

CURSO INTEGRACIÓN A LA VIDA UNIVERSITARIA



MARCO TEÓRICO PARA

ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

PROGRAMACIÓN DE AUTOESTEREOGRAMAS

AUTOR: ATILA ESTEBAN ANDRADE ORLOFF

El hecho de que los humanos contemos con dos ojos nos otorga una visión binocular que funciona de una forma peculiar. Para explicar la naturaleza de nuestra percepción de tres dimensiones se requieren de ciencias como la neurología, la física y la matemática (Thimbleby, 2003).

¿Cómo es que, si al cerrar un ojo no vemos lo mismo que al cerrar el otro ojo; al tener ambos abiertos no vemos dos imágenes distintas?

Esto quiere decir que al abrir los dos ojos, nuestro cerebro de alguna manera une ambas imágenes para crear, a partir de ellas , una visualización que cuenta con profundidad (Cárdenas, Morales y Ussa, 2015).

La estereoscopía se sirve de estas condiciones para producir efectos tridimensionales a partir de imágenes en dos dimensiones, por medio de distintos aparatos (Richardson, 1994). La autoestereoscopia puede producir los mismos efectos sin necesidad de ningún equipo especial (Segura, 2013). Los autoestereogramas son fácilmente generados con la computadora (Thimbleby, 1996). Este proyecto pretende, a parte de dar las bases y fundamentos acerca del tema que nos compete, elucidar los algoritmos utilizados para generar autoestereogramas en el ordenador, comprender su naturaleza, mostrar cómo poder

observar los efectos ocultos en estas imágenes repetitivas, así cómo hacer un pequeño estudio del porcentaje de personas que logra verlos y el tiempo que tardan en realizarlo.

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Gómez, A. T., Lupón, N., Cardona, G., & Aznar-Casanova, J. A. (2012). Visual mechanisms governing the perception of auto-stereograms. *Clinical and Experimental Optometry*

Abstract

Background: Single image random dot stereograms (SIRDS) have been used to study diverse visual parameters and skills. The aim of the present study was to identify the main optometric factors involved in the perception of SIRDS and to obtain a discriminant model to categorise our participants in terms of their skill in perceiving SIRDS.

Methods: Response time was determined to assess the ability of 69 participants to perceive the hidden three-dimensional shape in an auto-stereogram presented under controlled conditions, whereupon three skill level groups were defined. The same participants were administered a battery of optometric tests to evaluate various aspects of accommodation and convergence, as well as stereopsis and phoria. Linear discriminant analysis, which served to examine the relationship between response times and the evaluated visual parameters and skills, provided a set of discriminant functions (or model), thus allowing for the categorisation of participants according to their skill to perceive SIRDS.

Results: Two discriminant functions were obtained, which allowed for an overall predictive accuracy of 66.67 per cent (p = 0.024), with a higher predictive accuracy for groups 1 (minimum time less than 10 seconds, 78.26 per cent) and 2 (minimum time greater than 10 seconds, 75.86 per cent) than for group 3 (SIRDS not perceived, 35.29 per cent). Stereoacuity, negative relative convergence, phoria at near and, to a lesser extent, the accommodative convergence and accommodation ratio were found to be the most relevant discriminant variables, although between-group statistically significant differences were only disclosed for stereoacuity (p = 0.001) and negative relative convergence (p = 0.003).

Conclusion: The ability to perceive SIRDS was related to many visual parameters and skills, including, but not limited to, stereoacuity and negative relative convergence. It is uncertain whether SIRDS might be considered a useful tool in clinical practice.

BASES TEÓRICAS

1.1 Estereoscopía

Cuando miramos dos imágenes de un mismo objeto, colocadas a una distancia adecuada una de otra. Podemos percibir un efecto de profundidad, en esto consiste el proceso de estereoscopía. (Cárdenas, Morales y Ussa, 2015)

1.1.1 Definición

Fernández (1989), define estereoscopio de la siguiente forma:

La palabra "estereoscopio" proviene del griego: stere ós (sólido) y skoéo (observar) y se trata de un instrumento óptico que permite ver en relieve los objetos mediante la observación de dos imágenes planas que corresponden a las que se forman en la visión binocular.

De forma similar Segura (2013) afirma:

La palabra estereoscopía deriva del griego "στερεός" (stereos; firme, sólido), y "σκοπέω" (skopeō; mirar, ver). La estereoscopía es la creación o realce de la ilusión de profundidad en fotografías, películas y otras imágenes bidimensionales. Como su nombre indica, se basa en la estereopsis, previamente explicada, y funciona presentando una imagen ligeramente distinta para cada ojo (p.29).

Cárdenas, Morales y Ussa (2015), proponen la siguiente definición, que coincide con las anteriores:

Visión estereoscópica o estereoscopía, como también se le conoce, es un proceso que se realiza de manera natural cuando un observador mira simultáneamente dos imágenes de un mismo objeto, que han sido captadas desde dos posiciones distintas. Cada ojo ve una imagen y el resultado de ese proceso es la percepción de la profundidad o tercera dimensión (p.203).

Chaux, Rozo y Gómez (2016), definen estereograma de la siguiente manera:

Un par estereoscópico, llamado originalmente estereograma, es un par de imágenes de la misma escena captadas desde dos posiciones ligeramente diferentes que simula el proceso análogo ejecutado por un par de ojos funcionales (p.1).

1.1.2 Historia

Primeras manifestaciones de conocimiento de estereoscopia, según Fernández, Serrano, Rojas y Hernández (2011):

El interés por el fenómeno de la tridimensionalidad visual se remonta a la Grecia clásica. En el siglo III a.C. el matemático griego Euclides (295 a.C.), estudió en su tratado titulado "Óptica" la relación entre la visión estereoscópica y el hecho de que los seres humanos dispongan de dos ojos. En el siglo II d.C., el médico griego Galeno, describiría también lo

que supuso una profundización de una teoría razonada de la visión de la perspectiva a través de los dos ojos, ya que supo por observación, que si cerraba un ojo la imagen del entorno cambiaba ligeramente (p.8).

Primer estereoscopio, según Fernández, Serrano, Rojas y Hernández (2011):

En 1838, el físico inglés Charles Wheatstone diseñó el primer visor-estéreo denominado estereoscopio, presentándolo ante la Royal Society de la que era miembro desde 1836 (p.8).

1.2 Autoestereogramas

También conocidos como "freeviewing" o estereogramas de una imagen (Single Image Stereogram, SIS), son estereogramas que no necesitan equipo especial para decodificar.

Basta con la vista y aprender una serie de técnicas.

1.2.1 Definición

Chaux, Rozo y Gómez (2016) nos dan la siguiente definición:

Los autoestereogramas, también llamados estereogramas de una imagen (Single Image Stereogram, SIS), son una técnica para la presentación de imágenes con información de profundidad estereoscópica que se cimienta conceptualmente en los estereogramas de puntos aleatorios (Random Dot Setereograms, RDS) y el principio del wallpaper (p.2).

The Optometrists Network (1996) define autoestereograma de la siguiente manera:

Se conoce como freeviewing ("visión libre") al hecho de observar y percibir el efecto 3D sin ningún aparato o ayuda óptica, y autoestereograma a los estereogramas ideados para ser vistos de dicha manera.

1.2.2 Origen

según Fernández, Serrano, Rojas y Hernández (2011):

Los estereogramas de puntos al azar son el origen de los autoestereogramas que tanta popularidad han adquirido, debido al gran número de publicaciones de carácter lúdico que existen en el mercado (p.9).

1.2.3 Fundamentos

Se puede considerar el ojo humano como una cámara fotográfica que utiliza la luz propia, reflejada, dispersada o transmitida por los objetos. En la retina, situada en el fondo del globo ocular, se encuentran los fotorreceptores que hacen posible el registro de la imagen. Dichas imágenes son dos perspectivas cónicas del objeto, precisamente aquellas que se obtendrían desde la pupila de entrada de cada uno de los ojos, separados entre 5 y 8 centímetros por témino medio en la población adulta, siendo la separación media de 65 mm. Esta diferencia entre las imágenes que de un mismo objeto se producen en la retina de

cada uno de los dos ojos se llama "disparidad binocular" y se denomina "estereopsis" a la percepción visual binocular del espacio tridimensional basada en la misma (Vergara, 1988).

En la visión humana, los dos ojos dirigidos frontalmente originan dos imágenes, ligeramente desplazadas una de otra. La separación entre estos dos objetos es la información clave para detección de distancias relativas entre objetos (Ogle, 1962).

según Fernández, Serrano, Rojas y Hernández (2011):

Están formados por dos figuras casi idénticas, dibujadas con los puntos de un ordenador y distribuidos al azar. Las dos figuras que constituyen el estereograma tienen idéntica textura, desplazada una respecto de otra en la zona que se desea observar en relieve, flotando sobre el fondo (p.9).

Cárdenas, Morales y Ussa (2015), mencionan los siguientes fundamentos del fenómeno:

Un observador mira simultáneamente dos imágenes de un mismo objeto, que han sido captadas desde dos posiciones distintas. Cada ojo ve una imagen y el resultado de ese proceso es la percepción de la profundidad o tercera dimensión (p.203).

Chaux, Rozo y Gómez (2016) fundamentan de esta forma la naturaleza de esta ilusión:

Un par estereoscópico, llamado originalmente estereograma, es un par de imágenes de la misma escena captadas desde dos posiciones ligeramente diferentes que simula el proceso análogo ejecutado por un par de ojos funcionales. La diferencia de perspectiva, producto de la separación horizontal de los ojos, ocasiona que un conjunto de puntos ocupe una posición ligeramente diferente en el par de imágenes; esta diferencia en la posición de puntos equivalentes, que codifican un mismo punto en la escena original, es un desplazamiento horizontal que recibe el nombre de disparidad retiniana, una señal de profundidad fisiológica (p.29).

1.2.4 Tipos

Existen numerosas técnicas para la creación de SIS, mencionaremos solo tres de ellas y nos enfocaremos en SIRDS.

1.2.4.1 SIRDS

Son estereogramas de una sola imagen generados a partir de puntos aleatorios (Richardson, 1994). Estos son en los que nos enfocaremos principalmente.

1.2.4.2 **SITS**

estereogramas de una sola imagen generados a partir de una textura (Richardson, 1994)

1.2.4.3 **ASCII**

Es posible generar autoesteregramas utilizando tan solo caracteres ASCII (los que ocupamos en las computadoras), pueden ser recursos muy vistosos para escribir correos o para utilizar el diseño en alguna postal. (Thimbleby, 1997)

1.2.5 Percepción

Segura (2013) menciona dos diferentes técnicas para percibir autoestereogramas:

Existen varias técnicas:

- · Cross eyed (ojos cruzados): la imagen de la izquierda corresponde al ojo derecho y viceversa.
- · Parallel eyed (ojos paralelos): cada imagen corresponde al ojo del mismo lado, con la vista completamente paralela, sin converger (p.30).

Chaux, Rozo y Gómez (2016) nos dan la siguiente instrucción para lograr ver los SIS dependiendo de la técnica:

Para percibir en profundidad la escena codificada en un estereograma de una imagen es necesario desacoplar los procesos visuales de acomodación (responsable del enfoque de la imagen en la retina) y convergencia (encargada del cruzamiento de los ejes ópticos). De este modo, para observar la escena de un autoestereograma construido bajo el esquema de visión paralela es necesario enfocar la visión en el SIS y converger los ojos en planos posterior al de la imagen; por otra parte, para interpretar la profundidad codificada en un autoestereograma que sigue los lineamientos de la visión cruzada es necesario converger los ejes ópticos en planos delante del SIS mientras se enfoca el autoestereograma (p.2).

1.2.5.1 Incapacidad

Segura (2013) se expresa de la siguiente manera acerca de las dificultades que presenta la decodificación de las imágenes 3d que aparecen en los autoestereogramas:

Todas estas técnicas requieren de cierto entrenamiento. A muchas personas les resulta dificil o incómodo, incluso imposible, conseguir obtener el efecto deseado sin ayudas ópticas (p.31).

Chaux, Rozo y Gómez (2016) nos hacen notar esta particularidad interesante que bien puede ser causa de la decodificación incorrecta al visualizar de algunos individuos:

Si un estereograma de una imagen se observa con el esquema contrario al de su construcción la información de profundidad es interpretada de manera invertida, es decir los planos más alejados en la escena original son percibidos como los más cercanos al observador y viceversa (p.2).

La incapacidad de algunos individuos para percibir estereogramas de imagen única de puntos aleatorios (SIRDS), puede ser explicada por la ignorancia de la estrategia correcta para visualizarla, es decir, su falta de información o practica respecto a la necesidad de desacoplar los procesos visuales de acomodación (Gómez, Lupón, Cardona, y Aznar, 2012).

1.2.6 Aplicación

Existe un gran número de publicaciones de autoestereogramas de carácter lúdico en el mercado (Fernández, Serrano, Rojas y Hernández, 2011)

Lo anterior coincide con lo mencionado por Chaux, Rozo y Gómez (2016):

Los autoestereogramas, también llamados estereogramas de una imagen, son una técnica autoestereoscópica de bajo costo de producción que en la actualidad es vista como un elemento lúdico [3] [4] aunque también se ha explorado su aplicación para examinar la agudeza estereoscópica del sistema visual [5], [6], como herramienta para la visualización de información científica [7] [8] y para la encriptación de mensajes [5] [3] (p.1).

1.3 Programación de autoestereogramas

Las computadoras facilitan la tarea de producción de imágenes autoestereográficas, nos enfocaremos en el algoritmo de Thimbleby para la creación de SIRDS.

1.3.1 Programas

Software para la programación de autoestereogramas puede ser generado fácilmente con lenguajes de programación como C. (Thimbleby, 1996)

Existe un poderoso plugin para la generación de estereogramas para Adobe Photoshop llamado Autoestereograms. (Thimbleby, 2003)

1.3.2 Algoritmo

Chaux, Rozo y Gómez (2016) develan la siguiente información sobre el algoritmo:

Siguiendo los lineamientos geométricos de la visión estereoscópica, la construcción de autoestereogramas codifica cada punto del mapa de profundidad a través de la distancia horizontal o separación de un par de puntos con el mismo color en el autoestereograma que esta relacionada con la profundidad a la cual se encuentra el punto codificado respecto de la ubicación del observador (p.2).

Quizás la mejor opción es imaginar los pixeles p1, p2, p3, ... como un conjunto de variables que pueden tomar valores distintos dependiendo de su color. Así, las condiciones geométricas representan ecuaciones pa – pb = 0 y sucesivamente. Estos conjuntos de ecuaciones pueden ser resueltos por eliminación y sustitución, o por métodos numéricos (Thimbleby, 1996).

Ora forma de verlo es que las condiciones geométricas forman una relación de equivalencia. Es fácil ver que "Del mismo color que" es una relación de equivalencia: Es reflexiva por que cualquier cosa es del mismo color que ella misma; simétrica por que si a es del mismo color que b, entonces b es del mismo color que a; es transitiva por que si a es del mismo color que b, y b es del mismo color que c, entonces u es del mismo color que c. Por lo que podemos decir que cada condición (a,b) requiere que el pixel u sea equivalente al mismo color que el pixel b. (Thimbleby, 1996).

Thimbleby(1996) nos proporciona su algoritmo en seudocódigo:

```
for i := 1 to N do
od;
while given (i,j)do
-(initialise p )
p.z := a
-(insert pairs into p)
p i :=p.i;
while p i < i and p i # j do
else i :=j ; j :=p i
if p i < j then i := p i
fi;
pi :=p.i
od;
p.i := j
od;
for t := N down to 1 do
if p.t = t then v.t :=Random({Black, White})
fi
else v.t := v.(p.t)
od (p.323).
```

1.3.3 Error

A pesar de su gran utilidad, existen ciertas distorsiones que genera el algoritmo de Thimbleby, Chaux, Rozo y Gómez (2016) mencionan la siguiente:

Resulta evidente que el algoritmo de Thimbleby et al. codifica la escena del mapa de profundidad en el autoestereograma de manera efectiva. Sin embargo, el proceso introduce una traslación en el eje x al igual que una deformación en el eje z que provoca una contracción de los planos de profundidad de la imagen aunque no se evidencio rotación alguna del modelo (p.6).

Referencias Bibliográficas

- Allen, E., & Matthews, C. (1995). *It's a Bird! It's a Plane! It's a ... Stereogram!*. Science Scope, 18 (7), 22 26.
- Cárdenas Quiroga, E. A., Morales Martín, L. Y., & Ussa Caycedo, A. (2015). La estereoscopía, métodos y aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento. *Revista Científica*" *General José María Córdova*", *13*(16).
- Chaux, J. R., Rozo, L. X. B., & Gómez, A. P. (2016, September). Los autoestereogramas como alternativa para la visualización de information: Impacto de un algoritmo en la escena codificada. In *2016 IEEE 11th Colombian Computing Conference (CCC)* (pp. 1-6). IEEE.
- FERNÁNDEZ SORA, A. Aportación metodológica generalizada para la construcción anaglifos [PhD Thesis]. Tarrasa (Barcelona): Universidad Politécnica de Cataluña, 1989.
- FERNÁNDEZ-SORA, A. L. B. E. R. T. O., Serrano-Tierz, A., ROJAS-SOLA, J. I., & HERNÁNDEZ-DÍAZ, D. A. V. I. D. (2011). Dibujos anaglíficos: su optimización y aplicación a la enseñanza técnica universitaria. *Dyna*, 78(167), 7-16.
- Gómez, A. T., Lupón, N., Cardona, G., & Aznar-Casanova, J. A. (2012). Visual mechanisms governing the perception of auto-stereograms. *Clinical and Experimental Optometry*, *95*(2), 146-152.

Ogle, K. N. (1962). Ocular dominance and binocular retinal rivalry. *The eye*, 4, 409-417.

Richardson, D. (1994). Create stereograms on your PC. California: The Waite Group.

Segura Garde, J. (2013). 3D estereoscópico. Estudio de los fundamentos y metodología de visionado, grabación y edición de la tecnología estereoscópica actual y elaboración de un cortometraje aplicando dichos conocimientos.

Sonic Unyon. (2014, enero 27). *Black is good [Official] (Autostereogram Video)* [Video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=2AKtp3XHn38

Optometrists Network (1996). *The Logical Approach to Seeing 3D pictures*. Recpurado de https://www.vision3d.com/3views.html

Thimbleby, H. (1996). *An Equivalence Class Algorithm for Drawing Autostereograms*. Software–Practice and Experience, 26(3), 309-325.

(2003). *Magic Pictures*. Recuperado de https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/content.gresham.ac.uk/data/binary/1982/30oct03haroldthimbleby _magicpictures.pdf

(2003). *Magic Pictures* [MP4]. UK: Gersham College. Recuperado de https://www.gresham.ac.uk/lectures-and-events/magic-pictures

(1997). 3D Creativity for the Web. Recuperado de

http://harold.thimbleby.net/srf/3d.pdf

VERGARA, L., & de Fotogeología, M. M. (1988). Servicio de Publicaciones CIEMAT.