

autoestereograma – autostereogram

Authored by
memjavad

November 3, 2025

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *autoestereograma – autostereogram*. Spanish Psychological Databases.
Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=2631>

Autostereograma

Primary Disciplinary Field(s): Óptica, Ciencias de la Visión, Gráficos por Computadora

1. Definición Central

El **autostereograma** es un tipo especializado de estereograma de imagen única (Single-Image Stereogram, SIS) diseñado para generar una ilusión óptica de profundidad tridimensional (3D) a partir de una imagen bidimensional (2D) plana, sin requerir dispositivos externos como gafas o visores. Este fenómeno se basa en la capacidad del sistema visual humano para fusionar patrones repetitivos presentados a cada ojo con una disparidad horizontal calculada. La clave del autostereograma reside en la codificación de la información de profundidad directamente en la repetición y el desplazamiento sutil de los elementos gráficos en el plano 2D, engañando al cerebro para que interprete estos patrones como si provinieran de objetos situados a diferentes distancias.

A diferencia de los estereogramas tradicionales, que requieren dos imágenes separadas (una para cada ojo), el autostereograma utiliza una única imagen estructurada para que el observador pueda, mediante un control consciente o inconsciente de la convergencia ocular, enfocar los ojos en un punto virtual situado detrás o delante del plano de la imagen. Al relajar o cruzar los ojos, se logra que el ojo izquierdo mire un patrón y el ojo derecho mire un patrón idéntico que se encuentra ligeramente desplazado horizontalmente. Esta disparidad artificialmente inducida imita la disparidad binocular natural que experimentamos al observar objetos reales en 3D, permitiendo al cerebro reconstruir la escena oculta.

Existen dos categorías principales dentro de esta técnica: los estereogramas de puntos aleatorios de imagen única (SIRDS, por sus siglas en inglés), donde la imagen está compuesta por un patrón caótico de puntos que solo revela la forma 3D al ser visualizado correctamente; y los estereogramas de textura única (SIT), que utilizan un patrón repetitivo reconocible, como un mosaico o una serie de iconos. En ambos casos, el principio subyacente es la manipulación precisa de la periodicidad del patrón. La percepción del 3D se produce cuando el ojo consigue desvincular la acomodación (el enfoque del cristalino, que permanece fijo en el plano de la imagen) de la convergencia (la alineación de los ejes visuales), un proceso que a menudo requiere práctica y concentración por parte del observador.

2. Etimología y Desarrollo Histórico

El concepto de percibir profundidad a partir de imágenes múltiples tiene sus raíces en la invención del **estereoscopio** por Sir Charles Wheatstone en 1838. Sin embargo, el desarrollo directo del autostereograma es mucho más reciente. El precursor fundamental fue el trabajo de **Bela Julesz**

a finales de la década de 1950. Julesz, un científico húngaro-estadounidense, inventó el **Estereograma de Puntos Aleatorios** (Random Dot Stereogram, RDS) en 1959. Su objetivo era demostrar que la percepción de profundidad (estereopsis) ocurre en el córtex visual independientemente del reconocimiento de formas. Los RDS de Julesz requerían un visor binocular para presentar dos imágenes idénticas de puntos aleatorios, salvo por un desplazamiento sutil en una región, revelando una forma 3D oculta. Este trabajo sentó las bases teóricas para la codificación de la disparidad en patrones aleatorios.

El salto de los estereogramas de dos imágenes (RDS) al estereograma de imagen única (SIS), o autostereograma, fue logrado por el psicólogo visual **Christopher Tyler** y la programadora **Maureen Clarke** en 1983. Utilizando los principios de Julesz, desarrollaron un algoritmo que permitía codificar la disparidad binocular en una sola imagen plana que podía ser percibida en 3D mediante la visualización de ojo divergente (visión paralela). Su invención inicial, conocida como SIRDS (Single-Image Random Dot Stereogram), demostró que era posible eliminar la necesidad de dispositivos externos manteniendo la complejidad de la información de profundidad. Este avance fue crucial para la democratización de la estereoscopia.

La popularización masiva del autostereograma ocurrió a principios de la década de 1990 gracias a la serie de libros "Magic Eye" (Ojo Mágico). Estos libros combinaron la tecnología SIRDS con patrones de textura repetitiva más elaborados, haciéndolos visualmente más atractivos y, en algunos casos, más fáciles de percibir que los patrones de puntos puramente aleatorios. El fenómeno cultural que siguió transformó el autostereograma de una herramienta de investigación en neurociencia visual a una forma de entretenimiento popular, introduciendo al público general a los conceptos de estereopsis y disparidad binocular. Este éxito comercial consolidó el término y la técnica en la cultura visual moderna.

3. Principios Fisiológicos y Ópticos

La eficacia del autostereograma depende de la manipulación de la **disparidad binocular**, que es la ligera diferencia en las vistas que recibe cada uno de nuestros ojos debido a su separación horizontal (aproximadamente 6.5 cm). Normalmente, cuando miramos un objeto, el cerebro utiliza la disparidad para calcular su distancia. Para que un autostereograma funcione, el observador debe lograr la fusión binocular de puntos que no están destinados a corresponderse en la imagen plana. Esto se logra mediante dos técnicas de visualización: la visión paralela (o divergente) y la visión cruzada (o convergente).

En la **visión paralela**, el observador mira "a través" de la imagen, permitiendo que los ejes visuales diverjan ligeramente, como si estuvieran enfocando un objeto infinitamente lejano o un punto virtual detrás del papel. Si el patrón de repetición tiene una periodicidad P , el ojo izquierdo se alinea con un patrón en la posición X , y el ojo derecho se alinea con el mismo patrón en la

posición X+P. La diferencia entre P y la distancia de separación interocular (DSI) del observador define la profundidad percibida. La mayoría de los autostereogramas están diseñados para este método, generando imágenes que parecen flotar detrás del plano de la imagen. La dificultad principal es mantener la acomodación en la imagen 2D mientras se altera la convergencia, un desacoplamiento que no es natural para el sistema visual.

La profundidad percibida (Z) en un autostereograma está inversamente relacionada con la disparidad horizontal (d) codificada en la imagen. La fórmula general que rige esta relación es crítica para el diseño: $d = DSI \times (1 - F/Z)$, donde DSI es la distancia de separación interocular, F es la distancia focal (distancia de visualización), y Z es la profundidad deseada. Los diseñadores utilizan un mapa de profundidad (generalmente una imagen en escala de grises) donde los valores de píxel representan Z. Los píxeles más brillantes pueden representar mayor profundidad (más lejos) y los más oscuros, menor profundidad (más cerca o protuberante). El algoritmo traduce estos valores Z en los desplazamientos horizontales (d) necesarios para generar la ilusión de relieve.

La **fusión binocular** es el proceso neurológico central. El cerebro intenta resolver la ambigüedad de los múltiples patrones repetidos fusionando los que tienen la disparidad más consistente y cómoda. Si la disparidad codificada es cero (es decir, el patrón se repite sin desplazamiento), el objeto aparece en el plano de la imagen. Si el desplazamiento es mayor que la separación interocular (visión paralela), el objeto parece estar detrás. Si el desplazamiento es negativo o requiere cruzar los ojos (visión cruzada), el objeto parece estar flotando frente a la imagen. La robustez del autostereograma reside en que el patrón aleatorio o la textura repetitiva minimiza las pistas monoculares (como sombras o perspectiva) que podrían contradecir la información de profundidad binocular.

4. Tipos y Características Clave

Los autostereogramas se clasifican principalmente según la naturaleza del patrón utilizado para codificar la profundidad. La distinción más fundamental es entre los estereogramas de puntos aleatorios y los estereogramas de textura. Los **Estereogramas de Puntos Aleatorios de Imagen Única (SIRDS)** son la forma más pura, utilizando un campo de puntos sin significado visual inherente. Su principal característica es que la imagen 3D es totalmente invisible hasta que se logra la fusión binocular correcta, lo que los hace ideales para estudios científicos sobre estereopsis pura, ya que eliminan el sesgo de la percepción de forma.

Por otro lado, los **Estereogramas de Textura Única (SIT)**, popularizados por la serie Magic Eye, utilizan una imagen base que es en sí misma una textura compleja pero repetitiva (como flores, animales o patrones geométricos). Aunque la textura base es visualmente atractiva, la información de profundidad sigue codificada mediante el desplazamiento horizontal de esta textura repetitiva.

Estos tienden a ser más fáciles de visualizar para algunos usuarios, ya que el patrón repetitivo proporciona más "pistas" visuales para ayudar a los ojos a establecer la convergencia inicial, aunque la textura puede, en ocasiones, distraer de la forma 3D oculta.

Una característica técnica clave es la **periodicidad** o el intervalo de repetición horizontal del patrón. Este intervalo determina la distancia a la que el observador debe enfocar para lograr la fusión. Si el intervalo es pequeño, la disparidad requerida es menor, lo que puede facilitar la visión paralela. Otra característica esencial es el **mapa de profundidad** subyacente. Este mapa, invisible en el producto final, es una imagen en escala de grises donde cada nivel de gris corresponde a una profundidad específica. El algoritmo utiliza este mapa para calcular el desplazamiento necesario para cada píxel, asegurando que el patrón repetitivo se desplace sutilmente de manera coherente con la forma 3D deseada.

5. Técnicas de Generación

La generación de un autostereograma es un proceso algorítmico que transforma un mapa de profundidad 2D en una imagen 2D compleja que, al ser visualizada correctamente, revela la profundidad codificada. El primer paso crucial es la creación del **mapa de profundidad**. Este mapa es una representación digital de la escena 3D, donde los valores de intensidad (0 a 255) se mapean a la distancia Z. Por ejemplo, el negro puede representar el punto más cercano al observador, y el blanco, el punto más lejano, o viceversa, dependiendo de la convención de diseño.

El proceso de cálculo implica iterar sobre cada píxel de la imagen final, determinando qué patrón de color o textura debe asignarse a ese píxel. El algoritmo debe asegurar que, para cada punto P en la imagen, el patrón que se muestra en P es el mismo patrón que se mostraría en un punto P' (donde $P' = P + d$), siendo 'd' el desplazamiento horizontal calculado a partir de la profundidad Z en ese punto, la distancia de visualización F y la DSI del observador promedio. Este proceso se conoce como el "algoritmo de envoltorio" o "tiling". Si un píxel dado no tiene un patrón preexistente que satisfaga la condición de disparidad requerida (porque es el primer píxel de un nuevo ciclo de repetición), se le asigna un color o patrón aleatorio.

Una técnica avanzada utilizada en la generación es el manejo de la **oclusión**. En una escena 3D real, los objetos más cercanos ocultan a los más lejanos. El algoritmo de generación debe simular este efecto. Si un punto P en la imagen corresponde a una profundidad Z1, y el algoritmo calcula que el patrón para el ojo derecho debería venir de una posición P' que corresponde a una profundidad Z2 (donde $Z2 > Z1$), el algoritmo debe priorizar la información de la profundidad más cercana (Z1). Si no se maneja la oclusión correctamente, el autostereograma contendrá artefactos visuales o "fantasmas" que confunden la percepción de profundidad. La precisión milimétrica del desplazamiento de píxeles es vital, ya que incluso pequeñas desviaciones pueden romper la

ilusión de fusión binocular.

6. Significado e Impacto Cultural

El autostereograma trascendió su origen académico para convertirse en un fenómeno de la cultura pop global en la década de 1990. Su impacto cultural fue profundo, ofreciendo al público una experiencia directa y tangible de los límites y las capacidades del sistema visual humano. La dificultad inicial para "ver" la imagen 3D oculta generó un desafío lúdico, promoviendo la comprensión intuitiva de la diferencia entre enfoque (acomodación) y alineación visual (convergencia). Este impacto se reflejó en la venta masiva de libros, carteles y la inclusión del concepto en medios de comunicación y películas.

Desde una perspectiva científica y educativa, el autostereograma ha sido invaluable. Demuestra de manera efectiva y económica que la percepción de profundidad es un proceso primario que depende de la disparidad binocular, reforzando la tesis de Julesz sobre la primacía de la estereopsis. Se utiliza en aulas de óptica y psicología para ilustrar la neurofisiología de la visión. Además, el hecho de que algunas personas no puedan percibir la imagen 3D (a menudo debido a estrabismo, ambliopía o ceguera monocular) convierte al autostereograma en una herramienta diagnóstica indirecta para evaluar la presencia y la calidad de la visión binocular.

El legado del autostereograma también perdura en el campo de los gráficos por computadora. Aunque las tecnologías modernas de realidad virtual y 3D activo han avanzado, el autostereograma sigue siendo un testimonio de cómo la manipulación ingeniosa de los datos 2D puede explotar las debilidades y fortalezas del procesamiento visual humano. Representa un ejemplo clásico de la "visión artificial" que utiliza el conocimiento de la biología ocular para crear experiencias visuales convincentes con recursos computacionales mínimos.

7. Debates y Aplicaciones

Uno de los principales debates en torno al autostereograma se centra en la dificultad de su visualización para una parte de la población. Se estima que entre el 5% y el 10% de las personas son incapaces de percibir la imagen 3D. Esto puede deberse a la incapacidad de lograr la fusión binocular necesaria, a menudo asociada con condiciones de salud visual preexistentes. Esta limitación ha llevado a debates sobre su utilidad como herramienta de entrenamiento universal y ha generado la necesidad de desarrollar técnicas de "entrenamiento" visual para facilitar la percepción.

En el ámbito de la **ortóptica y la terapia visual**, los autostereogramas tienen aplicaciones prácticas significativas. Se utilizan como ejercicios para mejorar la flexibilidad de la convergencia y la divergencia ocular. Para pacientes con deficiencias en la estereopsis o problemas de alineación ocular leve (como forias), la práctica constante con autostereogramas puede ayudar a fortalecer

los músculos oculares y entrenar al cerebro para mantener la fusión binocular en condiciones de disparidad controlada. La variación en el diseño (visión paralela frente a visión cruzada) permite ejercicios específicos para diferentes necesidades terapéuticas.

A pesar de su naturaleza de ilusión óptica, el autostereograma también ha influido en la visualización de datos. Aunque no se utiliza para la visualización científica de alta precisión, la técnica demuestra un método para incrustar información de profundidad en patrones 2D densos. Su principal aplicación sigue siendo la investigación de la visión, el entretenimiento visual y el diagnóstico informal. El autostereograma continúa siendo un puente fascinante entre la neurociencia, el arte y la computación.

Further Reading

[Autoestereograma - Wikipedia](#)

[Bela Julesz and Random Dot Stereograms](#)

[Tyler, C. W. \(1983\). The perception of depth in single-image stereograms.](#)