



MÓDULO 4: VISIÓN BINOCULAR AGUDEZA VISUAL ESTEREOSCÓPICA

El presente curso se ha realizado dentro de la Convocatoria de ayudas a proyectos de innovación educativa para la promoción de la enseñanza semipresencial y online del Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa de la Universidad de Alicante ([Programa PENSEM-ONLINE](#)), BOUA 10/11/2017



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA



PENSEM-ONLINE

Programa de ENseñanzas SEMipresenciales-ON



1 INTRODUCCIÓN TEÓRICA

La estereopsis es la capacidad visual que disponemos para percibir pequeñas diferencias de profundidad entre objetos. Esta habilidad visual se codifica neuralmente a partir de la determinación de la disparidad binocular η entre objetos (Fig. 1).

Si una persona fija a un punto P situado sobre la línea media (entre los dos ojos y enfrente) a una distancia d , otro punto S situado por delante o por detrás de él presentará una disparidad retiniana y por tanto una disparidad binocular η . Este disparidad vendrá dada por la diferencia de convergencias $\eta = C_S - C_P$, provocada por la diferencia de posiciones $\Delta d = d_P - d_S$.

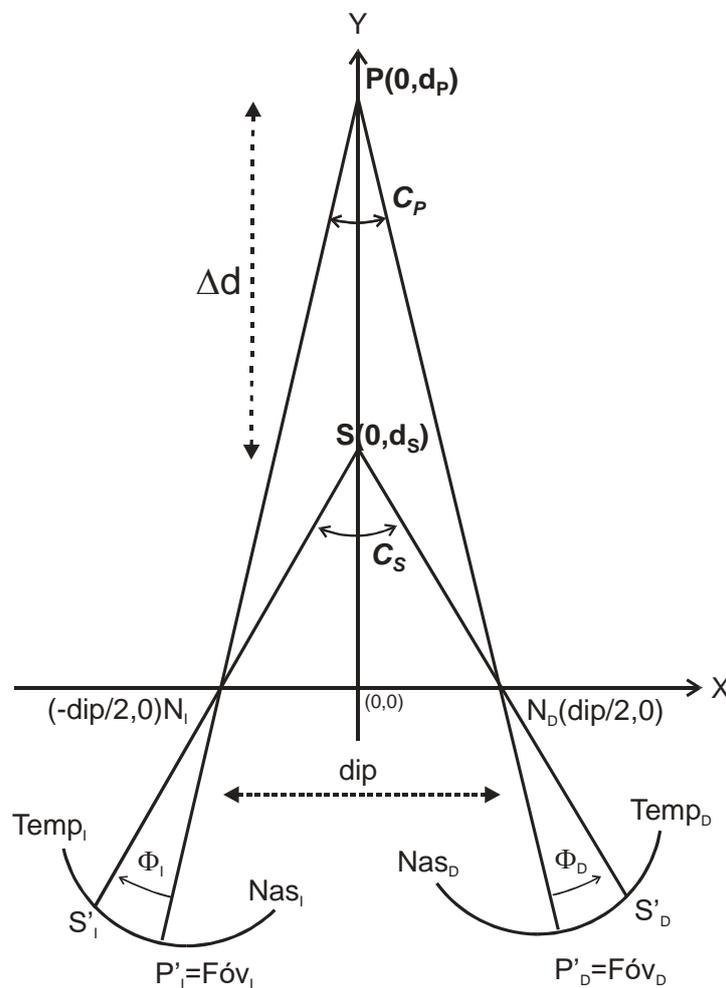


Figura 1: Disparidad binocular η entre objetos.



Según relaciones trigonométricas sencillas se puede llegar a una expresión general para el cálculo de la disparidad binocular:

$$\eta_{\pm} = \text{dip} \frac{\Delta d}{d(d \pm \Delta d)} \quad [\text{rad}] \quad (\pm) \equiv \begin{pmatrix} S \text{ más cerca que } P \\ S \text{ más lejos que } P \end{pmatrix} \quad (1)$$

El umbral de estereopsis η_U , o la disparidad binocular mínima que podemos percibir, está relacionado directamente con el mínimo desplazamiento Δd para el que podemos notar la profundidad relativa entre los objetos P y S. En tales condiciones, Δd es una cantidad muchísimo más pequeña que la distancia de fijación d , es decir $\Delta d \ll d$, por lo que en la expresión anterior se puede despreciar en el denominador, pero no el numerador. Consecuentemente, la ecuación de arriba queda como:

$$\eta_U = 206265 \frac{\Delta d}{d^2} \text{dip} \quad ["], \quad (2)$$

dip, Δd y d en metros

Para personas normales este valor umbral suele estar entre 10 y 100 segundos de arco por lo que es conveniente transformar los radianes de la ecuación anterior a segundos de arco.

Se denomina umbral diferencial de estereopsis a la distancia Δd , ya que un objeto colocado por delante o por detrás del punto de fijación dentro del intervalo $[d - \Delta d, d + \Delta d]$ se percibirá a igual profundidad que el punto de fijación. En cambio, cualquier objeto situado fuera de este intervalo, se percibirá claramente por delante o por detrás del punto de fijación y por lo tanto se podrá observar estereoscópicamente.

La agudeza visual estereoscópica AVE es simplemente la inversa del umbral de estereopsis η_U :

$$AVE = \frac{1}{\eta_U ["]} = \frac{d^2}{206265 \cdot \Delta d \cdot \text{dip}} \quad (3)$$

En términos optométricos se considera una buena AVE cuando el valor es mayor de 0.033 (umbral de estereopsis menor o igual a 30"). Esto no tiene nada que ver con los valores normales de agudeza visual de reconocimiento o AV_a.



Ambos conceptos son muy diferentes, por lo que en Optometría no deben confundirse.

La particularidad más importante de la AVE es que esta es "constante", es decir, cada persona tiene una única AVE. Si cambia la distancia de observación, cambiará el umbral diferencial de estereopsis de manera que la AVE se mantendrá en el mismo valor.

Otro concepto derivado de la agudeza visual estereoscópica es el de "distancia limitante". La distancia limitante marca el rango máximo de distancias en el que podemos hacer juicios de estereopsis. Cualquier par de objetos más alejados de la distancia limitante se percibirán aparentemente a la misma profundidad. Si imponemos que el intervalo de no-estereopsis Δd es tan grande que se iguala a la distancia de observación d (llamamos d_L a la distancia limitante), es decir, $\Delta d = d_L$, se obtiene

$$AVE = \frac{1}{\eta_U ["]}] = \frac{d_L^2}{206265 \cdot d_L \cdot dip} \Rightarrow d_L = 206265 \cdot AVE \cdot dip \quad (4)$$

1.1 Visionado de parejas estereoscópicas

Las parejas estereoscópicas, como su nombre indica, son un par de imágenes que, disociando adecuadamente los dos ojos, se ven por separado, pero al fusionarse corticalmente las dos imágenes retinianas se percibe de forma estereoscópica. Esto es porque la imagen producida por el ojo derecho difiere ligeramente de la imagen producida del ojo izquierdo (disparidad binocular). La disociación se puede hacer de forma libre, técnica conocida como fusión libre, mediante un par de filtros ópticos (rojo-verde, cian-rojo, polarizados, etc.) o un estereoscopio, ya sea de espejos o de lentes positivas descentradas.

La técnica que se va a utilizar en esta práctica es la de la técnica de fusión libre, la cual puede ser en convergencia (cruzada) o en divergencia (paralela). **Es importante haber realizado la práctica de entrenamiento de estas técnicas para obtener de una manera más sencilla los resultados.**

En la técnica de fusión libre en convergencia (cruzada), comenzamos fijando binocularmente sobre un punto más cercano que el estereograma. Variando



la convergencia podemos llegar a observar el motivo 3D oculto en el estereograma. En la técnica de fusión libre en divergencia (paralela), optamos por fijar binocularmente sobre un punto más lejano que el estereograma. Si controlamos la divergencia encontraremos una posición de divergencia donde se percibiría el motivo 3D oculto en el estereograma, pero diferente al anterior (molde inverso).

Una pareja estereoscópica sencilla es aquella compuesta por dos círculos cuyos centros están separados una distancia $\Delta\pi$ (Fig. 2). Se puede variar la separación entre los centros de los círculos ($\Delta\pi$) y la separación entre las dos imágenes de la pareja (π_G). Dependiendo de la magnitud del descentramiento se consigue mayor o menor sensación de profundidad, y, según la dirección del descentrado varía la percepción 3D (sensación de profundidad o elevación).

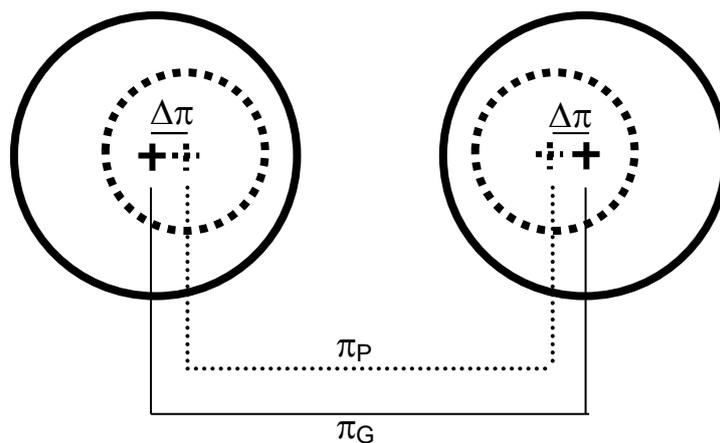


Figura 2: Pareja estereoscópica de círculos descentrados.

La sensación de profundidad relativa que codifica nuestro cerebro, o disparidad binocular η , para este tipo de estereogramas depende solamente del descentrado $\Delta\pi$ de los círculos en cada parte ($\pi_G - \pi_P = 2\Delta\pi$) y de la distancia d al plano del estereograma:

$$\eta = \frac{2\Delta\pi}{d} \quad [\text{rad}] \quad (5)$$



Dependiendo de la magnitud del descentramiento ($\Delta\pi$) se consigue mayor o menor sensación de profundidad, de manera que el mínimo descentramiento con el que podemos percibir estereoscópicamente la pareja de círculos concéntricos nos determinará el umbral de estereopsis (η_u) y por tanto su agudeza visual.

2 OBJETIVO

Vamos a tratar de obtener la AVE utilizando una pareja estereoscópica en visionado libre.

3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Selecciona la aplicación 'AVE'.

El software solicita un primer paso de calibración espacial, pinchamos en el botón 'Calibrado'.

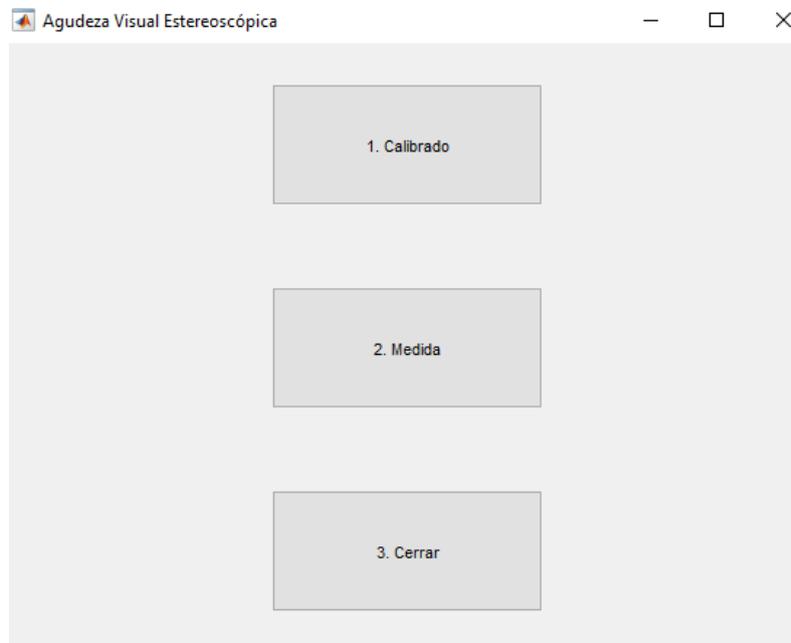


Figura 3: Pantalla inicial.



Se abre una ventana con una línea dibujada que debemos medir e introducir el valor en el cuadrado editable abajo a la izquierda. A continuación pulsamos OK para volver a la pantalla inicial y poder comenzar la medida.

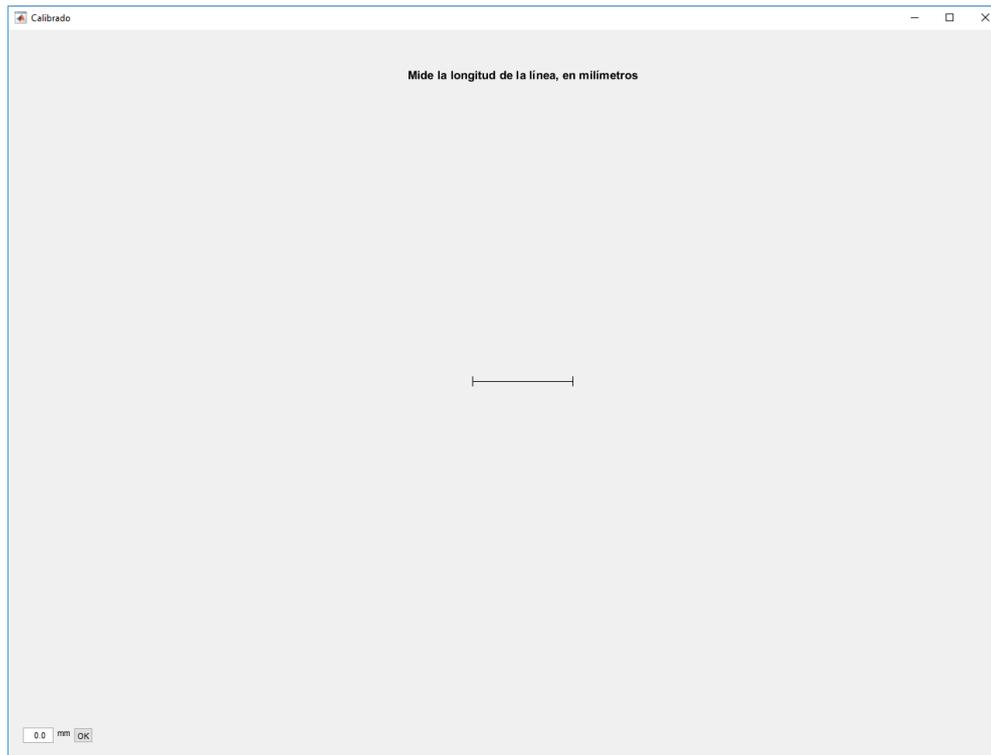


Figura 4: Pantalla para realizar el calibrado espacial.

El software solicita, en una ventana emergente, los parámetros iniciales para poder dibujar el estímulo: la separación entre los círculos grandes (π_G), el descentramiento entre los círculos grandes y pequeños ($\Delta\pi$) y el diámetro de ambos círculos.



Figura 5: Pantalla de datos iniciales.

Como datos iniciales vamos a utilizar los siguientes, aunque los iremos cambiando a lo largo del proceso:

π_G [cm]	$\Delta\pi$ [cm]	diámetro G [cm]	diámetro P [cm]
6	1	4	2

La siguiente pantalla nos muestra los estímulos (Nota: los círculos que se muestran por primera vez en la pantalla de inicio no corresponden a los datos introducidos, debes pulsar una vez cualquiera de los botones inferiores para iniciar la medida con los valores reales).

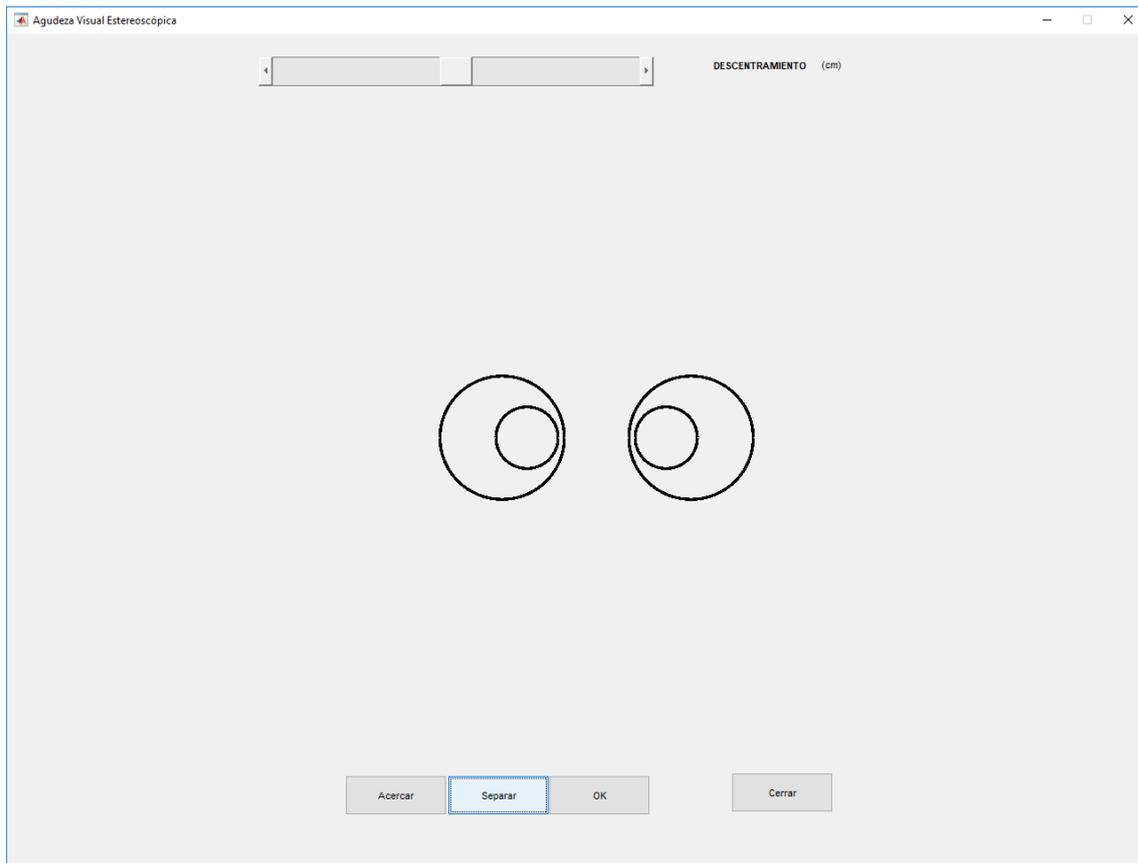


Figura 6: Pantalla de medida con la pareja estereoscópica.

Los botones inferiores permiten acercar y separar la pareja de estímulos (π_G), sin cambiar el descentramiento ($\Delta\pi$). El botón OK nos proporciona la separación entre los círculos grandes en ese momento.

En la parte superior de la pantalla aparece una barra deslizadora que permite cambiar el descentramiento ($\Delta\pi$) entre el círculo grande y el pequeño.

Para fusionar la pareja estereoscópica se pueden utilizar las técnicas de visión cruzada y paralela. En el momento de la fusión, el círculo pequeño parecerá flotar o hundirse respecto al plano del círculo grande.

La tarea del observador consiste en buscar la separación necesaria entre la pareja para conseguir fusionarlas y obtener el valor numérico de la separación en ese momento.

4 RESULTADOS

Siempre que puedas haz la medida con las dos técnicas de fusión.



1. Para una distancia de observación de 40 cm y con el descentramiento seleccionado (1 cm), elige una técnica de visión y comprueba que observad estereoscópicamente la pareja. Si es necesario, acerca l separa los círculos hasta que consigas ver cómodamente la visión en 3D.
2. Cambia los descentramientos entre 0 y 1 (con la barra deslizadora de la parte superior) y encuentra el mínimo valor de $\Delta\pi$ con el que sigues observando en estereopsis la pareja estereoscópica.
3. Calcula la AVE obtenida.
4. Cambia ahora a descentramientos negativos. Probablemente necesites acercar la pareja estereoscópica para conseguir la fusión ¿Cambia la sensación de profundidad? ¿Cambia el valor de $\Delta\pi$?

Método fusión	Distancia observación	DG	DP	Descentramiento	AVE



ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

ACTIVIDAD 1

Repite el mismo procedimiento de los apartados 1 a 3 para las distancias de observación de 20 cm, 50 cm y 1 m (siempre que puedas fusionar).

¿Obtienes los mismos valores de AVE? ¿Qué es lo que debería pasar?