

*Memoria de Trabajo y Envejecimiento:  
Rendimiento en el Test de Memoria de  
Trabajo Visoespacial Computarizado  
(TMTV-C)*



**Agnieszka Bozanic Leal**

Tutores: Dr. Josep Lluís Conde-Sala  
Dra. Lorena Ramí González

Memoria de trabajo y envejecimiento:  
Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

## ÍNDICE

---

AGRADECIMIENTOS	p. 6
RESUMEN	p. 7
INTRODUCCIÓN	p. 8
Antecedentes	p. 8
Objetivos e Hipótesis	p. 13
METODOLOGÍA	p. 14
Diseño	p. 14
Participantes	p. 14
Instrumentos	p. 18
Procedimiento	p. 18
Análisis estadístico	
RESULTADOS	p. 20
Descripción resultados variables sociodemográfica y clínica	p. 20
Descripción resultados Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado	p. 21
DISCUSIÓN	p. 30
Con respecto a la afectación por carga	p. 31
Con respecto a la afectación por tiempo presentación estímulo-respuesta	p. 32
Con respecto a la menor probabilidad de Respuestas en Objetivo	p. 33
Con respecto a la mayor probabilidad de Respuestas en No Objetivo y Respuestas al Azar	p. 33

CONCLUSIONES	p. 34
Implicaciones clínicas	p. 34
Limitaciones del estudio	p. 35
REFERENCIAS	p. 36
ANEXOS	p. 40
Anexo 1: Test de Ishibara	p. 40
Anexo 2: Protocolo de Investigación	p. 41
Anexo 3: Consentimiento Informado	p. 42
Anexo 4: Test de Acentuación de Palabras (TAP)	p. 45
Anexo 5: Test de Alteración de Memoria (T@M)	p. 46
Anexo 6: Tabla 1. Variables Sociodemográficas	p. 47
Anexo 7: Tabla 2. Puntaje pruebas neuropsicológicas	p. 47
Anexo 8: Tabla 3. Error de Ángulo: Correlación entre grupos	p. 48
Anexo 9: Tabla 4. Error de Módulo: Correlación entre grupos	p. 48
Anexo 10: Tabla 5. Probabilidad Respuesta Objetivo: Correlación entre grupos	p. 49
Anexo 11: Tabla 6. Probabilidad Respuesta No Objetivo: Correlación entre grupos	p. 49
Anexo 12: Tabla 7. Probabilidad de Respuesta al Azar: Correlación entre grupos	p. 50
Anexo 13: Gráfico 1. Errores de Ángulo por grupo 1 carga	p. 51
Anexo 14: Gráfico 2. Errores de Módulo por grupo 1 carga	p. 52
Anexo 15: Gráfico 3. Errores de Ángulo por grupo 3 cargas	p. 53
Anexo 16: Gráfico 4. Errores de Módulo por grupo 3 cargas	p. 54
Anexo 17: Gráfico 5. Probabilidad de Respuesta Objetivo por grupo 3 cargas	p. 55

Anexo 18: Gráfico 6. Probabilidad de Respuesta No Objetivo por grupo 3 cargas	p. 56
Anexo 19: Gráfico 7. Probabilidad de Respuestas al Azar por grupo 3 cargas	p. 57
Anexo 20: Gráfico 8. Errores de Ángulo por grupo 5 cargas	p. 58
Anexo 21: Gráfico 9. Errores de Módulo por grupo 5 cargas	p. 59
Anexo 22: Gráfico 10. Probabilidad de Respuesta Objetivo por grupo 5 cargas	p. 60
Anexo 23: Gráfico 11. Probabilidad de Respuesta No Objetivo por grupo 5 cargas	p. 61
Anexo 24: Gráfico 12. Probabilidad de Respuestas al Azar por grupo 5 cargas	p. 62
Anexo 25: Gráfico 13: Errores de Ángulo por sujeto del grupo Young en 1 carga	p. 63
Anexo 26: Gráfico 15: Errores de Módulo por sujeto del grupo Young en 1 carga	p. 64

## AGRADECIMIENTOS

---

Mi llegada a Barcelona no fue fácil. Quizás las expectativas eran muy grandes, quizás las costumbres muy diferentes, quizás baja capacidad para la adaptación. Sin embargo, el universo siempre pone gente en el camino que ayuda andar más liviana. En primer lugar, quiero agradecer a los amigos chilenos que he encontrado en este proceso: Claudio, Cristián, Belén, Jano, Nico, Vivi, chicos RedInche, que entregan eso que te recuerda a casa. También agradecer a los amigos del pasado, a Vivi, Tami, Mariela, y tantos otros, esos que se mantienen al pie del cañón, mandando energía vital de amor. Sería injusto dejar de mencionar a mi familia: la vida ha querido que construya mi destino fuera, pero ustedes siempre cerca...en mi corazón. Gracias a todos y cada uno por escucharme y ayudarme en momentos decisivos. Ya vendrán años mejores, lo prometo!

Por otra parte, quiero agradecer a las instituciones que contribuyeron en este proyecto: al equipo del IDIBAPS, a Albert, Joao, y especialmente a David, quien se convirtió en un personaje clave. Gracias por permitir que este proyecto avanzara. Al equipo UATC, especialmente a Lorena Rami, gestora de la idea. Por último, a la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), específicamente al Programa Becas Chile, por financiar mi postgrado.

Finalmente, pero no por eso menos importante, quiero agradecer enormemente a Pablo, compañero del cotidiano, amor sublime, pilar incondicional. Sin él, esto no hubiera sido posible. Disculpa, amor, todas las horas perdidas, las malas caras, la ansiedad. Eres, sin duda, todo lo que siempre quise con las Mimis, quienes fueron una compañía constante aquellas noches de trabajo arduo. Nadie tiene ese don de hacerme sentir que todo estará bien, que todo se solucionará a mi favor. Siempre juntos...hasta los 101 años amor! Gracias por darle prioridad a mi proyecto y creer en mi bajo cualquier circunstancia. Se vienen más aventuras...se viene más trabajo, pero con la convicción de que esto tendrá buen puerto: los viejos de nuestro país lo merecen!!.

## RESUMEN

---

**Introducción:** El envejecimiento es un proceso en el cual se evidencian cambios cognitivos de algunas funciones superiores. En este contexto, la memoria es uno de los dominios cognitivos más afectados, especialmente la memoria de trabajo (MT), la cual se entiende como aquel almacenamiento temporal y a corto plazo, que permite mantener los elementos que son relevantes para la tarea que se debe ejecutar. Algunos estudios señalan que el rendimiento en la MT se deteriora durante la edad adulta, sobretodo en la aquellas personas mayores de 60 años, donde el componente visoespacial se encuentra especialmente afectado. Este fenómeno sucede tanto en personas sanas como aquellas que poseen alguna enfermedad neurodegenerativa.

**Objetivo:** Desarrollar y aplicar el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C) para observar el rendimiento en MT visoespacial en tres grupos de diferentes edades, con el fin de identificar si existe una disminución de este componente a medida que se envejece. Por otra parte, era objetivo específico observar si el grupo de adultos de edad avanzada presentaba un rendimiento significativamente más alterado en comparación con los otros grupos evaluados. Se utilizó un Eye Tracker para monitorear los movimientos oculares y así medir la precisión de la respuesta de cada sujeto.

**Metodología:** Estudio no experimental, descriptivo, observacional, y transversal, en el cual se comparó la precisión de respuesta en la prueba TMTV-C, en 3 grupos: 5 adultos jóvenes (25-40 años) 5 adultos de mediana edad (40-55 años) y 5 sujetos de edad avanzada (55 y más años). Los errores examinados fueron los de ángulo y de módulo, además de medir la probabilidad de respuestas en objetivo, probabilidad de respuestas no objetivo y probabilidad de respuestas al azar. Se aplicó el Test de Alteración de Memoria (T@M) como test de cribado cognitivo, el Test de Acentuación de Palabras (TAP) para medir inteligencia premórbida, una prueba agudeza visual, el Test de daltonismo de Ishibara y la TMTV-C.

**Resultados:** Se observa un rendimiento deficitario en todas las dimensiones analizadas, en la comparación entre el grupo de adultos de mediana edad y el grupo de edad avanzada. Existe una mayor presencia de errores de ángulo y errores de módulo, menor probabilidad de respuestas objetivo, y mayor probabilidad de respuestas no objetivo y probabilidad de respuestas al azar. A medida que se aumentaba la carga de estímulos (1, 3 o 5) y se incrementaba el tiempo de presentación estímulo-respuesta (0 seg., 3 seg. o 6 seg.), el rendimiento empeoraba.

**Discusión:** Con los resultados obtenidos cabe señalar que el grupo de personas de edad avanzada obtiene una menor precisión en sus respuestas en TMTV-C, por lo cual podría concluirse que presentan un deterioro en MT visoespacial, en comparación con los otros grupos analizados. Para explicar las disminuciones observadas, se han barajado diversas teorías como disminución en la velocidad de procesamiento, falta de control inhibitorio, menor cantidad de recursos atencionales y alteración en el mantenimiento de los bindings.

Palabras clave: envejecimiento, memoria de trabajo, precisión, binding, Eye Tracker

## INTRODUCCIÓN

---

### Antecedentes

La población mundial envejece rápidamente. Entre el año 2000 y el año 2050, la proporción de habitantes mayores de 60 años se duplicará del 11% al 22%. Esto, en números absolutos se traduce en 605 millones a 2000 millones de personas mayores en el transcurso de medio siglo (OMS, 2015). Con esta revolución demográfica que viene, es necesario identificar algunos fenómenos cognitivos que afectan a las personas desde los 60 años, con el fin de contribuir al desarrollo del conocimiento en esta temática.

Con envejecimiento se entiende como un proceso donde existen cambios biológicos, estructurales y funcionales que acontecen a lo largo de la vida. Es dinámico, deletéreo, complejo, irreversible, progresivo, intrínseco, universal, y ocurre como consecuencia de la interacción entre la genética y el medio ambiente (Dumas, 2015). En este contexto, uno de los fenómenos mejor establecidos son los cambios cognitivos de algunas funciones superiores, observándose un declive significativo en el rendimiento de éstas. Estos cambios cognitivos serían atribuibles a un cerebro que envejece sanamente y no a un proceso patológico (Rog, & Fink, 2013).

En la actualidad, se acepta de forma generalizada que existe un enlentecimiento de la velocidad de procesamiento cognitivo, y/o motor en las personas mayores de 60 años. Esto produce un efecto global en la cognición, afectando a otros dominios cognitivos de manera diferencial. Se señala la existencia de disminuciones en la capacidad de rastreo viso-motor en tareas de reacción visoespacial y verbal (McEvoy, Pellouchoud, Smith, & Gevins, 2001), además de una menor eficiencia, exactitud y calidad en el desempeño cognitivo, disminuyendo así la cantidad de información que puede ser procesada (Rog, & Fink, 2013).

También existe un deterioro en habilidades atencionales, el cual ha sido asociado a la desinhibición y dificultades en la realización de tareas de atención dividida (Kramer & Madden, 2008), manifestándose un declive en la tasa de exactitud en la detección de señales. Esto podría interpretarse como una alteración progresiva en el grado de vigilancia, siendo dificultosa la discriminación entre estímulos relevantes e irrelevantes, lo que significaría un problema de percepción (Dumas, 2015).

Por último, la memoria parece ser uno de los dominios cognitivos más afectado por el proceso de envejecimiento normal (D'Esposito & Gazzaley, 2011 en Peich,

Husain, & Bays, 2013). Algunas investigaciones señalan una mayor afectación de la memoria episódica (Van Geldorp et al., 2015), en la que se observa un efecto negativo de la edad sobre el rendimiento en tareas de recuerdo, tanto inmediato como diferido (Old, & Naveh-Benjamin, 2008).

De igual forma, la memoria de trabajo (MT) es uno de los sistemas cognitivos afectados (Van Geldorp et al., 2015). Algunos estudios señalan que el rendimiento en MT aumenta a lo largo de la niñez, con un incremento entre los 0 y 20 años (Conklin et al., 2007 en Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012; Bays Catalao, & Husain, 2009), disminuye durante la edad adulta, iniciando un proceso de deterioro normal a partir de los 30 años más (Borella et al., 2008 en Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012), para finalmente dar paso a un deterioro significativo en las personas con más de 60 años (Bays Catalao, & Husain, 2009).

Se entiende por MT aquel sistema de capacidad limitada (Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012), con un almacenamiento temporal y a corto plazo, y una capacidad de ejecución de tareas que requiere atención, selección y manipulación de determinados estímulos (Baddeley, 1986; Baddeley, 1998) con el propósito de guiar las respuestas y conductas futuras (Baddeley, 2003). En consecuencia, la MT es el sistema que mantiene la información activa mientras se planifica y ejecuta una tarea, formando y manteniendo una representación interna a corto plazo que guíe la respuesta conductual.

Baddeley (1986, 2000) propone la existencia de un componente principal, el ejecutivo central, que cumple una función de control. Posee una capacidad limitada, dedicándose al procesamiento y al almacenamiento a corto plazo de la información. Además, existen tres subsistemas “esclavos” que permiten el funcionamiento de la MT: (a) el bucle fonológico, encargado de mantener y refrescar (o actualizar) la información verbal; (b) la agenda visoespacial, encargada de mantener y refrescar (o actualizar) la información visual y espacial; (c) y el buffer episódico, encargado de combinar la información fonológica y visual, integrándola con la que proviene de la memoria a largo plazo, creando así representaciones multimodales (Baddeley, 1986).

Por esto último se dice que la MT es un sistema complejo. Posee dos componentes: (a) un componente “primario”, responsable de simplemente mantener la información disponible por un corto periodo de tiempo; y (b) un componente “ejecutivo”, que permite manipular y transformar dicha información para utilizarla pronto (Luo & Craik, 2008).

Las investigaciones acerca de los efectos del envejecimiento sobre la MT concluyen que el componente más primario de la MT no parece verse afectado,

mientras el deterioro del componente más complejo (el ejecutivo) es evidente (Luo y Craik, 2008), manifestándose dificultades para formar nuevas asociaciones (Mitchell et al., 2000 en Lee Shing et al., 2010), o “bindings” (Zimmer et al., 2006 en Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012). Este mecanismo permite combinar e integrar en una representación mental, las diversas características individuales visuales en un único objeto unitario, así como la formación de una asociación entre el objeto y su relación con el espacio (ubicación), con el fin de construir una representación coherente (Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012).

La eficiencia del “binding” (asociaciones características-objetos) es un factor determinante en el rendimiento de la MT y explica ciertas variaciones individuales asociadas a la edad (Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012). Se ha identificado la afectación la MT visoespacial, observándose una disminución en el número de objetos que se pueden mantener, además de un declive en la formación de asociaciones características-objetos (“misbinding”) (Brockmole, Parra, Sala, & Logie, 2008; Parra, Abrahams, Logie, & Sala, 2009; Sander, Werkle-Bergner, & Lindenberger, 2011). Por esto se ha señalado al binding (asociaciones características-objetos) como un mecanismo sensible y frágil en el envejecimiento (Pertzov, Dong, Peich, & Husain, 2012 en Pertzov, Heider, Liang, & Husain, 2015), el cual también se ha demostrado su afectación en personas con deterioro cognitivo leve (DCL) (Van Geldorp et al., 2015) y con enfermedad de Alzheimer Preclínico (EA), aunque las puntuaciones de las pruebas cognitivas estándar, estén dentro del rango normal (Parra et al., 2010; Parra, Abrahams, Logie, & Della Sala, 2010; Parra, Abrahams, Logie, Méndez, et al., 2010; Parra, Abrahams, Fabi, et al., 2009).

Actualmente, los instrumentos más eficientes para medir la MT visoespacial se basan en la capacidad de precisión de respuesta (Bays, Gorgoraptis, Wee, Marshall, & Husain, 2011), es decir, la precisión con la que se recuerda las asociaciones de los atributos de los objetos, tales como la ubicación, la orientación o el color, entre otros (Bays et al., 2010). En contraste con el enfoque tradicional binario, del cual se obtienen respuestas correctas o respuestas incorrectas, estos estudios permiten cuantificar tanto el recuerdo de las características visuales individuales como la precisión con la que se mantienen las asociaciones características-objetos. Gracias a esto último, se ha realizado un cambio en el concepto de capacidad de la MT. El nuevo enfoque propone que, cuántos más elementos se almacenen en la MT visoespacial, éstos se recordarán con menor precisión, a diferencia del enfoque binario que define la capacidad como un reflejo del almacenamiento de un número limitado de objetos independientes (Bays, Gorgoraptis, Wee, Marshall, & Husain, 2011).

Este novedoso método ha sido utilizado en diversas muestras. Lara, & Wallis (2015) descubrieron que primates no humanos, monos rhesus (*Maccaca mulatta*),

tenían un rendimiento exitoso en una tarea de detección de cambio de color multi-ítem (recuerdo de alrededor de tres estímulos). A medida que aumentaba la carga de elementos a recordar, se observó una disminución del rendimiento y un incremento del tiempo de reacción. En segundo lugar, la precisión de las representaciones de memoria decrecían al aumentar el número de estímulos. Finalmente, se midieron los movimientos oculares de los monos mediante el “filtered eye speed”, para medir la “cover attention”, es decir, aquella atención que se aplica sin mover los ojos. Los autores señalaron que si se utiliza la cover attention para recordar un objeto, éste será almacenado con mayor precisión en la MT visoespacial (Lara, & Wallis, 2015).

Burnett et al. (2012), investigó acerca del desarrollo de la capacidad de precisión de la MT visoespacial, durante la infancia media y la adolescencia temprana (7-13 años). Los resultados demostraron que la precisión del recuerdo, es decir la resolución con la que se mantienen las asociaciones de las características-objetos (Fallon, Zokaei, & Husain, 2016), aumenta a medida que existe una maduración cognitiva (Bays, Catalao, & Husain, 2009). Este desarrollo se relacionó con el aumento en la precisión de las representaciones retenidas en la MT, siendo esto atribuible específicamente a la variabilidad de la precisión de las representaciones de los estímulos observados.

En adultos jóvenes (19-34 años de edad), Gorgoraptis, Catalao, Bays, & Husain (2011) cuantificaron la precisión de las representaciones en la MT visoespacial para secuencias de estímulos de color, con diferentes orientaciones. Observaron una disminución marcada en la precisión del recuerdo cuando el número de ítems que debía recordarse aumentaba. Esta pérdida de fidelidad afectaba a todos los elementos de la secuencia.

En adultos de más de 60 años, Peich, Husain, & Bays (2013) usaron una prueba simultánea de orientación-color, la cual mide la precisión del recuerdo en la MT visoespacial. Los resultados revelaron que a medida que se envejece, la resolución de la información visual disminuye. Este incremento de la variabilidad en el recuerdo estuvo relacionado con una mayor cantidad de ítems por recordar. Por otra parte, también se relacionó la edad con un aumento significativo en la frecuencia de los errores relacionados de asociación característica-objeto. Estos autores señalan que aquellos resultados serían consistentes con una disminución sistemática en los recursos de MT disponibles para almacenar la información visual en las personas mayores.

Para medir la capacidad de precisión de respuesta en los estudios de MT visoespacial, se ha de utilizar ciertos instrumentos. El Eye Tracker como dispositivo que mide los movimientos oculares, se ha perfilado como un medio válido y útil para este fin (Ivanova, Hallowell, 2012). Las pruebas que utilizan este aparato permiten la

investigación, por ejemplo, de patrones entre el procesamiento y almacenamiento a medida que aumenta la cantidad de estímulos en MT (Ivanova, Hallowell, 2012).

La importancia de controlar la variable de movimiento de los ojos radica en el argumento de que los movimientos oculares y MT visoespacial están intrínsecamente relacionados. Los estímulos visuales son retenidos a través de la “saccade” (movimientos oculares que van de un punto de fijación a otro) y comparados con la información del objeto que se posee. Cuando falla la observación de este elemento, las propiedades recordadas son usadas para guiar la atención y la mirada, automáticamente, hacia algún objeto que coincida con el objeto original (Sunday, 2014). Esta conducta refleja una relación interactiva entre la saccade y la MT visoespacial, pues los movimientos oculares tienen una significativa incidencia en la interrupción del mantenimiento de la precisión de la información (Sunday, 2014).

Otro componente fuertemente relacionado con la de precisión de respuesta en los estudios de MT visoespacial, es la atención. Se ha sugerido que los movimientos oculares con diferente punto de fijación y la atención perceptiva, trabajan coordinadamente para permitir la selección de los objetos o sus características (Zhao et al., 2012 en Yeh, Tsai, Hsu, & Fu Lin, 2014). Theeuwes (2009 en Yeh, Tsai, Hsu, & Fu Lin, 2014) declaró que el movimiento del ojo, la atención y la MT están relacionados: la atención precede al movimiento ocular y, a su vez, es el mecanismo por el cual la información se almacena en la MT. Los resultados antes mencionados indican que la atención, los movimientos oculares, y la MT son interactivos, y la que la capacidad en MT puede evidenciar diferentes patrones de movimiento de los ojos, mientras se realiza una tarea (Theeuwes & Van der Stigchel, 2009 en Yeh, Tsai, Hsu, & Fu Lin, 2014).

Estudios de diversa índole han utilizado el Eye Tracker con resultados exitosos (Park, & Holzman, 1993; Tanaka, Sugimoto, Tanida, & Saito, 2014; Yeh, Tsai, Hsu, & Fu Lin, 2014; Sunday, 2014), sin embargo no se encontró ninguno relacionado con el declive de la MT visoespacial a través del ciclo vital.

En este contexto, se han tomado en cuenta algunos estudios (Todd, & Marois, 2004; Peich, Husain, & Bays, 2013) para crear el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizada (TMTV-C), una prueba que permitirá medir la MT visoespacial a lo largo del ciclo vital.

## **Objetivos e Hipótesis**

Recogiendo todo lo dicho anteriormente, el objetivo general de este estudio fue desarrollar y aplicar el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C) para observar el rendimiento en MT visoespacial en tres grupos cognitivamente sanos, de diferentes edades, con el fin de identificar si existe una disminución de este componente a medida que se envejece. Se utilizó un Eye Tracker para monitorear los movimientos oculares y así medir la precisión de la respuesta de cada sujeto. A su vez, el objetivo específico fue observar si el grupo de adultos de más de 50 años de edad presentaba un rendimiento significativamente más deficitario en la precisión de respuesta en MT visoespacial, comparándolo con los otros grupos.

De acuerdo con los antecedentes descritos y los objetivos mencionados, las hipótesis que se plantearon previamente a la realización del estudio y en relación a cada uno de los objetivos fueron:

1) Habrían diferencias en el rendimiento en MT visoespacial a medida que se envejece, cuando se compara por grupos. Se espera que el grupo de adultos jóvenes obtenga el mejor rendimiento, que el grupo de adultos presente un rendimiento regular, y que el grupo de adultos de edad avanzada tenga un rendimiento deficitario.

2) El grupo de adultos de edad avanzada presentaría un rendimiento deficitario en la precisión de respuesta en MT visoespacial, en comparación con los otros grupos. Esto significa que se observarán más errores de ángulo, más errores de módulo, menor probabilidad de respuestas objetivo, mayor probabilidad de respuestas no objetivo, y mayor probabilidad de respuestas al azar.

## METODOLOGÍA

---

### **Diseño**

Se trata de un estudio no experimental, pues se analiza la realidad tal y cual se presenta (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010). Es descriptivo, ya que se intenta medir las variables propuestas anteriormente y se entrega su descripción (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010). Es observacional, ya que no hay manipulación artificial del factor a estudiar; y por último, es transversal, pues se recolectan datos en un momento único (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010). En relación con lo anterior, cabe mencionar que se utilizó una técnica de muestreo no probabilístico e intencional; es decir, se ha utilizado un procedimiento de selección informal de la muestra, tomando en cuenta las posibilidades de recolección de datos, según criterios de facilidad de acceso (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010).

### **Participantes**

La muestra que participó en este estudio está conformada por 3 grupos de sujetos sanos: un grupo de 5 adultos jóvenes (25-40 años), un grupo de 5 adultos (40-55 años), y un grupo de 5 sujetos de edad avanzada (55 años y más). Como criterio de inclusión, se determinó que la muestra estaría integrada por personas de ambos sexos y que tuvieran más de 25 años de edad. Como criterio de exclusión, se determinó que los participantes no tuvieran problemas visuales limitantes, que no tuvieran problemas motores en su mano de dominancia, que no tuvieran un trastorno psiquiátrico o cognitivo, y que en la evaluación neuropsicológica de cribado no presentaran puntos de corte para deterioro cognitivo.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación Clínica del Hospital Clínic de Barcelona, España.

### **Instrumentos**

#### *Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)*

Es una prueba experimental, creada en el programa Python 2.7.0, instrumento de lenguaje de programación multiparadigma. Está inspirada en los trabajos de Peich, Husain, & Bays (2013), y Todd, & Marois (2004), en donde se intenta cuantificar la precisión de recuerdo para las características visuales, en dos dimensiones: el color y la orientación. Se utilizó una estructura para el mentón, con el fin de restringir los movimientos de cabeza de los participantes durante la tarea experimental.

La tarea se divide en 3 ensayos de entre 5 y 10 minutos (la duración varía de acuerdo a la precisión de respuesta con la que se realice la tarea, siendo más larga a menor precisión). Se ha de recalibrar el Eye Tracker luego de cada descanso. Cada tarea cuenta con un número aproximado de 50 estímulos, los cuales son exhibidos en una pantalla LCD de computadora de 15 pulgadas a una distancia de visión de 60 cm.

Se parte de una situación inicial en la que se presenta un punto negro en el centro de la pantalla y un cuadrado de color negro que se movía de acuerdo a los movimientos que se hicieran con un ratón de ordenador. Para comenzar, se debe fijar la vista en el punto negro en el centro de la pantalla y llevar el cuadrado negro hasta él. En el caso de que el Eye Tracker detecte que el participante ha dejado de fijar su mirada en punto negro, aparece un mensaje para incentivarlo a mirar al centro, para luego comenzar un nuevo estímulo. Esto hace que el número de estímulos aumente. Mientras el sujeto está mirando al centro de la pantalla, aparecen 1, 3 o 5 círculos de distintos colores simultáneamente (blanco, amarillo, azul, verde, rojo y lila) que se identifican como la “carga”, en diferentes ubicaciones alrededor de la pantalla, durante un corto periodo de tiempo, 0 seg, 3 seg. o 6 seg. que se identifican como los “tiempo de presentación estímulo-respuesta”. Estos estímulos son distribuidos uniformemente alrededor de un círculo de fijación centrado en la pantalla ( $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  de ángulo visual). Cuando el cuadrado del centro cambia de color, se debe desplazar el ratón hasta la ubicación en dónde se crea haber visto el estímulo de aquel color, con la mayor precisión posible. Para confirmar la respuesta, debe apretarse el botón izquierdo del ratón.

Para identificar la disminución de precisión de respuesta en MT visoespacial, se utiliza la teoría de Bays (2016), quien señala la existencia de cierto tipos de errores que permiten observar diferencias en la precisión de respuesta del recuerdo. En este contexto, se realiza el análisis de precisión de respuesta en base a errores y probabilidades observados mientras los participantes realizan la tarea. Cabe mencionar que la precisión de respuesta en MT visoespacial está dada por menor cantidad de errores de ángulo y errores de módulo, mayor probabilidad de respuesta objetivo, y menor probabilidad de respuesta no objetivo y menor probabilidad de respuestas al azar.

Los tipos de errores utilizados en este estudio son:

- Errores de Ángulo ( $A_{err}$ ): es la desviación angular, medida en grados, entre la localización de la respuesta proporcionada por el sujeto y la localización original del estímulo.

Memoria de trabajo y envejecimiento:

Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

- Errores de Módulo (Module\_err): es desviación de distancia, medida en centímetros, entre la localización de la respuesta proporcionada por el sujeto y la localización original del estímulo.

Las probabilidades de respuesta utilizadas en este estudio son:

- Probabilidad de Respuestas en Objetivo (pT): se refiere al porcentaje de respuestas donde se ha respondido correctamente de acuerdo a dos dimensiones: localización y color.

- Probabilidad de Respuestas No Objetivo (pNT): se refiere al porcentaje de respuestas donde no se ha respondido correctamente al menos a una de las características solicitadas, localización o color, correspondiendo a un error de asociación característica-objeto, o misbinding.

- Probabilidad de Respuestas al azar (Union Probability Response) (pU): se refiere a la probabilidad de respuestas contestadas al azar, es decir, una respuesta que no posee relación alguna con la asociación característica-objeto presentada. Se relaciona con la adivinación.

#### *Pro Eye Tracker Eye Tribe*

Es una herramienta con la que se extrae información analizando los movimientos oculares del sujeto evaluado. Un monitor especial lanza rayos infrarrojos a las pupilas en la dirección que está mirando el sujeto, permitiendo así calcular la ubicación de la mirada. En las últimas décadas, el estudio de los movimientos oculares ha aumentado, pues esta medición sirve como una aproximación sencilla, accesible, válida, segura y rápida para los procesos cognitivos y una herramienta para identificar posibles deterioros funcionales del cerebro (Leigh and Zee, 2006).

El dispositivo posee 70 gr de peso y de dimensiones de 20×1.9×1.9 cm que se acopla a un trípode, posibilitando un mejor uso. Esta herramienta se utiliza al mismo tiempo en que se aplica el TMTV-C. La distancia entre los participantes y el dispositivo fue de 60 cm.

Luego de cada ensayo, es necesario realizar una calibración del aparato. Esto consiste en solicitarle al participante que siga con su mirada una esfera blanca con puntos negros, alrededor de todos los sectores de una pantalla blanca: al centro, arriba, abajo, izquierda, derecha, según lo pida el programa. Se utilizó una estructura para el mentón, con el fin de restringir movimientos de cabeza de los participantes en la calibración.

*Test de Acentuación de Palabras (TAP) (Del Ser, González, Martínez, Delgado, & Bermejo, 1997)*

El TAP es una adaptación al español del National Adult Reading Test (NART) (Nelson & O'Connell, 1978). Es una herramienta ampliamente utilizada como evaluación de la inteligencia general (inteligencia cristalizada o verbal) (Bermejo, Porta-Etessam, Díaz, Martínez-Martín, 2008). La aplicación consiste en pedir al sujeto que lea en voz alta una serie 30 palabras infrecuentes e irregularmente deletreadas (no siguen reglas de transcripción grafema-fonema) (Coltheart et al., 1987). Las respuestas son puntuadas como correctas o incorrectas, de acuerdo a su pronunciación, siendo 30 puntos el máximo.

Esta prueba muestra una correlación superior a 0,80 con el WAIS y con otros test generales de inteligencia (Bermejo, Porta-Etessam, Díaz, Martínez-Martín, 2008). La validación como un instrumento de medición tiene de base el supuesto de que la habilidad lectora de palabras irregulares es relativamente independiente del daño cerebral (Bright, Jaldow, & Kopelman, 2002). Por otro lado, se han encontrado correlaciones estadísticamente significativas con medidas de inteligencia en una muestra de sujetos de edad avanzada (Carreiras, Mechelli, Estévez, & Price, 2007).

*Test de Alteración de la Memoria (T@M) (Rami et al., 2007)*

El T@M constituye una prueba de cribado de memoria global, formado por cinco subtest: codificación (10 preguntas), orientación temporal (5 preguntas), memoria semántica (15 preguntas), recuerdo libre (10 preguntas) y recuerdo facilitado (10 preguntas). Discrimina entre personas mayores sanas, con deterioro cognitivo leve amnésico y pacientes con EA, en donde el punto de corte es de 37 puntos, con un 96% de sensibilidad y 70% de especificidad. Además, es un instrumento corto, de fácil administración y puntuación. Posee un mínimo de 40 y un máximo de 50 preguntas (dependiendo del éxito del recuerdo libre diferido del sujeto), con un puntaje de corte de 37 puntos para distinguir el deterioro cognitivo leve de tipo amnésico, y de 31 puntos para enfermedad de Alzheimer (Rami et al., 2009). Se da un punto por cada respuesta correcta. Todas las preguntas son orales y tienen una única respuesta posible.

*Test de Ishibara (Ishibara, 1917)*

El daltonismo es un defecto genético que ocasiona dificultad para distinguir los colores. Se utiliza el test de Ishihara (1917), que es la herramienta más utilizada para diagnóstico y clasificación de discromatopsias (alteraciones en la visión de colores) (ver Anexo 1). Es de relevancia descartar esta condición, pues en la prueba

experimental se utilizan esferas de diversos colores y es preciso que se logre diferenciarlos.

### *Prueba agudeza visual*

La agudeza visual se refiere a aquella habilidad de ver con claridad, la cual depende de factores ópticos y cerebrales. Es sabido que la agudeza visual y la percepción disminuye con la edad (Lich & Bremmer, 2014). Por esta razón, es de vital importancia aplicar una prueba de este tipo para asegurarse que el sujeto tiene esta capacidad indemne. Para este estudio, se ha desarrollado una prueba especial en Python 2.7.0, similar a la prueba experimental, donde se le pide al participante que diga el color del círculo que está viendo en la pantalla bajo las mismas condiciones en las que debe ver el estímulo en el experimento. Se han utilizado 3 estímulos para evaluar cada uno de los cuadrantes del campo visual.

### **Procedimiento**

Primeramente, se realizó un estudio piloto con personas de cualquier edad para observar el buen funcionamiento de la prueba experimental y el entendimiento de las instrucciones de trabajo (n=3). El objetivo de esto fue someter a prueba las condiciones de aplicación y procedimientos involucrados del TMTV-C y asegurar el correcto funcionamiento del programa. En paralelo, se reclutaron participantes sanos para todos los grupos, según los criterios de inclusión y exclusión.

Por último, al comienzo de la sesión de evaluación, se realizó una entrevista previa (Anexo 2), en la cual se solicitó firmar el consentimiento informado (Anexo 3), además de recoger información personal y clínica. Posteriormente, se aplicó el protocolo de evaluación neuropsicológica (TAP ver Anexo 4; T@M, ver Anexo 5), luego la prueba de agudeza visual y el test de Ishihara (Anexo 1); para finalizar con los tres ensayos de TMTV-C.

### **Análisis estadístico**

Se calcularon estadísticos descriptivos en SPSS Statistics versión 20 para Mac de IBM, para poder caracterizar los datos sociodemográficos y las pruebas neuropsicológicas de la muestra en estudio.

El análisis del TMTV-C se ha basado en el realizado en el estudio de Peich, Husain, & Bays (2013). Para obtener los valores posibles de las dimensiones a analizar, primeramente se ha codificado las medidas angulares (errores angulares) (0-1 grados) y las medidas de distancia (errores de módulo) (0-1 centímetros), tomado el espacio circular de la pantalla donde se presentaban los estímulos. Para cada ensayo, el

error de recuerdo de asociación fue calculado como la desviación entre el valor de la característica reportada y el valor real de la característica del estímulo que se presentó.

En segundo lugar, se aplicó un modelo probabilístico (Bays et al., 2009) para obtener la probabilidad de respuesta de cada participante. Para cada asociación (color-ubicación) se midió la probabilidad de respuesta según la carga de estímulo y el tiempo de presentación estímulo-respuesta: probabilidad de respuesta en objetivo, probabilidad de respuesta no objetivo, y la probabilidad de respuesta al azar.

A partir de la información recogida, se construyó una base de datos en el paquete Python 2.7.0, administrado por Python Software Foundation. Los datos de cada participante se analizaron de forma grupal para obtener las medidas descritas anteriormente. Los estímulos sin respuesta (nan) fueron excluidos de la base de datos.

Por último, para realizar las correlaciones (t student) (donde el nivel de significación estadística considerado fue del 0.05) y los gráficos, se utilizó el paquete “Matrix Laboratory” (MATLAB), administrado por The Mathworks, La versión escogida fue la R2016a para iOS, versión de prueba por 30 días.

## RESULTADOS

---

### VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS

En la tabla 1 (Anexo 6) se detallan las variables sociodemográficas observadas, agrupadas en base a los grupos de procedencia: “*Young*”=grupo de adultos jóvenes, “*Adult*”=grupo adultos de mediana edad, y “*Old*”=grupo adultos de edad avanzada).

*Young* estuvo compuesto en su mayoría por mujeres, correspondiente al 60% de los casos. La media de edad fue  $30.60 \pm 2.07$  años ( $M \pm SD$ ) y la media del nivel de escolaridad fue  $19.60 \pm 1.67$  años.

*Adult* estuvo compuesto mayoritariamente por hombres, correspondiente al 80% de los casos. La media de edad fue  $42.60 \pm 2.70$  años, y la media del nivel de escolaridad fue  $19.40 \pm 2.88$  años.

*Old* estuvo compuesto en su mayoría por mujeres, correspondiente al 60% de los casos. La media de edad fue  $71.80 \pm 2.05$  años, y la media del nivel de escolaridad fue  $11.20 \pm 1.70$  años.

### PUNTUACIONES EN PRUEBAS NEUROPSICOLÓGICAS

En la tabla 2 (Anexo 7) se detallan los puntajes observados en las pruebas neuropsicológicas aplicadas. Éstos señalan que los grupos poseen una inteligencia dentro del rango normal y que no tienen deterioro cognitivo.

*Young* en TAP obtuvo una media de  $27.60 \pm 2.30$  puntos, y en T@M obtuvo una media de  $45.60 \pm 3.30$  puntos.

*Adult* en TAP obtuvo una media de  $28.60 \pm 0.89$  puntos, y en T@M obtuvo una media de  $47.20 \pm 1.67$  puntos.

*Old* en TAP obtuvo una media de  $24.60 \pm 1.92$  puntos, y en T@M obtuvo una media de  $43.00 \pm 5.67$  puntos.

## **Puntuaciones en Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)**

A continuación se muestran los resultados según la carga entregada.

### 1 Estímulo

- Error de Ángulo

El gráfico 1 muestra el valor absoluto del Error de Ángulo, desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $0.05 \pm 0.05$  grados, (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.22 \pm 0.26$  grados (N=100), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.16 \pm 0.43$  grados (N=108).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg obtiene un error de ángulo de  $0.06 \pm 0.04$  grados (N=96), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.08 \pm 0.06$  grados (N=96), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.07 \pm 0.06$  grados (N=96).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $0.08 \pm 0.07$  grados (N=105), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.13 \pm 0.18$  grados (N=103), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.12 \pm 0.10$  grados (N=90).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando tiempo de presentación estímulo-respuesta es 3 seg.  $p=0.049$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 8). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.041$  ( $p<0.05$ ) y 3 seg.  $p=0.051$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 8).

- Error de Módulo

El gráfico 2 muestra el valor absoluto del Error de Módulo, desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $1.40 \pm 0.74$  cm, (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $1.42 \pm 0.79$  cm (N=100), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $2.31 \pm 2.58$  cm (N=108).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $1.33 \pm 0.04$  cm (N=96), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.08 \pm 0.70$  cm (N=107), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $1.41 \pm 0.72$  cm (N=96).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $1.83 \pm 2.10$  cm (N=105), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $02.16 \pm 4.34$  cm (N=103), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $1.93 \pm 1.17$  cm (N=90).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.021$  ( $p<0.05$ ), 3 seg.  $p=0.021$  ( $p<0.05$ ), y 6 seg.  $p=0.046$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 9). Se encontraron diferencias entre *Young* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.019$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 9).

- Probabilidad de Respuesta Objetivo (pT)

No se ha realizado el análisis de esta probabilidad, pues solo se presenta 1 estímulo.

- Probabilidad de Respuesta No Objetivo (pNT)

No se ha realizado el análisis de esta probabilidad, pues solo se presenta 1 estímulo.

- Probabilidad de Respuesta al Azar (pU)

No se ha realizado el análisis de esta probabilidad, pues solo se presenta 1 estímulo.

### 3 Estímulos

- Error de Ángulo

El gráfico 3 muestra el valor absoluto del Error de Ángulo, desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $0.09 \pm 0.22$  grados, (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3

seg. obtiene  $0.16 \pm 0.41$  grados (N=97), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.15 \pm 0.20$  grados (N=99).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo  $0.14 \pm 0.32$  grados (N=107), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.12 \pm 0.12$  grados (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.19 \pm 0.44$  grados (N=97).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $0.27 \pm 0.58$  grados (N=98), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.26 \pm 0.47$  grados (N=104), y en delay 6 obtiene  $0.34 \pm 0.55$  grados (N=86).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 3 seg.  $p=0.026$  ( $p<0.05$ ), y 6 seg.  $p=0.032$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 8). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg.  $p=0.006$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 8).

- Error de Módulo

El gráfico 4 muestra el valor absoluto del Error de Módulo, desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de módulo de  $1.95 \pm 1.81$  cm, (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $2.48 \pm 2.58$  cm (N=97), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $2.51 \pm 1.67$  cm (N=99).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de módulo de  $1.86 \pm 2.27$  cm (N=107), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $1.70 \pm 1.14$  cm (N=96), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $2.22 \pm 2.69$  cm (N=98).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de módulo de  $3.19 \pm 1.75$  cm (N=98), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $3.27 \pm 4.20$  cm (N=104), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $4.21 \pm 4.54$  cm (N=86).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 3 seg.  $p=0.008$  ( $p<0.05$ ), y 6 seg.  $p=0.008$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 9). Se encontraron diferencias entre *Young* y *Old*

cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 6 seg.  $p=0.016$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 9).

- Probabilidad de Respuesta Objetivo (pT)

El gráfico 5 muestra el valor absoluto de la Probabilidad de Respuesta Objetivo (pT), desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta en target de  $97.94 \pm 2.90$  % (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $96.91 \pm 2.35$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $96.97 \pm 3.76$  % (N=99).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta objetivo de  $97.97 \pm 4.97$  % (N=107), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $96.91 \pm 2.35$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $97.94 \pm 2.90$  % (N=97).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta objetivo de  $91.84 \pm 7.53$  % (N=98), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $92.31 \pm 5.06$  % (N=104), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $85.8 \pm 6.7$  % (N=86).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 3 seg.  $p=0.033$  ( $p<0.05$ ), y 6 seg.  $p=0.005$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 10). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 6 seg.  $p=0.007$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 10).

- Probabilidad de Respuesta No Objetivo (pNT)

El gráfico 6 muestra el valor absoluto de la Probabilidad de Respuesta No Objetivo (pNT), desviación estándar y el número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta no objetivo de  $2.06 \pm 2.90$  % (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $3.09 \pm 3.97$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $3.03 \pm 2.81$  % (N=99).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta no objetivo de  $0.5 \pm 0.01$  % (N=107), en tiempo de

presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $1.02 \pm 2.35$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $2.06 \pm 2.90$  % (N=107).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta no objetivo de  $8.16 \pm 7.53$  % (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $7.69 \pm 5.09$  % (N=104), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $12.55 \pm 5.93$  % (N=86).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.043$  ( $p<0.05$ ), 3 seg.  $p=0.014$  ( $p<0.05$ ) y 6 seg.  $p=0.048$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 11). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 6 seg.  $p=0.037$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 11).

- Probabilidad de Respuesta al Azar (pU)

El gráfico 7 muestra el valor absoluto de la Probabilidad de Respuesta en al Azar (pU), desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta al azar de  $0 \pm 1.31$  %, (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0 \pm 2.36$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0 \pm 5.27$  % (N=97).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta al azar de  $1.53 \pm 4.96$  grados (N=107), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0 \pm 4.13$  grados (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0 \pm 6.22$  grados (N=107).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta al azar de  $0 \pm 0.01$  grados (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0 \pm 0.01$  grados (N=104), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $1.65 \pm 6.44$  grados (N=86).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ningún grupo (Anexo 12).

## 5 Estímulos

- Error de Ángulo

El gráfico 8 muestra el valor absoluto del Error de Ángulo, desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $0.22 \pm 0.52$  grados, (N=103), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.37 \pm 0.6$  grados (N=99), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.38 \pm 0.65$  grados (N=96).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $0.22 \pm 0.36$  grados (N=101), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.22 \pm 0.35$  grados (N=95), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.37 \pm 0.51$  grados (N=96).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de ángulo de  $0.63 \pm 0.87$  grados (N=101), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.68 \pm 0.85$  grados (N=101), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0.81 \pm 0.97$  grados (N=99).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.005$  ( $p<0.05$ ), y 3 seg.  $p=0.013$  ( $p<0.05$ ), y 6 seg.  $p=0.047$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 8). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.005$  ( $p<0.05$ ), 3 seg.  $p=0.005$  ( $p<0.05$ ) y 6 seg.  $p=0.001$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 8).

- Error de Módulo

El gráfico 9 muestra el valor absoluto del Error de Módulo, desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de módulo de  $2.79 \pm 3.56$  cm, (N=103), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $3.98 \pm 4.09$  cm (N=99), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $4.03 \pm 4.35$  cm (N=96).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de módulo de  $2.73 \pm 3.00$  cm (N=101), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3

seg. obtiene  $2.62 \pm 3.07$  cm (N=95), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $3.77 \pm 3.86$  cm (N=97).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene un error de módulo de  $5.59 \pm 6.23$  cm (N=105), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $6.22 \pm 6.16$  cm (N=101), y en 6 seg. obtiene  $7.07 \pm 6.87$  cm (N=99).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.021$  ( $p<0.05$ ), 3 seg.  $p=0.024$  ( $p<0.05$ ), y 6 seg.  $p=0.042$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 9). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.020$  ( $p<0.05$ ), 3 seg.  $p=0.003$  ( $p<0.05$ ) y 6 seg.  $p=0.001$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 9).

- Probabilidad de Respuesta Objetivo (pT)

El gráfico 10 muestra el valor absoluto de la Probabilidad de Respuesta Objetivo (pT), desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta objetivo de  $5.25 \pm 3.54$  %, (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $17.16 \pm 6.67$  % (N=97), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $11.59 \pm 10.88$  % (N=99).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta objetivo de  $6.93 \pm 4.52$  % (N=107), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0.03 \pm 9.01$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $15.52 \pm 11.04$  % (N=107).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta objetivo de  $29.76 \pm 15.95$  % (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $23.76 \pm 14.49$  % (N=104), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $20.8 \pm 11.88$  % (N=86).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando delay=0  $p=0.030$  ( $p<0.05$ ), delay=3  $p=0.006$  ( $p<0.05$ ), y delay=6  $p=0.005$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 10). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando delay=0  $p=0.029$  ( $p<0.05$ ) y delay=3  $p=0.05$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 10).

- Probabilidad de Respuesta No Objetivo (pNT)

El gráfico 11 muestra el valor absoluto de la Probabilidad de Respuesta No Objetivo (pNT), desviación estándar y el número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta no objetivo de  $2.06 \pm 2.90$  % (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $3.09 \pm 3.97$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $3.03 \pm 2.81$  % (N=99).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta no objetivo de  $0.5 \pm 0.01$  % (N=107), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $1.02 \pm 2.35$  % (N=98), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $2.06 \pm 2.90$  % (N=107).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta no objetivo de  $8.16 \pm 7.53$  % (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $7.69 \pm 5.09$  % (N=104), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $12.55 \pm 5.93$  % (N=86).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 3 seg.  $p=0.037$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 11).

- Probabilidad de Respuesta al Azar (pU)

El gráfico 12 muestra el valor absoluto de la Probabilidad de Respuesta al azar (pU), desviación estándar y número de ensayos válidos (N).

*Young* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta al azar de  $0 \pm 5.11$  grados, (N=97), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $0 \pm 5.88$  grados (N=98), y en 6 seg. obtiene  $7.63 \pm 17.83$  grados (N=97).

*Adult* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta al azar de  $0 \pm 8.81$  grados (N=107), en tiempo de presentación estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $9.29 \pm 0.21$  grados (N=96), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $0 \pm 0$  grados (N=98).

*Old* en tiempo de presentación estímulo-respuesta 0 seg. obtiene una probabilidad de respuesta al azar de  $0 \pm 0.11$  grados (N=98), en tiempo de presentación

Memoria de trabajo y envejecimiento:

Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

estímulo-respuesta 3 seg. obtiene  $18.01 \pm 11.11$  grados (N=104), y en tiempo de presentación estímulo-respuesta 6 seg. obtiene  $17.42 \pm 19.46$  grados (N=86).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Adult* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 0 seg.  $p=0.005$  ( $p<0.05$ ), 3 seg.  $p=0.004$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 12). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *Young* y *Old* cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta es 3 seg.  $p=0.02$  ( $p<0.05$ ) (Anexo 12).

En resumen, los resultados revelan que el grupo *Old* presenta un rendimiento más bajo en todas las dimensiones analizadas, en comparación con los grupos *Young* o *Adult*. Se observa mayor presencia de errores de ángulo y errores de módulo, menor probabilidad de respuestas objetivo, y mayor probabilidad de respuestas no objetivo y probabilidad de respuestas al azar. Es importante destacar que, a medida que se aumentaba la carga (1, 3 o 5 estímulos) y se incrementaba el tiempo de presentación estímulo-respuesta (0 seg., 3 seg. o 6 seg.), el rendimiento empeoraba.

## DISCUSIÓN

---

La MT es una de las funciones cognitivas que se afectan en el envejecimiento normal (Dumas, 2015). Estudios previos han demostrado que el rendimiento en tareas de MT visoespacial de las personas mayores de 60 años, es más pobre que el de las personas jóvenes (Brockmole et al., 2008; Parra et al., 2009; Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012). Históricamente, se ha atribuido este déficit a la disminución del número de objetos que pueden ser almacenados en la MT, sin embargo otros estudios señalan la precisión con que se forman las asociaciones de características de objetos desde la MT visual, declina con la edad (Peich, Husain, & Bays, 2013).

Con el fin de indagar acerca de este fenómeno, se ha desarrollado y aplicado el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C) con un Eye Tracker, con el objetivo de observar si el componente de MT visoespacial disminuye a medida que pasan los años, en un grupo de adultos jóvenes, adultos de mediana edad y adultos de edad avanzada. Por otra parte, también se midió la precisión de respuesta en estos grupos, tomando como referencia el grupo más añoso.

Los resultados principales de este trabajo señalan que al presentar 1 estímulo, el grupo de adultos de edad más avanzada (en comparación con los otros grupos), presenta más errores de ángulo cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 0 seg. o 3 seg. Además, presentan más errores de módulo, cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 0 seg. o 3 seg. o 6 seg.

Cuando se presentan 3 estímulos, se observan más errores de ángulo y errores de módulo en el grupo de personas mayores de 60 años, cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 3 seg. o 6 seg. Además, se observa menor probabilidad de respuesta objetivo cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 3 seg. o 6 seg. y mayor probabilidad de respuesta no objetivo cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 0 seg. o 3 seg. o 6 seg. No se evidenciaron diferencias en la probabilidad de respuestas al azar entre los grupos.

Por último, al presentar 5 estímulos, el grupo *Old* presenta más errores de ángulo y errores de módulo, cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 0 seg. o 3 seg. o 6 seg. Además, se observa menor probabilidad de respuesta objetivo cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 0 seg. o 3 seg. o 6 seg.; mayor probabilidad de respuesta no objetivo y probabilidad de respuestas al azar cuando el tiempo de presentación estímulo-respuesta era 0 seg. o 3 seg. o 6 seg.

Del conjunto de resultados obtenidos en este trabajo, se concluye que la precisión con la que cada individuo recuerda las asociaciones de características de los objetos, es menor en el grupo de 60 años o más. Esto, en consecuencia, viene a reafirmar la hipótesis de que las personas mayores sanas, presentan un declive significativo en el rendimiento cognitivo en la MT visoespacial (Rog, & Fink, 2013).

### **Con respecto a la afectación por carga**

En primera instancia, se observa una alta dependencia entre el rendimiento en MT visoespacial y la carga de estímulos entregados. Esto podría explicarse según la teoría de la MT como recurso limitado. Bays & Husain (2008 en Bays, Catalao, & Husain, 2009) sugieren que los recursos de la MT debe ser compartida entre todos los elementos que han sido observados en una tarea. Entonces, la precisión con la que se almacena un elemento depende de la fracción del recurso total asignado a su almacenamiento. Debido a que los participantes no saben cuál será el elemento que deben recordar al ver la pantalla, la MT se repartirá en partes iguales entre todos los elementos observados; por lo tanto, el rendimiento disminuye al aumentar el número de elementos. De hecho, tanto la variabilidad de respuesta para el color como la frecuencia de los errores para la ubicación aumenta con el incremento de la cantidad de elementos a recordar (Bays, Catalao, & Husain, 2009).

Con respecto a las asociación características-objeto, Zokaei, Heider, & Husain (2014) demostraron que es importante el uso de los recursos en la MT para el mantenimiento correcto de la asociación de las características visuales. Cuando se entregan una alta cantidad de estímulos visuales, se incrementan la formación de asociación características-objeto incorrectos, especialmente aquellos localización-color. Esto pues, la precisión es “sacrificada” cuando se acerca a los límites en la capacidad de almacenamiento, lo cual es atribuible a la disminución sistemática en los recursos de MT disponibles para almacenar la información visual en las personas mayores (Bays, & Husain, 2008).

### **Con respecto a la afectación por tiempo presentación estímulo-respuesta**

En segundo lugar, se pudo demostrar que existe una relación importante entre el tiempo que se presenta el estímulo y la respuesta del participante: a medida que aumenta el tiempo, disminuye la precisión en el grupo de adultos de edad avanzada. Esta incapacidad para hacer uso eficiente de la MT, podría deberse a la disminución en la velocidad de procesamiento. Salthouse (2002) ha indicado que la velocidad de procesamiento disminuye significativamente a medida que se envejece, pues la

lentificación en el procesamiento inicial de tareas complejas no permite contar con toda la información necesaria para completar la tarea propuesta. Esto produce dificultades en el registro, procesamiento y recuperación de información (Blasco, y Meléndez, 2006), además de disminuciones en la capacidad de rastreo viso-motor en tareas de reacción visoespacial (McEvoy, Pellouchoud, Smith, & Gevins, 2001). Así se ha propuesto que, un cerebro joven es capaz de obtener y procesar información a una velocidad más rápida, lo que permite una posterior integración y manipulación para completar ciertas tareas cognitivas (Glisky, 2007).

### **Con respecto a la menor probabilidad de respuestas objetivo**

Un tercer resultado es la existencia de diferencias significativas en la probabilidad de respuestas objetivo, lo que se traduce en una menor probabilidad de responder correctamente. La teoría de la falta de control inhibitorio es capaz de explicar este fenómeno. Ésta señala que las personas mayores son incapaces de suprimir información irrelevante en la MT (Dumas, 2015), por lo tanto la capacidad para la información relevante es consecuentemente limitada.

Estudios sugieren que la presencia de distracción posee un impacto negativo en el desempeño exitoso en la MT, en el envejecimiento normal. Aquellas distracciones logran que la información se pierda, pues el espacio cognitivo es limitado y vulnerable a éstas (Gulbinaite, 2014). Por lo tanto, la susceptibilidad a la interferencia externa impacta negativamente en la habilidad de mantener información en MT (Clapp, Rubens, & Gazzaley, 2010). Clapp, Rubens, & Gazzaley (2010) diferenciaron las interferencias externas como “distracción” o “interrupción”: las distracciones involucran a aquellos estímulos irrelevantes para la tarea destinados a ser ignorados, mientras que las interrupciones son consideradas como tareas secundarias y se relaciona con la realización de tareas simultáneas (“multitasking”). Se sugiere que las personas mayores presentan peor rendimiento en tareas de distracción y mucho peor en tareas de interrupción, en comparación con personas más jóvenes.

### **Con respecto a la mayor probabilidad de respuestas no objetivo y respuestas al azar**

Como cuarto hallazgo, se observó la presencia de una mayor probabilidad de respuesta no objetivo (mayor probabilidad de responder equivocadamente alguna de las características individuales de los estímulos presentados, localización o color); y una mayor probabilidad de respuesta al azar (mayor probabilidad de responder equivocadamente a todas de las características individuales de los estímulos

presentados). Bays, Catalao, & Husain (2009) han confirmado que las personas mayores de 60 años son más propensas a estar sesgadas en sus respuestas por elementos que no deben recordar. Se sugiere que estas personas presentan una alteración en el mantenimiento de los bindings, es decir, muestran una disrupción específica en la habilidad de asociar diversos elementos en una representación en la MT (Liang et al., 2016). Varios estudios han contrastado los efectos del envejecimiento en la MT, en la creaciones de representaciones para características individuales (ubicación, color, etc.) con la creación de representaciones para asociaciones de características (ubicación-color) (Zimmer et al., 2006 en Sander, Lindenberger, & Werkle-Bergner, 2012; Brockmole, Parra, Sala, & Logie, 2008; Parra, Abrahams, Logie, & Sala, 2009; Sander, Werkle-Bergner, & Lindenberger, 2011). En este contexto, no se encontraron diferencias en la codificación de la característica específica de un estímulo, si no, en la asociación de las características entregadas como una disminución en la discriminación del objetivo y en un aumento en el tiempo de respuesta para rechazar distractores (Liang et al., 2016; Peich, Husain, & Bays, 2013). La recuperación de la información también sería afectada: a mayor cantidad de información no relevante y mayor su similitud con el material objetivo a la que las personas son expuestas, más dificultad habrá para los procesos de codificación y recuperación (Klyszejko, Rahmati, Curtis, 2014).

## CONCLUSIONES

---

Con todo lo anterior, las conclusiones de este estudio son:

- 1) El grupo de adultos de edad avanzada presenta rendimiento alterado en MT visoespacial, en comparación con los otros grupos observados. Esto es pues se observó:
  - Un mayor número de errores de ángulo
  - Un mayor número de errores de módulo
  - Una menor probabilidad de respuestas objetivo
  - Una mayor probabilidad de respuestas no objetivo
  - Una mayor probabilidad de respuestas al azar
- 2) Sin embargo, no se ha podido concluir que la MT visoespacial disminuye a medida que se envejece. El grupo de adultos obtuvieron mejores puntuaciones en las diferentes dimensiones analizadas, en comparación con el grupo de adultos jóvenes.

### Implicaciones clínicas

Los resultados preliminares obtenidos en el presente estudio resultan interesantes por dos motivos. Primeramente, se ha señalado al componente visoespacial como decisivo en el envejecimiento (Pertzov, Dong, Peich, & Husain, 2012 en Pertzov, Heider, Liang, & Husain, 2015). Específicamente, la formación de asociaciones de características visuales, es un mecanismo sensible y frágil. Éste también se encuentra afectado en personas con deterioro cognitivo leve (DCL) (Van Geldorp et al., 2015) y con enfermedad de Alzheimer Preclínica (EA) (Parra et al., 2010; Parra, Abrahams, Logie, & Della Sala, 2010; Parra, Abrahams, Logie, Méndez, et al, 2010; Parra, Abrahams, Fabi, et al., 2009). En este contexto, las proyecciones de este trabajo apuntan a mejorar la prueba en si misma, para más tarde correlacionarla con biomarcadores en Enfermedad de Alzheimer y hacer uso de ésta como un instrumento válido en la detección temprana de cambios cognitivos en fases preclínicas.

En segundo lugar, la inclusión del Eye Tracker en este estudio es un aporte. Esto permite controlar con mayor exhaustividad la variable de precisión en el contexto del estudio del declive de la MT visoespacial a través del ciclo vital, lo cual es una contribución novedosa y replicable.

## **Limitaciones**

Como se comentó antes, los resultados entre el grupo de adultos jóvenes y adultos no son concluyentes, por lo cuál no se logra confirmar la hipótesis de que existe un declive significativo a medida que se envejece. Esto está relacionado, sin duda, con unas de las limitaciones más importantes de este estudio: el empleo de una técnica de muestreo no probabilística y la utilización de una muestra muy pequeña ( $n=15$ ). Por otra parte, al ser una prueba experimental, se tuvieron variados problemas como la calibración del Eye Tracker. Esto podría haber incidido directamente en la atención de los dos primeros participantes del grupo de adultos jóvenes. Al parecer, la calibración que se utilizó no era la correcta, por lo cual cada vez que un participante pestañaba de forma natural, o bien, demoraba algo más de lo normal, el Eye Tracker solicitaba mirar al centro de la pantalla, mostrando un mensaje. Este inconveniente quedó registrado en los gráficos de error de ángulo y error de módulo de rendimiento individual del grupo *Young* (Anexo 25 y 26). Es de esperar que esto tuviera influencia en el desempeño total del grupo y los análisis finales que se realizaron.

## REFERENCIAS

---

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1998). Recent developments in working memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 234-238.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 198-208.
- Bays, P. (2016). Evaluating and excluding swap errors in analogue tests of working memory. *Nature (Scientific Reports)*, 6, 19203.
- Bays, P. M., Catalao, R. F., & Husain, M. (2009). The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision* 9, 1-11.
- Bermejo, F., Porta-Etessam, J., Díaz, J., & Martínez-Martín, P. (2008). *Más de 100 escalas en Neurología*. Madrid: Aula Médica Ediciones.
- Blasco, S. & Meléndez, J. (2006). Cambios en la memoria asociados al envejecimiento. *Gerátrika*, 22, 179-185.
- Bright, P., Jaldow, E., & Kopelman, M. D. (2002). The National Adult Reading Test as a measure of premorbid intelligence: A comparison with estimates derived from demographic variables. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8, 847-854.
- Brockmole, J. R., Parra, M. A., Della Sala, S. S., & Logie, R. (2008). Do Binding Deficits Account for Age-Related Decline in Visual Working Memory? *Psychonomic Bulletin & Review*, 15, 543-47.
- Carreiras, M., Mechelli, A., Estévez, A., & Price, C. (2007). Brain activation for lexical decision and reading aloud: Two sides of the same coin?. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 433-444.
- Clapp, W. C., Rubens, M. T., & Gazzaley, A. (2010). Mechanisms of working memory disruption by external interference. *Cerebral cortex*, 20, 859-872.
- Chee, M. W., & Choo, W. C. (2004). Functional imaging of working memory after 24h of sleep deprivation. *The Journal of Neuroscience*, 24, 4560-4567.
- Del Ser, T., González, J., Martínez, S., Delgado C., & Bermejo, F. (1997). Estimation of premorbid intelligence in spanish people with the Word Accentuation Test and its applications to the diagnosis of dementia. *Brain and Cognition*, 33, 343-356.
- Dumas, J. A. (2015). What Is Normal Cognitive Aging? Evidence from Task-Based Functional Neuroimaging. *Current Behavioral Neuroscience Reports*, 2, 256-261.
- Fallon, S. J., Zokaei, N., & Husain, M. (2016). Causes and consequences of limitations in visual working memory. *Annals of the New York Academy of Science*, 1369, 40-54.
- Gulbinaite, R. (2014). Variations in working memory capacity. From cognition to brain networks (PhD Thesis). Grönigen University, The Netherlands.
- Glisky, E. (2007). *Brain Aging: Models, Methods, and Mechanisms*. Boca Raton, F: CRC Press.

- Gazzaley, A., Sheridan, M. A., Cooney, J. W., & D'Esposito, M. (2007). Age-related deficits in component processes of working memory. *Neuropsychology, 21*, 532–539.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta Edición. McGraw Hill: México.
- Ishihara, S. (1917). *Tests for colour-blindness*. Tokio: Hongo Harukicho.
- Ivanova, M. V., & Hallowell, B. (2012). Validity of an eye-tracking method to index working memory in people with and without aphasia. *Aphasiology, 26*, 556–578.
- Kramer, A. F. & Madden, D. (2008). Attention. In F.I.M. Craik & T.A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (3rd edition). New York: Psychology Press.
- Klyszejko, Z., Rahmati, M., & Curtis, C. E. (2014). Attentional priority determines working memory precision. *Vision Research, 105*, 70–76.
- Lara, A., & Wallis, J. D. (2015). The Role of Prefrontal Cortex in Working Memory: A Mini Review. *Frontiers Systems in Neuroscience, 9*, 173.
- Lee Shing, Y., Werkle-Bergner, M., Brehmer, Y., Muller, M., Li, S., & Lindenberger, U. (2010). Episodic memory across the lifespan: The contributions of associative and strategic components. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 34*, 1080–1091.
- Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2006). *The Neurology of Eye Movements*. (Bd. 90). New York: Oxford University Press.
- Lich, M., & Bremmer, F. (2014). Self-Motion perception in the elderly. *Frontiers Human Neuroscience, 8*, 681.
- Liang, Y., Pertzov, Y., Nicholas, J., Henley, S., Crutch, S., Woodward, F., Leung, K., Fox, N., & Husain, M. (2016). Visual short-term memory binding deficit in familial Alzheimer's disease. *Cortex, 78*, 150–164.
- Luo, L., & Craik, F. I. (2008). Aging and memory: a cognitive approach. *Canadian Journal of Psychiatry, 53*, 346-53.
- McEvoy, L. K., Pellouchoud, E., Smith, M. E., & Gevins, A. (2001). Neurophysiological signals of working memory in normal aging. *Cognitive Brain Research, 11*, 363–376.
- Mitchell, K. J., Johnson, M. K., Raye, C. L., Mather, M., & D'Esposito, M. (2000). Aging and reflective processes of working memory: Binding and test load deficits. *Psychology and Aging, 15*, 527–541.
- Nelson, H., & O'Connell, A. (1978). Dementia: the estimation of premorbid intelligence levels using the new Adult Reading Test. *Cortex, 14*, 234-244.
- Oberauer, K., Lange, E., & Engle, R.W (2004). Working memory capacity and resistance to interference. *Journal of Memory and Language, 51*, 80–96.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015). Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud [en línea]. [Consultado el 10 de Marzo de 2016]. Disponible en <http://www.who.int/ageing/publications/world-report-2015/es/>
- Old, S. R., & Naveh-Benjamin, M. (2008). Differential effects of age on item and associative measures of memory: a meta-analysis. *Psychology of Aging, 23*, 104-18.
- Park, S., & Holzman, P. (1993) Association of working memory deficit and eye tracking dysfunction in Schizophrenia. *Schizophrenia Research, 11*, 55-61.

- Parra, M. A., Della Sala, S. S., Abrahams, S., Logie, R. H., Méndez, L. G., & Lopera, F. (2011). Specific deficit of colour–colour short-term memory binding in sporadic and familial Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *49*, 1943-1952.
- Parra, M. A., Abrahams, S., Logie, R.H., Mendez, L.G., Lopera, F., & Della Sala, S. (2010). Visual short-term memory binding deficits in familial Alzheimer's disease. *Brain*, *133*, 2702-2713.
- Parra, M.A., Abrahams, S., Logie, R. H., & Della, S. S (2010). Visual short-term memory binding in Alzheimer's disease and depression. *Journal of Neurology*, *257*, 1160-1169.
- Peich, M. C., Husain, M., & Bays, P. M. (2013). Age-related decline of precision and binding in visual working memory. *Psychological Aging*, *28*, 729-43.
- Pertzov, Y., Heider, M., Liang, Y., & Husain, M. (2015). Effects of Healthy Ageing on Precision and Binding of Object Location in Visual Short Term Memory. *Psychology and Aging*, *30*, 26–35.
- Rami, L., Molinuevo, J. L., Bosch, B., Sanchez-Valle, R., & Villar, A. (2007). Screening for amnesic mild cognitive impairment and early Alzheimer's disease with M@T (Memory Alteration Test) in the primary care population. *Internal Journal of Geriatrics and Psychiatry*, *22*, 294-297.
- Rami, L., Bosch, B., Valls-Pedret, C., Caprile, C., Sánchez-Valle, R., & Molinuevo, J. L. (2009). Validez discriminativa y asociación del test minimal (MMSE) y del test de alteración de memoria (T@M) con una batería neuropsicológica en pacientes con deterioro cognitivo leve amnésico y enfermedad de Alzheimer. *Revista de Neurología*, *49*, 169-174.
- Rodríguez, R. (2010). Cambios en la memoria de trabajo asociados al proceso de envejecimiento (tesis doctorado). Universidad Complutense de Madrid, España.
- Rog, L. A. & Fink, J. W. (2013). Mild Cognitive Impairment and Normal Aging. *Handbook on the Neuropsychology of Aging and Dementia*. Ravdin, L. D., Katzen, H. L. (Eds.) pp.239-256.
- Sander, M., Lindenberger, U., & Werkle-Bergner, M. (2012). Lifespan age differences in working memory: A two-component framework. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*, 2007–2033.
- Salthouse, T. (2002). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, *103*, 403 – 428.
- Sunday, M. (2014). Determining a Correlation Between Individual Differences In Eye Movements and Working Memory (PhD Thesis). University of South California, USA.
- Tanaka, T., Sugimoto, M., Tanida, Y., & Saito, S. (2014). The influences of working memory representations on long-range regression in text reading: an eye-tracking study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 765.
- Todd, J.J., & Marois, R. (2004). Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, *428*, 751-754.
- Van Geldorp, B., Heringa, S. M., Van den Berg, E., Olde-Rikkert, M. G., Biessels, G. J., & Kessels, R.P. (2015). Working memory binding and episodic memory formation in aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's dementia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *37*, 538-48.

Memoria de trabajo y envejecimiento:

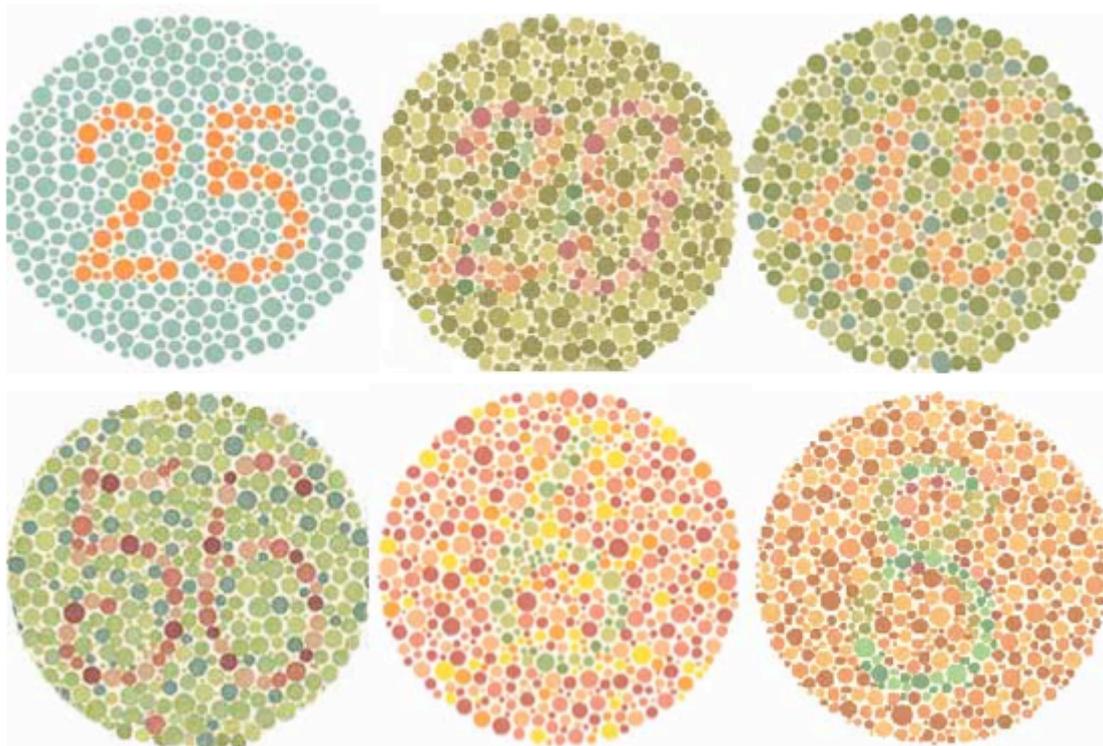
Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

- Van Geldorp, B., Parra, M.A., & Kessels, R.P. (2014). Cognitive and neuropsychological underpinnings of relational and conjunctive working memory binding across age. *Memory*, 1-11.
- Yeh, Y., Tsai, J. L., Hsu, W. C., & Fu Lin, C. (2014). A model of how working memory capacity influences insight problem solving in situations with multiple visual representations: An eye tracking analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 13, 153–16.
- Zokaei, N., Heider, M., & Husain, M. (2014). Attention is required for maintenance of feature binding in visual working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology (Hove)*, 67, 1191–1213.

## ANEXOS

---

### Anexo 1: Test de Ishibara



## Anexo 2: Protocolo de Investigación

Código:  
Nombre completo:  
Edad:  
Sexo:  
Escolaridad:  
Nivel educativo alcanzado:  
Profesión / oficio:  
Preferencia manual:  
Fecha de evaluación:

PRUEBA	ORDEN DE APLICACIÓN
Entrevista previa	
Consentimiento informado	
TAP NART	Puntaje:
T@M	Puntaje:
Prueba Agudeza Visual	
Prueba Daltonismo	
TMTV-C (1)	
TMTV-C (2)	
TMTV-C (3)	

### Entrevista Inicial

#### Exploración Clínica

- ¿Tiene dificultades visuales?
- ¿Tiene problemas de audición?
- ¿Tiene problemas para dormir por la noche?
- ¿Tiene dolores de cabeza?
- ¿En ocasiones nota mareos o siente vértigos?
- ¿Generalmente se siente cansado?
- ¿Sufre temblores?
- ¿Ha tenido pérdidas de conciencia?
- ¿Se ha sentido deprimido últimamente?

#### Antecedentes médicos relevantes:

- ¿Tiene la presión alta? ¿Toma tratamiento?
- ¿Tiene o ha tenido problemas circulatorios? ¿Toma tratamiento?
- ¿Tiene diabetes? ¿Toma tratamiento?
- ¿Tiene colesterol alto? ¿Toma tratamiento?
- ¿Ha tenido alguna vez epilepsia o ataque epilépticos? ¿Toma tratamiento?
- ¿Ha sufrido alguna vez un golpe grave en la cabeza? ¿Llegó a perder el conocimiento?
- ¿Alguna otra enfermedad? ¿Toma tratamiento?

### **Anexo 3: Consentimiento Informado**

#### **Título: VALIDACIÓN DE NUEVAS PRUEBAS COGNITIVAS EN SUJETOS COGNITIVAMENTE SANOS Y CON DETERIORO COGNITIVO LEVE AMNÉSICO**

##### **Introducción:**

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. El estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética en Investigación Clínica del Hospital Clínic de Barcelona. Nuestra intención es tan solo que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no participar en este estudio. Para ello lea esta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación. Además, puede consultar con las personas que considere oportuno.

##### **Participación voluntaria:**

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento. Usted siempre tendrá la libertad de abandonar el estudio, con la seguridad de que se respetará la confidencialidad de sus datos personales y de que recibirá en todo momento el mejor tratamiento posible. Si usted decidiese abandonar el estudio, la información confidencial aportada hasta el momento no podrá ser excluida, solo se dejará de incluir información en las futuras recogidas de datos.

##### **Descripción general del estudio:**

El presente estudio, tiene como objetivo principal validar nuevas pruebas cognitivas en la población por encima de 50 años, que sean sensibles a los cambios cognitivos iniciales de las enfermedades neurodegenerativas. En este estudio se incluirán 100 sujetos sanos, y 100 sujetos con deterioro cognitivo leve. Para la validación utilizaremos tests cognitivos que implican la realización de varios ejercicios de memoria y de otras funciones como el lenguaje y la atención. Algunas de estas pruebas se realizarán con ordenador, pero el procedimiento es sencillo y no se requieren conocimientos de informática avanzados. La exploración será realizada en una sesión de 1-2 horas, y se repetirá pasado un año.

##### **Beneficios y riesgos derivados de su participación en este estudio:**

Usted no recibirá beneficios directos al participar en este estudio. Los resultados en las pruebas no podrán utilizarse para el diagnóstico de problemas cognitivos puesto que son pruebas nuevas que aún no están validadas. Si usted cree que presenta dificultades cognitivas debe consultar con un especialista. Por otra parte, la realización de estas pruebas neuropsicológicas no presupone ningún riesgo ni inconveniente para su salud.

##### **Remuneración económica:**

Usted no recibirá remuneración económica por participar en este estudio.

Memoria de trabajo y envejecimiento:  
Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

**Confidencialidad:**

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal. De acuerdo a lo que establece la legislación de protección de datos, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a su médico del estudio.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y solo los colaboradores de este estudio podrán relacionar dichos datos con usted y con su historia clínica. Por lo tanto, su identidad no será revelada a persona alguna salvo en caso de urgencia médica o requerimiento legal. El acceso a su información personal también podrá ser compartida con el Comité Ético de Investigación Clínica, cuando lo precisen para comprobar los datos y procedimientos del estudio, pero siempre manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

Sólo se transmitirán a terceros y a otros países los datos recogidos para el estudio que en ningún caso contendrán información que le pueda identificar directamente, como nombre y apellidos, iniciales, dirección, nº de la seguridad social, etc. En el caso de que se produzca esta cesión, será para los mismos fines del estudio descrito y garantizando la confidencialidad.

**Uso de datos para futuras investigaciones:**

Eventualmente, sus datos podrán ser utilizados en futuros proyectos del equipo de investigación siempre que éstos hayan sido aprobados por el comité ético (CEIC) del centro. Estas futuras investigaciones tendrán los mismos procedimientos sobre la confidencialidad de los datos descritos anteriormente.

**Aclaraciones futuras y datos de contacto:**

Si necesitase alguna aclaración del estudio puede hablar con la investigadora principal del estudio, la Dra. Lorena Rami o bien con el resto de miembros del equipo investigador. Puede contactarlos a través del número de teléfono +34 934 518 240, de lunes a viernes de 9:00 am a 17:00 pm.

Muchas gracias por su colaboración.

---

Firma Participante

---

Firma Investigador

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Título: **VALIDACIÓN DE NUEVAS PRUEBAS COGNITIVAS EN SUJETOS COGNITIVAMENTE SANOS Y CON DETERIORO COGNITIVO LEVE AMNÉSICO**

Yo, (nombre del participante)

.....

He leído la hoja de información que se me ha entregado, he podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas

**Sí      No**

Comprendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

**Sí      No**

Consiento que los resultados de las exploraciones neuropsicológicas obtenidos para este proyecto sean utilizados en futuros proyectos del equipo siempre que éstos hayan sido aprobados por el comité ético del centro (de lo contrario, sus resultados serán destruidos tras la realización de las determinaciones previstas en este estudio).

**Sí      No**

Consiento que los posibles resultados obtenidos con mi participación en el estudio sean fuente de publicaciones científicas, siempre que se vele por mi completo anonimato.

**Sí      No**

\_\_\_\_\_  
Firma Participante

\_\_\_\_\_  
Firma investigador

Nombre Participante:.....

Nombre Investigador: .....

DNI Participante:.....

DNI Investigador: .....

Lugar: .....

Fecha: .....

Memoria de trabajo y envejecimiento:  
Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

#### **Anexo 4: Test de Acentuación de Palabras (TAP)**

ACULLA  
ALELI  
ALEGORIA  
CONCAVO  
ACME  
CANON  
DESCORTES  
ACOLITO  
ABOGACIA  
RABI  
MANCHU  
AMBAR  
SILICE  
PIFANO  
DISCOLO  
CUPULA  
ANOMALO  
APATRIDA  
DIAMETRO  
PUGIL  
GRISU  
TACTIL  
BULGARO  
CELIBE  
HUSAR  
MOARE  
POLIGAMO  
ALBEDRIO  
VOLATIL  
BALADI

## Anexo 5: Test de Alteración de Memoria (T@M)

**MEMORIA INMEDIATA** "Intente memorizar estas palabras. Es importante que este atento/a"  
Repita: **cereza (R) hacha (R) elefante (R) piano (R) verde (R)**

- |   |       |                   |
|---|-------|-------------------|
| 1. Le he dicho una fruta, ¿cuál era?          | 0 - 1 | (Si 0, repetirla) |
| 2. Le he dicho una herramienta, ¿cuál era?    | 0 - 1 | "                 |
| 3. Le he dicho un animal, ¿cuál?              | 0 - 1 | "                 |
| 4. Le he dicho un instrumento musical, ¿cuál? | 0 - 1 | "                 |
| 5. Le he dicho un color, ¿cual?               | 0 - 1 |                   |

"Después le pediré que recuerde estas palabras"

"Este atento/a a estas frases e intente memorizarlas" (máximo 2 intentos de repetición):

Repita: **TREINTA GATOS GRISES SE COMIERON TODOS LOS QUESOS (R)**

6. ¿Cuántos gatos había? 0 - 1; 7. ¿De qué color eran? 0 - 1; 8. ¿Qué se comieron? 0 - 1  
(Si 0 decirle la respuesta correcta)

Repita: **UN NIÑO LLAMADO LUIS JUGABA CON SU BICICLETA (R)** (máximo 2 intentos):

9. ¿Cómo se llamaba el niño? 0 - 1; 10. ¿Con qué jugaba? 0 - 1  
(Si 0 decirle la respuesta correcta)

### **MEMORIA DE ORIENTACIÓN TEMPORAL**

11. Día semana 0 - 1; 12. Mes 0 - 1; 13. Día de mes 0 - 1; 14. Año 0 - 1; 15. Estación 0 - 1

### **MEMORIA REMOTA SEMÁNTICA** (2 intentos; si error: repetir de nuevo la pregunta)

- |  |       |
|--|-------|
| 16. ¿Cuál es su fecha de nacimiento?   | 0 - 1 |
| 17. ¿Cómo se llama el profesional que arregla coches?                          | 0 - 1 |
| 18. ¿Cómo se llamaba el anterior presidente del gobierno?                      | 0 - 1 |
| 19. ¿Cuál es el último día del año?  | 0 - 1 |
| 20. ¿Cuántos días tiene un año que no sea bisiesto?                            | 0 - 1 |
| 21. ¿Cuántos gramos hay en un cuarto de kilo?                                  | 0 - 1 |
| 22. ¿Cuál es el octavo mes del año?  | 0 - 1 |
| 23. ¿Qué día se celebra la Navidad?  | 0 - 1 |
| 24. Si el reloj marca las 11 en punto, ¿en qué número se sitúa la aguja larga? | 0 - 1 |
| 25. ¿Qué estación del año empieza en septiembre después del verano?            | 0 - 1 |
| 26. ¿Qué animal bíblico engañó a Eva con una manzana?                          | 0 - 1 |
| 27. ¿De qué fruta se obtiene el mosto?   | 0 - 1 |
| 28. ¿A partir de qué fruto se obtiene el chocolate?                            | 0 - 1 |
| 29. ¿Cuánto es el triple de 1?   | 0 - 1 |
| 30. ¿Cuántas horas hay en dos días?  | 0 - 1 |

### **MEMORIA DE EVOCACIÓN LIBRE**

31. De las palabras que dije al principio, ¿cuales podría recordar? 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5

(esperar la respuesta mínimo 20 segundos)

32. ¿Se acuerda de la frase de los gatos? 0 - 1 - 2 - 3 (un punto por idea: 30 -grises -quesos)  
33. ¿Se acuerda de la frase del niño? 0 - 1 - 2 (un punto por idea: Luis -bicicleta)

### **MEMORIA DE EVOCACIÓN CON PISTAS**

- |  |       |                                       |       |
|--|-------|---------------------------------------|-------|
| 34. Le dije una fruta, ¿cuál era?                | 0 - 1 | ¿Se acuerda de la frase de los gatos? |       |
| 35. Le dije una herramienta, ¿cuál?              | 0 - 1 | 39. ¿Cuántos gatos había?             | 0 - 1 |
| 36. Le dije un animal ¿cuál era?                 | 0 - 1 | 40. ¿De qué color eran?               | 0 - 1 |
| 37. Un instrumento musical, ¿cuál?               | 0 - 1 | 41. ¿Qué comían?                      | 0 - 1 |
| 38. Le dije un color, ¿cuál?                     | 0 - 1 | ¿Se acuerda de la frase del niño?     |       |
| (Puntuar 1 en las ideas evocadas de forma libre) |       | 42. ¿Cómo se llamaba?                 | 0 - 1 |
|  |       | 43. ¿Con qué estaba jugando?          | 0 - 1 |

Memoria de trabajo y envejecimiento:  
 Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

**Anexo 6: Tabla 1. Variables Sociodemográficas**

	Young (n=5)	Adult (n=5)	Old (n=5)
Mujeres	60%	20%	60%
Hombres	40%	80%	40%
Edad	30,60 ±2,07 años (28-33 años)	42,60 ±2,70 años (40-46 años)	71,80 ±2,05 años (70-75 años)
Nivel de Escolaridad	19,60 ±1,67 años (17-21 años)	19,40 ±2,88 años (15-23 años)	11,20 ±1,70 años (8-12 años)

**Anexo 7: Tabla 2. Puntuación pruebas neuropsicológicas**

	Young (n=5)	Adult (n=5)	Old (n=5)
T@M	27,60 ±2,30 puntos (28-30 puntos)	8,60 ±0,89 puntos (28-30 puntos)	24,60 ±1,92 puntos (44-49 puntos)
TAP	42,60 ±3,30 puntos (42-49 años)	47,20 ±6,67 puntos (32-49 años)	43,00 ±6,67 puntos (32-49 puntos)

Memoria de trabajo y envejecimiento:  
 Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

**Anexo 8: Tabla 3. Error de Ángulo: Correlación entre grupos ( $p < 0.05$ )**

	Young-Adult	Young-Old	Adult-Old
Err_An_L1_d3 Err_An_L1_d0 Err_An_L1_d6	p=0.452 p=0.664 p=0.144	p=0.041 p=0.082 p=0.005	p=0.081 p=0.049 p=0.049
Err_An_L3_d0 Err_An_L3_d3 Err_An_L3_d6	p=0.321 p=0.370 p=0.208	p=0.051 p=0.155 p=0.056	p=0.201 p=0.026 p=0.032
Err_An_L5_d0 Err_An_L5_d3 Err_An_L5_d6	p=0.975 p=0.168 p=0.876	p=0.513 p=0.006 p=0.001	p=0.005 p=0.013 p=0.047

**Anexo 9: Tabla 4. Error de Módulo: Correlación entre grupos ( $p < 0.05$ )**

	Young-Adult	Young-Old	Adult-Old
Err_Mod_L1_d3 Err_Mod_L1_d0 Err_Mod_L1_d6	p=0.656 p=0.104 p=0.048	p=0.019 p=0.095 p=0.501	p=0.021 p=0.004 p=0.046
Err_Mod_L3_d0 Err_Mod_L3_d3 Err_Mod_L3_d6	p=0.804 p=0.001 p=0.324	p=0.113 p=0.123 p=0.010	p=0.116 p=0.008 p=0.008
Err_Mod_L5_d0 Err_Mod_L5_d3 Err_Mod_L5_d6	p=0.835 p=0.134 p=0.059	p=0.020 p=0.002 p=0.001	p=0.021 p=0.024 p=0.042

Memoria de trabajo y envejecimiento:  
 Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

**Anexo 10: Tabla 5. Probabilidad Respuesta Objetivo (pT): Correlación entre grupos ( $p < 0.05$ )**

	Young-Adult	Young-Old	Adult-Old
pT_L3_d0 pT_L3_d3 pT_L3_d6	p=0.967 p=0.814 p=0.204	p=0.135 p=0.029 p=0.225	p=0.183 p=0.030 p=0.033
pT_L5_d0 pT_L5_d3 pT_L5_d6	p=0.060 p=0.612 p=0.498	p=0.053 p=0.007 p=0.204	p=0.006 p=0.005 p=0.068

**Anexo 11: Tabla 6. Probabilidad Respuesta No Objetivo (pNT): Correlación entre grupos ( $p < 0.05$ )**

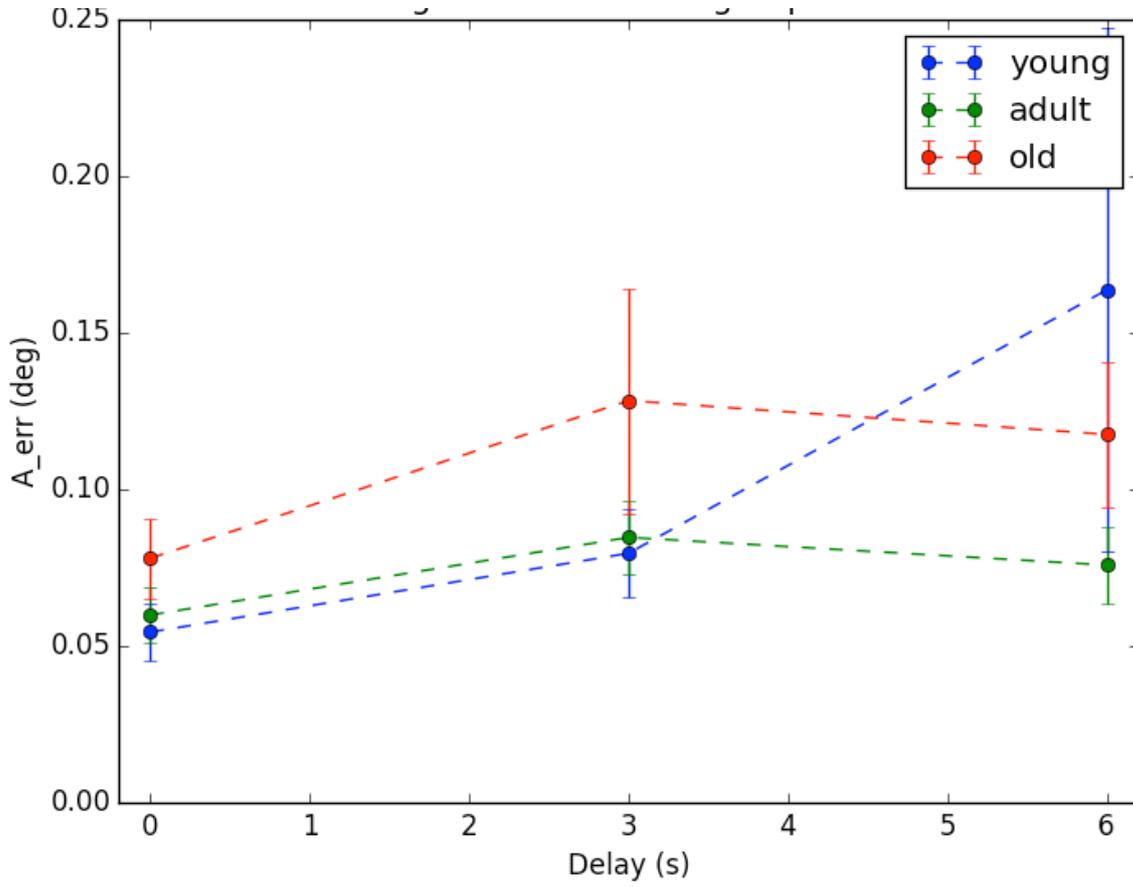
	Young-Adult	Young-Old	Adult-Old
pNT_L3_d0 pNT_L3_d3 pNT_L3_d6	p=0.205 p=0.360 p=0.319	p=0.234 p=0.722 p=0.360	p=0.043 p=0.014 p=0.048
pNT_L5_d0 pNT_L5_d3 pNT_L5_d6	p=0.217 p=0.324 p=0.594	p=0.264 p=0.037 p=0.180	p=0.081 p=0.429 p=0.013

Memoria de trabajo y envejecimiento:  
 Rendimiento en el Test de Memoria de Trabajo Visoespacial Computarizado (TMTV-C)

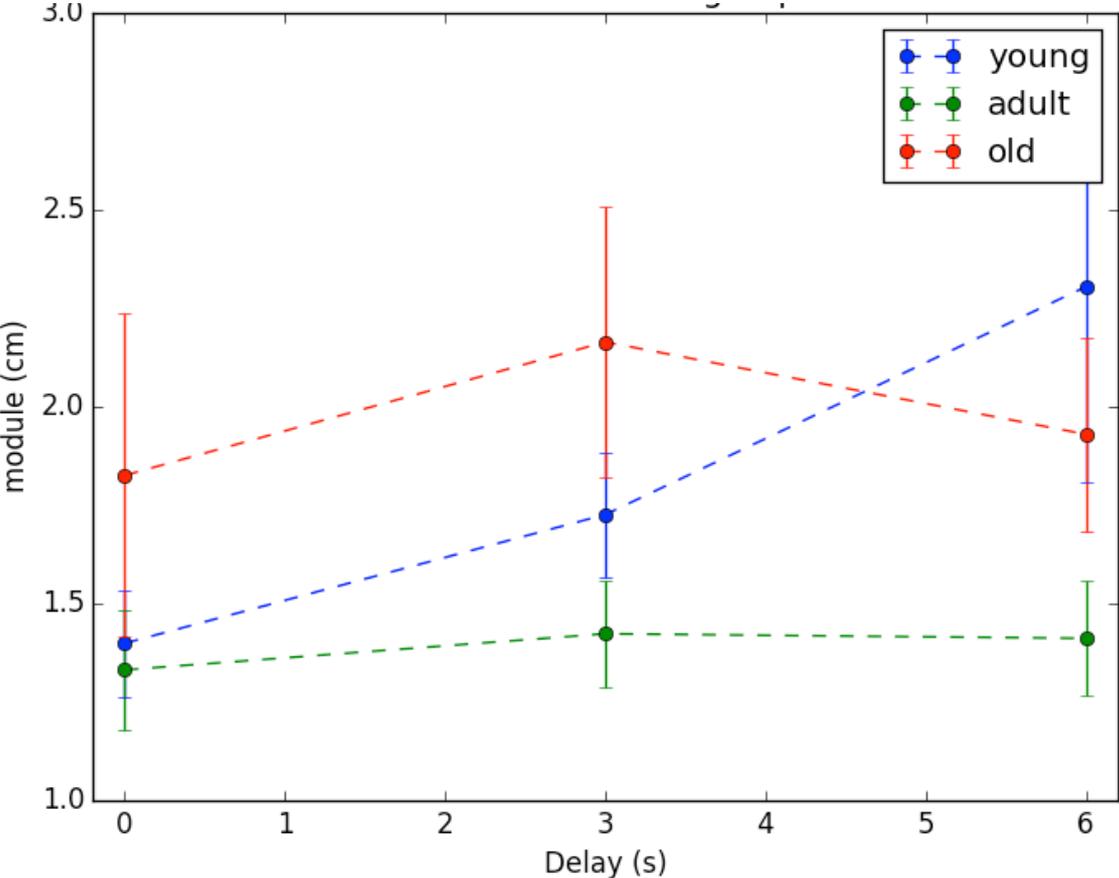
**Anexo 12: Tabla 7. Probabilidad de Respuesta al Azar (pU): Correlación entre grupos (p<0.05)**

	Young-Adult	Young-Old	Adult-Old
pU_L3_d0 pU_L3_d3 pU_L3_d6	p=0.092 p=0.459 p=0.819	p=0.480 p=0.317 p=0.203	p=0.526 p=0.069 p=0.342
pU_L5_d0 pU_L5_d3 pU_L5_d6	p=0.205 p=0.993 p=0.357	p=0.020 p=0.890 p=0.660	p=0.004 p=0.154 p=0.115

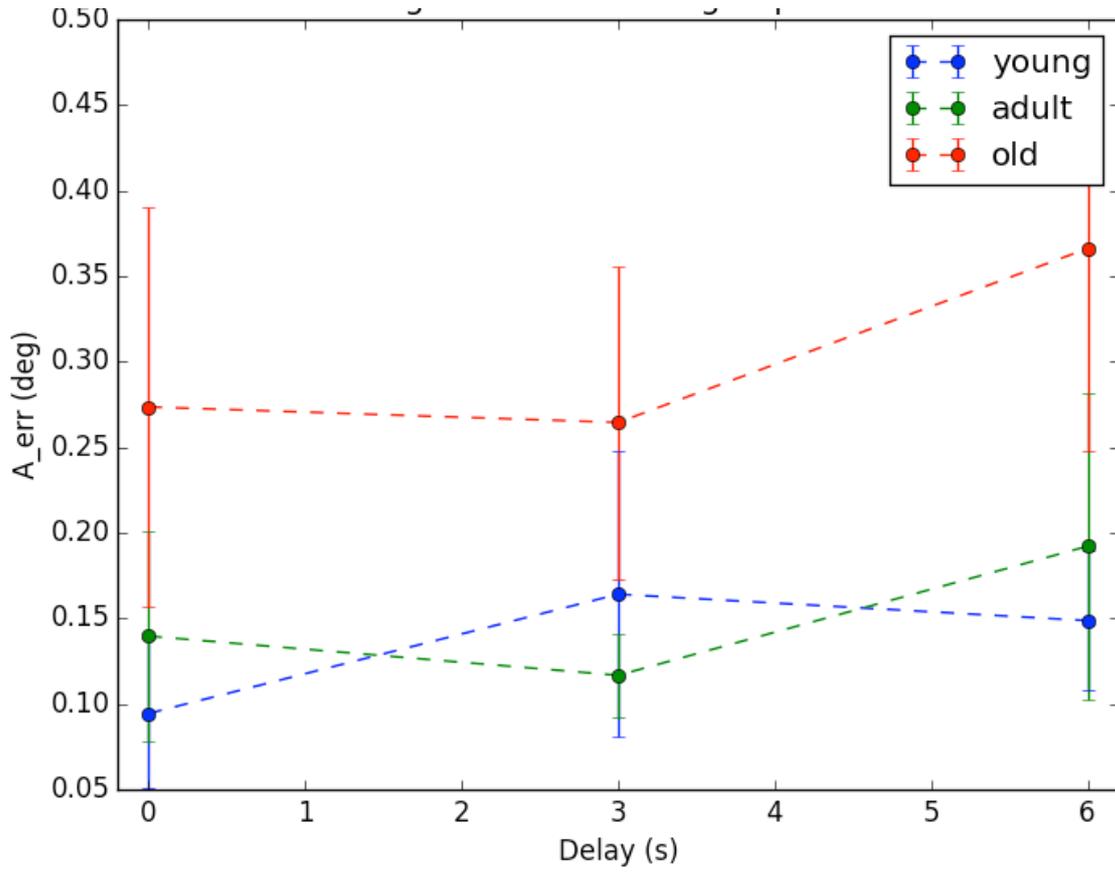
**Anexo 13: Gráfico 1. Errores de Ángulo ( $A_{err}$ ) por grupo (1 carga)**



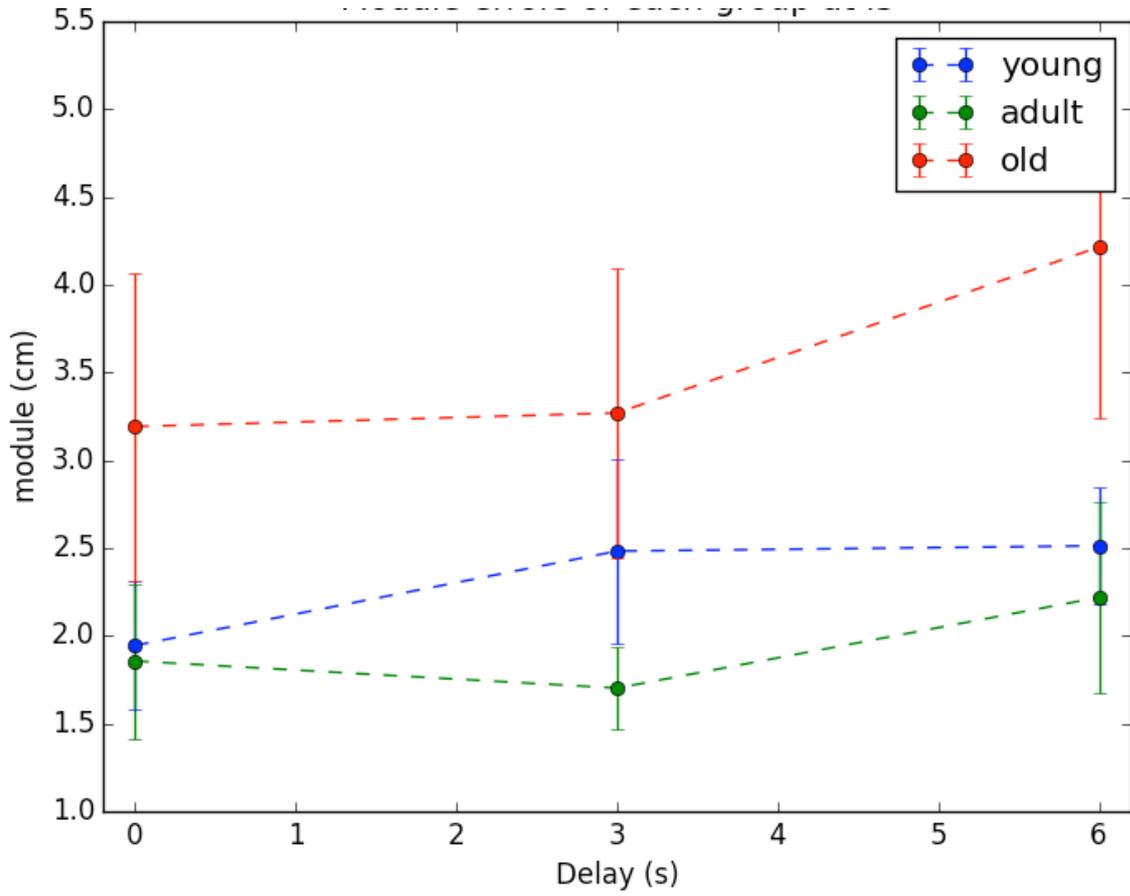
Anexo 14: Gráfico 2. Errores de Módulo (module) por grupo (1 carga)



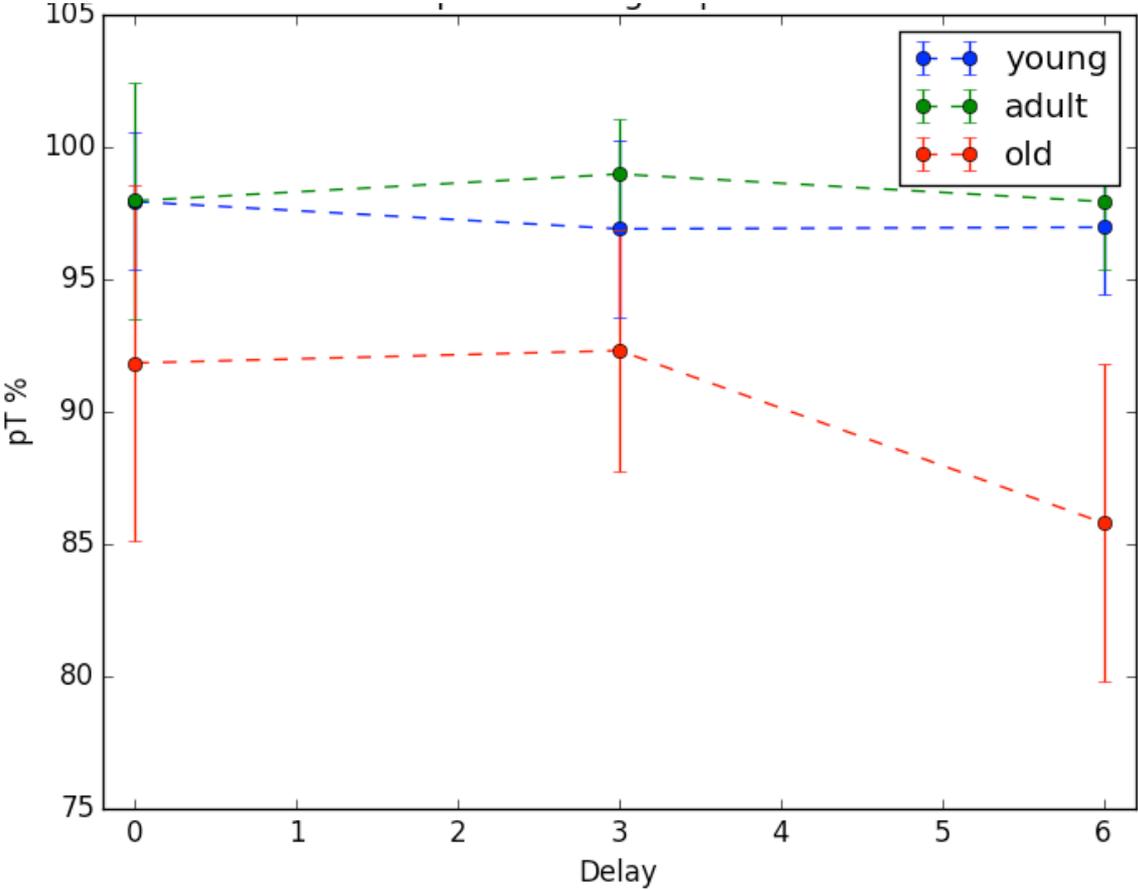
**Anexo 15: Gráfico 3. Errores de Ángulo ( $A_{err}$ ) por grupo (3 cargas)**



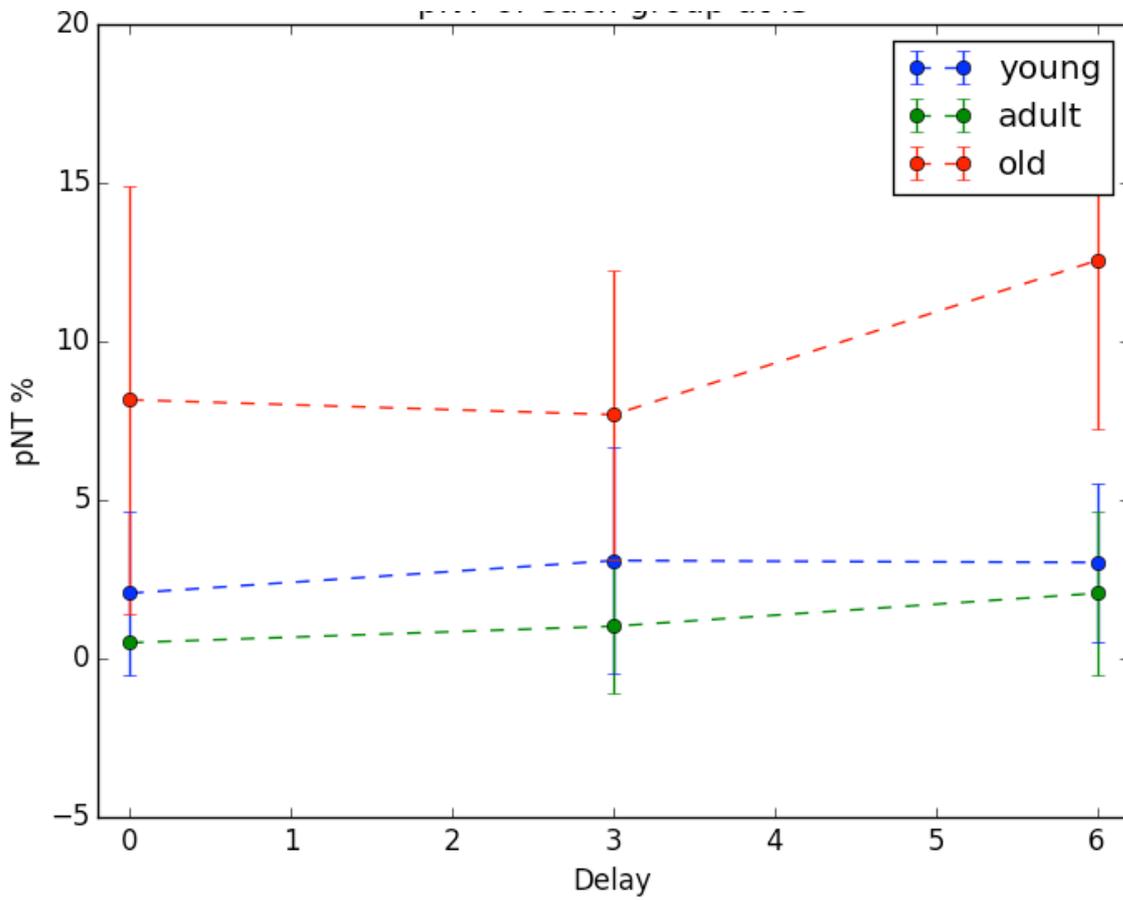
**Anexo 16: Gráfico 4. Errores de Módulo (module) por grupo (3 cargas)**



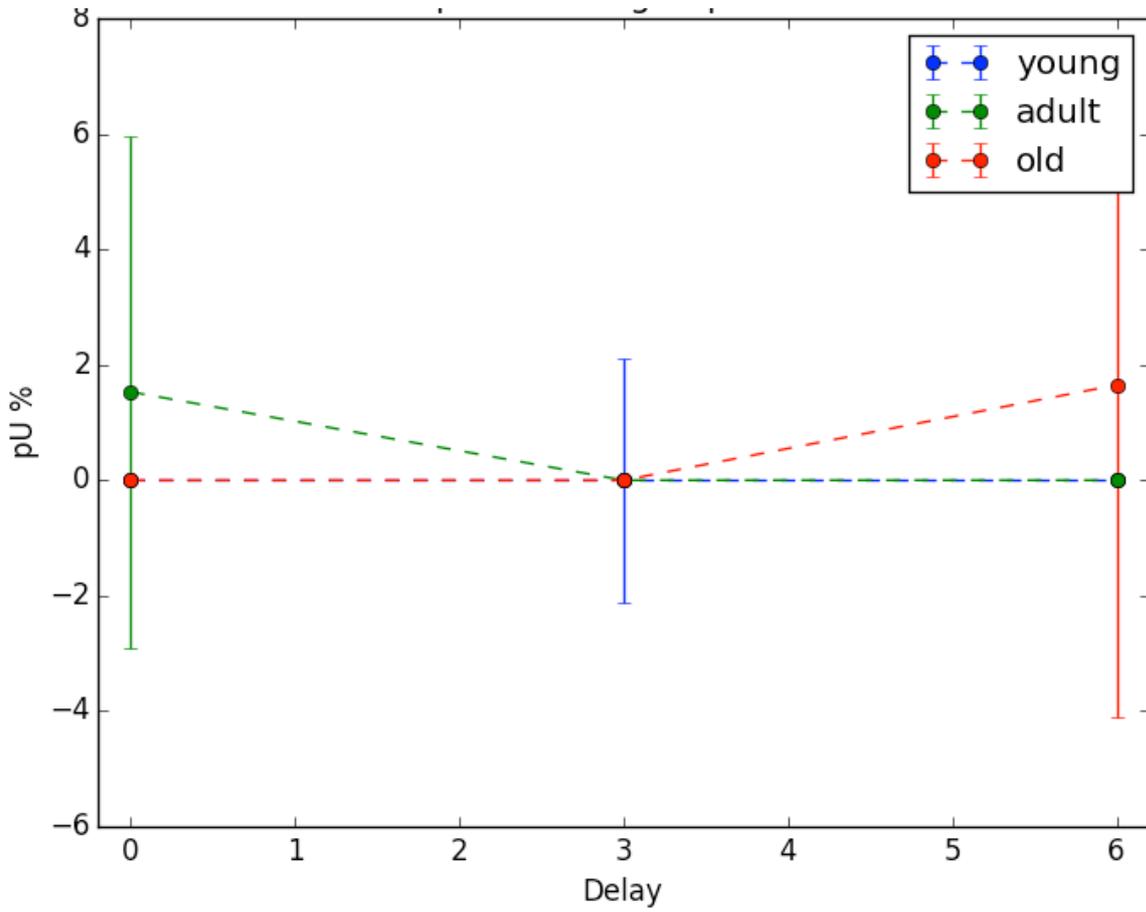
Anexo 17: Gráfico 5. Probabilidad de Respuesta Objetivo (pT) por grupos (3 cargas)



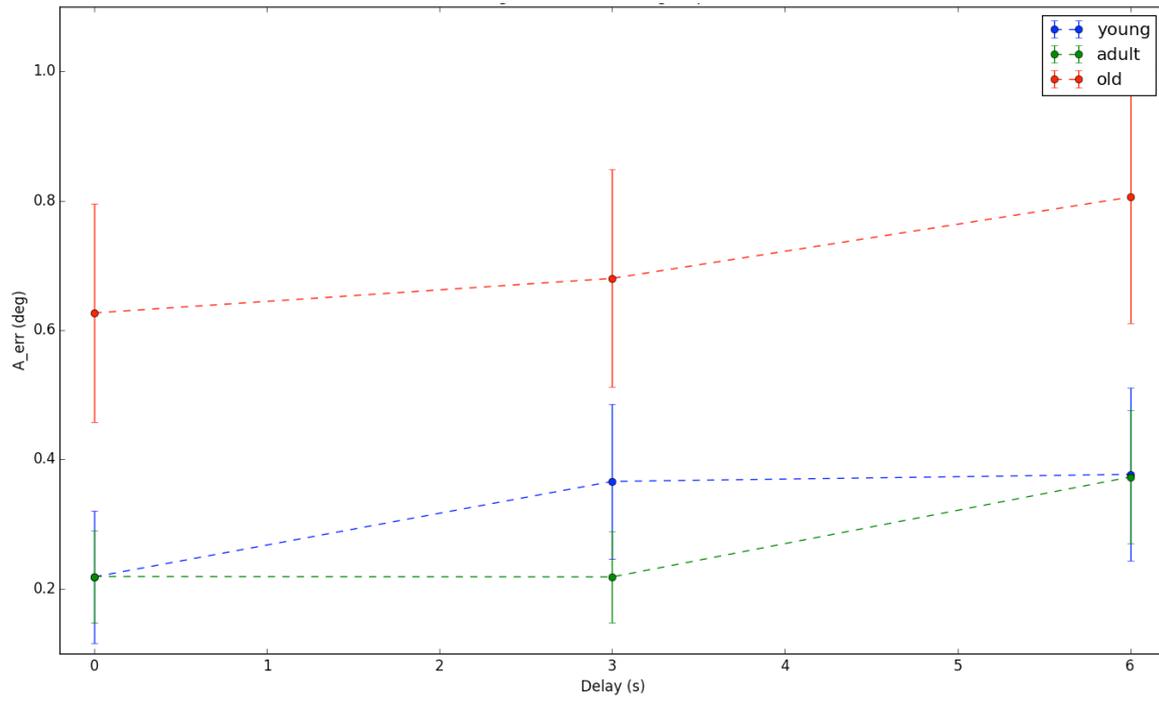
**Anexo 18: Gráfico 6. Probabilidad de Respuesta No Objetivo (pNT) por grupos (3 cargas)**



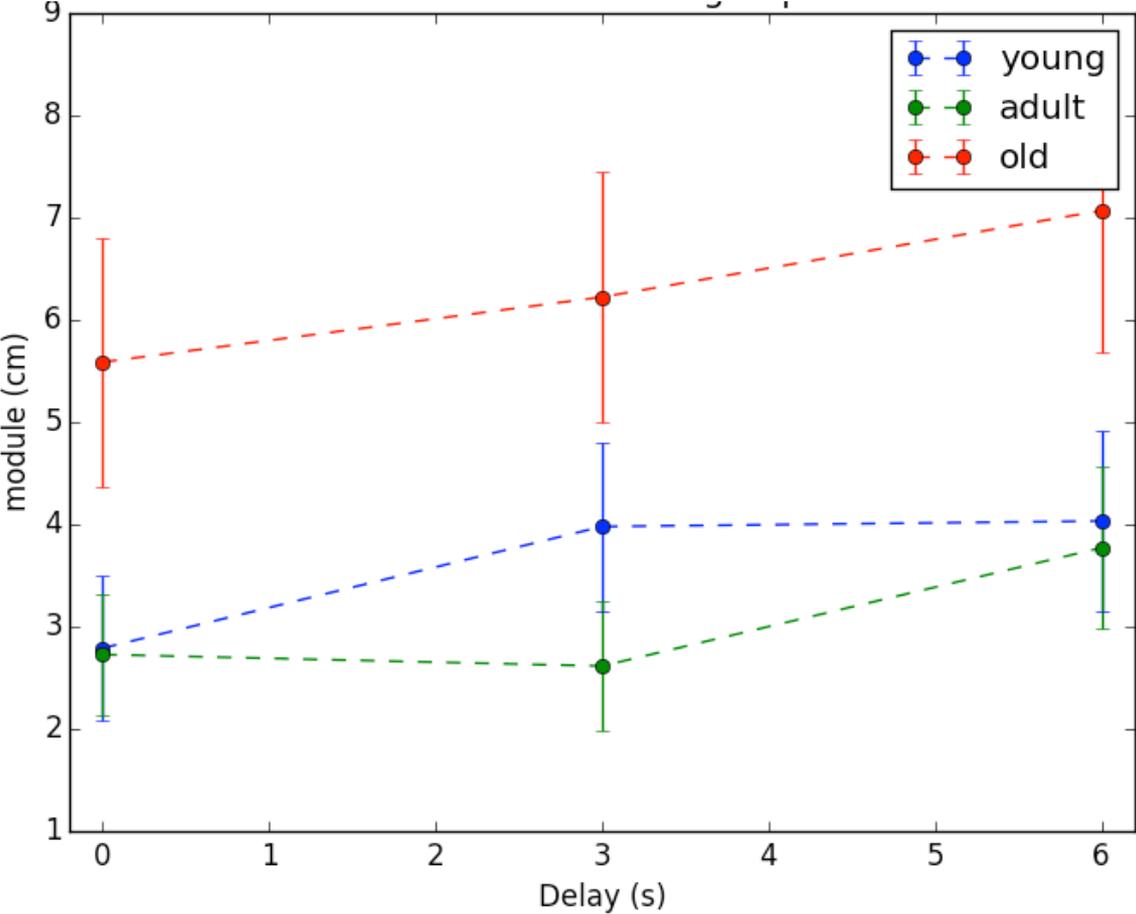
**Anexo 19: Gráfico 7. Probabilidad de Respuestas al azar (pU) por grupos (3 cargas)**



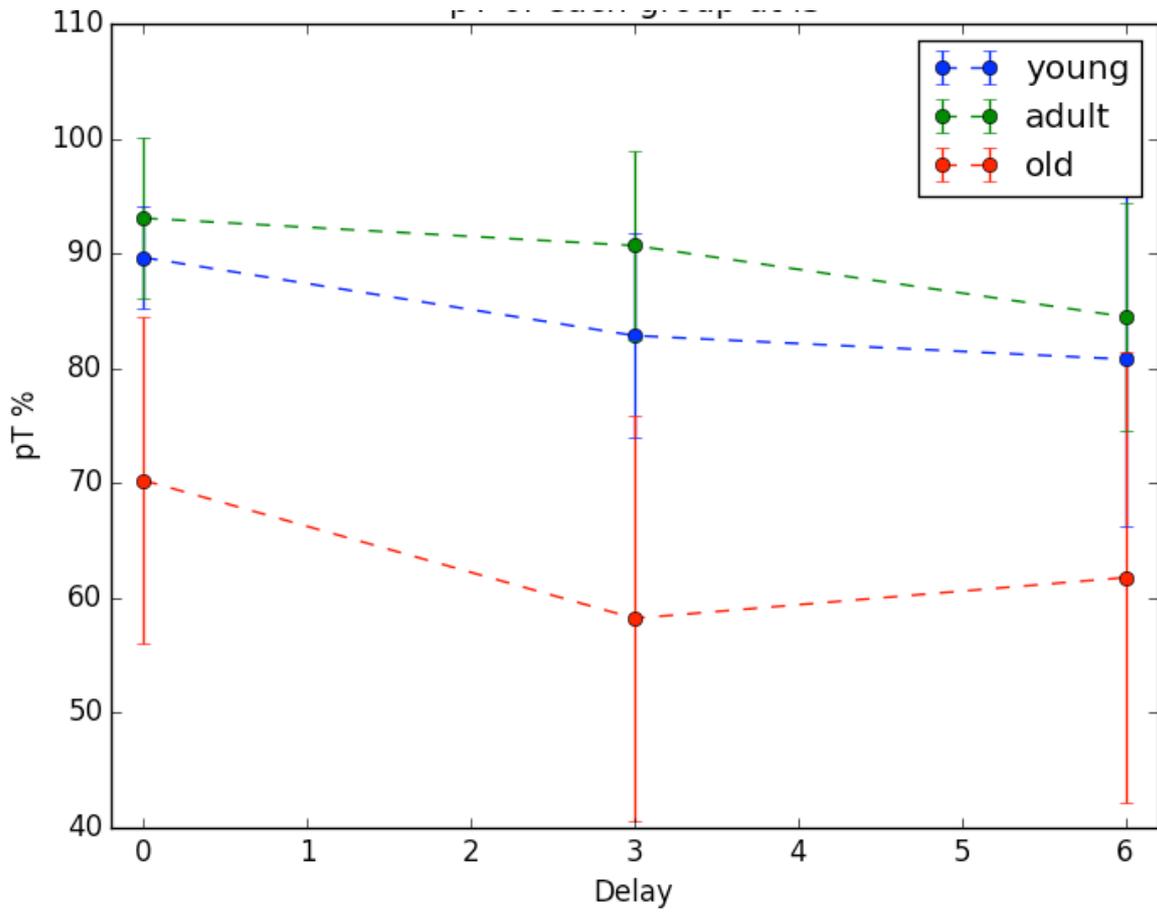
**Anexo 20: Gráfico 8. Errores de Ángulo (A\_err) por grupo (5 cargas)**



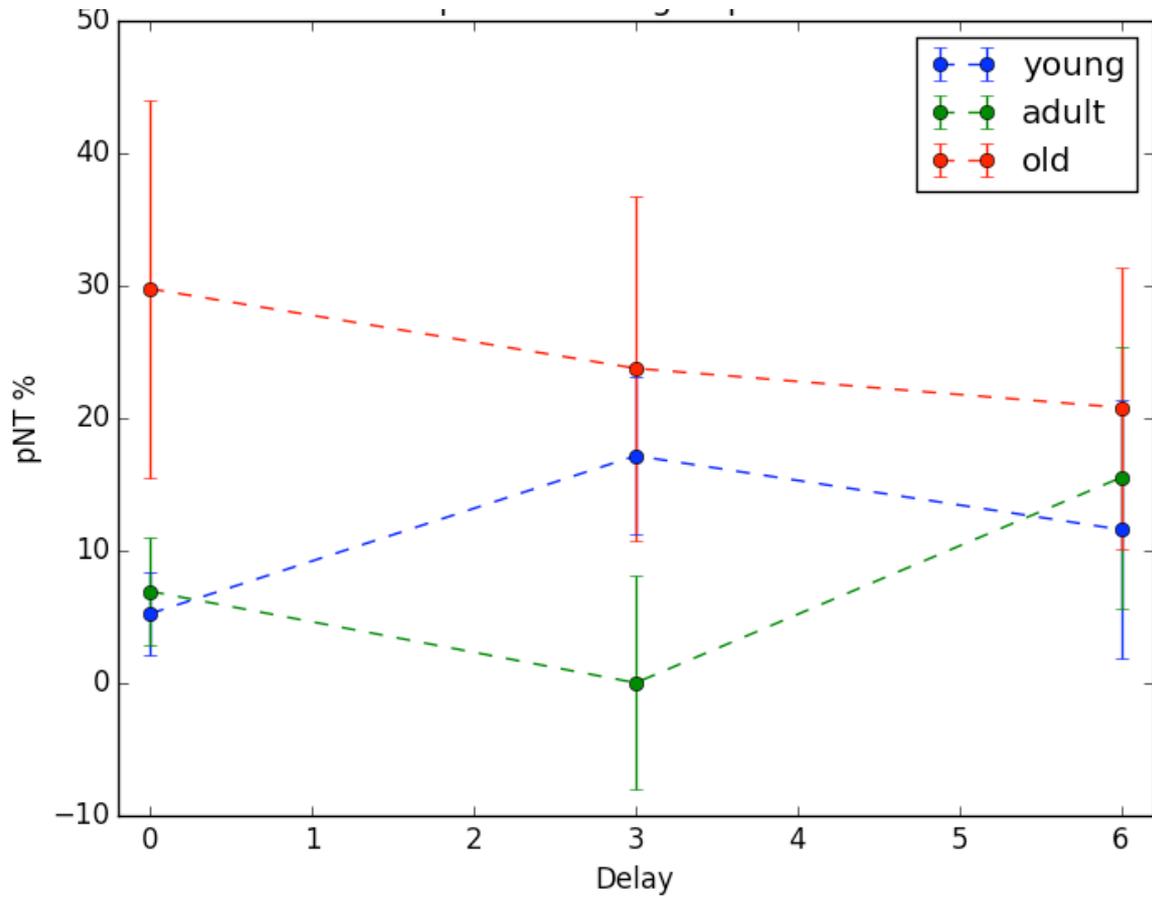
**Anexo 21: Gráfico 9. Errores de Módulo (module) por grupo (5 cargas)**



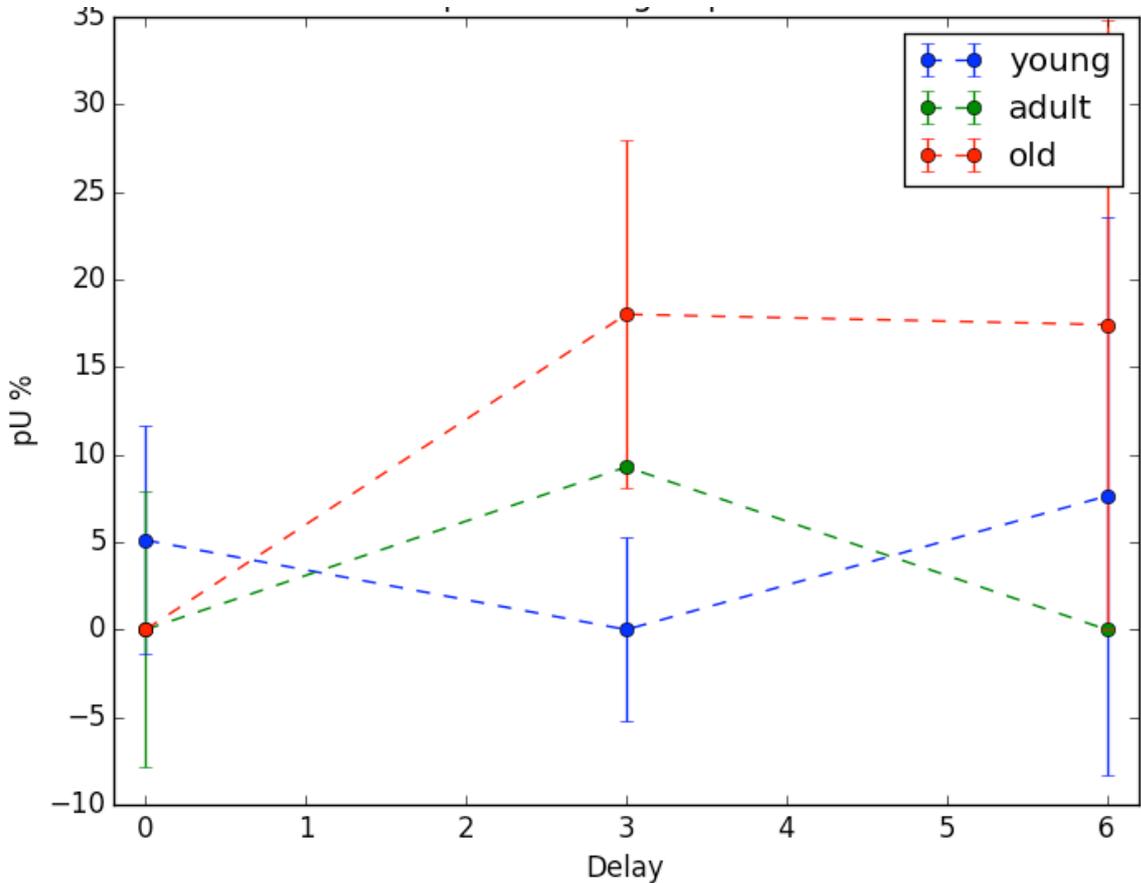
**Anexo 22: Gráfico 10. Probabilidad de Respuesta Objetivo (pT) por grupos (5 cargas)**



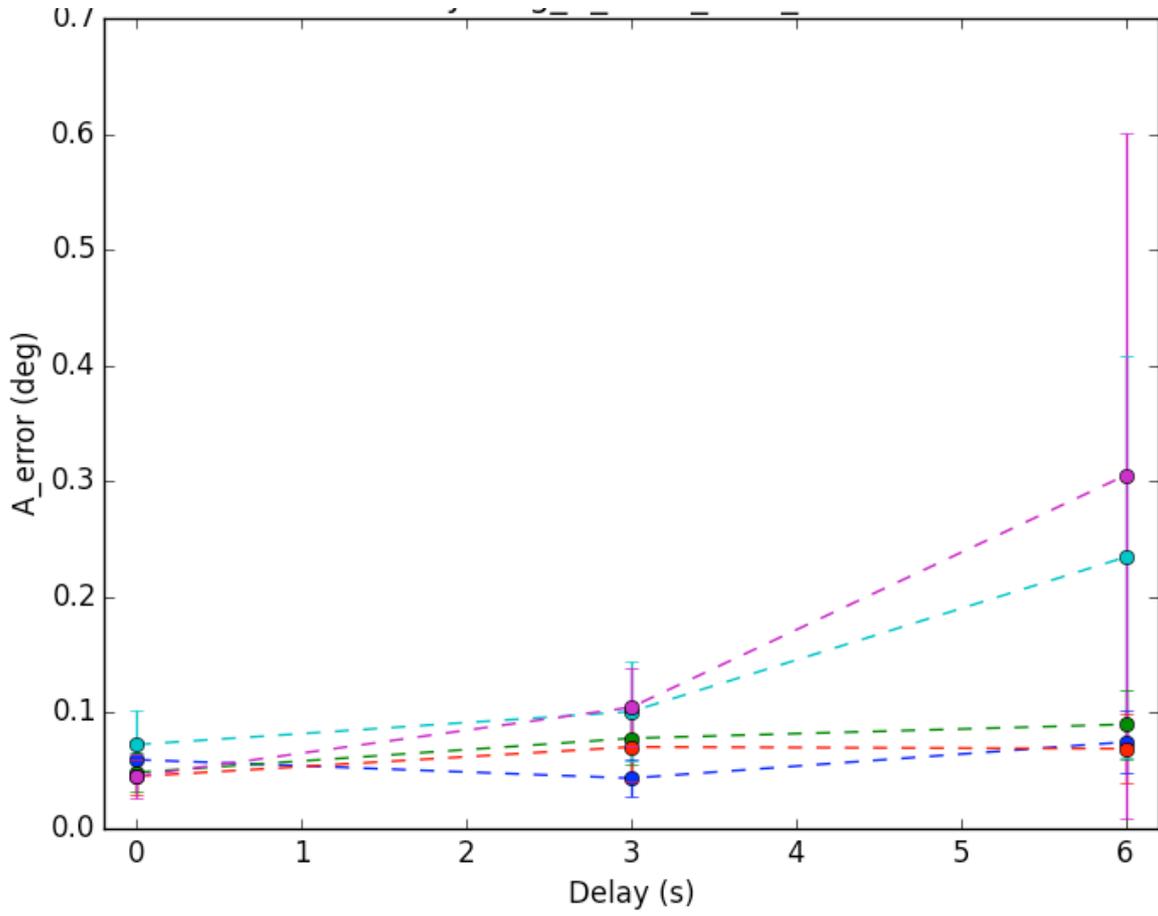
**Anexo 23: Gráfico 11. Probabilidad de Respuesta No Objetivo (pNT) por grupos (5 cargas)**



Anexo 24: Gráfico 12. Probabilidad de Respuestas al azar (pU) por grupos (5 cargas)



**Anexo 25: Gráfico 13: Errores de Ángulo (A\_err) por sujeto del grupo Young (1 carga)**



Anexo 26: Gráfico 15: Errores de Módulo (module) por sujeto del grupo Young (1 carga)

