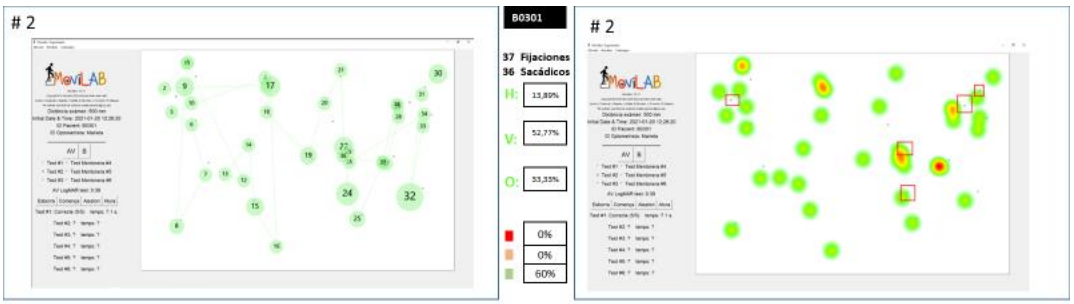
5. Desinfección de manos.

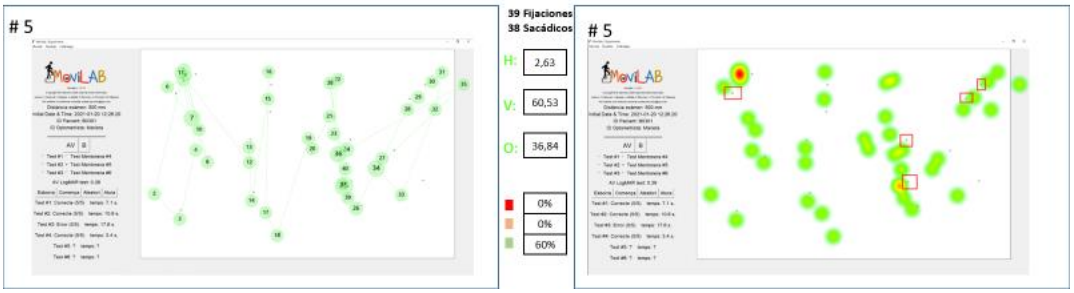
A la entrada del participante en la zona habilitada para la realización de los test visuales se le proporcionará una dosificación de un producto desinfectante de manos.

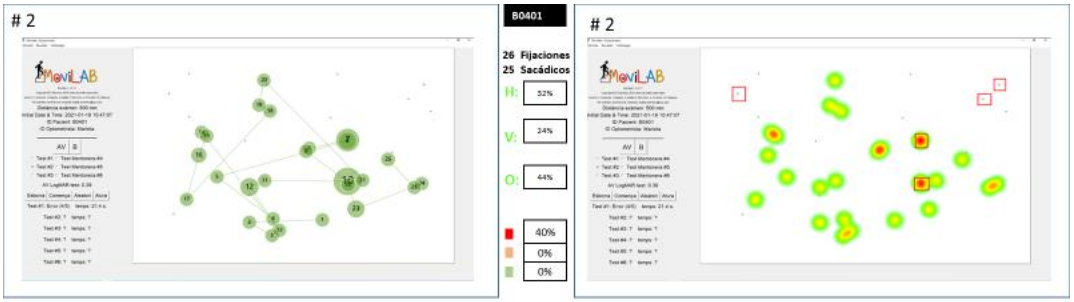
En concreto, se ha elegido Sterillium Gel®, cuya solución contiene un 85% de Etanol y tiene un efecto virucida (EN 14476) al aplicarse sobre la piel sana durante 60 segundos.

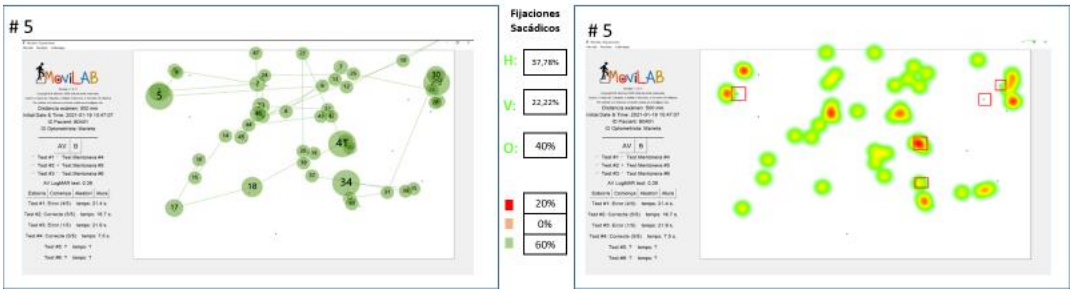
15.5. Diagramas de mirada y mapas de calor.

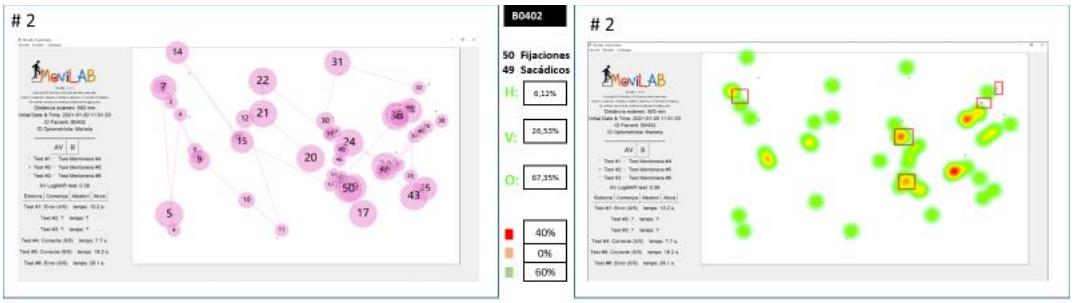
Documento Power Point que recoge la totalidad de diagramas de mirada, mapas de calor y orientación de los movimientos sacádicos realizados.

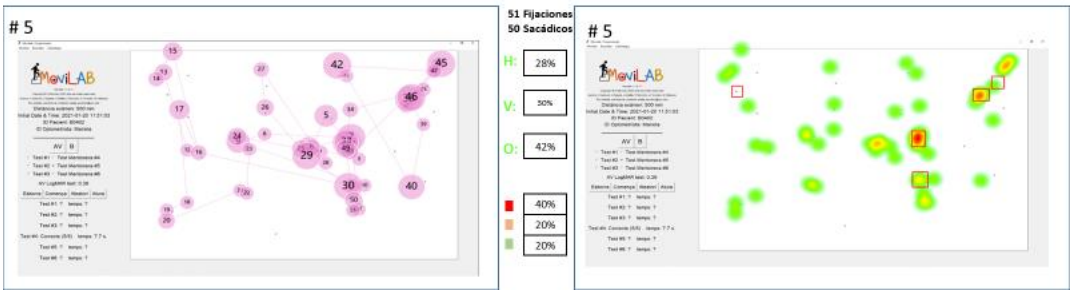

2
B0301
37 Fijaciones
36 Sacádicos
H: 13,89%
V: 52,77%
O: 33,33%
0%
0%
60%
2

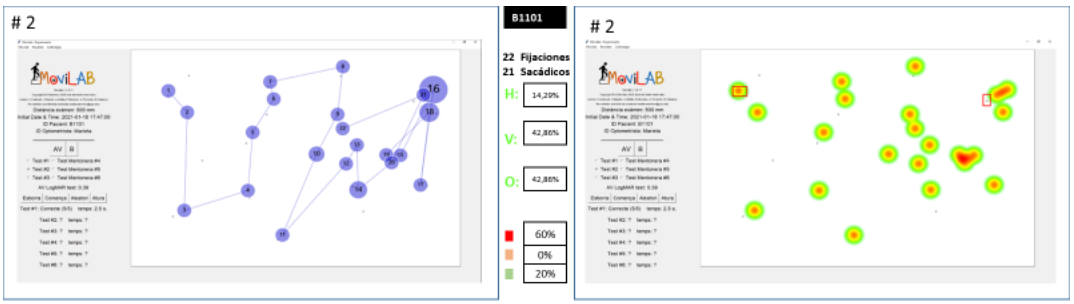

5
39 Fijaciones
38 Sacádicos
H: 2,63
V: 60,53
O: 36,84
0%
0%
60%
5

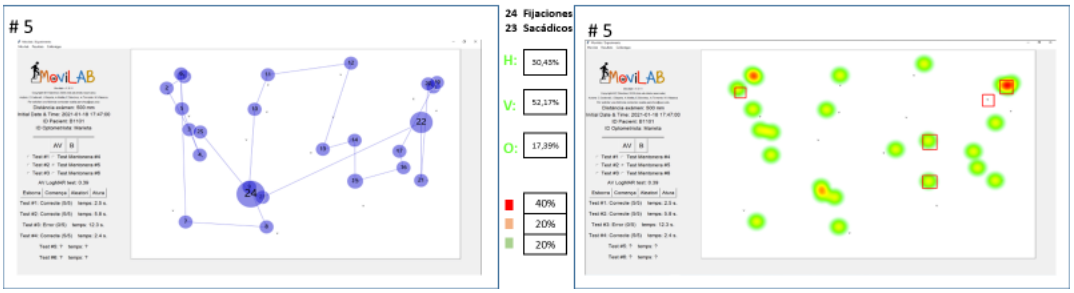

2
B0401
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 32%
V: 24%
O: 44%
40%
0%
0%
2

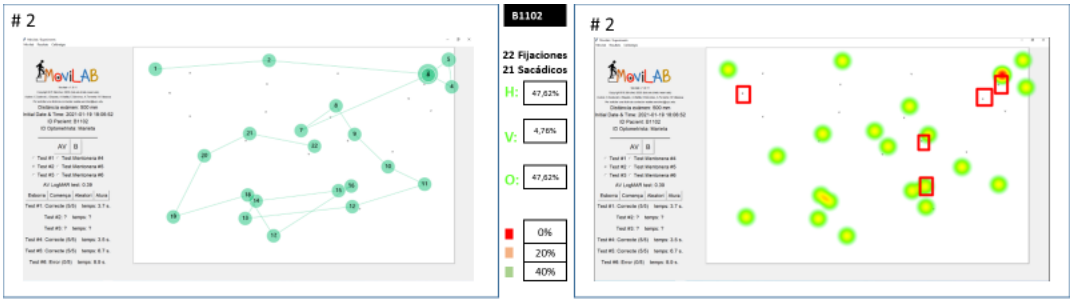

5
Fijaciones
Sacádicos
H: 37,78%
V: 22,22%
O: 40%
20%
0%
60%
5

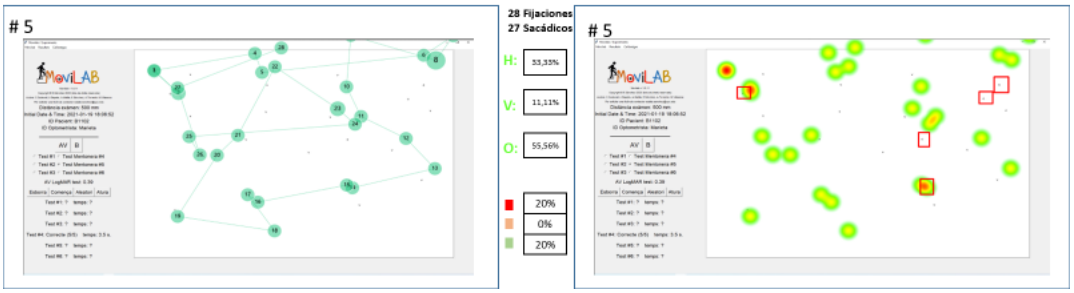

2
B0402
50 Fijaciones
49 Sacádicos
H: 6,12%
V: 26,53%
O: 67,35%
40%
0%
60%
2

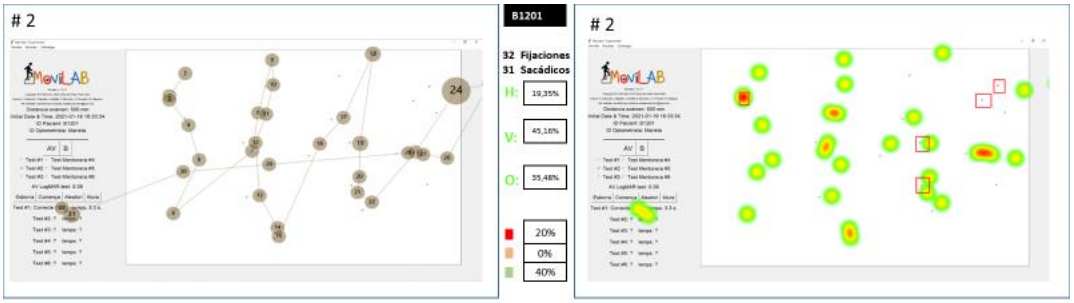

5
51 Fijaciones
50 Sacádicos
H: 28%
V: 50%
O: 42%
40%
20%
20%
5

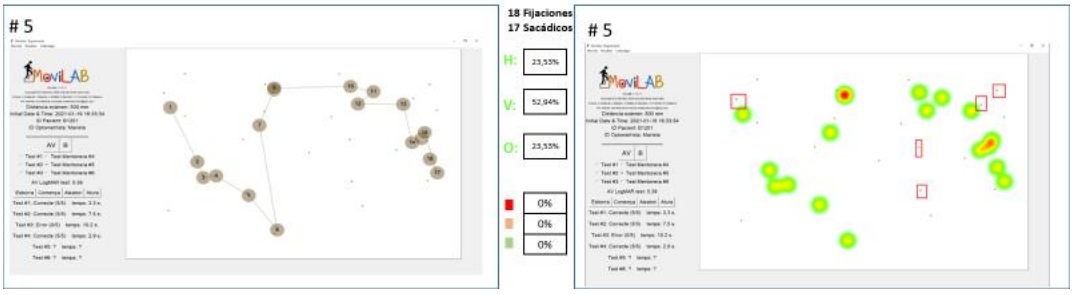

2
B1101
22 Fijaciones
21 Sacádicos
H: 14,29%
V: 42,86%
O: 42,86%
60%
0%
20%
2

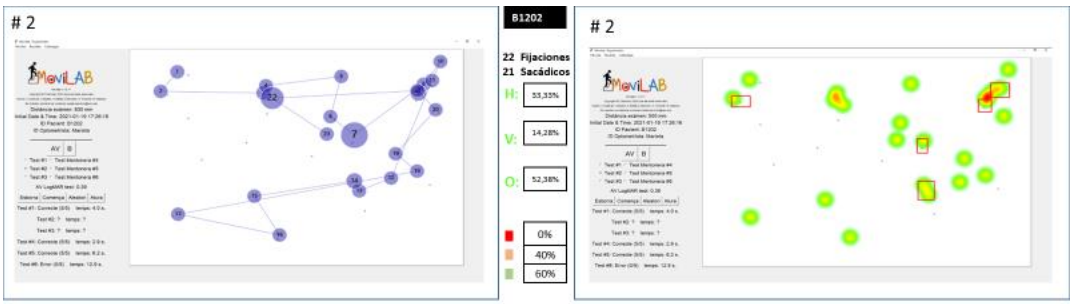

5
24 Fijaciones
23 Sacádicos
H: 30,45%
V: 52,17%
O: 17,39%
40%
20%
20%
5

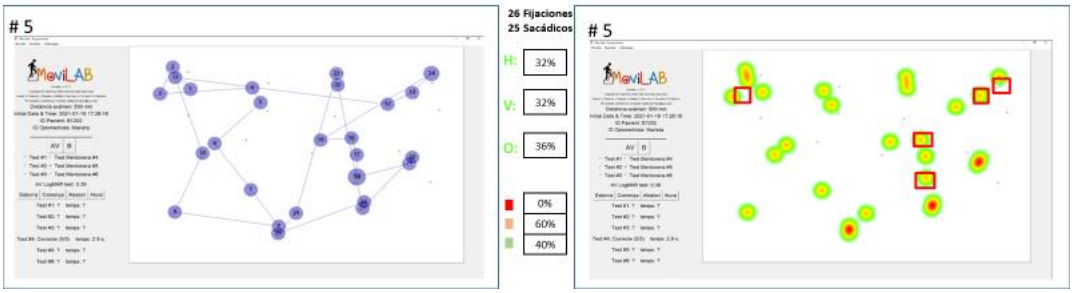

2
B1102
22 Fijaciones
21 Sacádicos
H: 47,62%
V: 4,76%
O: 47,62%
0%
20%
40%
2

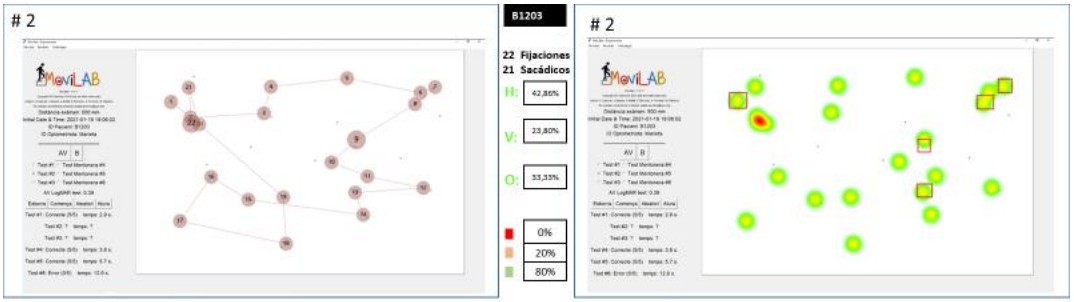

5
28 Fijaciones
27 Sacádicos
H: 33,33%
V: 11,11%
O: 55,56%
20%
0%
20%
5

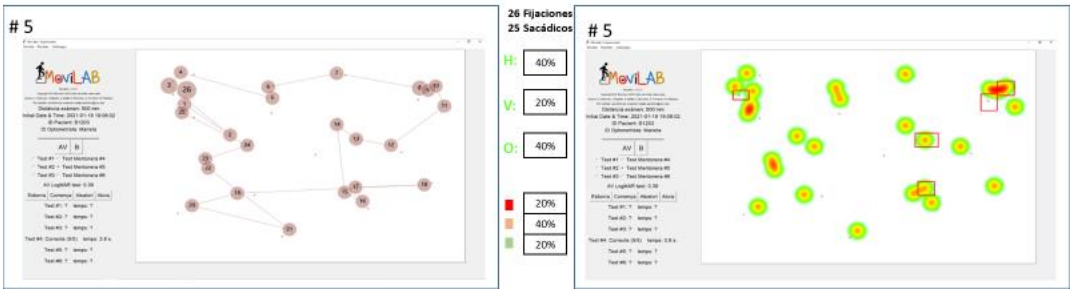

2
B1201
32 Fijaciones
31 Sacádicos
H: 19,35%
V: 45,16%
O: 35,48%
20%
0%
40%
2

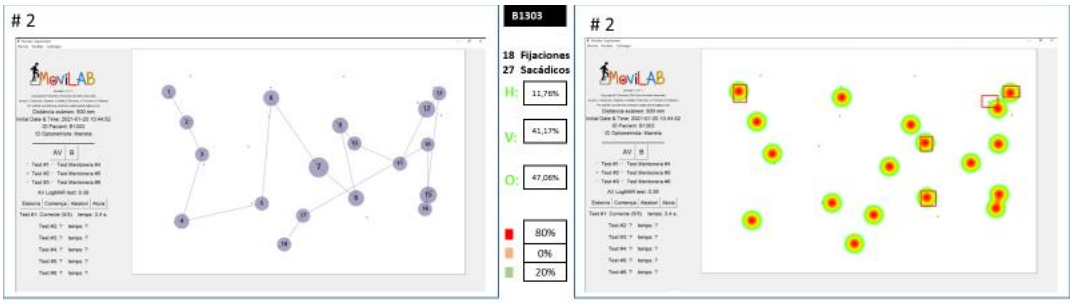

5
18 Fijaciones
17 Sacádicos
H: 23,53%
V: 52,94%
O: 23,53%
0%
0%
0%
5

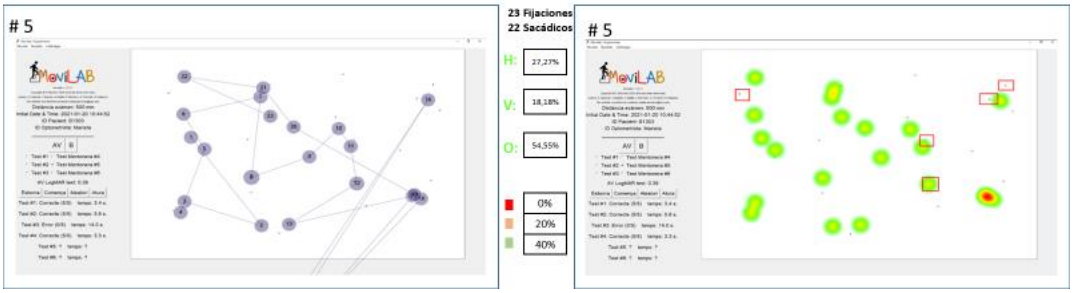

2
B1202
22 Fijaciones
21 Sacádicos
H: 33,33%
V: 14,28%
O: 52,38%
0%
40%
60%
2

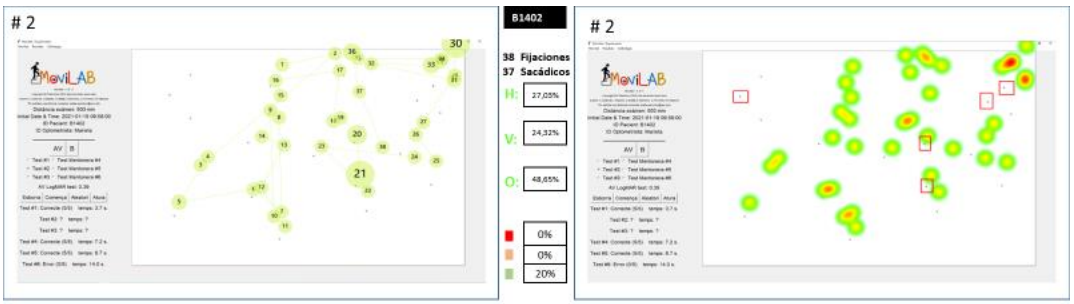

5
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 32%
V: 32%
O: 36%
0%
60%
40%
5

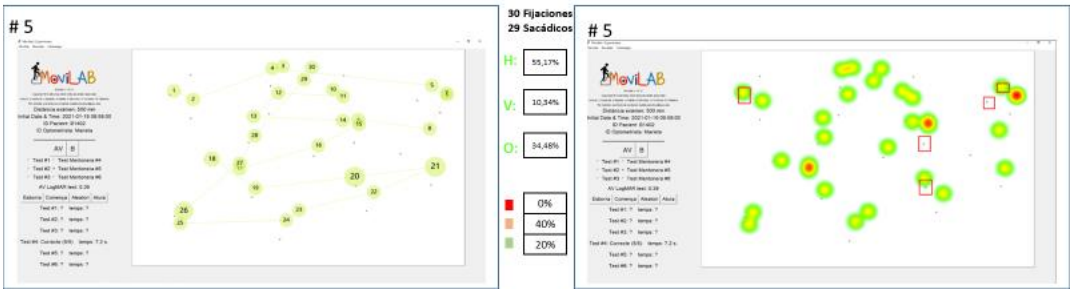

2
B1203
22 Fijaciones
21 Sacádicos
H: 42,86%
V: 23,80%
O: 33,33%
0%
20%
80%
2

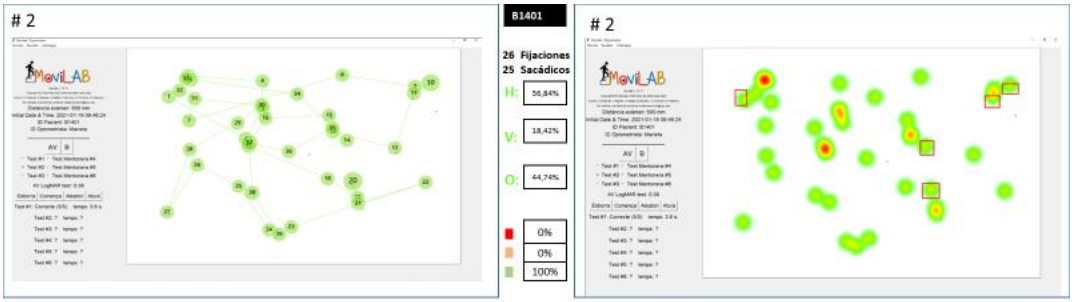

5
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 40%
V: 20%
O: 40%
20%
40%
20%
5

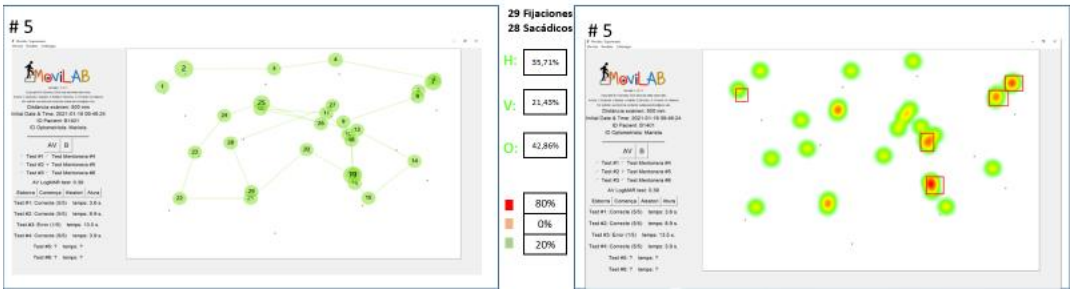

2
B1303
18 Fijaciones
27 Sacádicos
H: 11,76%
V: 41,17%
O: 47,06%
80%
0%
20%
2

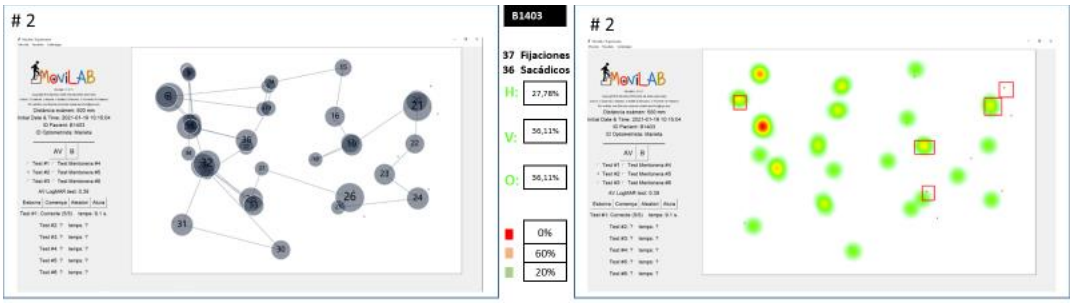

5
23 Fijaciones
22 Sacádicos
H: 27,27%
V: 18,18%
O: 54,55%
0%
20%
40%
5

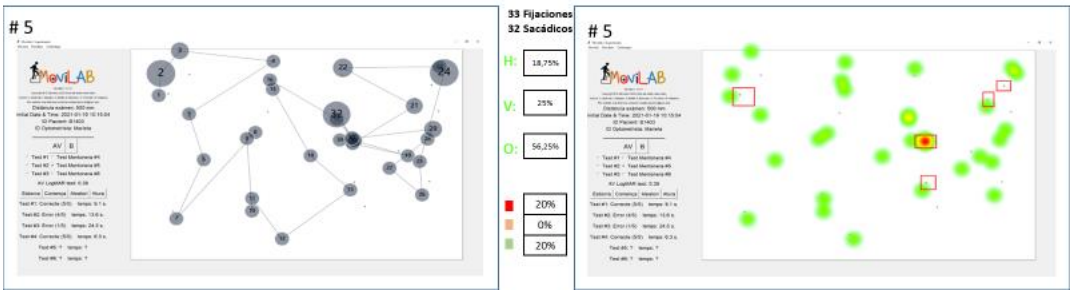

2
B1402
38 Fijaciones
37 Sacádicos
H: 27,05%
V: 24,32%
O: 48,65%
0%
0%
20%
2

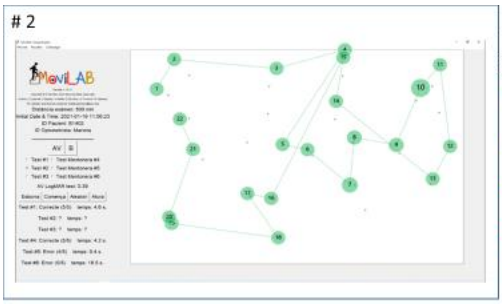

5
30 Fijaciones
29 Sacádicos
H: 55,17%
V: 10,34%
O: 34,48%
0%
40%
20%
5


2
B1401
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 56,84%
V: 18,42%
O: 44,74%
0%
0%
100%
2


5
29 Fijaciones
28 Sacádicos
H: 35,71%
V: 21,43%
O: 42,86%
80%
0%
20%
5


2
B1403
37 Fijaciones
36 Sacádicos
H: 27,78%
V: 36,11%
O: 36,11%
0%
60%
20%
2


5
33 Fijaciones
32 Sacádicos
H: 18,75%
V: 25%
O: 56,25%
20%
0%
20%
5

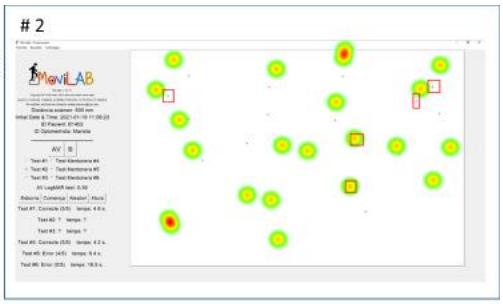


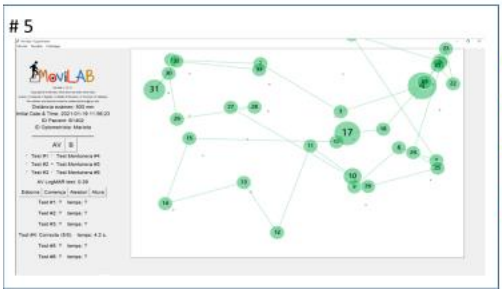
B1404

22 Fijaciones
21 Sacádicos

H: 28,57%
V: 42,85%
O: 28,57%

0%
40%
0%

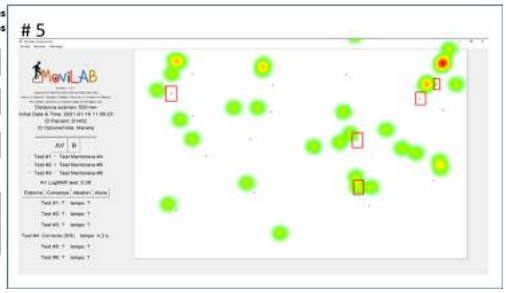


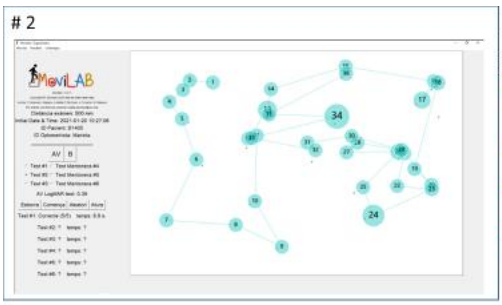


33 Fijaciones
32 Sacádicos

H: 54,38%
V: 18,75%
O: 46,88%

0%
0%
60%



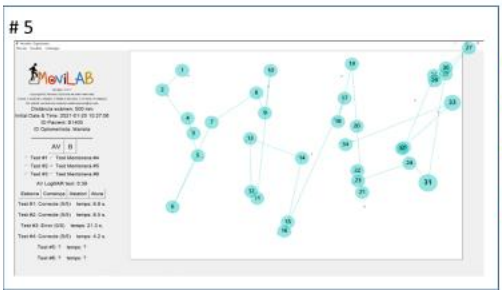


B1405

36 Fijaciones
35 Sacádicos

H: 42,86%
V: 20%
O: 37,14%

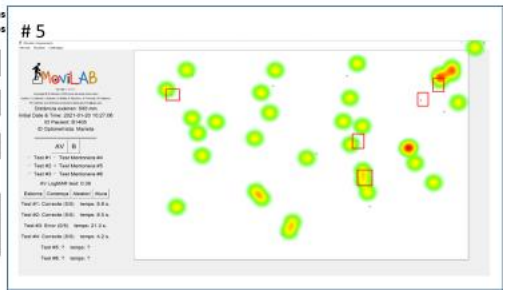
0%
0%
100%

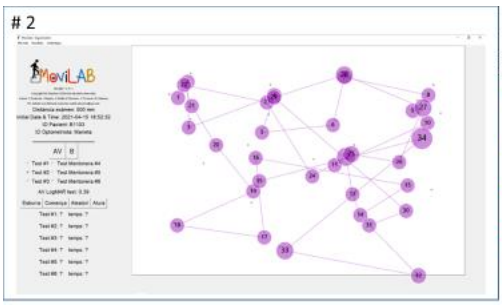


34 Fijaciones
33 Sacádicos

H: 9,09%
V: 60,61%
O: 30,30%

0%
20%
60%



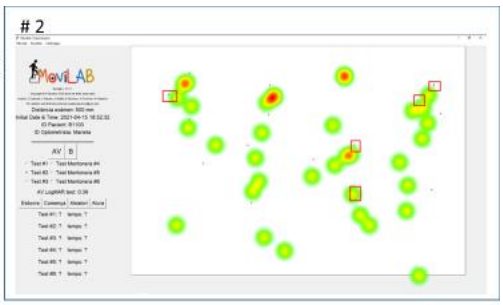


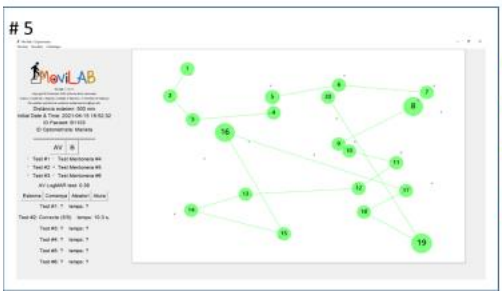
B1103

34 Fijaciones
33 Sacádicos

H: 42,42%
V: 27,27%
O: 30,30%

0%
20%
80%

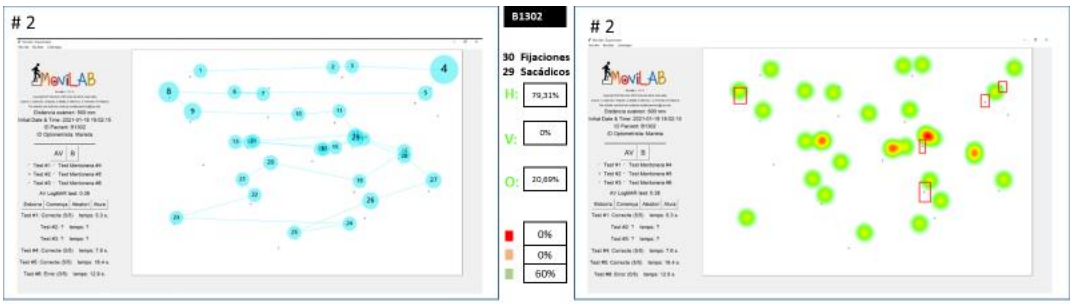


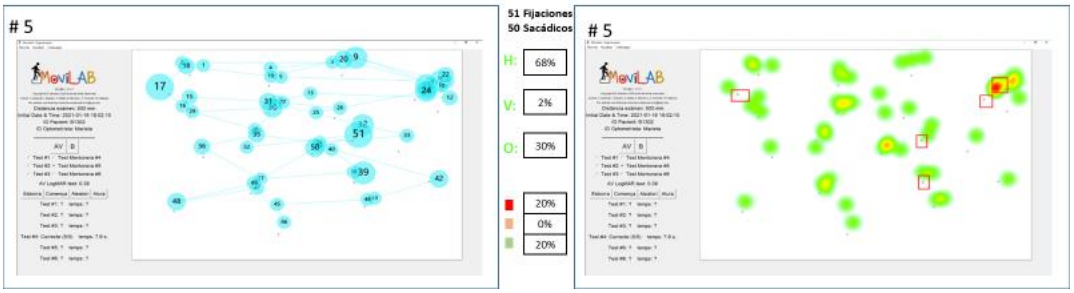


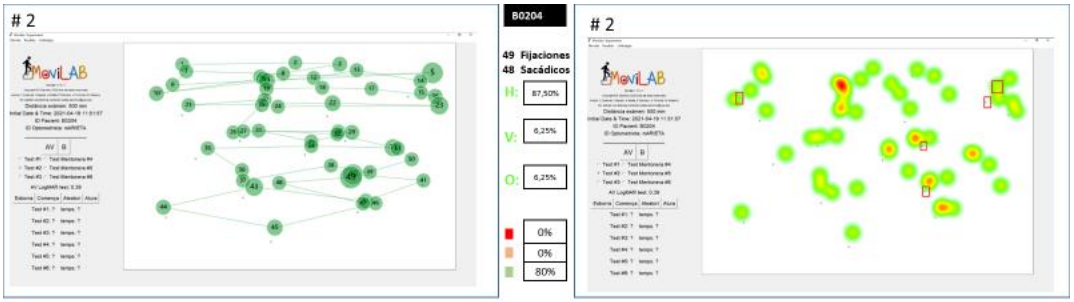
39 Fijaciones
38 Sacádicos

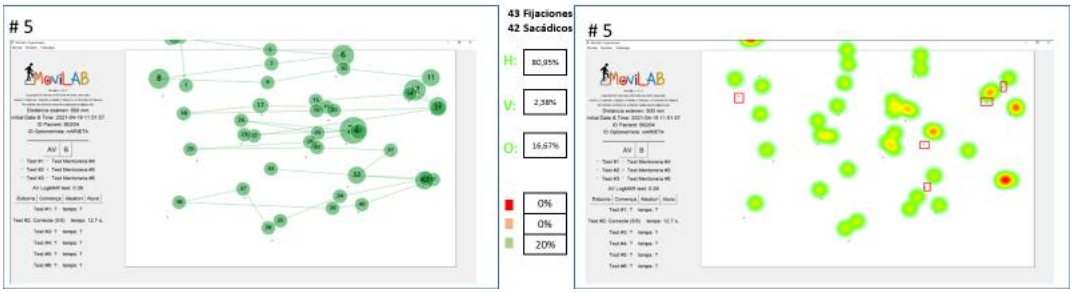
H: 57,89%
V: 5,26%
O: 36,84%

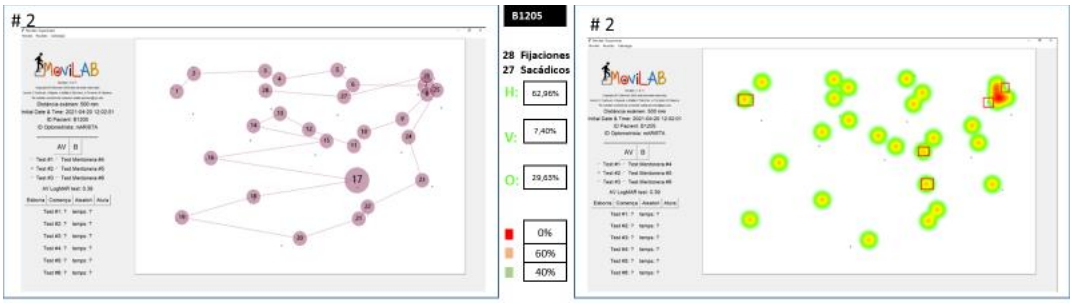
40%
0%
60%

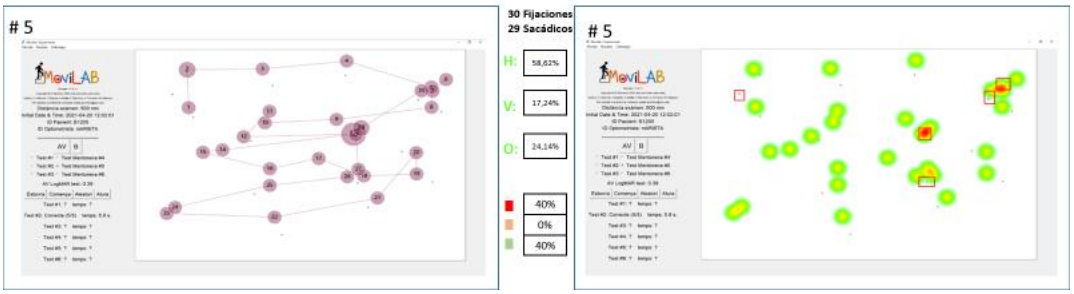

2
B1302
30 Fijaciones
29 Sacádicos
H: 79,31%
V: 0%
O: 20,69%
0%
0%
60%
2

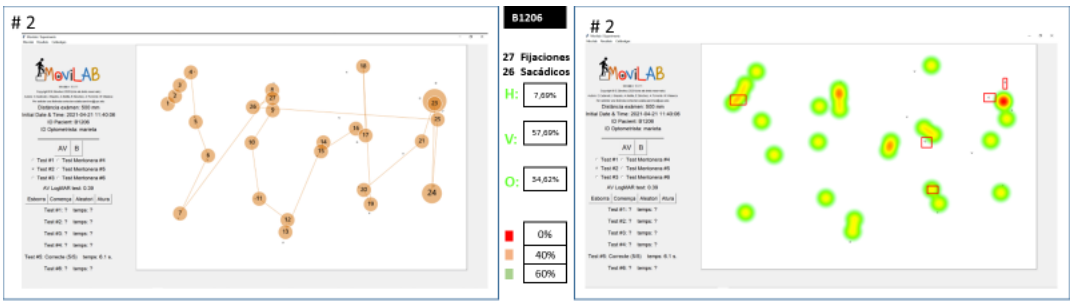

5
51 Fijaciones
50 Sacádicos
H: 68%
V: 2%
O: 30%
20%
0%
20%
5

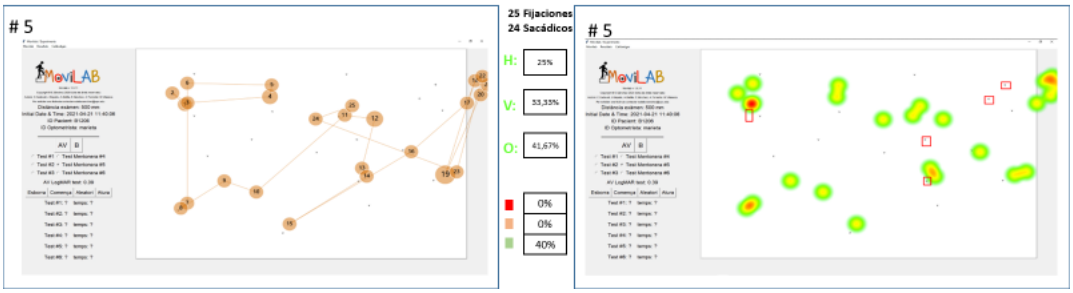

2
B0204
49 Fijaciones
48 Sacádicos
H: 87,50%
V: 6,25%
O: 6,25%
0%
0%
80%
2

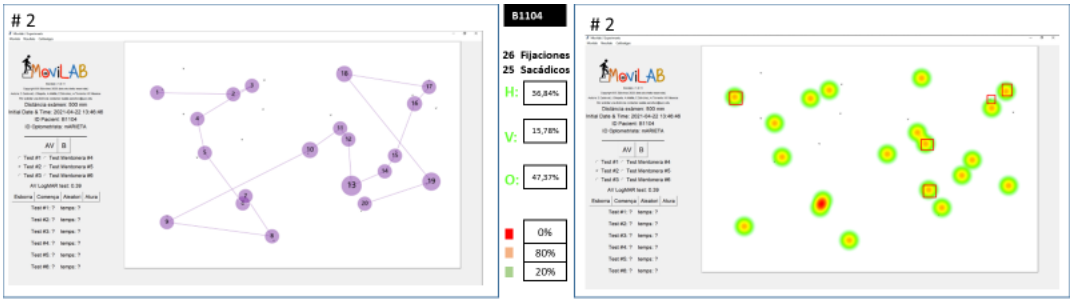

5
43 Fijaciones
42 Sacádicos
H: 80,95%
V: 2,38%
O: 16,67%
0%
0%
20%
5

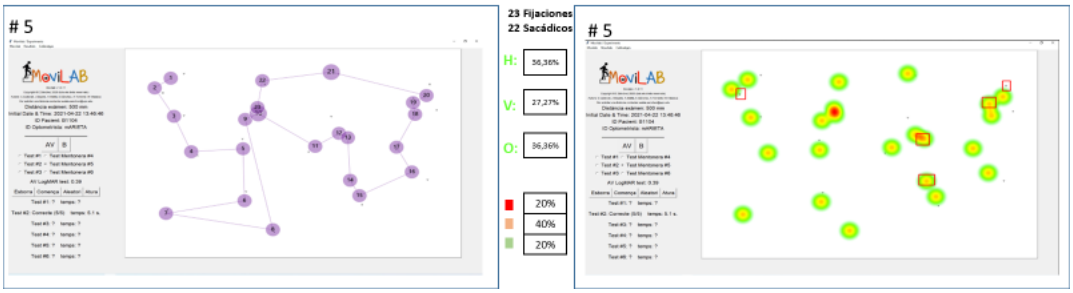

2
B1205
28 Fijaciones
27 Sacádicos
H: 62,96%
V: 7,40%
O: 29,65%
0%
60%
40%
2

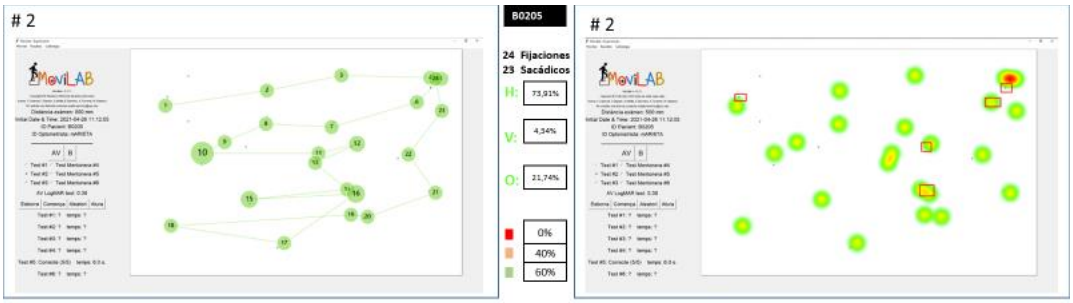

5
30 Fijaciones
29 Sacádicos
H: 58,62%
V: 17,24%
O: 24,14%
40%
0%
40%
5

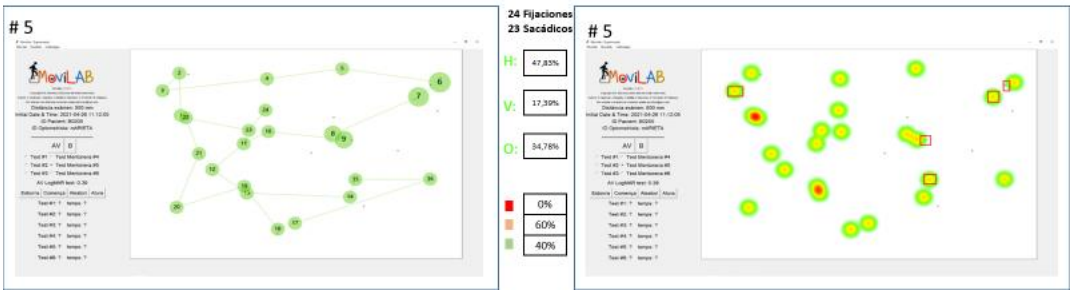

2
B1206
27 Fijaciones
26 Sacádicos
H: 7,69%
V: 57,69%
O: 54,62%
0%
40%
60%
2

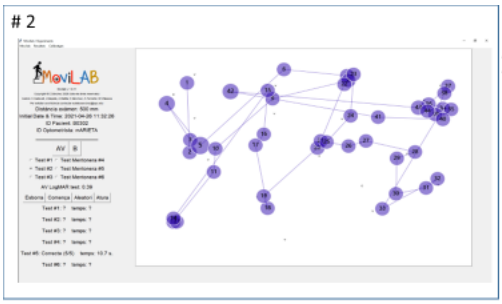

5
25 Fijaciones
24 Sacádicos
H: 25%
V: 33,33%
O: 41,67%
0%
0%
40%
5


2
B1104
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 36,84%
V: 15,78%
O: 47,37%
0%
80%
20%
2


5
23 Fijaciones
22 Sacádicos
H: 36,36%
V: 27,27%
O: 36,36%
20%
40%
20%
5


2
B0205
24 Fijaciones
23 Sacádicos
H: 73,91%
V: 4,34%
O: 21,74%
0%
40%
60%
2


5
24 Fijaciones
23 Sacádicos
H: 47,83%
V: 17,39%
O: 34,78%
0%
60%
40%
5



B0302

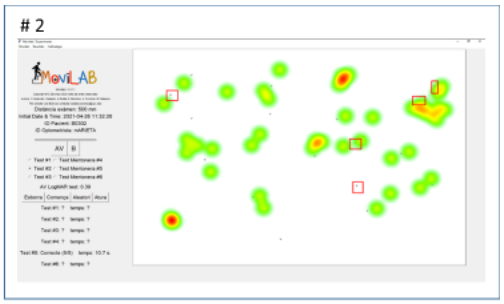
44 Fijaciones
43 Sacádicos

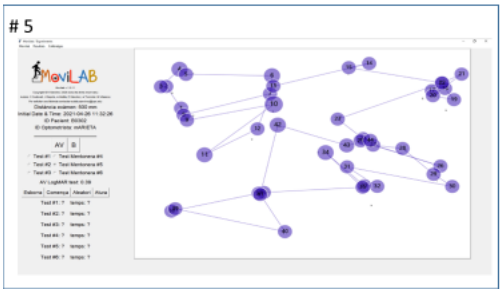
H: 30,23%

V: 25,58%

O: 44,19%

0%
0%
60%





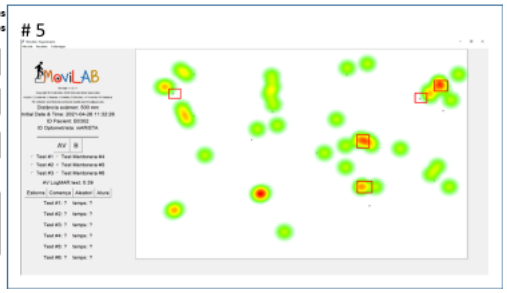
44 Fijaciones
43 Sacádicos

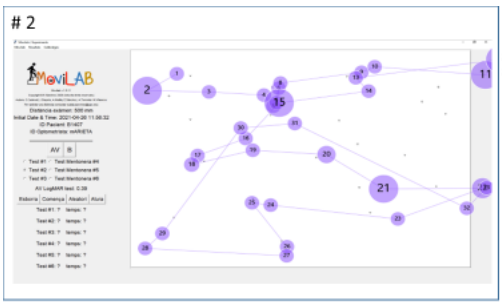
H: 53,49%

V: 9,30%

O: 37,21%

60%
0%
40%





B1407

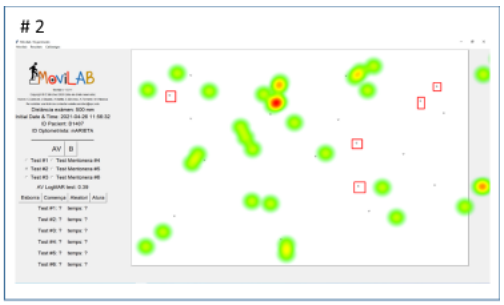
33 Fijaciones
32 Sacádicos

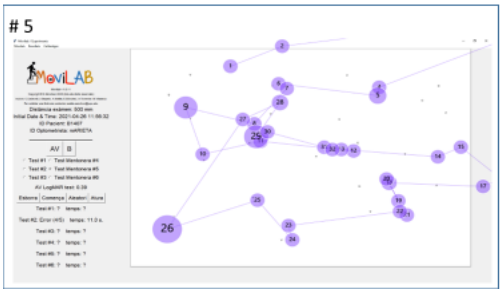
H: 53,15%

V: 12,5%

O: 34,38%

0%
0%
0%





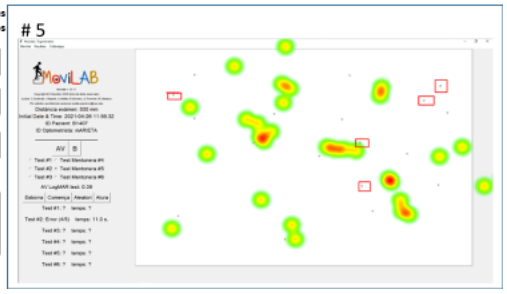
32 Fijaciones
31 Sacádicos

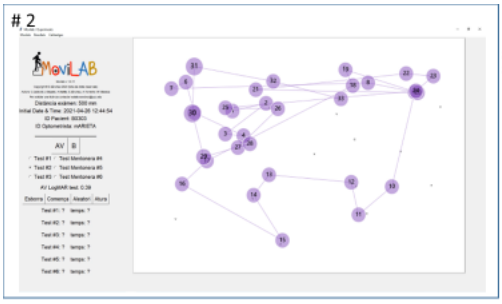
H: 58,06%

V: 16,15%

O: 25,81%

0%
0%
20%





B0303

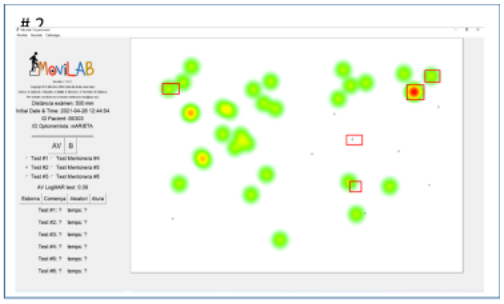
33 Fijaciones
32 Sacádicos

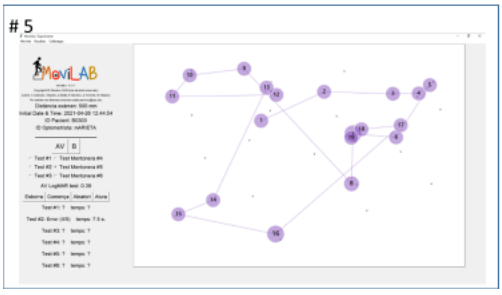
H: 59,38%

V: 15,62%

O: 25%

20%
0%
60%





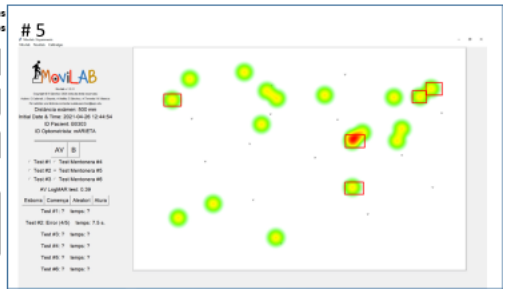
19 Fijaciones
18 Sacádicos

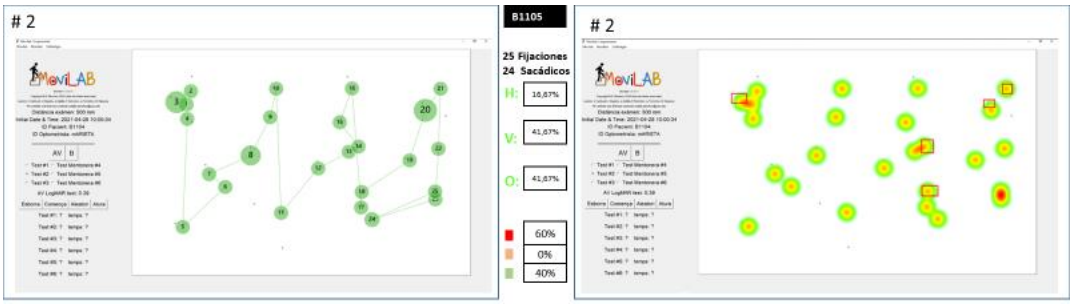
H: 50,00%

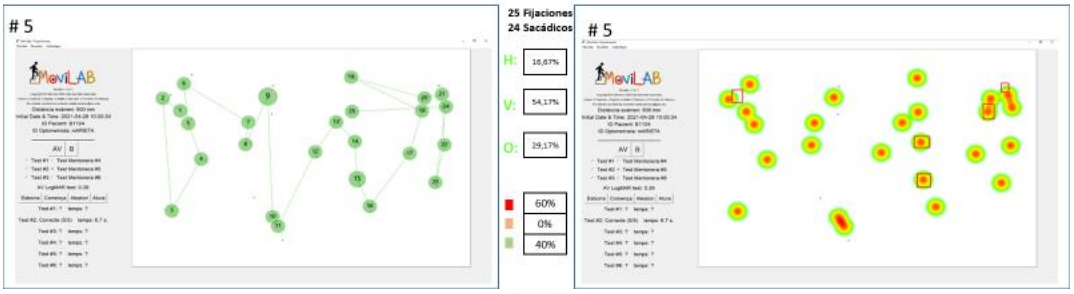
V: 11,11%

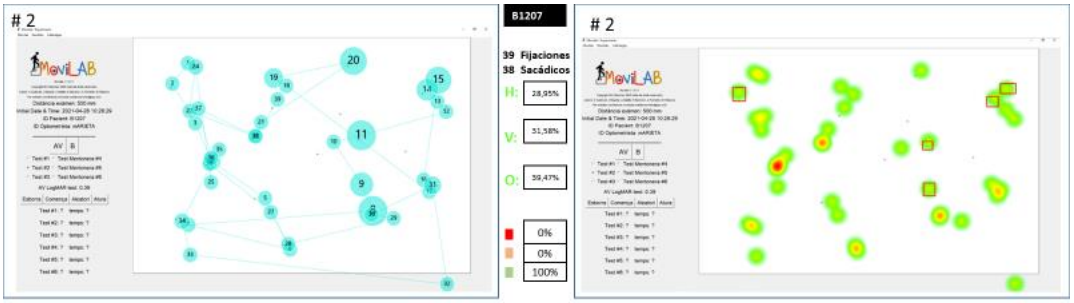
O: 38,89%

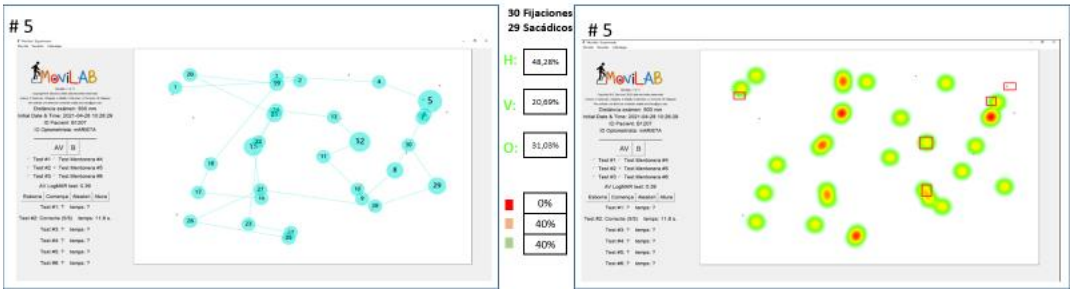
20%
80%
0%

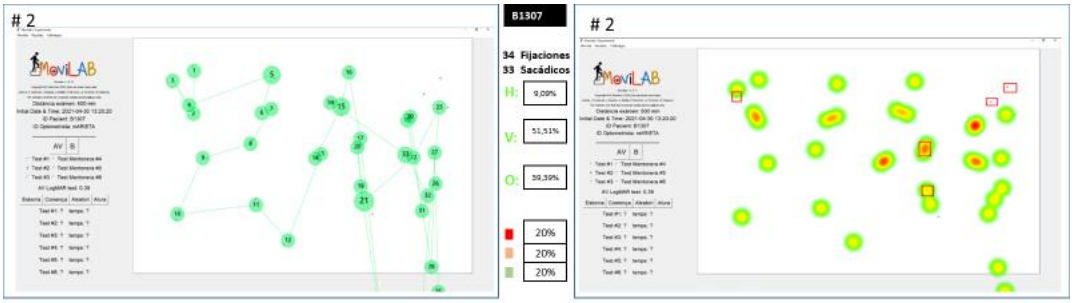


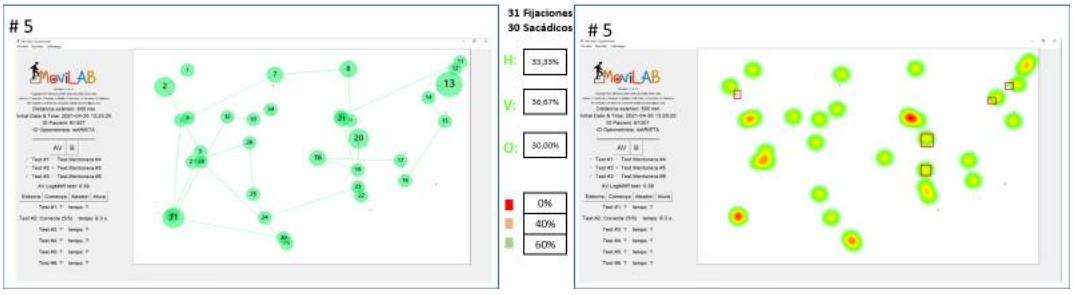

2
B1105
25 Fijaciones
24 Sacádicos
H: 16,67%
V: 41,67%
O: 41,67%
60%
0%
40%
2

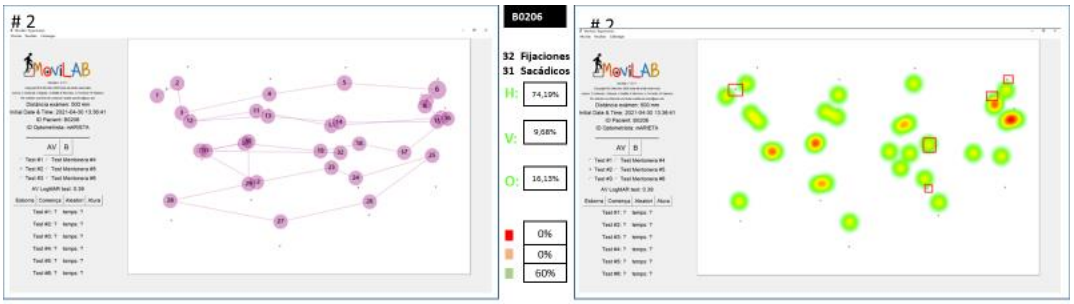

5
25 Fijaciones
24 Sacádicos
H: 16,67%
V: 54,17%
O: 29,17%
60%
0%
40%
5

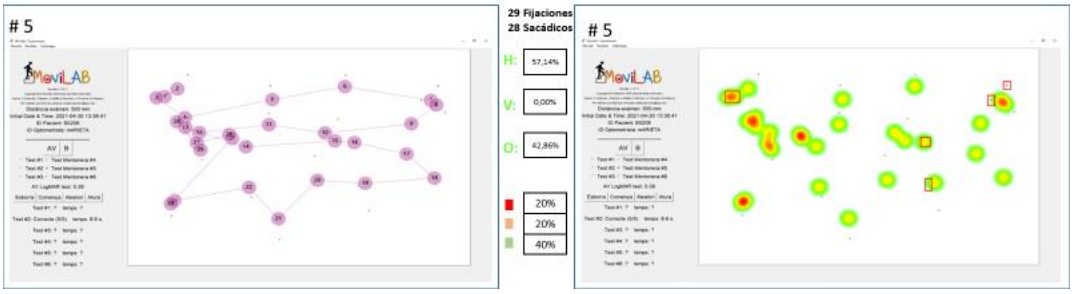

2
B1207
39 Fijaciones
38 Sacádicos
H: 28,95%
V: 31,58%
O: 39,47%
0%
0%
100%
2

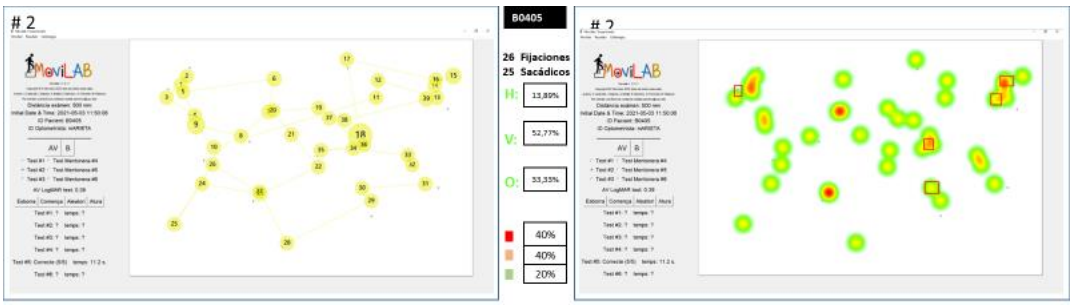

5
30 Fijaciones
29 Sacádicos
H: 48,28%
V: 20,69%
O: 31,03%
0%
40%
40%
5

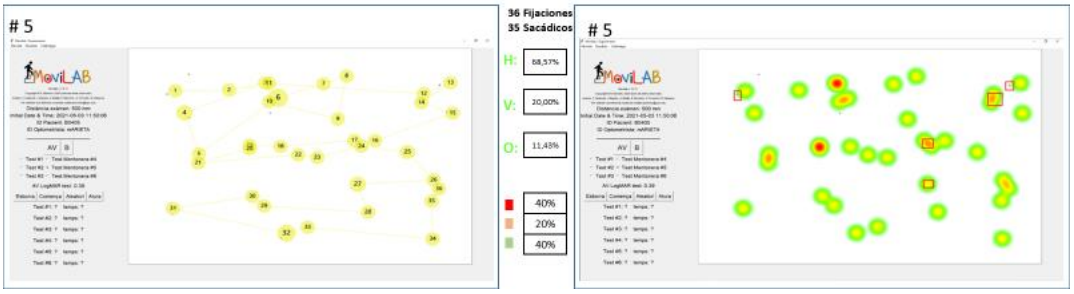

2
B1307
34 Fijaciones
33 Sacádicos
H: 9,09%
V: 51,51%
O: 39,39%
20%
20%
20%
2

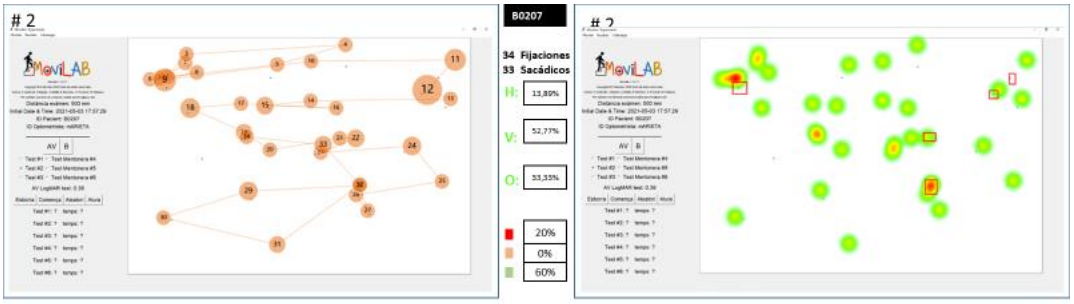

5
31 Fijaciones
30 Sacádicos
H: 33,33%
V: 36,67%
O: 30,00%
0%
40%
60%
5

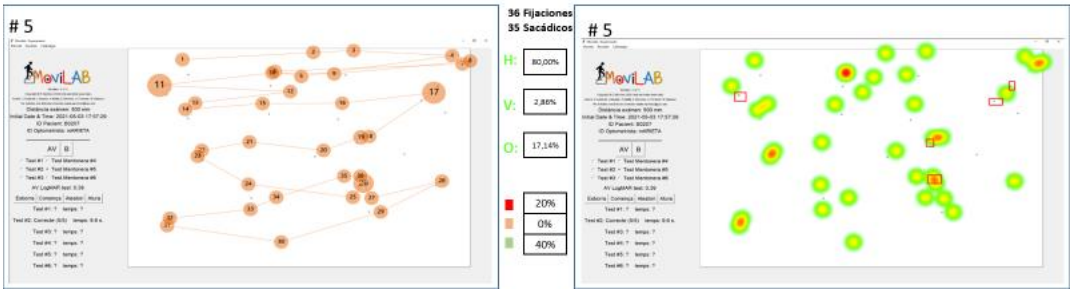

2
B0206
32 Fijaciones
31 Sacádicos
H: 74,19%
V: 9,68%
O: 16,13%
0%
0%
60%
2


5
29 Fijaciones
28 Sacádicos
H: 57,14%
V: 0,00%
O: 42,86%
20%
20%
40%
5


2
B0405
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 13,89%
V: 52,77%
O: 33,33%
40%
40%
20%
2


5
36 Fijaciones
35 Sacádicos
H: 68,57%
V: 20,00%
O: 11,43%
40%
20%
40%
5


2
B0207
34 Fijaciones
33 Sacádicos
H: 13,89%
V: 52,77%
O: 33,33%
20%
0%
60%
2

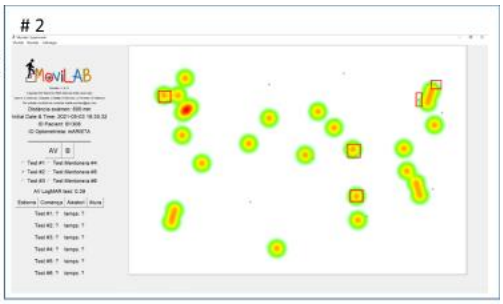

5
36 Fijaciones
35 Sacádicos
H: 80,00%
V: 2,86%
O: 17,14%
20%
0%
40%
5

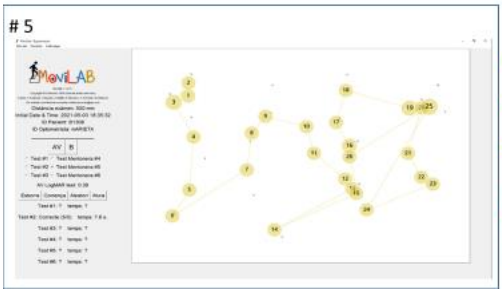
B1308

25 Fijaciones
24 Sacádicos

H: 33,33%
V: 50%
O: 16,67%

60%
0%
40%

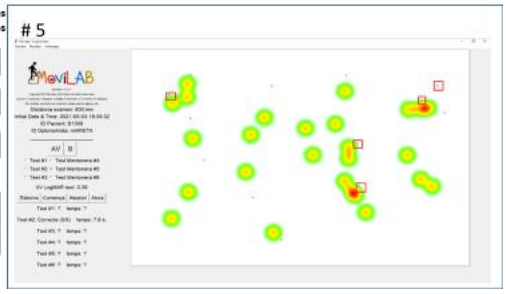


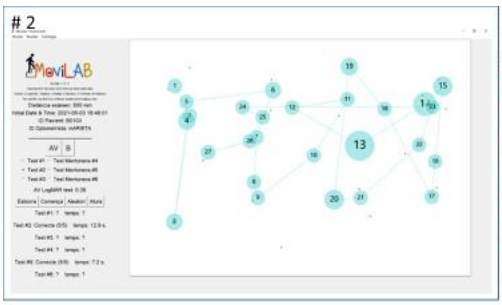


26 Fijaciones
25 Sacádicos

H: 24,00%
V: 56,00%
O: 40,00%

0%
0%
80%



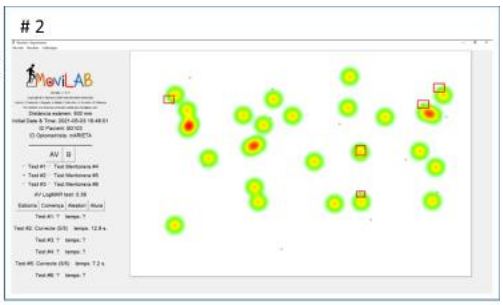


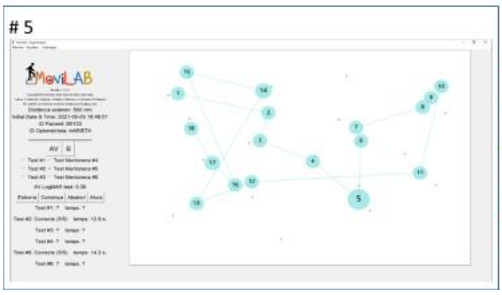
B0103

27 Fijaciones
26 Sacádicos

H: 26,92%
V: 38,46%
O: 34,62%

0%
0%
60%

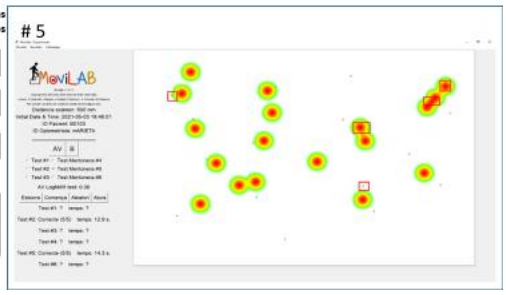


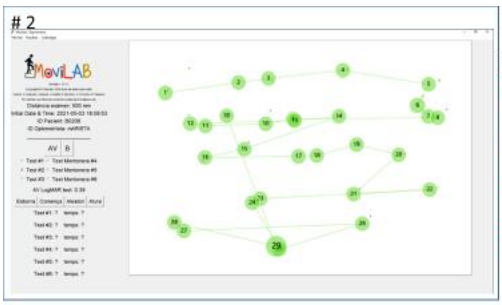


18 Fijaciones
17 Sacádicos

H: 35,29%
V: 29,41%
O: 35,29%

60%
0%
20%



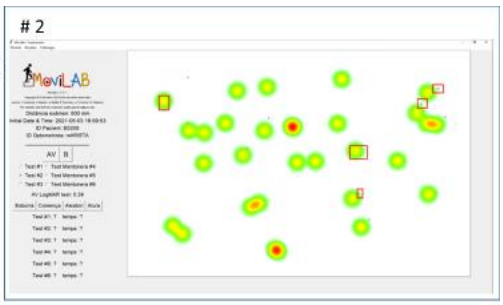


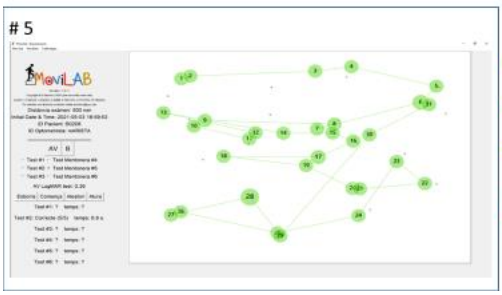
B0208

30 Fijaciones
29 Sacádicos

H: 79,31%
V: 6,89%
O: 13,79%

0%
40%
60%

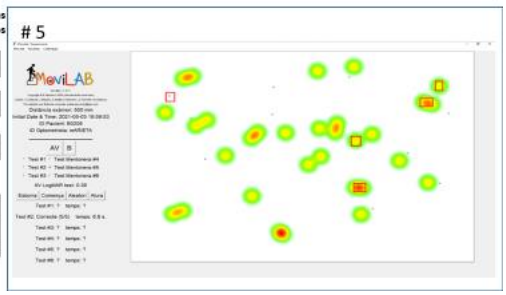


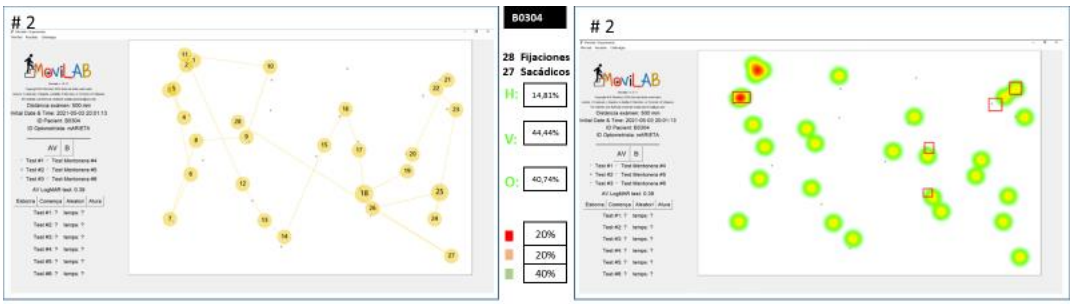


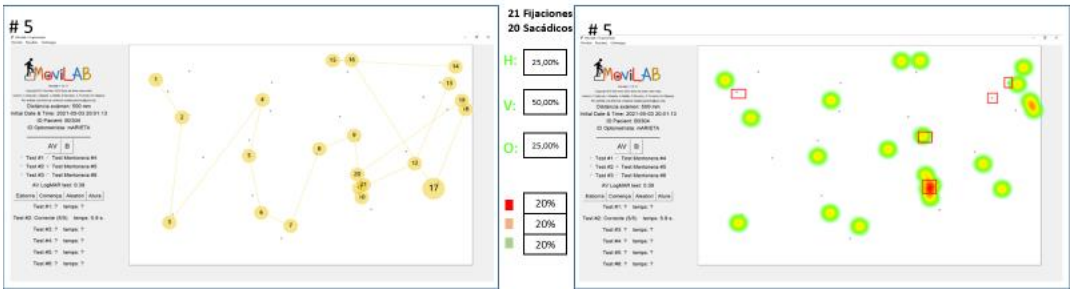
31 Fijaciones
30 Sacádicos

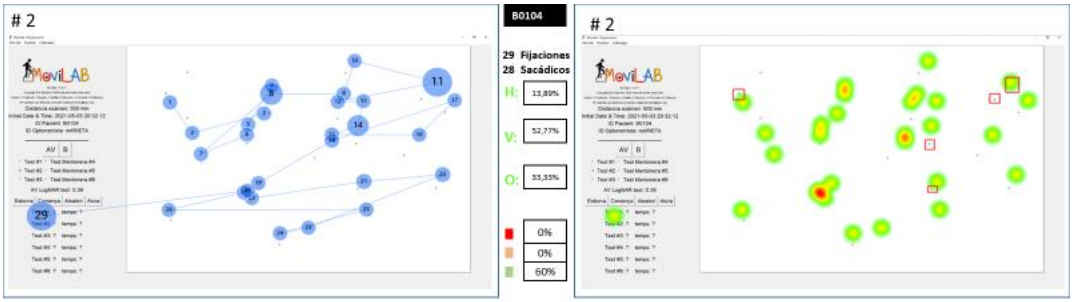
H: 73,33%
V: 0,00%
O: 26,67%

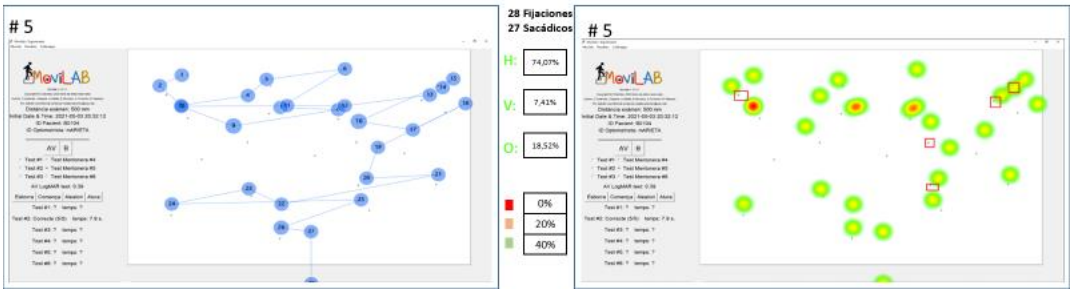
40%
40%
0%

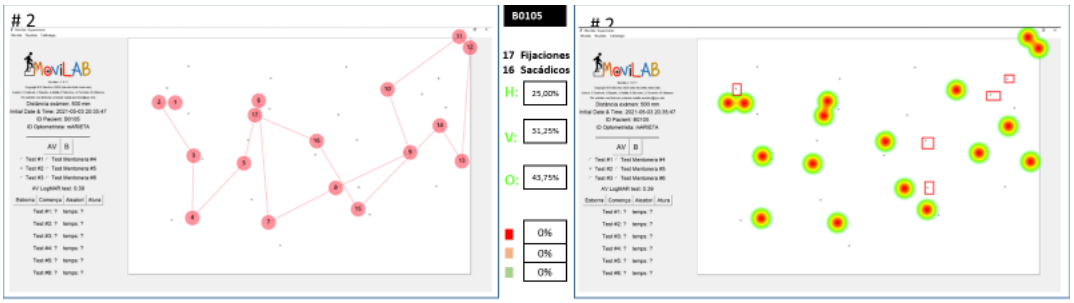


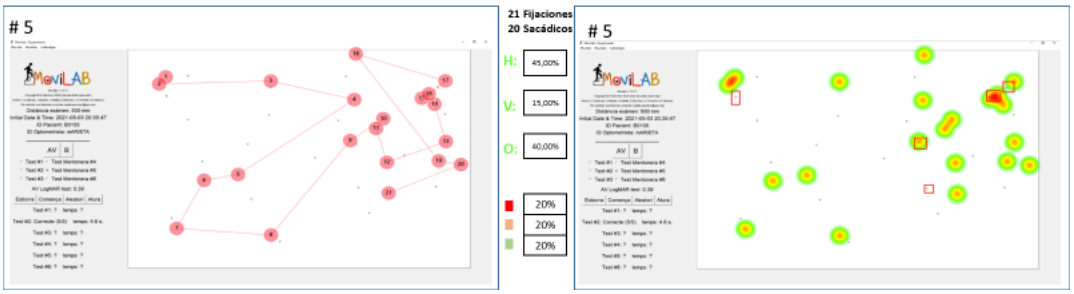

2
B0304
28 Fijaciones
27 Sacádicos
H: 14,81%
V: 44,44%
O: 40,74%
20%
20%
40%
2

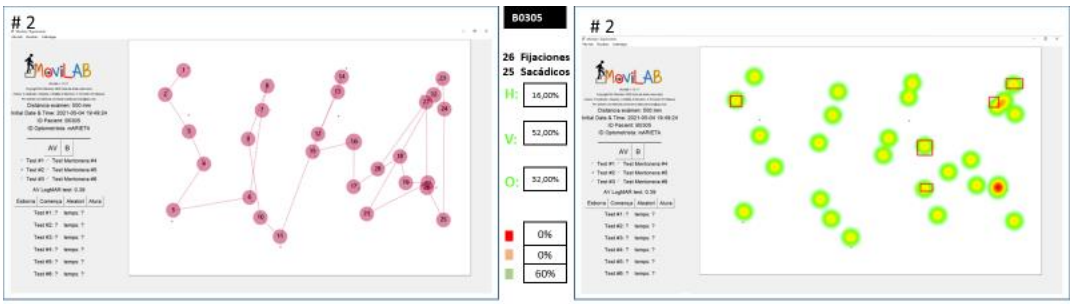

5
21 Fijaciones
20 Sacádicos
H: 25,00%
V: 50,00%
O: 25,00%
20%
20%
20%
5

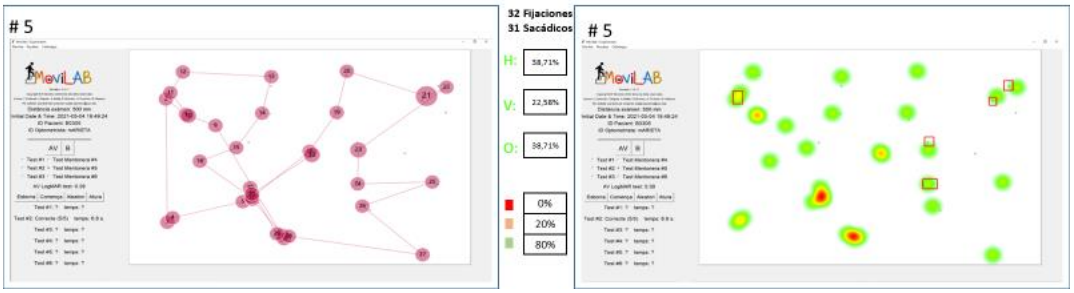

2
B0104
29 Fijaciones
28 Sacádicos
H: 13,89%
V: 52,77%
O: 33,33%
0%
0%
60%
2

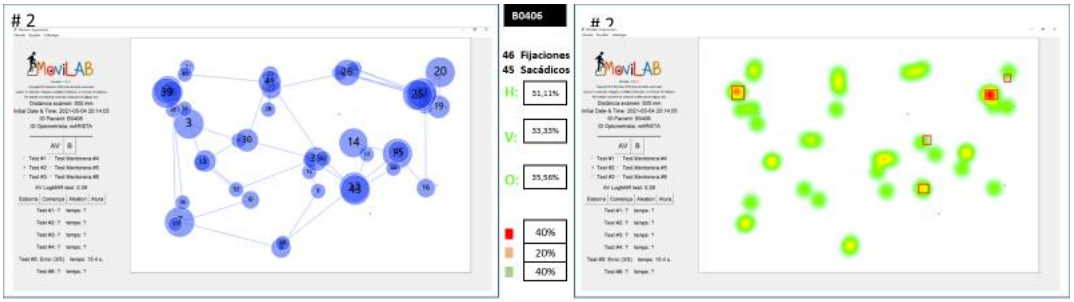

5
28 Fijaciones
27 Sacádicos
H: 74,07%
V: 7,41%
O: 18,52%
0%
20%
40%
5

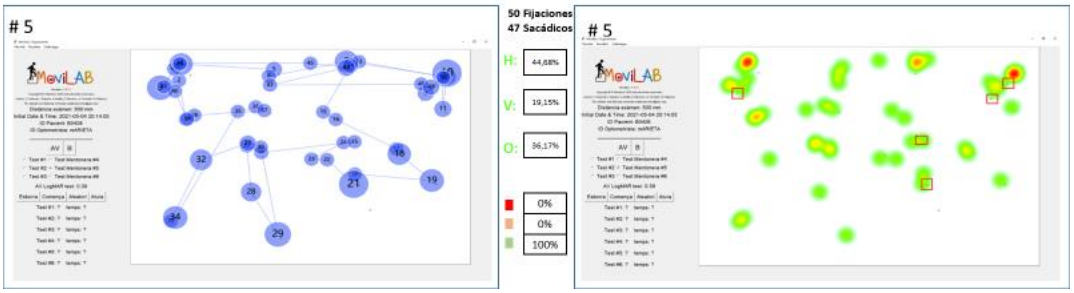

2
B0105
17 Fijaciones
16 Sacádicos
H: 25,00%
V: 31,25%
O: 43,75%
0%
0%
0%
2

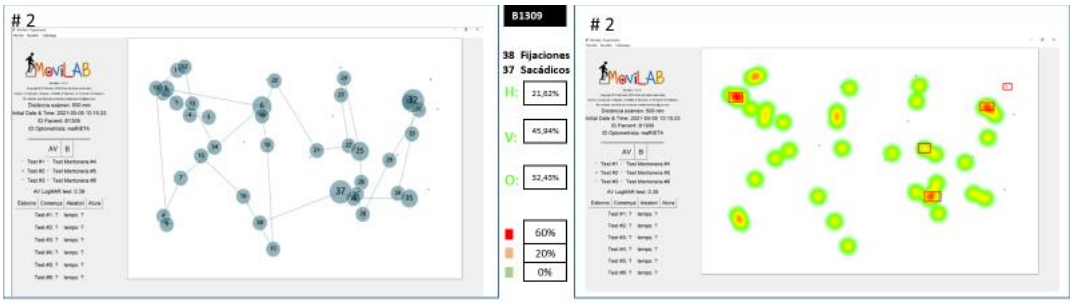

5
21 Fijaciones
20 Sacádicos
H: 45,00%
V: 15,00%
O: 40,00%
20%
20%
20%
5

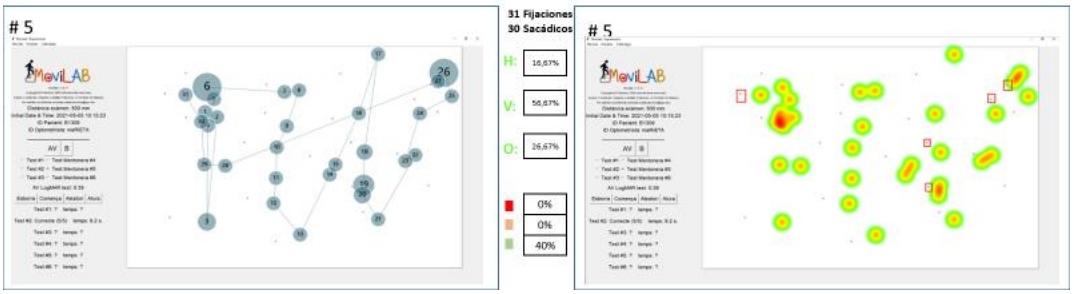

2
MoviLAB
B0305
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 16,00%
V: 52,00%
O: 52,00%
0%
0%
60%
2
MoviLAB

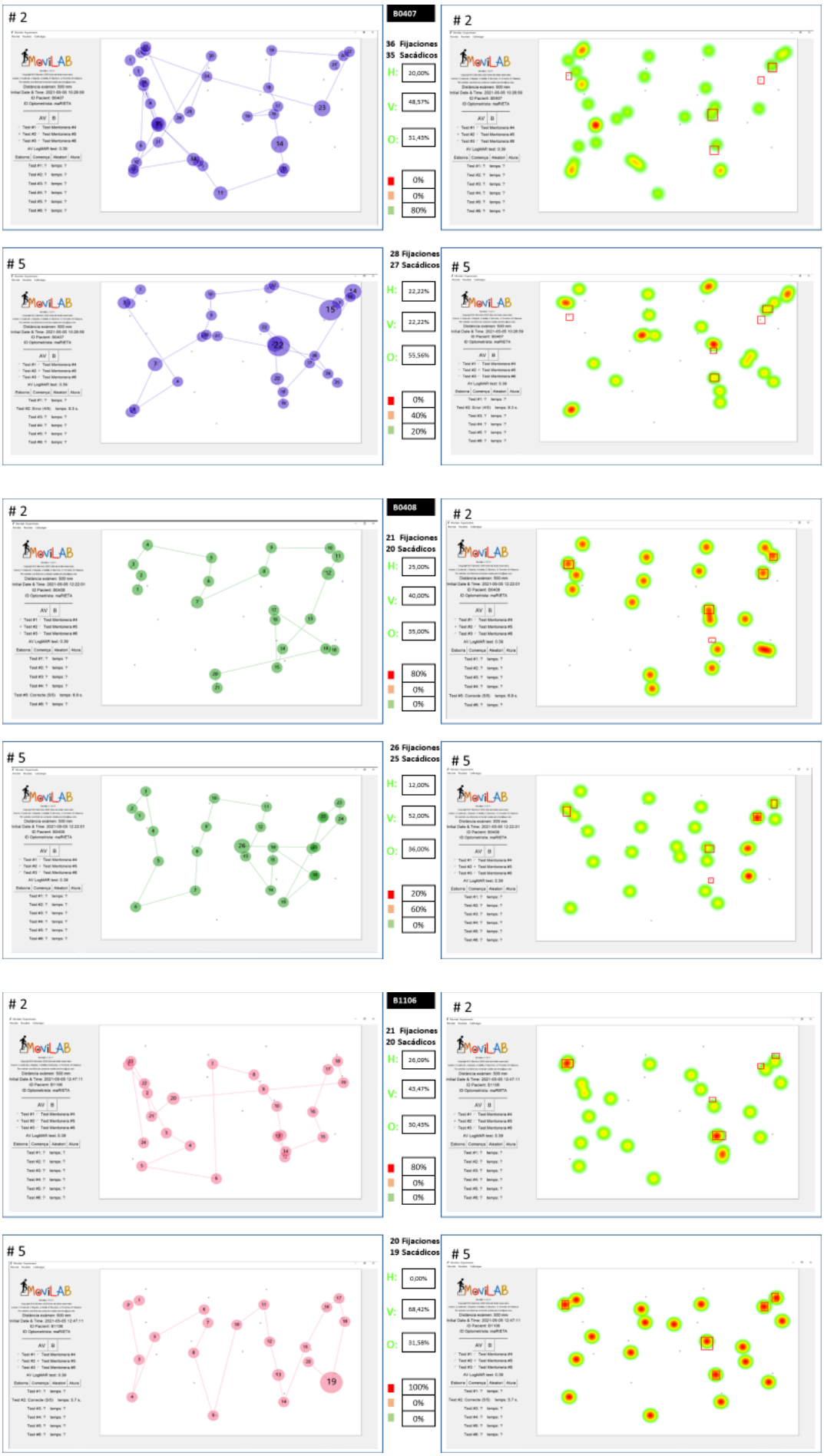

5
MoviLAB
32 Fijaciones
31 Sacádicos
H: 38,71%
V: 22,58%
O: 38,71%
0%
20%
80%
5
MoviLAB

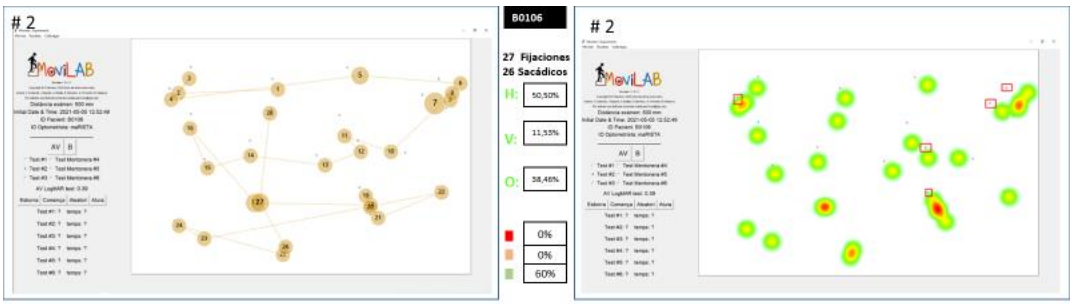

2
MoviLAB
B0406
46 Fijaciones
45 Sacádicos
H: 31,11%
V: 33,33%
O: 35,56%
40%
20%
40%
2
MoviLAB

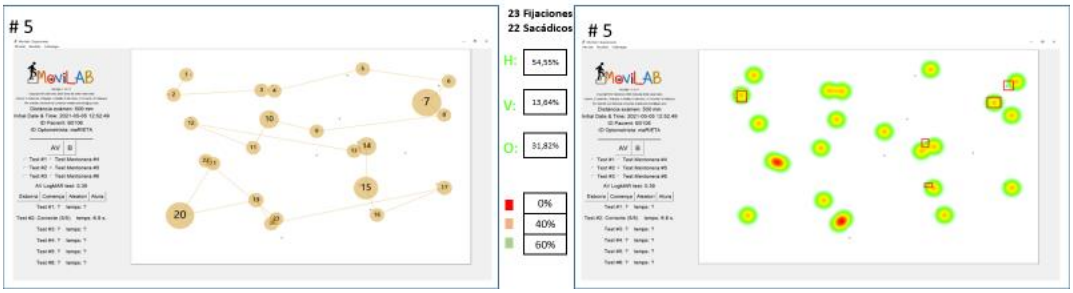

5
MoviLAB
50 Fijaciones
47 Sacádicos
H: 44,68%
V: 19,15%
O: 36,17%
0%
0%
100%
5
MoviLAB

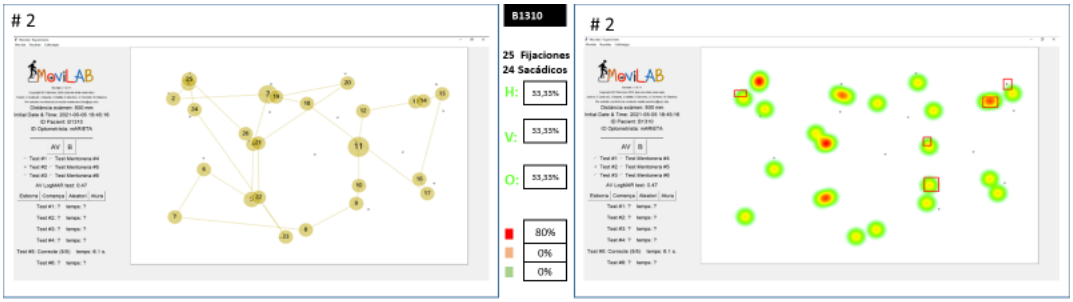

2
MoviLAB
B1309
38 Fijaciones
37 Sacádicos
H: 21,62%
V: 45,94%
O: 32,45%
60%
20%
0%
2
MoviLAB

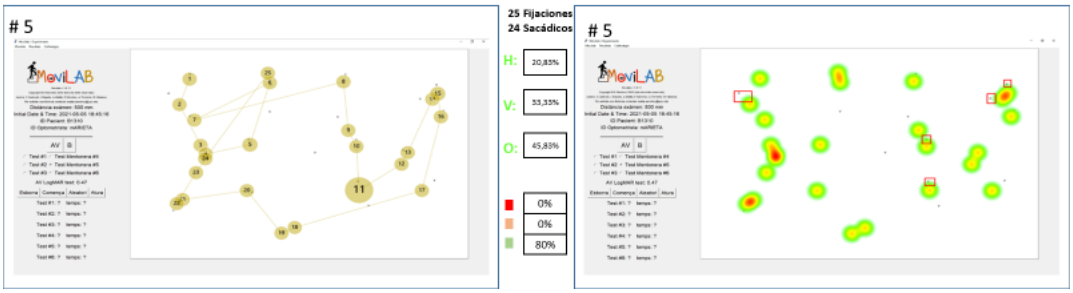

5
MoviLAB
31 Fijaciones
30 Sacádicos
H: 16,67%
V: 56,67%
O: 26,67%
0%
0%
40%
5
MoviLAB

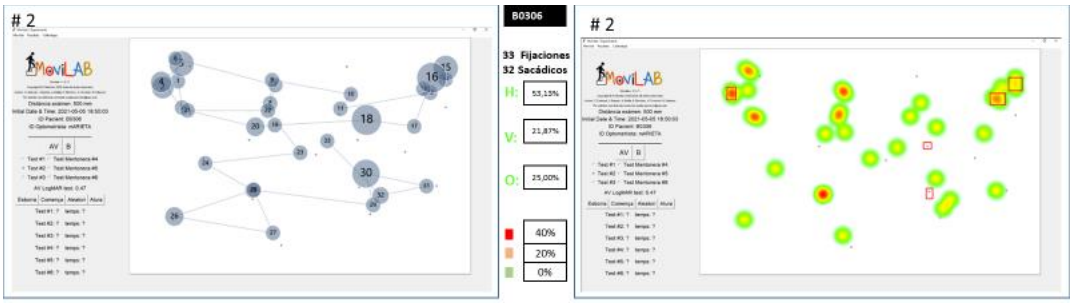

2
B0407
36 Fijaciones
35 Sacádicos
H: 20,00%
V: 48,57%
O: 51,45%
0%
0%
80%
2
5
28 Fijaciones
27 Sacádicos
H: 22,22%
V: 22,22%
O: 55,56%
0%
40%
20%
5
2
B0408
21 Fijaciones
20 Sacádicos
H: 25,00%
V: 40,00%
O: 55,00%
80%
0%
0%
2
5
26 Fijaciones
25 Sacádicos
H: 12,00%
V: 52,00%
O: 36,00%
20%
60%
0%
5
2
B1106
21 Fijaciones
20 Sacádicos
H: 26,09%
V: 43,47%
O: 30,45%
80%
0%
0%
2
5
20 Fijaciones
19 Sacádicos
H: 0,00%
V: 68,42%
O: 31,58%
100%
0%
0%
5

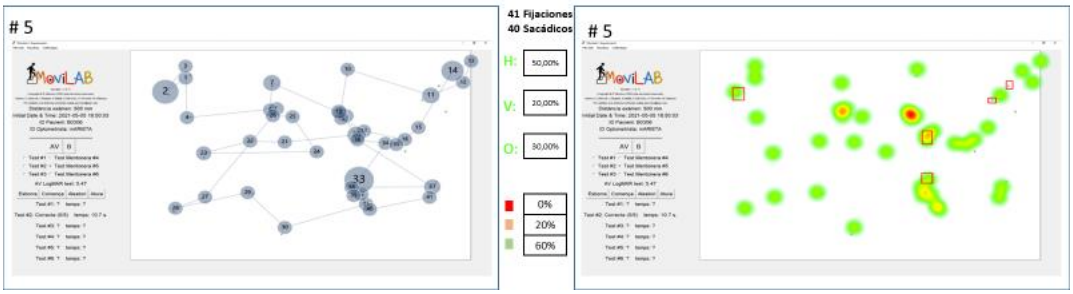

2
B0106
27 Fijaciones
26 Sacádicos
H: 50,50%
V: 11,55%
O: 38,46%
0%
0%
60%
2

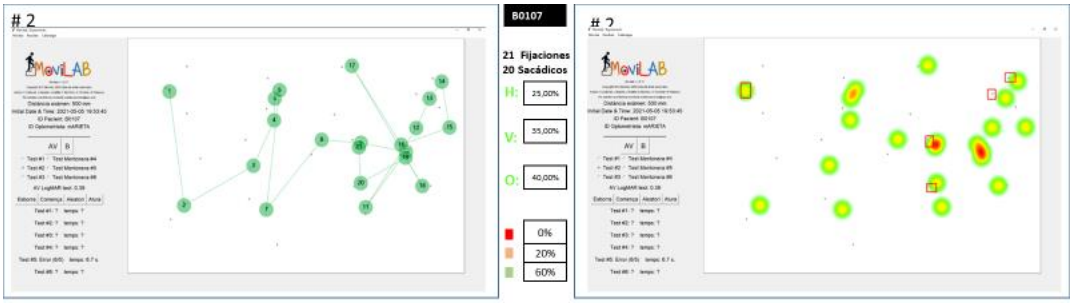

5
23 Fijaciones
22 Sacádicos
H: 54,55%
V: 13,64%
O: 31,82%
0%
40%
60%
5

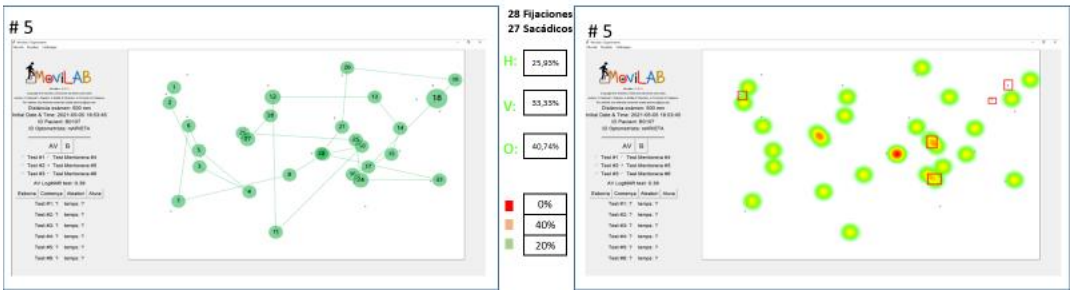

2
B1310
25 Fijaciones
24 Sacádicos
H: 33,33%
V: 33,33%
O: 33,33%
80%
0%
0%
2


5
25 Fijaciones
24 Sacádicos
H: 20,83%
V: 33,33%
O: 45,83%
0%
0%
80%
5


2
B0306
33 Fijaciones
32 Sacádicos
H: 53,15%
V: 21,87%
O: 25,00%
40%
20%
0%
2


5
41 Fijaciones
40 Sacádicos
H: 50,00%
V: 20,00%
O: 30,00%
0%
20%
60%
5


2
B0107
21 Fijaciones
20 Sacádicos
H: 25,00%
V: 55,00%
O: 40,00%
0%
20%
60%
2


5
28 Fijaciones
27 Sacádicos
H: 25,93%
V: 33,33%
O: 40,74%
0%
40%
20%
5

16. ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. El jardín de las delicias de El Bosco.

Figura 2. Reto visual. Encuentra el As de corazones.

Figura 3. El visitante inesperado de Iliá Yefímovich Repin.

Figura 4. Imágenes de Purkinje.

Figura 5. Exactitud y precisión de Tobii eye tracker.

Figura 6. Luxómetro Mavolux 2032B.

Figura 7. Adaptador luxómetro.

Figura 8. Calibración Movilab. Medida de píxel.

Figura 9. Calibración Movilab. Medida de fuente.

Figura 10. Calibración Eye tracker manager.

Figura 11. Calibración distancia observador.

Figura 12. Calibración Tobii Pro Lab.

Figura 13. Resultado calibración.

Figura 14. Movilab. Registro de observador.

Figura 15. Movilab. Valoración de agudeza visual.

Figura 16. Test de movimientos sacádicos aleatorios.

Figura 17. Grabación Tobii pro lab.

Figura 18. Mapa de rastreo visual.

Figura 19. Mapa de rastreo visual + fotograma de test.

Figura 20. Transportador trasparente.

Figura 21. Hoja de cálculo de patrón de mirada.

Figura 22. Gaze plot + fotograma de test.

Figura 23. Gaze plot + fotograma de test.

Figura 24. Heat map + fotograma.

Figura 25. Resumen de datos observadores.

Figura 26. Mapa de rastreo visual de patrón mixto.

Tabla 1. Comparativa de eye tracker Tobii pro nano y fusión.

Tabla 2. Movimientos sacádiscos.

Tabla 3. Distribución de observadores en grupos.

Tabla 4. Datos de luminancia en función del nivel de grises. Movilab.

Tabla 5. Resultados programa Movilab.

Tabla 6. Descripción estadística de datos globales.

Tabla 7. Diferencia de las medianas para el tiempo neto de Movilab test 2 y test 5 (Mann-Whitney). Todos los grupos de edad.

Tabla 8. Diferencia de las medianas para el número de fijaciones realizadas test 2 y test 5 (Mann-Whitney). Todos los grupos de edad.

Tabla 9. Estadística descriptiva de variables de test 2.

Tabla 10. Comparación en parejas por el método de Games-Howell.

Tabla 11. Grupo de edad de 20 a 54 años: Tabla de contingencia T Neto Movilab vs eje de búsqueda. Gráficos de pastel con frecuencias del eje dominante vs eje débil.

Tabla 12. Grupo de edad de 58 a 83 años. Tabla de contingencia tiempo neto Movilab vs eje de búsqueda. Gráficos de pastel con frecuencias del eje dominante vs eje débil.

Tabla 13. Tabla resumen de los resultados obtenidos.

Gráfica 1. Nivel de luminancia absoluto según nivel de grises. Movilab.

Gráfica 2. Gráfica de caja con valores de % de grabación.

Gráfica 3. Gráfica de caja de los valores del tiempo Movilab para los observadores.

Gráfica 4. Correlación de Spearman entre la edad y el tiempo neto de Movilab.

Gráfica 5. La gráfica de intervalos del tiempo vs edad.

Gráfica 6. Gráfica de correlación entre el tiempo neto de Movilab y la edad. Separación de los dos grupos de edad.

Gráfica 7. Gráfica de intervalos de tiempo Movilab para diferentes grupos de edad.

Gráfica 8. Comparación de número de fijaciones en función del grupo de edad.

Gráfica 9. Comparación del tiempo que se dedica a la fijación vs grupos de edad.

Gráfica 10. Distribución del tiempo de fijación y de búsqueda en función de grupos de edad.

Gráfica 11. Frecuencia de los patrones de búsqueda sin separación de grupos de edad.