

## CONSTANCIA DE VELOCIDAD EN IMÁGENES NATURALES

Andrés Martín  
José F. Barraza

**Resumen:** La investigación sobre el sistema visual condujo a la emergencia de modelos basados en los componentes neurales de dicho sistema, que permiten describir el modo en que es extraída la información de velocidad contenida en una escena con movimiento. El hecho de que estos modelos sean sensibles al tamaño de los estímulos presentados en la retina en combinación con el cambio de tamaño debido a la distancia a la cual se presentan los objetos, llevó a la pregunta acerca de cómo es posible la percepción de una velocidad constante, independientemente de la distancia a la cual se desplazan los objetos. En este trabajo revisamos las investigaciones realizadas sobre la constancia de la velocidad percibida e indagamos acerca de la importancia de la familiaridad de los objetos en movimiento. Por medio de experimentos psicofísicos con imágenes naturales, mostramos que la familiaridad juega un rol importante al momento de asignar perceptualmente la velocidad de un objeto en movimiento.

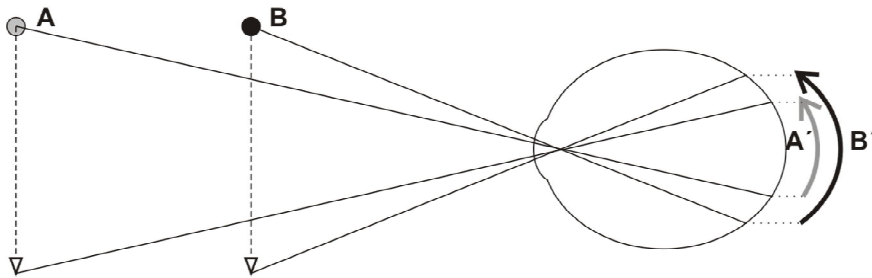
**Palabras clave:** Percepción de velocidad. Psicofísica visual. Velocidad retinal. Constancia de velocidad. Imágenes naturales.

### Introducción

Todos los modelos propuestos para la extracción del movimiento restringen el cálculo de la velocidad a la información contenida en la retina (Adelson & Bergen,

1985; Bowns, 2001; Lu & Sperling, 2001; Van Santen & Sperling, 1985; Watson & Ahumada, 1985) lo que sumado al hecho de la proyección geométrica que se hace de la luz, conduce a una dependencia de la velocidad en relación a la distancia desde la cual se está observando la escena.

En efecto, tal como lo esquematiza la figura 1, dos objetos que se mueven con una misma velocidad pero a profundidades distintas en relación al observador, generan movimientos diferentes en la retina. Por este motivo, la velocidad proyectada recibe el nombre de *velocidad retinal*, en oposición a la *velocidad física* propia de lo que se mueve en el entorno.

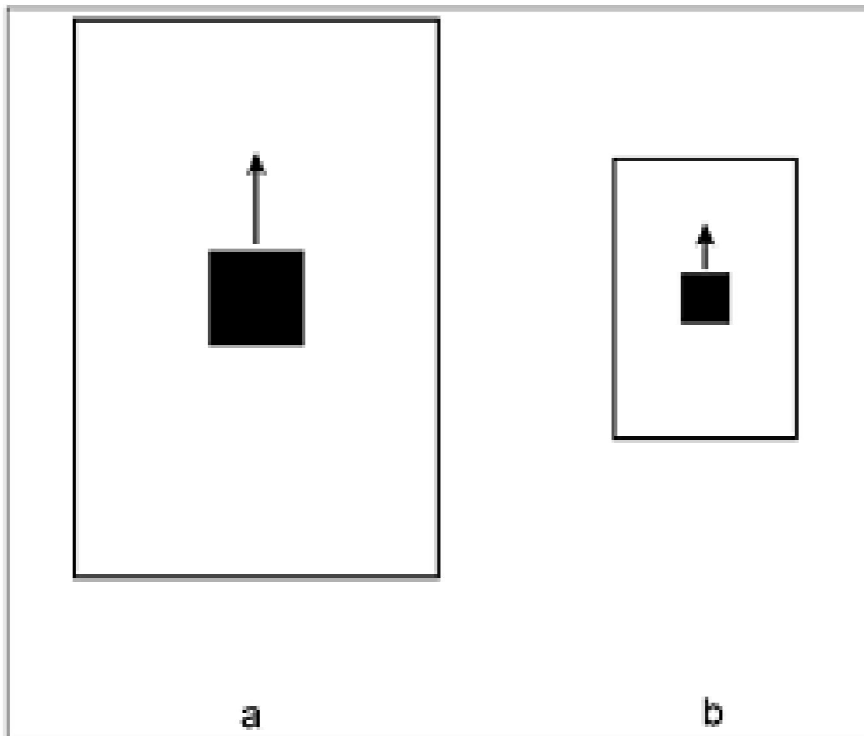


*Figura 1.* Gráfico en el que se muestra como se proyectan en la retina los movimientos de dos cuerpos, A y B, situados a diferentes distancias del observador. Debido a que la proyección afecta solamente a las dimensiones espaciales, la distancia recorrida en la retina por el cuerpo B equivale a B', mientras que A' es la proyección del movimiento de A. El hecho de que la distancia B' sea mayor que A' y de que el tiempo se mantenga constante determina que la velocidad de B sea, en la retina, mayor que la de A.

Sin embargo, y a pesar de esta característica de las proyecciones, los observadores humanos somos capaces de percibir la velocidad de dos objetos a diferentes profundidades como aproximadamente iguales. Imagínese una situación donde dos personas se mueven en dirección transversal a quien observa y cuyas ubicaciones difieren en profundidad pero sus velocidades físicas son idénticas: la experiencia sugiere que es fácil inferir que se mueven a la misma velocidad, inclusive si la relación de distancia es doble, lo que produce que la persona más cercana se proyecte con una velocidad retinal dos veces superior a la lejana. Desde la perspectiva del procesamiento de la información visual que adoptamos, el hecho de que un observador pueda igualar la velocidad de dos objetos ubicados a profundidades distintas, equivale a plantear la acción de un nuevo mecanismo. Este mecanismo deberá ser capaz de recalculer la velocidad para representarla de acuerdo a la velocidad física (real) de los objetos en lugar de una representación basada en la velocidad retinal. El

efecto de este mecanismo permitirá alcanzar lo que se conoce en la bibliografía como *constancia de velocidad*.

En la literatura especializada pueden encontrarse referencias al tema de la constancia en la velocidad percibida a partir de Brown (1931), quien observó la influencia de las relaciones entre los objetos constituyentes del campo visual y la percepción de la velocidad. En busca de una explicación para estas observaciones, propuso el principio de transposición, el cual afirma que, si las dimensiones de un campo de movimiento (que incluye el tamaño de los objetos, las distancias entre los objetos y el tamaño de la apertura a través de la cual se observa la escena en movimiento) son aumentadas o disminuidas, entonces, para obtener la misma percepción de velocidad, la rapidez de los objetos deberá modificarse en la misma proporción. El principio se ilustra en la figura 2.



*Figura 2.* Ilustración del principio de transposición. Los objetos son percibidos a través de las aperturas y todo el conjunto se acerca o aleja del observador. Como resulta ostensible, las proporciones espaciales se mantienen constantes para las diferentes proyecciones. El principio establece que lo mismo sucede con la representación de la velocidad, lo que conduce a la constancia de la velocidad percibida. (Ilustración tomada de Ehrenstein, 2003).

Si bien Brown elaboró el principio, nunca lo vinculó explícitamente con un mecanismo para producir la constancia en la percepción de la velocidad. Fue Wallach (1939) quien relacionó la transposición con una manera de calcular la velocidad que se mantuviera centrada en los objetos, o mejor dicho en las relaciones entre los objetos de la imagen. Wallach advirtió que la relación existente entre las velocidades consideradas iguales durante un experimento de transposición (figura 2), eran equivalentes a lo que sucedería en la proyección de las imágenes sobre la retina si el objeto cambiara su distancia respecto al observador (figura 1). A partir de esto formuló la hipótesis de que la codificación de la velocidad se realiza considerando el marco de referencia, de manera que la velocidad percibida al efectuar la comparación será la misma cuando los desplazamientos por *unidad de tiempo* sean *fracciones equivalentes* de sus respectivas aperturas (el marco rectangular de la figura 2). Trabajos posteriores intentaron caracterizar con más detalle esta relación (Mateeff & Hohnsbein, 1996; Ryan & Zanker, 2001) concluyendo que si bien las dimensiones de la apertura son cruciales para la percepción de la velocidad, en casos en que esta apertura no se encuentra bien definida, el tamaño del objeto juega un papel preponderante (Distler, Gegenfurtner, Van Veen, & Hawken, 2000).

Aunque todo lo expuesto apunta hacia una evidente y compleja relación entre la constancia de la velocidad y la constancia del tamaño, el hecho de contar con modelos descriptivos acerca del modo de extraer la velocidad, junto al conocimiento sobre las fuentes informativas de la distancia (disparidad, perspectiva, convergencia, etc.) llevó a otros investigadores a indagar la posibilidad de que, para alcanzar la constancia en la velocidad, el hipotético mecanismo combinaría la información proveniente de estos dominios de una manera lineal (McKee & Welch, 1989; Zohary & Sittig, 1993). Las investigaciones empíricas demostraron que éste no es el caso.

La conclusión conjunta de estas investigaciones es que en la representación de la velocidad intervienen diferentes fuentes informativas, siendo el tamaño de los objetos una de las más importantes en la determinación de la velocidad perceptual además, por supuesto, de la mensura "pura" del movimiento contenido en la imagen. Sin embargo, la información de tamaño puede ser también fuente de ambigüedad en tanto la proyección sobre la retina de un objeto lejano equivale a la de uno más cercano, proporcionalmente, más pequeño. Volviendo al ejemplo de las dos personas caminando a diferentes distancias, si bien los tamaños son diferentes, no cabe dudas que esta diferencia se debe a la diferencia de distancias y no a diferencias en el tamaño físico. Esta certeza la brindaría la "familiaridad" con los objetos.

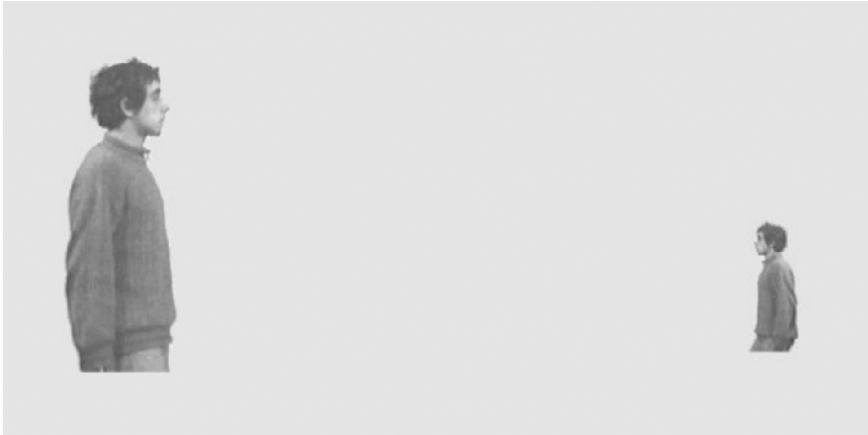
Basados en el conocimiento de que en la percepción del tamaño influye la familiaridad que se tenga de los objetos (Haber & Levin, 2001),

nos preguntamos si esta familiaridad jugaría algún rol en tareas de discriminación de velocidades. En general, la hipótesis es que la familiaridad con lo que se encuentra en movimiento conduciría a una mejor igualación en las velocidades, sin importar las distancias a la que se encuentren los objetos. Nuestro trabajo experimental consistirá en estimar el factor de constancia en la velocidad percibida para dos tipos de estímulos. El primero de ellos comprenderá la filmación de una persona moviéndose, lo cual asegura la relación de familiaridad con el observador. En el segundo caso, el estímulo es una elipse en movimiento de traslación.

## Materiales y métodos

Dentro de un paradigma experimental de opción forzada con dos alternativas, utilizamos el método de los estímulos constantes para obtener los datos de las curvas psicométricas de los observadores en tareas de discriminación. Propiamente, la tarea de los observadores consistió en decir cuál de dos estímulos presentados sucesivamente (con un intervalo de 500 milisegundos entre ellos), era más rápido.

Los estímulos se realizaron digitalizando la filmación de una persona caminando sobre una plataforma móvil. La persona fue entrenada para mantener el ritmo del paso constante. A través del movimiento de la plataforma se pudo cambiar la velocidad de desplazamiento de la persona, sin alterar el modo en que se realizaba la caminata. Este control se realizó para evitar la intrusión de las pistas de movimiento biológico (Johansson, 1973; Nakayama, 1985). Las imágenes fueron procesadas cuadro por cuadro para eliminar toda la información contextual, conservando únicamente la imagen de la persona desplazándose sobre un fondo gris homogéneo. La figura 3 es una muestra de la superposición entre un cuadro de un estímulo de referencia y otro de test.



*Figura 3.* Dos cuadros fundidos de las películas que se proyectaron durante la realización del experimento sobre constancia de velocidad. Todos los indicios sobre perspectiva fueron removidos de la escena. Los diferentes tamaños se obtuvieron cambiando el zoom de la cámara, mientras que las velocidades se modificaron por medio de una plataforma móvil.

Las diferentes profundidades a las cuales se mueve la persona se elaboraron a partir de cambios en el zoom de la cámara filmadora. Si bien este proceso podría haberse realizado cambiando el tamaño de la imagen por software, este método le hubiera quitado realismo al estímulo, lo cual se quiso evitar en este experimento. Al finalizar el procesamiento, se obtuvieron 7 películas en las que la persona se desplazaba a una velocidad constante, pero donde cada uno de estos desplazamientos se efectuaba a distinta profundidad. El zoom de la cámara se escogió de forma tal que las profundidades extremas correspondieran, aproximadamente, a una relación con la profundidad media del doble y la mitad, respectivamente. Para el caso de la profundidad media, se filmaron 7 películas en las cuales el movimiento de la plataforma produjo 7 velocidades diferentes en el desplazamiento de la persona. Debido al procesamiento de las imágenes, la información de profundidad sólo puede ser inferida por el observador a través del tamaño de las siluetas que se desplazan. Las relaciones entre las velocidades se escogieron de manera proporcional a las profundidades. Así, las velocidades registradas fueron fracciones aproximadamente iguales a los tamaños: las velocidades cubrieron un rango desde una velocidad doble a la media, hasta una velocidad de la mitad de la media. Tanto para el caso de los tamaños como para el de las velocidades, pequeños ajustes se introdujeron computacionalmente para conseguir relaciones precisas. Los estímulos cuyas velocidades permanecieron constantes, cambiando sus tamaños, constituyeron los estímulos de referencia. El estímulo test variaba su velocidad pero no su tamaño.

Durante los experimentos los estímulos se proyectaron en un monitor CRT de 19", ubicándose el observador a una distancia de 56 cm de la pantalla. La habitación fue oscurecida de modo tal que no se pudieran ver los objetos circundantes. La cabeza de los observadores se sujetó mediante un dispositivo que mantenía la posición y distancias constantes. Tanto las proyecciones como el registro de las respuestas durante la experimentación estuvieron bajo el control de un programa desarrollado en MATLAB con la herramienta Psychtoolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997), el cual permitió un control preciso de los tiempos de exposición e inicio de los estímulos. Para evitar anticipaciones por parte de los observadores los estímulos test y referencia aparecieron aleatoriamente, en posiciones que podían variar en la pantalla en  $\pm 150$  píxeles horizontales. Los tiempos de presentación también fueron variados en  $\pm 3$  cuadros de película (la duración media de la película fue de 300 milisegundos, i.e. 19 cuadros a 60 Hz.)

Cinco sujetos obraron como observadores en el experimento, todos ellos con visión normal. Dos observadores conocían los objetivos de la investigación (AM y LI). Las respuestas de los observadores se registraron y luego se ajustó una curva psicométrica Cumulativa Gaussiana, a partir de la cual se calculó el punto de igualdad subjetiva (PIS). El método empleado para el cálculo fue el análisis PROBIT (Foster & Bischof, 1991).

Con el fin de comparar nuestros resultados con los obtenidos en otras investigaciones, calculamos la velocidad relativa entre los estímulos una vez que fueron igualados perceptualmente. Esta velocidad relativa se define como

$$V_r = \frac{V_{test}}{V_{ref}}$$

Donde  $V_{ref}$  es la velocidad del estímulo de referencia y  $V_{test}$  es la velocidad del estímulo test en el punto de igualdad subjetiva. Para cada profundidad hay por tanto una velocidad del test que resulta indistinguible. Si la comparación entre estas velocidades se realizara utilizando la velocidad retinal, a una distancia de la referencia que fuera la mitad de aquella a la que se encuentra el test (el tamaño de la silueta de la referencia sería el doble), la igualdad debería hacerse para una velocidad doble, por lo que  $V_r$  sería igual a 2. Por el contrario, si la igualdad se hiciera apelando a la velocidad física, las velocidades no tienen por qué modificarse, lo que provocaría que  $V_r$  se mantuviera constante e igualada a 1. Estas relaciones se ilustran en la figura 4.

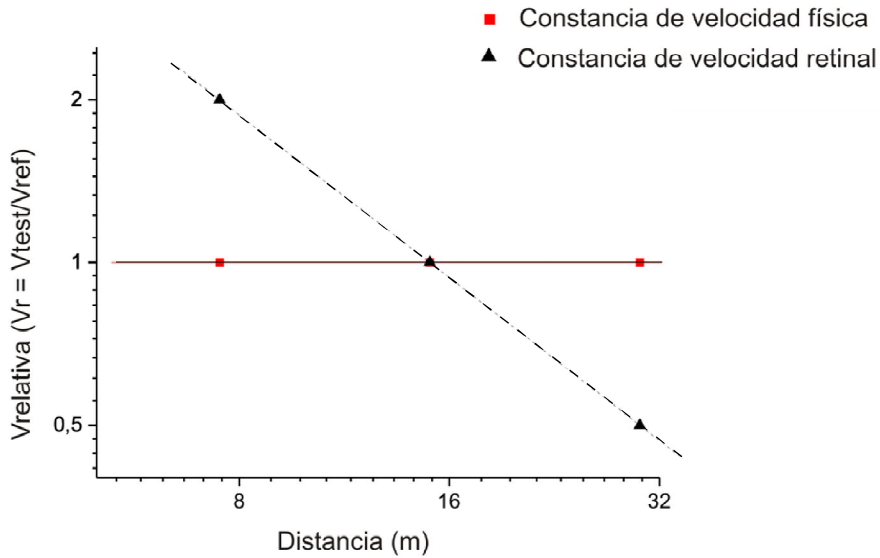


Figura 4. Relaciones ideales entre las distancias y las velocidades según sea el caso de comparación. La línea cuadrado refleja el hecho de que el cambio en la distancia no produce ninguna alteración en la percepción de la velocidad, por lo que se tiene una constancia perfecta. La línea marcada con un triángulo, en cambio, representa el caso contrario, donde la velocidad percibida sigue a la velocidad retinal. Las distancias (eje X) corresponden a las empleadas en el experimento. Tanto el eje X como el Y se encuentran en escala logarítmica, para manifestar la linealidad de las relaciones.

Para cada profundidad del estímulo de referencia se calculó el valor de la Velocidad relativa. A partir de estos valores se ajustó una recta (en escala logarítmica) para construir un indicador de la constancia de la velocidad percibida (Distler *et al.*, 2000). Este indicador responde a la ecuación

$$V_r = \frac{V_{test}}{V_{ref}} = 1 + (1 - V_c) * \log\left(\frac{d_{test}}{d_{ref}}\right)$$

Donde  $V_c$  es el indicador de la constancia de velocidad: 0 cuando no hay constancia y -1 cuando la constancia es perfecta. Por lo tanto,  $(1 - V_c)$  representa la pendiente de la recta ajustada a los datos, por lo que, para expresar la constancia de manera porcentual, tenemos que hacer un nuevo cálculo.  $V_c\% = 100 * (1 + \text{pendiente})$ . El valor de esta operación lo denominaremos Factor de Constancia (FC).



## Resultados

En el primer experimento, la evaluación del comportamiento de los observadores a través de las curvas psicométricas, reveló que, como era de esperarse, se manifestaría una tendencia a percibir las imágenes más cercanas como más veloces y las lejanas como más lentas. Es lo que aparece reflejado en la figura 5. Por claridad, conviene recordar que durante la tarea psicofísica se consideraron acertadas las respuestas que identificaban al test como más rápido que a la referencia. Por ello, a pesar de ser un experimento inmerso en el paradigma de dos alternativas de opción forzada, las curvas psicométricas cubren el rango de 0 a 1. El eje X del gráfico representa las velocidades, medidas en píxeles por cuadro. El tamaño del test corresponde al zoom 4, por lo que la curva celeste indicaría la velocidad de igualación para el caso en que los estímulos tienen el mismo tamaño (o lo que es equivalente: se encuentran a la misma distancia). A la izquierda de esta curva se ubican las condiciones para las que los tamaños de la referencia son menores que los del test, por lo que la velocidad de igualación tiende a ser menor. Lo contrario sucede a la derecha de esta curva.

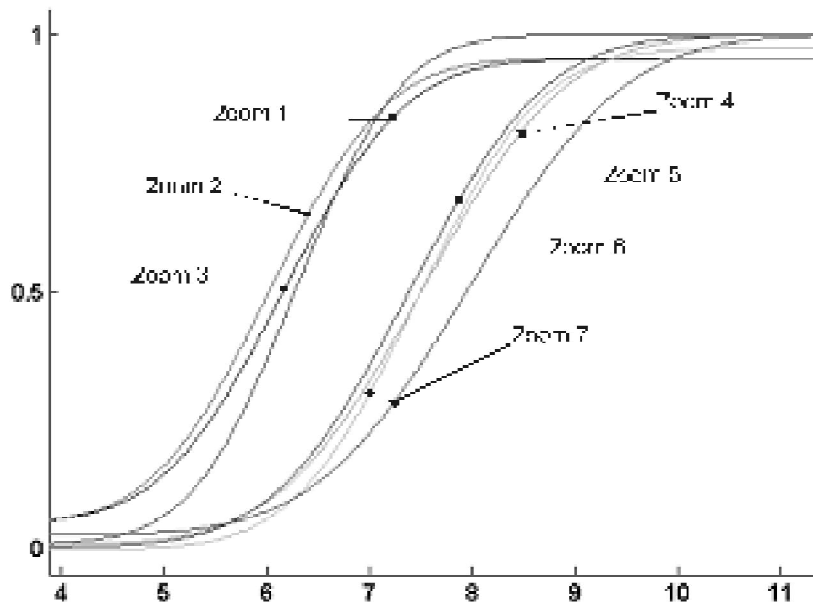
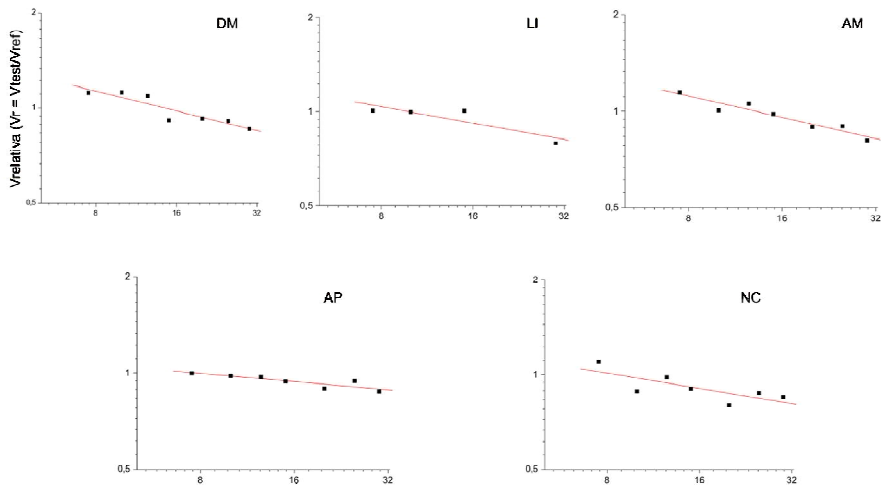


Figura 5. Curvas psicométricas del observador DM. El color correspondiente al Zoom 4 señala la ubicación del tamaño del estímulo test. Puede apreciarse como los datos se organizan a la izquierda de dicha curva cuando los zooms son menores (distancias mayores) y como ocurre lo contrario para los zooms mayores. El eje X representa la velocidad en píxeles por cuadro (velocidad de referencia de 7,2 pix/cuadro).

En la figura 6 se representan los datos para los cinco observadores de acuerdo a lo que detallamos en la explicación de la figura 6. Los cuadrados negros representan los umbrales al 50% (PIS) para cada una de las distancias medidas. Las líneas rojas son las rectas ajustadas a los datos, a través del método de los mínimos cuadrados, empleando el software de ajustes de curvas contenido en el programa *Origin 6*. Es notable a simple vista la aproximación a rectas de pendiente 0 de los ajustes, lo que indicaría una gran constancia en la percepción de la velocidad. Los valores porcentuales de estas constancias se encuentran sintetizados en la figura 6.



*Figura 6.* Gráficos de las rectas ajustadas a los datos de cada observador. Acorde al gráfico de la figura 4, cuanto más cercana a 0 es la pendiente de las rectas, mayor es la constancia de la velocidad percibida según la velocidad física de los estímulos.

Transformados los valores de las pendientes en cantidades porcentuales, las magnitudes de las constancias respectivas para los observadores fueron: 79% (DM), 83% (LI), 78% (AM), 92% (AP), y 84% (NC). El promedio de estos resultados arroja un valor de 83% para la constancia de la velocidad. La figura 7 sintetiza estas cantidades.

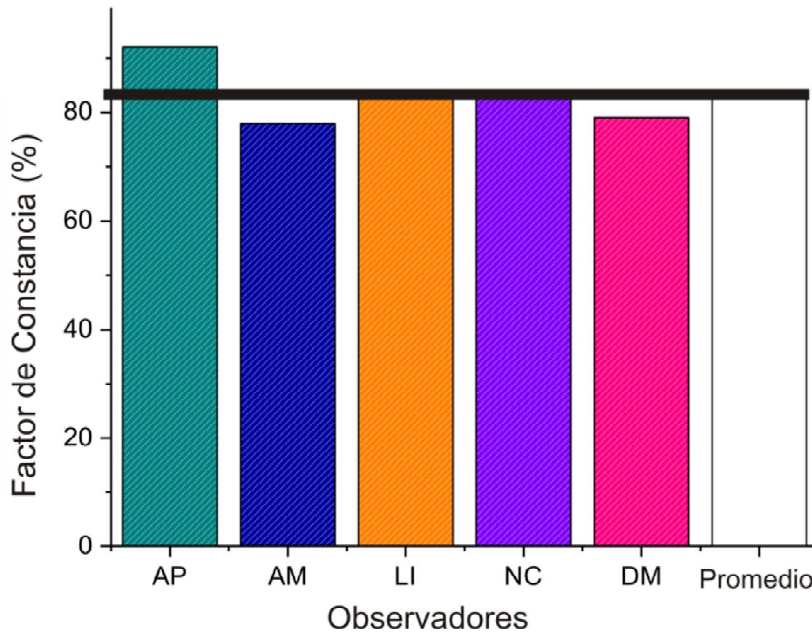


Figura 7. Factor de constancia calculado mediante la ecuación  $Vc\% = 100 * (1 + \text{pendiente})$ . La línea negra horizontal indica el promedio calculado (83%).

## Comparación con otros resultados y discusión

Los datos presentados por Wallach (1939)<sup>1</sup> utilizan como indicador de la constancia de la velocidad percibida directamente la razón que nosotros denominamos  $V_r$ . Este hecho impide que realicemos la comparación directamente con nuestro factor de constancia, pero aún así la podemos hacer considerando lo siguiente:

- Un factor de constancia expresado como  $FC = V_r * 100$  es muy superior a los factores que surgen del ajuste de las rectas. Así por ejemplo, para el Observador DM, su peor desempeño corresponde al Zoom 7 para el cual obtuvo una  $V_r = 0,83$ , lo que daría un  $FC = 83\%$ . Según nuestro indicador la constancia para este observador es del 79%.
- Los FFCC calculados promediando los  $V_r$ , para nuestros observadores, dan como resultado valores todavía más elevados.
- Las distancias consideradas por Wallach (1939) son del orden de los 10 metros, mucho menores que las utilizadas durante este experimento.

1 Que a su vez recogen los de Brown (1931).

Resulta muy significativo que para condiciones experimentales similares a las nuestras, los valores de constancia registrados por estos investigadores estuvieron dentro del rango 65% – 68%. Aproximadamente un 20% por debajo de la peor condición de un observador nuestro con bajo Factor de Constancia (un 30% menor que un observador con alto Factor de Constancia, i.e. AP).

Utilizando otro sistema experimental, Zohary y Sittig (1993) obtuvieron medidas de la constancia del mismo orden que las nuestras al cuantificarse por la razón Vr: 84%. En sus investigaciones solamente midieron los casos extremos en los que, debido a la distancia, la relación de tamaño entre los objetos en movimiento era doble. A diferencia de lo realizado por Wallach, ellos mantuvieron constante el tamaño de la apertura a través de la cual podían verse los puntos en movimiento, lo cual invalida la aplicación literal del principio de transposición y sugiere que el tamaño de los objetos es el que brinda el indicio más fuerte para la evaluación de la velocidad. Para el experimento, se tuvo especial cuidado en que los observadores no tuvieran ninguna clase de información que pudiera indicarles la distancia a la cual se encontraban los objetos en movimiento, característica que refuerza la idea de que el tamaño es lo fundamental al momento de alcanzar la constancia en la percepción de la velocidad.

El caso contrario al diseño de Zohary y Sittig (1993) lo constituyó el experimento de MacKee y Welch (1989). Su objetivo fue evaluar la hipótesis de que la corrección de la estimación de la velocidad retinal, para alcanzar la constancia, estaba determinada por el conocimiento sobre la distancia a la cual se movían los objetos a ser comparados.

Una vez cuantificada la precisión con la que es estimada la distancia por los observadores, se procedió a medir la percepción de la velocidad para un objeto de tamaño constante pero cuya ubicación en el espacio podía manipularse mediante un dispositivo estereoscópico. Reproducimos a continuación los datos que obtuvieron, reordenados según los criterios expuestos en la figura 4.

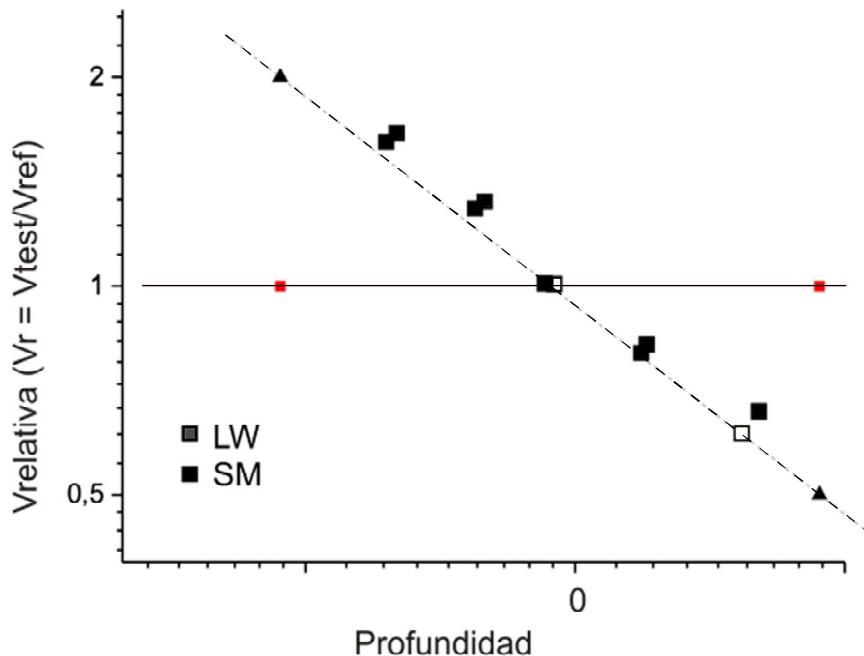
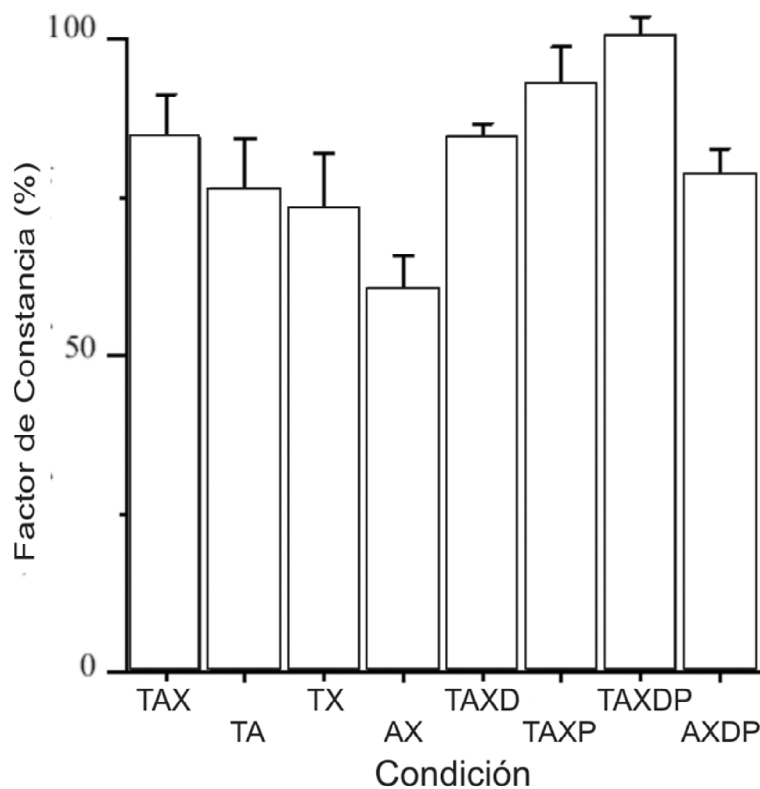


Figura 8. Resultados del experimento de McKee y Welch (1989) presentados según los criterios expuestos en la figura 4. El eje X representa la distancia de los objetos al observador. Una distancia negativa significa un objeto más cercano respecto al plano de referencia.

La interpretación de los resultados de la figura 8 arroja dos conclusiones principales. La primera de ellas es que no existe ninguna corrección de la estimación de la velocidad retinal basada en el conocimiento de la distancia de los objetos. Esto se manifiesta en el arreglo de los puntos alrededor de la línea teórica que marca la constancia perfecta en la velocidad retinal. Pero por otro lado, la interpretación conduce a la misma conclusión que la alcanzada por Zohary y Sittig: en el tamaño del estímulo se encuentra el mayor peso al momento de representar la velocidad de los objetos. En efecto, durante el experimento de McKee y Welch se mantuvo el tamaño del estímulo constante y fueron las respuestas de los observadores las que se calificaron según la velocidad que *debería* estimarse de acuerdo a la distancia. Sin embargo, en un experimento reciente encontramos que existe un sesgo en la percepción de la velocidad conforme se manipula la información estereoscópica, pero el sesgo sigue linealmente la alteración que se produce en la estimación del tamaño debido a la manipulación de la información de disparidad (Martín, Chambeaud, & Barraza, 2010).

En un entorno de realidad virtual que les permitió manipular varios parámetros de la escena visual al mismo tiempo, Distler et al. (2000) ob-

tuvieron los resultados que se detallan en la figura 9. De entre todas sus condiciones, la que más se asemeja a la nuestra es aquella en la que el observador solo contó con la información de tamaño y altura de observación (TA). En dicha condición, sus datos arrojaron un Factor de Constancia de aproximadamente 75%. Resulta significativo resaltar que la comparación directa de los resultados indicaría que la familiaridad de las imágenes utilizadas en nuestro experimento induce factores de constancia similares a las condiciones en que se cuenta con la información de tamaño, altura de observación, textura y disparidad (TAXD). También es destacable el hecho de que la constancia perfecta se consigue cuando la información presente en la escena contiene al tamaño, la altura de observación, la textura, la disparidad y el paralaje (TAXDP). Las condiciones en las que la información de tamaño no se encuentra presente equivalen a situaciones en las que los dos objetos cuyas velocidades deben compararse fueron iguales. De alguna manera, estas condiciones se asemejan al diseño experimental de McKee y Welch, pero en este caso la constancia de la velocidad supera el 75% (AXDP).



*Figura 9.* Resultados del experimento realizado por Distler et al., (2000) en un entorno de realidad virtual. Las letras que designan cada condición significan: T = tamaño; A = altura de observación; X = textura; D = disparidad; P = paralaje.

## Conclusiones

Nuestros resultados sugieren que la familiaridad de los objetos que se comparan al realizar un experimento de discriminación de velocidad conduce a un aumento en la constancia de la velocidad percibida. Esta aseveración surge al comparar los valores obtenidos en esta investigación con los que se encuentran en la bibliografía especializada.

Aunque resulta imposible, a partir de estos resultados, definir a través de qué mecanismo se lleva a cabo la representación de la velocidad, los mismos sugieren que el tamaño juega un papel central. Es claro que al momento de elaborar la representación final de la velocidad del objeto, mucha información es integrada, al igual que en los procesos mediante los cuales se alcanza la constancia del tamaño perceptual.

### Velocity constancy in natural images

**Abstract:** The investigation of the visual system produced models based on the neural components of such system, capable of describing the way in which the velocity information contained in a scene with movement is extracted. The fact that these models are sensitive to the size of the stimuli in combination with the distance to which the objects are presented on the retina, led to the question about how it could be possible the perception of a velocity independent from the object distance. In this work, we revised the investigations about velocity constancy and explore the effect of familiarity on the perception of speed. We performed a series of psychophysical experiments by using natural images and show that familiarity plays an important role in the assignment of a perceived speed to moving objects.

**Keywords:** Perception of velocity. Visual psychophysics. Retinal velocity. Velocity constancy. Natural images.

### Constance de vitesse dans les images naturelles

**Résumé:** Recherche sur le système visuel l'a conduit à l'émergence de modèles basés sur les composants du système nerveux. Ces modèles peuvent décrire la façon dont il est extrait des informations de vitesse contenue dans une scène émouvante. Le fait que ces modèles sont sensibles à la taille des stimuli présentés dans la rétine, avec le changement de taille en raison de la distance à laquelle les objets sont présentés,

ont conduit à la question de comment la perception d'une vitesse constante quelle que soit la distance à laquelle les objets se déplacent. Ici nous passons en revue la recherche sur le constance de vitesse perçue et en savoir davantage sur l'importance de la familiarité des objets en mouvement. Grâce à des expériences psychophysiques avec des images naturelles montrent que la familiarité joue un rôle important dans la détermination de la vitesse de perception d'un objet en mouvement.

**Mots-clés:** Perception de vélocité. Psychophysique visuelle. Vélocité rétinienne. Constance de la vélocité. Images naturelles.

### Constância de velocidade em imagens naturais

**Resumo:** A pesquisa sobre o sistema visual tem levado à emergência de modelos baseados nos componentes neurais de dito sistema, que permitem descrever o modo como é extraída a informação de velocidade contida numa cena com movimento. O fato de que estes modelos sejam sensíveis ao tamanho dos estímulos apresentados na retina, em combinação com a mudança de tamanho devida à distância à qual são apresentados os objetos, levou à pergunta de como é possível a percepção de uma velocidade constante, independentemente da distância pela qual se movimentam os objetos. Neste trabalho, revisamos as investigações realizadas sobre a constância da velocidade percebida e indagamos acerca da importância da familiaridade dos objetos em movimento. Mediante experimentos psicofísicos com imagens naturais, mostramos que a familiaridade tem um papel importante na hora de atribuir perceptualmente a velocidade de um objeto em movimento.

**Palavras-chave:** Percepção de velocidade. Psicofísica visual. Velocidade retinal. Constância de velocidade. Imagens naturais.

### Referencias

Adelson, E. H., & Bergen, J. R. (1985). Spatiotemporal energy models for the perception of motion. *Journal of the Optical Society of America A*, 2(2), 284-299.

Bowns, L. (2001). IOC, vector sum, and squaring: Three different motion effects or one? *Vision Research*, 41(7), 965-972. doi:10.1016/S0042-6989(00)00289-3



- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433-436.
- Brown, J. F. (1931). The visual perception of velocity. *Psychological Research*, 14(1), 199-232.
- Distler, H. K., Gegenfurtner, K. R., Van Veen, H., & Hawken, M. J. (2000). Velocity constancy in a virtual reality environment. *PERCEPTION-LONDON*, 29(12), 1423-1436.
- Ehrenstein, W. (2003). Basics of seeing motion. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 66, 44-52.
- Foster, D. H., & Bischof, W. F. (1991). Thresholds from psychometric functions: Superiority of bootstrap to incremental and probit variance estimators. *Psychological Bulletin*, 109(1), 152-159.
- Haber, R. N., & Levin, C. A. (2001). The independence of size perception and distance perception. *Perception and Psychophysics*, 63(7), 1140-1152.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14(2), 201-211.
- Lu, Z. L., & Sperling, G. (2001). Three-systems theory of human visual motion perception: Review and update. *Journal of the Optical Society of America A*, 18(9), 2331-2370.
- Martín, A., Chambeaud, J., & Barraza, J. F. (2010). Apparent size biases the perception of speed in rotational motion. *Journal of Vision*, 10(7), 810.
- Mateeff, S., & Hohnsbein, J. (1996). Perception of Visual Motion with Modulated Velocity: Effects of Viewing Distance and Aperture Size. *Vision Research*, 36(18), 2873-2882. doi:10.1016/0042-6989(96)00037-5
- McKee, S. P., & Welch, L. (1989). Is there a constancy for velocity? *Vision Research*, 29(5), 553-561.
- Nakayama, K. (1985). Biological image motion processing: A review. *Vision Research*, 25(5), 625 - 660.
- Pelli, D. G. (1997). The videotoolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), 437-442.
- Ryan, J., & Zanker, J. M. (2001). What determines the perceived speed of dots moving within apertures? *Experimental Brain Research*, 141(1), 79-87.

- Van Santen, J. P. H., & Sperling, G. (1985). Elaborated reichardt detectors. *Journal of the Optical Society of America A*, 2(2), 300-320.
- Wallach, H. (1939). On constancy of visual speed. *Psychological Review*, 46(6), 541-552.
- Watson, A. B., & Ahumada, J. (1985). Model of human visual-motion sensing. *Journal of the Optical Society of America A*, 2(2), 322-341.
- Zohary, E., & Sittig, A. C. (1993). Mechanisms of velocity constancy. *Vision Research*, 33(17), 2467-2478.

**Andrés Martín**, Instituto de Investigación en Luz Ambiente y Visión (ILAV), Universidad Nacional de Tucumán, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Endereço para correspondência: Av. Independencia 1800, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. Endereço eletrônico: andres.mrtn@gmail.com

**José F. Barraza**, Instituto de Investigación en Luz Ambiente y Visión (ILAV), Universidad Nacional de Tucumán, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Endereço para correspondência: Av. Independencia 1800, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. Endereço eletrônico: jbarraza@herrera.unt.edu.ar

Recebido: 21/10/2010

Aceito: 03/01/2011