

La investigación en Óptica Visual del Grupo de Visión y Color (Universidad de Alicante)

Research in Visual Optics of the Vision and Colour Group (University of Alicante)

Francisco Miguel Martínez-Verdú, Dolores de Fez, Valentín Viqueira, Pilar Coloma,
Esther Perales, Elisabeth Chorro, Víctor Navarro, Verónica Marchante, Enrique Domingo,
M^a Carmen García y José V. Almiñana

Departamento Interuniversitario de Óptica, Escuela Universitaria de Óptica y Optometría, Universidad de
Alicante, Campus de San Vicente, Apartado 99, 03080 Alicante. Email: verdu@ua.es.

RESUMEN

El Grupo de Visión y Color de la Universidad de Alicante se creó en el año 2002 a partir de 3 doctores, cuyas tesis doctorales eran afines al campo de las Ciencias de la Visión. Aunque los campos científicos que abarca el grupo son amplios, desde la Ciencia y Tecnología del Color hasta la Ergonomía Visual, durante los últimos años se han realizado trabajos a nivel docente e investigador directamente relacionados con la Óptica Visual y materias afines (Visión Binocular, etc). Éste es un breve resumen de estos trabajos.

Palabras clave: Ciencias de la Visión, Percepción Visual, Visión Binocular.

ABSTRACT

The Colour and Vision Group of the University of Alicante was made in 2002 from three doctors, whose PhD works were related with Vision Sciences. Although the scientific interests the group includes are extent, from Colour Technology and Science to Visual Ergonomics, during last years some academic and scientific works have been done directly related to Visual Optics and some affine topics (Binocular Vision, etc). This article is a short summary of these works.

Key words: Vision Sciences, Visual Perception, Binocular Vision.

REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] http://www.ua.es/area/vision_color
- [2] F. Martínez-Verdú, J. Pujol, P. Capilla, "Characterization of a digital camera as an absolute tristimulus colorimeter", *J. Imaging Sci. Techn.* **47**, 279-295 (2003).
- [3] F. Martínez-Verdú, J. Pujol, P. Capilla, "Calculation of the color-matching functions of digital cameras from their complete spectral sensitivities", *J. Imaging Sci. Techn.* **46**, 15-25 (2002).
- [4] V. Viqueira, C. Illueca, A. M. Pons, J. M. Artigas, "Influence of the luminance spatial non-homogeneities of a display monitor on the contrast sensitivity function determination", *Displays* **20**, 65-71 (1999)
- [5] F. Martínez Verdú, "El control del color en tecnologías multimedia", *Ver y Oír* **16**, 137-152 (1999).
- [6] A. Palomares, A. Lorente, V. Arnau, F. Martínez-Verdú, J. M. Artigas, "A method for the optimum generation of real colors on CRT monitors", *J. Opt.* **28**, 107-111 (1997).
- [7] F. Martínez Verdú, "Aspectos cromáticos sobre la captura de imágenes (I)", *Opt. Pura Apl.* **35**, 43-53 (2002).

- [8] F. Martínez Verdú, "Aspectos cromáticos sobre la captura de imágenes (II)", *Opt. Pura Apl.* **35**, 61-75 (2002).
- [9] F. Martínez Verdú, "Límites estadísticos de la fotodetección ideal", *Opt. Pura Apl.* **35**, 21-31 (2002).
- [10] F. Martínez Verdú, J. Pujol, "Revisión del cálculo del rendimiento del color de fuentes luminosas", *Opt. Pura Apl.* **33**, 18-43 (2000).
- [11] F. Martínez-Verdú, M. J. Luque, J. Malo, A. Felipe, J. M. Artigas, "Implementations of a novel algorithm for colour constancy", *Vision Res.* **37**, 1829-1844 (1997).
- [12] F. Martínez-Verdú, V. Arnau, J. Malo, A. Felipe, J. M. Artigas, "A new chromatic codification for machine vision practically insensible to the illuminant", *J. Opt.* **4**, 171-181 (1996).
- [13] D. Benavente, F. Martínez-Verdú, A. Bernabéu, V. Viqueira, R. Fort, M. A. García del Cura, C. Illueca, S. Ordóñez, "Influence of surface roughness on color changes in building stones", *Color Res. Appl.* **28**, 343-351 (2003).
- [14] F. M. Martínez-Verdú, D. de Fez, V. Viqueira, "La ergonomía visual en el puesto de trabajo: rendimiento y seguridad visual", *Gestión Práctica de Riesgos Laborales* **27**, 42-45 (2006).
- [15] D. de Fez, P. Capilla, "La visión del movimiento (I)", *Ver y Oír*, Enero-Febrero, 20-26 (2004).
- [16] M. D. de Fez, P. Capilla, "La visión del movimiento (II) Fundamentos fisiológicos y modelos", *Ver y Oír*, Abril, 134-142 (2004).
- [17] M. D. de Fez, M. J. Luque, V. Viqueira, "Enhancement of contrast sensitivity and losses of chromatic discrimination with tinted lenses", *Optometry Vision Sci.* **79**, 590-597 (2002).
- [18] M. A. Diez, M. D. de Fez, P. Capilla, M. J. Luque, "Detection and assessment of color vision anomalies and deficiencies in children", *J. Pediat. Ophth. Strab.* **38**, 195-205 (2001).
- [19] M. D. de Fez, P. Capilla, M. J. Luque, J. Pérez-Carpinell, J. C. del Pozo, "Asymmetric colour matching: Memory matching vs. simultaneous matching", *Color Res. Appl.* **6**, 458-468 (2001).
- [20] J. Pérez-Carpinell, V. J. Camps, M. D. de Fez, J. Castro, "Color memory matching in normal and red-green anomalous trichromat subjects", *Color Res. Appl.* **2**, 158-170 (2001).
- [21] M. D. de Fez, M. J. Luque, M. A. Diez, "Directrices para la administración y puntuación del test Farnsworth-Munsell de 100 tonos", *Ver y Oír* **157**, 413-420 (2001).
- [22] J. Pérez-Carpinell, M. D. de Fez, R. Baldovi, J. C. Soriano, "Familiar objects and memory color", *Color Res. Appl.* **23**, 416-427 (1998).
- [23] M. D. de Fez, M. J. Luque, P. Capilla, J. Pérez-Carpinell, M. A. Diez, "Color memory matching analyzed using different representation spaces", *J. Opt.* **29**, 287-297 (1998).
- [24] J. Pérez-Carpinell, R. Baldovi, M. D. de Fez, "Color memory matching: time effect and other factors", *Color Res. Appl.* **23**, 234-247 (1998).
- [25] Colorlab, software de uso libre en: <http://www.uv.es/vista/vistavalencia/software/software.html>.

1. El Grupo de Visión y Color

A principios del año 2002, un pequeño grupo de profesores titulares del departamento de Óptica de la Universidad de Alicante reunimos nuestros intereses investigadores y nos constituimos como grupo de investigación en temas relacionados con la visión y el color. La página web de nuestro grupo (http://www.ua.es/area/vision_color/) [1] (Fig. 1) recoge toda la información que vamos a detallar a continuación.



Fig. 1: Página web del Grupo de Visión y Color.

A pesar de ser un grupo pequeño, venimos compaginando la docencia con la actividad investigadora en diferentes líneas de investigación y en colaboración con otros departamentos y organismos: el Departamento de Óptica de la Universidad de Valencia, el Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6) de la Universidad Politécnica de Cataluña, la empresa Essilor S.A., el Instituto Tecnológico de Óptica, Color e Imagen (AIDO) de Valencia, etc. En cuanto a los principales temas en los que desarrollamos nuestra actividad podemos citar los siguientes:

- Caracterización espectral y colorimétrica de dispositivos de captura de imágenes, con el fin de convertir un dispositivo de captura (escáner o cámara digital) en un instrumento de medida del color [2,3].
- Caracterización espectral y colorimétrica de dispositivos de visualización (CRT, LCD/TFT, plasma) [4-6].
- Caracterización colorimétrica de dispositivos de impresión, comprobando varios modelos de color (Neugebauer, Murria-Davies, Yule-Nielsen) para la generación y formulación de colores en sistemas de impresión.
- Gestión del color: nuestro objetivo es la implementación en las aplicaciones informáticas de los perfiles de color de los dispositivos de captura, visualización e impresión para controlar la reproducción digital del color en Artes Gráficas [7-12].
- Medida y evaluación del color en materiales pétreos: estudiando el cambio de color producido por agentes atmosféricos [13].
- Ergonomía visual y percepción visual: estudio de las prestaciones de modelos de apariencia del color (SVF, CIECAM, etc), discriminación cromática, memoria del color, alteraciones de la visión cromática y espacial por el uso de lentes coloreadas en diferentes poblaciones (operados post-lásik, anómalos cromáticos etc..), propiedades de pantallas de visualización de datos, propiedades de la visión binocular, etc... [14-25].

En nuestro laboratorio disponemos de una buena infraestructura tecnológica que nos permite trabajar en medida y especificación numérica del color (tanto lámparas como objetos transparentes y opacos), determinación de diferencias de color, formulación de tintes y pigmentos (ley de Kubelka-Munk), reproducción digital del color (captura, visualización en impresión), generación de estímulos visuales complejos mediante tarjetas de generación

VSG®, calibrado de monitores CRT, cálculo de parámetros colorimétricos de calidad (tolerancias de color, rendimiento en color, metamerismo, inconstancia de color, blancura, amarilleamiento, poder de recubrimiento, poder de coloración, poder de transparencia, etc)

2. Proyectos de investigación en Óptica Visual

2.1. Estudio de lentes coloreadas Physiotint en operados post-lasik (ESSILOR, S.A.)

La corrección de ametropías mediante cirugía refractiva es cada vez más frecuente, debido en gran parte a la mejora en las técnicas quirúrgicas. Dejando al margen las posibles complicaciones clínicas, la emetropización del paciente no siempre es completa y muy a menudo aparece una mayor sensibilización a la luz que en ocasiones llega a ser muy molesta, sobre todo en condiciones escotópicas cuando la pupila se dilata. En estas circunstancias aparecen halos alrededor de los objetos, haciéndose más patentes en condiciones nocturnas. En la vida del paciente postlásik desaparecen las gafas, pero no las gafas de sol. Es recomendable sugerir el empleo de lentes que, aparte de proteger contra el UV, proporcionen una buena visión sin alterar en exceso sus capacidades visuales. En este estudio evaluamos las mejoras de lentes Physiotint (Fig. 2) frente a otros filtros solares convencionales en cuanto a las variaciones de sensibilidad al contraste (Fig. 3) y de discriminación cromática (Fig. 4), teniendo en cuenta también el grado de confort del usuario.

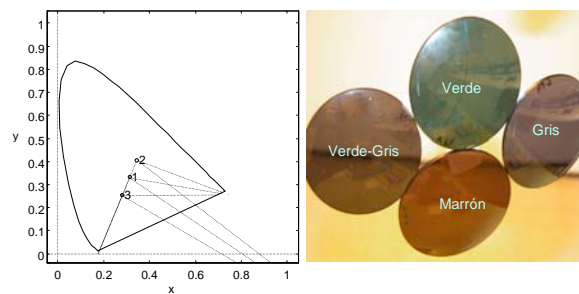


Fig. 2: Filtros Physiotint y centros de las elipses de discriminación del test de Cambridge Research System.

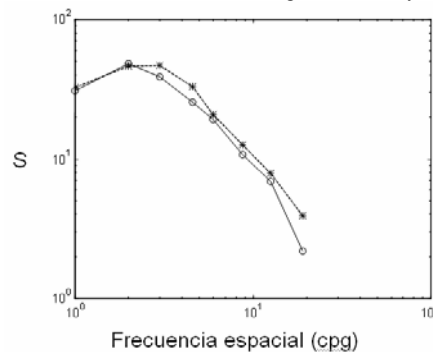


Fig. 3: Curva de sensibilidad al contraste para los filtros Gris Physiotint (*) y Gris convencional (o).

En cuanto a la valoración subjetiva, los resultados muestran que en todos los aspectos de la visión encuestados el grado de satisfacción del usuario es muy elevado. En cuanto a la diferencia respecto a sus gafas anteriores, el 80 % opina que las lentes Physiotint son mejores y el grado de satisfacción general con estas lentes es de 9,4 sobre 10.

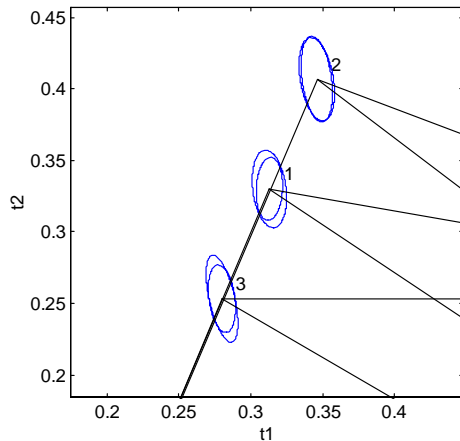


Fig. 4: Elipses de discriminación para los filtros Verde-Gris Physiotint (continua) y Verde-Gris convencional (discontinua).

2.2. Estudio de la versatilidad de filtros coloreados

Evaluamos el efecto de la cromaticidad de diferentes filtros convencionales (Fig 5) en dos de las funciones visuales más relevantes para el ojo humano: la visión de contrastes y la visión cromática. La posible ventaja en cuanto a la visión de contrastes con filtros en la gama de los amarillos se ve enturbiada por las pérdidas de discriminación cromática. Hemos extendido este mismo estudio a otras poblaciones específicas, por un lado observadores anómalos cromáticos, para los que los resultados preliminares muestran que los filtros de cromaticidad azul parecen producir mejoras en la calidad de visión de los observadores con una anomalía cromática rojo-verde. Y por otro lado aplicamos también el estudio a observadores mayores, que pueden presentar pérdidas de discriminación en la dirección azul-amarillo debido al amarilleamiento del cristalino.



Fig. 5: Filtros coloreados y de corte utilizados. Se compararon con filtros grises de la misma transmitancia media.

En la población de anómalos cromáticos podemos concluir que para sujetos con anomalías rojo-verde no existe ningún filtro que presente resultados óptimos tanto en sensibilidad al contraste como en discriminación cromática. Esto nos debería conducir a buscar un filtro personalizado para cada observador, atendiendo a la demanda de la tarea que va a realizar el usuario. De los resultados obtenidos, parece que para una tarea de discriminación de contraste acromático serían recomendables los filtros amarillos y si la tarea es de discriminación de color el mejor filtro es el azul. Como continuación de este estudio, faltaría comprobar si el filtro azul sigue manteniendo este comportamiento en cualquier zona del diagrama cromático.

En la población mayor, los resultados muestran que los filtros grises son siempre los que proporcionan mejores resultados, tanto en discriminación cromática como en discriminación de contrastes. Los filtros verde y verde-gris serían los que presentan los peores resultados (Fig. 6).

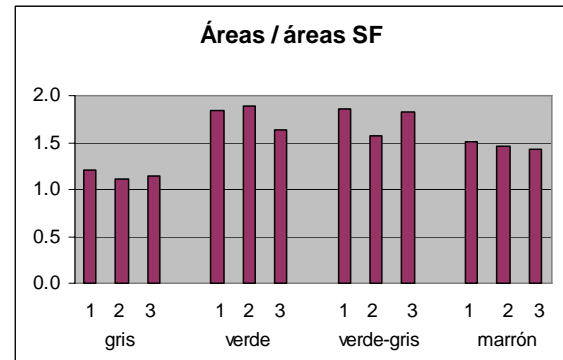
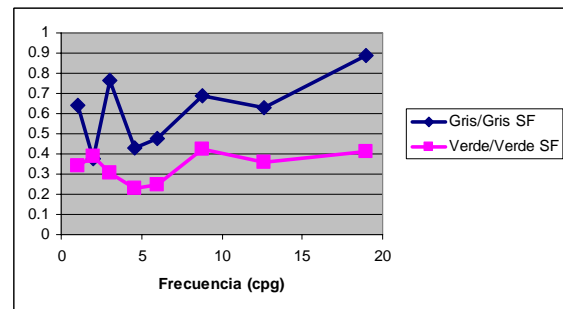


Fig. 6: Comparaciones entre los filtros Gris y Verde y Sin Filtro para la CSF. Áreas de las elipses de discriminación para los filtros estudiados, comparadas con las áreas Sin Filtro.

2.3. Modelización del filtraje que realiza nuestro sistema visual mediante imágenes digitales

Tanto las propiedades espaciales como las de color de nuestro sistema visual son susceptibles de ser modelizadas y aplicadas en un espacio de representación del color adecuado. El objetivo es aplicar a imágenes digitales el filtraje espacial correspondiente a la curva de sensibilidad al contraste y el filtraje colorimétrico correspondiente a las elipses de discriminación cromática (Fig. 7).



Fig. 7: Imagen acromática original (izq) y filtrada mediante las curvas de sensibilidad al contraste correspondientes a un filtro de corte (medio, 450 nm) y un filtro amarillo convencional (drch).

2.4. Estudio ergonómico de las prestaciones de diferentes tecnologías de pantallas de visualización de datos, orientados a distintos tipos de poblaciones

Existen en el mercado varios tipos de pantallas (CRT, LCD, plasma, etc.) que en la actualidad se están aplicando a nuevos dispositivos y periféricos de diferentes tamaños, para los cuales no se han planteado soluciones definitivas de Ergonomía Visual. Actualmente se están desarrollando nuevas tecnologías de pantalla flexibles como las tipo Organic Light Emitting Diode (OLED) o las de tipo Transparent Conducting Oxides (TCO) que abren nuevas vías de investigación ergonómica. La única Norma de carácter legal en nuestro país que aborda el acondicionamiento ergonómico de los trabajos con equipos de PVD's es el R.D. 488/1997 de 14 de Abril. Existen también directivas para PVD's en general, tales como DIRECTIVA 90/270/CEE basada en la norma ISO 9241.

La problemática de las PVD's es un ejemplo de Ergonomía en Ciencias de la Visión. La Ergonomía se define como el estudio de los datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre hombre y máquina, es decir, el usuario debe controlar en todo momento la adaptación de la máquina a sus propias necesidades visuales, nunca al revés. En las nuevas tecnologías de pantalla en estudio, como las pantallas flexibles, no deben primar las mejoras no visuales sobre los requisitos visuales mínimos, como ya ocurrió en los primeros prototipos de televisores tipo CRT hace 70 años, en los de cristal líquido hace 30 y en los de plasma hace 15. Nos referimos a pantallas de teléfonos móviles, videoconsolas, etc. donde, a menudo, se antepone el tamaño y otras características demandadas por el mercado. Por tanto, se debe tener presente la necesidad de que los productos tecnológicos que usamos pasen controles estrictos de seguridad, confortabilidad y usabilidad en general, pero también visuales cuando se trata de PVD's.

2.5. Diseño de prácticas de laboratorio con monitores estándar (dentro del programa de Ayudas para fomentar el uso de nuevas tecnologías en la Universidad de Alicante)

Los sistemas de generación de estímulos son demasiado caros para dotar con ellos un laboratorio docente. Esto nos obliga a usar monitores y tarjetas gráficas comerciales, de prestaciones inferiores, que presentan problemas a la hora de generar estímulos para experimentos psicofísicos: dependencia de las coordenadas de los fósforos con el nivel digital, fallos de aditividad a partir de cierto nivel digital y falta de homogeneidad espacial. Los problemas derivados de la falta de aditividad y homogeneidad espacial se minimizan trabajando con estímulos generados en el centro de la pantalla, con niveles de luminancia moderados. La dependencia de las coordenadas de los fósforos con el nivel digital se tiene en cuenta en la librería de funciones COLORLAB [25], con la cual hemos desarrollado diversos programas de medidas psicofísicas en entorno Matlab®, en colaboración con el Departamento de Óptica de la Universidad de Valencia (Fig. 8).

A menudo, los estudiantes de visión se enfrentan a una situación donde existe una carencia de material apropiado que les permita afianzar los conocimientos teóricos adquiridos mediante la realización de experimentos. Nuestro objetivo es remediar, en la medida de lo posible, esta situación mediante la creación de un laboratorio a distancia que permita realizar experimentos al alumno, tanto con ayuda del profesor en el aula o en el laboratorio, como fuera de éstos e incluso de la universidad, aunque siempre acompañado del material didáctico adecuado (guión, cuestionarios, etc.) para facilitar el máximo aprovechamiento del mismo. Este espíritu se adapta perfectamente, desde nuestro punto de vista, al nuevo EEES, ya que permite al alumno un método más dinámico de aprendizaje.

Las ventajas de este laboratorio a distancia son múltiples: permite el acceso a personas que no puedan acudir a la universidad, por las razones que sean (distantes geográficamente, por trabajo, personas discapacitadas, etc.) o simplemente posibilita que el curso se imparta/reciba de forma no presencial. Además, al alumno que acude a clase le sirve para preparar con antelación la sesión de laboratorio, con lo que el aprovechamiento de esta sesión presencial será mucho mayor. También le permite afianzar conocimientos mientras está estudiando la asignatura, al poder repetir las experiencias tantas veces como necesite.

Dentro de estas convocatorias de ayudas de la Universidad de Alicante hemos desarrollado

prácticas para la medida de la agudeza visual, la curva de sensibilidad al contraste, la agudeza visual estereoscópica, la zona de visión binocular nítida y haplopíca y la simulación del filtraje espacial y colorimétrico que realiza el ojo humano.

En la figura 8 se muestra el software que permite determinar la curva CSF del observador, a partir de la medida de su sensibilidad al contraste para 10 redes de frecuencia diferente. En la misma figura aparece un resultado típico de dicha curva.

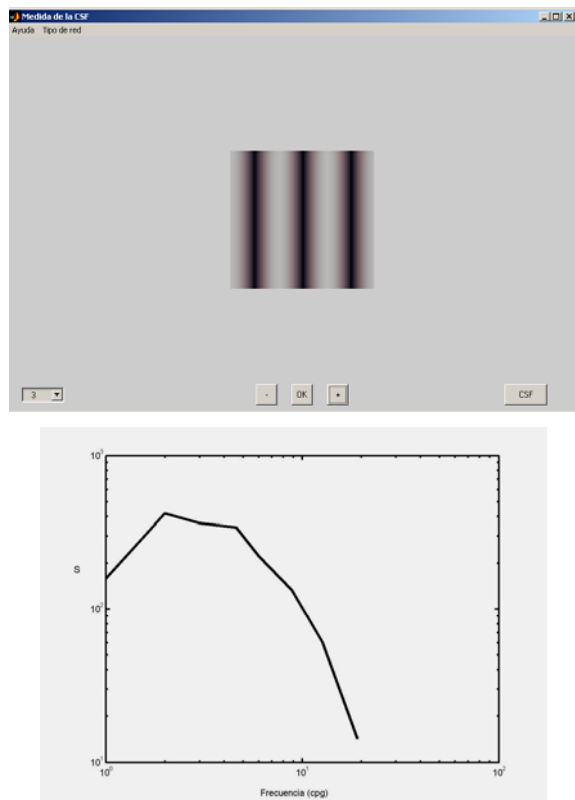


Fig. 8: Software para la medida de la curva de sensibilidad al contraste y resultados experimentales.

En la figura 9 puede observarse el diseño del optotipo utilizado tanto para determinar la zona de visión binocular nítida y haplopíca como la agudeza visual estereoscópica del observador. El alumno puede configurar el optotipo, que consiste en la pareja estereoscópica de círculos descentrados de la figura. Descentrando los círculos grandes y pequeños se consigue generar un efecto estereoscópico ejecutando cualquiera de las técnicas de fusión libre. La sensación de profundidad relativa que se observa, o disparidad binocular, depende de los parámetros de configuración.

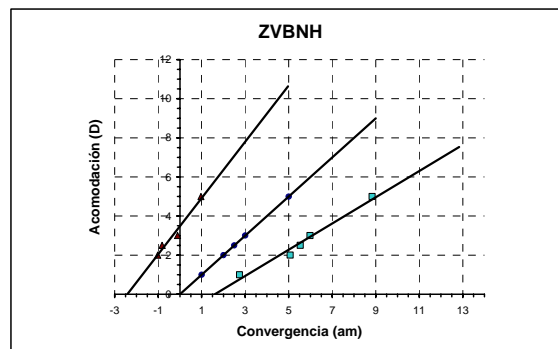
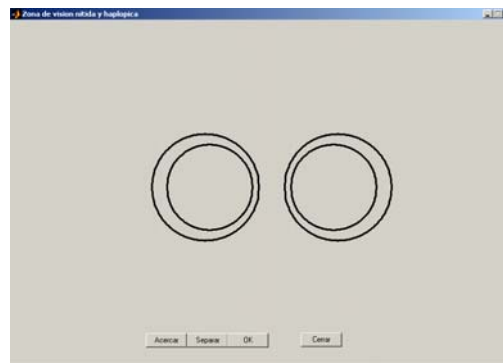


Fig. 9: Software para la medida de la zona de visión binocular nítida y haplopíca y resultados experimentales.

3. La docencia en Óptica Visual

Fruto de nuestra preocupación por la docencia, hemos publicado varios libros orientados a diferentes materias y campos de conocimiento. Los libros *Fundamentos de colorimetría* y *Tecnología del color*, han sido editados en el año 2002 por el Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia. Ambos libros son manuales útiles para los alumnos de las diferentes universidades en que se imparten enseñanzas sobre la disciplina del color. Por otro lado, cualquier profesional que deba abordar algún aspecto referente al color puede utilizar un texto práctico capaz de resolver sus dudas. El libro *Óptica Fisiológica: modelo paraxial y compensación óptica del ojo*, ha sido editado en el año 2004 por el servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante. Se trata de un texto básico de óptica fisiológica enfocado a alumnos de Óptica y Optometría, aunque también es útil para otros estudios relacionados con la visión humana. Otra obra publicada en este mismo año 2004, y coeditada entre las Universidades de Alicante y Valencia, es el titulado *Fundamentos de visión binocular*, libro claramente orientado a cubrir los fundamentos ópticos, sensoriales y algorítmicos de la visión binocular, tanto a nivel de oculomotor (convergencia, etc) como a nivel sensorial (horóptero, estereopsis, etc).