

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Pantallas nulas por refracción y luz RGB aplicadas a la formación de imágenes a partir de un retrato fotográfico.

Null screens by refraction and RGB light applied to the formation of images from a photographic portrait.

Edith G. Vázquez Navarrete

Universidad Nacional

Autónoma de México

edith.vazquez.n@gmail.com

Recibido 29/10/2021 Revisado 10/02/2022

Aceptado 15/05/2022 Publicado 31/10/2022

Gerardo García Luna

Universidad Nacional

Autónoma de México

ggarcialuna@fad.unam.mx**Gabriel Castillo Santiago**

Universidad Nacional

Autónoma de México

gabrielcsan@gmail.com

Resumen:

En esta investigación de carácter interdisciplinario se ha recuperado el conocimiento científico de la óptica y la propagación de la luz en el espacio, para generar una secuencia de imágenes que pueden ser aplicadas de diferentes maneras en piezas de carácter audiovisual, escénico, escultórico, inmersivo o digital. La idea de retomar la fotografía, en específico un retrato, atiende a una propuesta en donde se plantea la posibilidad de lograr la reconfiguración de una imagen fotográfica con el uso de herramientas directamente relacionadas con la misma, como los sistemas ópticos y la luz. La fórmula teórica y experimental tiene sus fundamentos en el estudio y aplicación del método conocido como pantallas nulas, que en el terreno de la física sirven para evaluar aberraciones ópticas, en este trabajo lo hemos utilizado para trabajar con un retrato fotográfico de archivo, originalmente realizado en color sepia. Con el fin de crear nuevas narrativas de visualización con la implementación de la óptica y la luz, en este caso RGB (red, green, blue).

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>**Abstract:**

In this interdisciplinary research, the scientific knowledge of optics and the propagation of light in space has been recovered, to generate a sequence of images that can be applied in different ways in pieces of an audiovisual, scenic, sculptural, immersive or digital. The idea of retaking photography, specifically a portrait, meets a proposal that raises the possibility of achieving the reconfiguration of a photographic image with the use of tools directly related to it, such as optical systems and light. The theoretical and experimental formula has its foundations in the study and application of the method known as null screens, which in the field of physics are used to evaluate optical aberrations, in this work we have used this method to work with a photographic portrait, originally made in grayscale. In order to achieve new visualization narratives with the implementation of optics and light, in this case RGB (red, green, blue).

Palabras Clave: óptica, luz, fotografía, interdisciplina, cáustica.

Key words: optics, light, photography, interdisciplinary, caustic.

Sugerencias para citar este artículo

Vázquez, Edith; García, Gerardo; Castillo, Gabriel (2022). Pantallas Nulas por refracción y luz RGB aplicadas a la formación de imágenes a partir de un retrato fotográfico, *Afluir*, 6, págs. 41-55. <https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

VÁZQUEZ, EDITH; GARCÍA, GERARDO; CASTILLO, GABRIEL (2022) Pantallas Nulas por refracción y luz RGB aplicadas a la formación de imágenes a partir de un retrato fotográfico. *Afluir*, 6, octubre 2022, pp. 41-55, <https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Introducción

La metodología expuesta en el presente trabajo surge en el contexto de una investigación interdisciplinaria, donde convergen arte, ciencia y tecnología (Vázquez, 2020a; 2020b; 2020c). Se plantea una alternativa para diseñar, formar y proyectar imágenes que se pueden utilizar para construir experiencias visuales, con base en la teoría científica de la luz, a través de sistemas ópticos y el método de pantallas nulas, que en la ciencia son un instrumento para la evaluación de superficies ópticas cóncavas y convexas. Con ellas se realizan patrones con líneas, conocidas como pantallas tipo Hartmann por el alemán Johannes Hartmann, o con orificios, que son pantallas tipo Ronchi, por el físico italiano Vasco Ronchi.

En el terreno del arte retomamos este conocimiento científico, pero en lugar de utilizar los patrones Ronchi o Hartmann, utilizamos un retrato fotográfico en el que es preciso aparezca un rostro. Trabajamos con el procesamiento de imágenes para dar forma a un patrón predefinido, que a su vez conformará lo que conocemos como pantalla nula, la cual supone una imagen diseñada, impresa en acetato, que se coloca frente a una lente óptica determinada y un frente de onda plano, es decir un tipo de luz cuyas ondas se propagan en una sola dirección a lo largo del espacio. Este frente incide tanto en la pantalla nula como en la superficie de la lente y por el proceso de refracción se establece un conjunto de variantes de visualización a partir del retrato.

El desarrollo teórico y funcional de los fenómenos de reflexión y refracción de la luz ha sido ampliamente estudiado. A lo largo de la historia de la óptica se han hecho numerosos procedimientos para explicar la propagación de los rayos de luz a través de sistemas ópticos, estos estudios juegan un papel fundamental para la formación de imágenes y para el estudio de las pantallas nulas (Avendaño et al, 2010a; Aguirre et al, 2018). La superficie cáustica puede entenderse como la envolvente de rayos que son refractados o reflejados y es una herramienta básica en esta investigación para la formación de imágenes (Vázquez et al, 2020b).

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Desde el arte hemos recuperado el conocimiento científico de la óptica y la propagación de la luz en el espacio, para generar una secuencia de imágenes que pueden ser aplicadas de diferentes maneras en piezas de carácter audiovisual, escénico, escultórico, inmersivo o digital.

La idea de retomar la fotografía, en específico un retrato, atiende a una propuesta en donde se plantea la reconfiguración de la imagen fotográfica con el uso de herramientas directamente relacionadas con la misma, como los sistemas ópticos y la luz.

Se busca con ello expandir las posibilidades de exploración artística, ya que a partir de una fotografía se pueden obtener patrones para ser observados bajo un proceso de formación y deformación en diferentes planos de detección, con el fin de construir nuevos modelos de representación en el arte, en donde el retrato fotográfico venga deconstruido, para ser observado bajo una dinámica técnica en donde también entran en juego las posibilidades discursivas en torno a la identidad (Vázquez, 2020a, 128 -136).

El retrato fotográfico es un elemento importante que constituye la memoria individual y colectiva de la sociedad. Es de nuestro interés forjar nuevas metodologías de experimentación para ofrecer dinámicas de visualización, que permitan al espectador observar la imagen que da forma a un rostro, a partir de la ejecución de movimientos en los sistemas ópticos utilizados y los diferentes tipos de luz con los que hemos experimentado.

En esta ocasión y para este trabajo en particular se trabajó con un retrato hecho en los años 70 y que ha sido recuperado a modo de ofrenda memorial por los autores. Se recurre a la transformación del rostro a medida que se generan variantes espaciales entre los elementos que componen el sistema óptico propuesto.

Con esto se sugiere una posibilidad de dialogar con la memoria, bajo la premisa de que estos procesos puedan ser aplicados por cualquier persona que quiera experimentar con el concepto utilizando sus propios archivos. Para esto será necesario en un futuro diseñar el prototipo de un algoritmo que permita resolver este planteamiento.

Trabajos relacionados

A la fecha existen investigaciones referenciales, que atienden a la formación de imágenes y que utilizan recursos geométricos para proyectar patrones específicos, entre ellos retratos, es el caso de Yuliy Schwartzburg, de la Universidad EPFL ubicada en Suiza, y colegas, quienes crearon un método con soluciones computacionales para el transporte de luz inverso y el desarrollo de superficies ópticas, lo cual constituye una solución capaz de calcular la forma de objetos refractivos que proyectan imágenes cóusticas controladas, muy detalladas y de alto contraste. Los resultados son llevados al diseño de interiores, iluminación, arquitectura y arte (Schwartzburg et al, 2014).

Manuel Finckh y colegas, ingenieros del Instituto de Informática de Medios, de la Universidad de Ulm, Alemania, abordan la idea de construir una superficie transmisiva o reflectante, que dada una posición de luz predefinida, crea una imagen cóustica definida a priori por medio de un algoritmo de optimización. Sus resultados se pueden aplicar en el diseño de faros, de concentradores parabólicos para células solares o diseño de interiores (Finckh et al, 2010).

Marios Papas investigador científico asociado en Disney Research Zurich y colegas, proponen un sistema para diseñar y fabricar superficies que producen imágenes cóusticas deseadas cuando se iluminan con una fuente de luz. El sistema se basa en una descomposición de imágenes no negativas que proporciona una reconstrucción de alta fidelidad de imágenes naturales, utilizando arreglos de microparches suaves por partes que remodelan la luz incidente en una colección de cóusticos gaussianos, para aproximar imágenes arbitrarias en un plano de proyección. Han demostrado su método acudiendo también al retrato y lo proponen para múltiples aplicaciones, como la arquitectura y el diseño de luminaria (Papas et al, 2011).

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Thomas Kiser y Mark Pauly ambos profesores de la Facultad de Ciencias de la Computación y la Comunicación de la EPFL han creado un método para trabajar con cáusticas por refracción o reflexión, a partir una imagen de intensidad en escala de grises, para construir una superficie cáustica que reproduzca dicha imagen (Kiser et al, 2012). Con este método han logrado controlar patrones cáusticos para constituir casi cualquier forma optimizando la geometría de la superficie reflectante o refractiva y exploran su aplicación en el diseño arquitectónico (Kiser et al, 2013).

A diferencia de estos métodos referenciales donde se trabaja con cáusticas sobre superficies, en el método que aquí se presenta trabajamos a partir del análisis matemático de una imagen fotográfica, el trazo exacto de rayos para una lente específica, la construcción de una pantalla nula, la incidencia de luz láser y trabajamos por refracción en la zona cáustica. Todo forma parte de un sistema compuesto por lentes y luz, cuyo montaje se realiza en el laboratorio de óptica. Las imágenes son capturadas fijas y en movimiento por medio de un sensor y un ordenador. En la parte de la metodología se exponen los detalles.



Fig. 1. A la izquierda fotografía original. Al centro fotografía muestreada en cuadros idénticos por medio de un algoritmo computacional. A la derecha, imagen formada por miles de centroides en color amarillo, que en el tratamiento óptico cada uno representará un rayo de luz distinto. Imágenes de archivo, fuente propia.

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Este es un método novedoso para la formación de imágenes. Hasta ahora no hemos encontrado investigaciones que lo exploren desde las artes; desde la ciencia tampoco se había trabajado en la construcción de pantallas nulas para retratos fotográficos. Los resultados han abierto importantes líneas de investigación en la academia y en este trabajo en particular estamos trabajando por primera vez con luz RGB (red, green y blue) a partir de una imagen originalmente realizada en sepia.

Metodología

Para llevar a cabo la deformación y reestructuración de un retrato como una aplicación dentro del arte con el método de pantallas nulas, inicialmente se elige una imagen como la que se muestra en la Fig. 1 izquierda. Al ser la fotografía a color, programamos un algoritmo que lea la imagen y la convierta en una matriz con dimensión en píxeles para escala de grises, se le implanta una red de cuadrados idénticos y diminutos comparados con el tamaño total de la imagen, con el fin de muestrear un rango más bajo de píxeles, resultado que se muestra en la Fig. 1 al centro. Si bien el proceso se puede amplificar para todos y cada uno de los píxeles que no sean color negro, el tiempo de proceso sería demasiado para una computadora comercial. Una vez obtenidos los miles de cuadrados a cierta escala de grises, le podemos calcular los centroides, ya sea geométricos o tomando en cuenta la intensidad de cada píxel, esto es, se realiza un promedio de intensidad en cada píxel dentro de cada cuadrado y se calcula su centro, resultando en miles de valores que graficamos como puntos de color amarillo en la Fig 1. derecha.

Una vez que contamos con una imagen en términos digitales, la llamaremos patrón esperado. Dentro de la terminología de pruebas ópticas quiere decir que vamos a calcular una segunda imagen deformada llamada pantalla nula, que al ser reflejada por un espejo o vista a través de una lente particular reconstruirá la imagen esperada, pasando por varias etapas de deformación, según la distancia entre el observador y el elemento óptico.

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Para el cálculo de la pantalla nula utilizaremos el proceso descrito en (Castillo, 2016), donde se realiza una combinación con teoría de cústicas para producir una imagen única desde tres patrones deformados observados simultáneamente. Empezamos por el trazo exacto de rayos como se muestra en la Fig. 2 centro, definimos el eje X como el eje óptico y la dirección de propagación de un frente de onda plano que llega desde la izquierda, pasa sin desviarse para refractarse fuera de la lente en la segunda superficie.

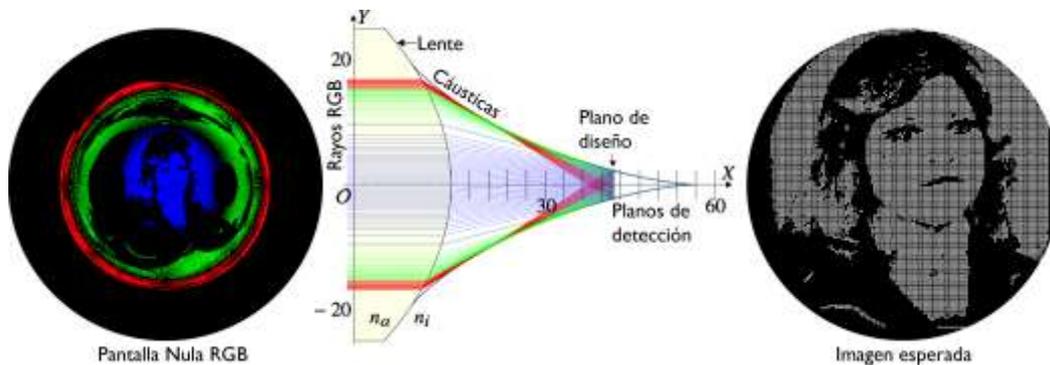


Fig. 2. Izquierda, pantalla nula diseñada para incidencia de luz blanca, o un sistema de iluminación RGB. Al centro, trazo exacto de rayos donde se muestra en qué región de la lente a utilizar se va a transmitir cada color o longitud de onda. A la derecha, la imagen esperada. Debido a que es un sistema de tres colores primarios, idealmente y sin aberración cromática observaríamos una imagen blanca. Fuente: elaboración propia.

La lente está inmersa en aire, cuyo índice de refracción $n_1=1$ es prácticamente lineal para todas las longitudes de onda, pero el índice de refracción n_a de la lente variará para cada color, siendo estos valores $n_R = 1.75$, $n_G = 1.79$ y $n_B = 1.80$. Entonces se procede a calcular la trayectoria para cada grupo de rayos por el color que les corresponda, pero de forma inversa. En (Avendaño, 2010b) se presenta una ecuación que describe la trayectoria de los rayos suponiendo coordenadas a la izquierda del sistema, Fig. 1. centro, y su posición final a la derecha.

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

En este trabajo se obtienen los valores para todos los rayos en la posición de entrada a la izquierda para que forzosamente lleguen todos a formar el patrón esperado Fig. 1. derecha, que en este caso es un retrato constituido por miles de puntos, que representan cada uno, un rayo de luz distinto.

Resultados

La imagen esperada, Fig. 2 derecha, está localizada dentro de la región de la cáustica, donde la relación entrada-salida de un sistema óptico no es biyectiva, es decir, que hay una relación uno a uno entrada-salida en un sistema y que las soluciones no se mezclan ni repiten.

En este caso particular, hasta tres rayos de luz van a formar un solo punto, por lo cual aprovechamos este efecto óptico en pro de una nueva forma de visualizar un retrato. El patrón deformado, o pantalla nula en la Fig. 2 izquierda, representa el tipo de configuración que deberá tener cada color, para poder formar la misma figura únicamente en el plano de diseño, mientras que en el resto de planos de detección observaremos deformaciones y combinaciones de dichos patrones.

Dichas deformaciones y combinaciones resultan de interés en el terreno del arte, puesto que al ser capturadas también en movimiento se obtiene una mezcla de figuras y composiciones cromáticas que pueden ser aplicadas en diferentes propuestas de carácter audiovisual, escénico, escultórico, inmersivo, digital e interactivo.

En la Fig. 3 podemos observar la deformación de los patrones provenientes de la pantalla nula, cuando observamos desde distintos planos de detección, correspondientes a las posiciones marcadas en la Fig. 2 centro. En la fila 2 de la Fig. 3 se observa que los tres colores están formando una imagen muy similar, sin embargo, al sumarlos no obtenemos el efecto de imagen blanca, esto se debe a una propiedad o defecto de las lentes simples, es decir la aberración cromática, que se describió en este artículo como el cambio del índice de refracción para los distintos colores. Es importante observar que solamente en esta fila se forma el patrón esperado y que la combinación de los 3 colores siempre resulta en una deformación evidente.

ISSN: 2659-7721

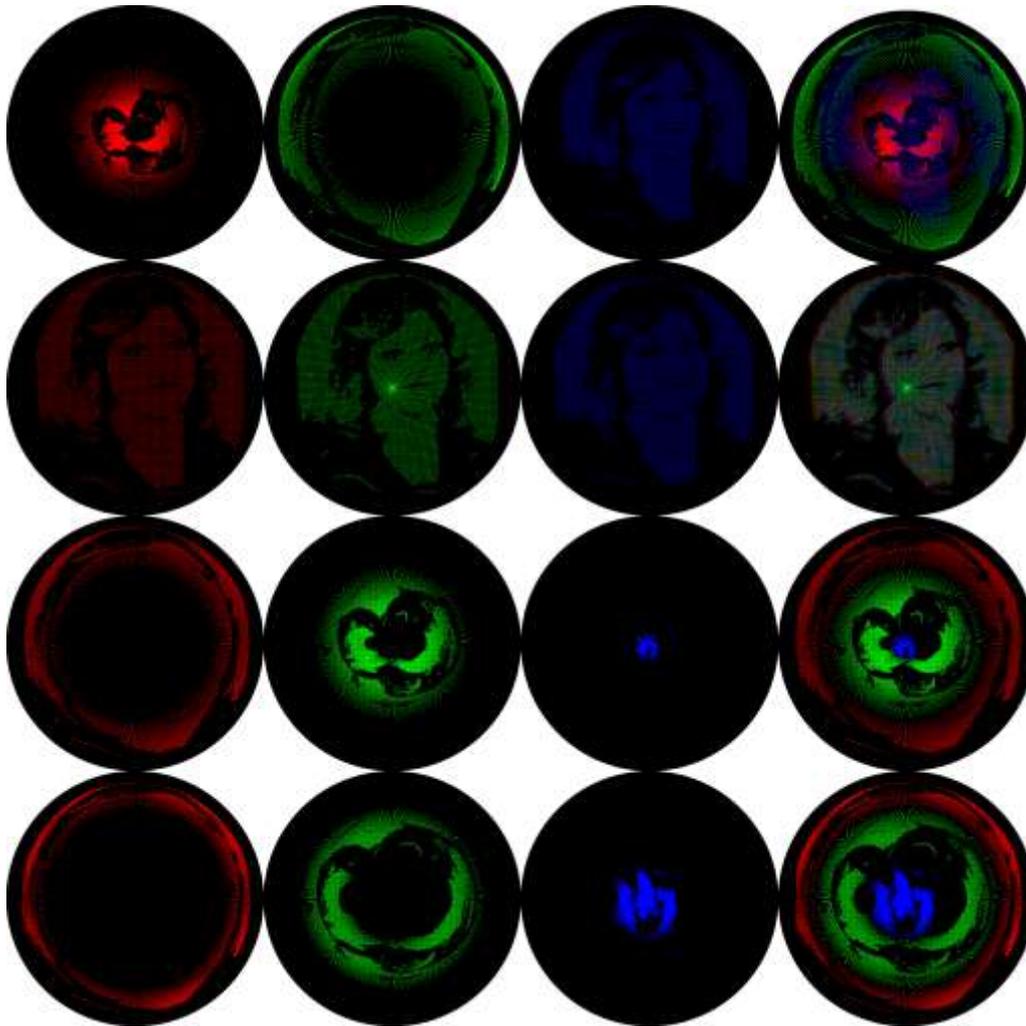
<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Fig. 3. Columna 1, desenvolvimiento de la pantalla nula para el color rojo a distintos planos de detección. **Columna 2**, proceso de formación y deformación de la pantalla nula para los rayos de luz color verde. **Columna 3**, proceso de deformación para los rayos de color azul. **Columna 4**, la suma de los tres patrones suponiendo que el plano de detección u observador visualiza los tres patrones al mismo tiempo. Fuente: elaboración propia.

Los resultados que se exponen son aproximaciones derivadas de un ejercicio de simulación y podremos comprobar experimentalmente la formación y deformación de la imagen esperada una vez que cese la pandemia y sea posible regresar a trabajar en los laboratorios de óptica. Podremos también comprobar si al utilizar las tres fuentes de luz RGB, que en principio deberían de formar una imagen en blanco, obtendremos como resultado una imagen parecida a la simulación junto con otras variantes producidas por los ajustes espaciales que se hagan en el sistema óptico.

Por último, para poder observar claramente las deformaciones mas evidentes, esto es, para el color rojo y el color verde, se realizó una simulación recorriendo el sensor de detección sobre los planos colocados en la Fig. 2 centro, cabe mencionar que las tres longitudes de onda pueden funcionar de manera independiente o en combinaciones, como es el caso de la Fig. 4. Donde es claro que la formación de la imagen esperada sólo se da en una posición.

Conclusiones e implementaciones futuras

La aplicación de la metodología de trabajo, que hemos perfeccionado a lo largo de nuestra investigación, hace factible la visualización de una imagen desde diferentes planos de detección haciendo uso de la luz y la óptica, se logra la reconfiguración de una fotografía, a partir de la deconstrucción de la imagen original. El hecho de generar variables que implican la formación y deformación del rostro, podrían brindar al espectador una posibilidad de dialogar de manera distinta con la representación de las imágenes que formen parte de una pieza construida con este método, el cual ofrece múltiples aplicaciones en el terreno del arte. En especial consideramos que pueden tener un buen impacto en piezas inmersivas e interactivas.

ISSN: 2659-7721

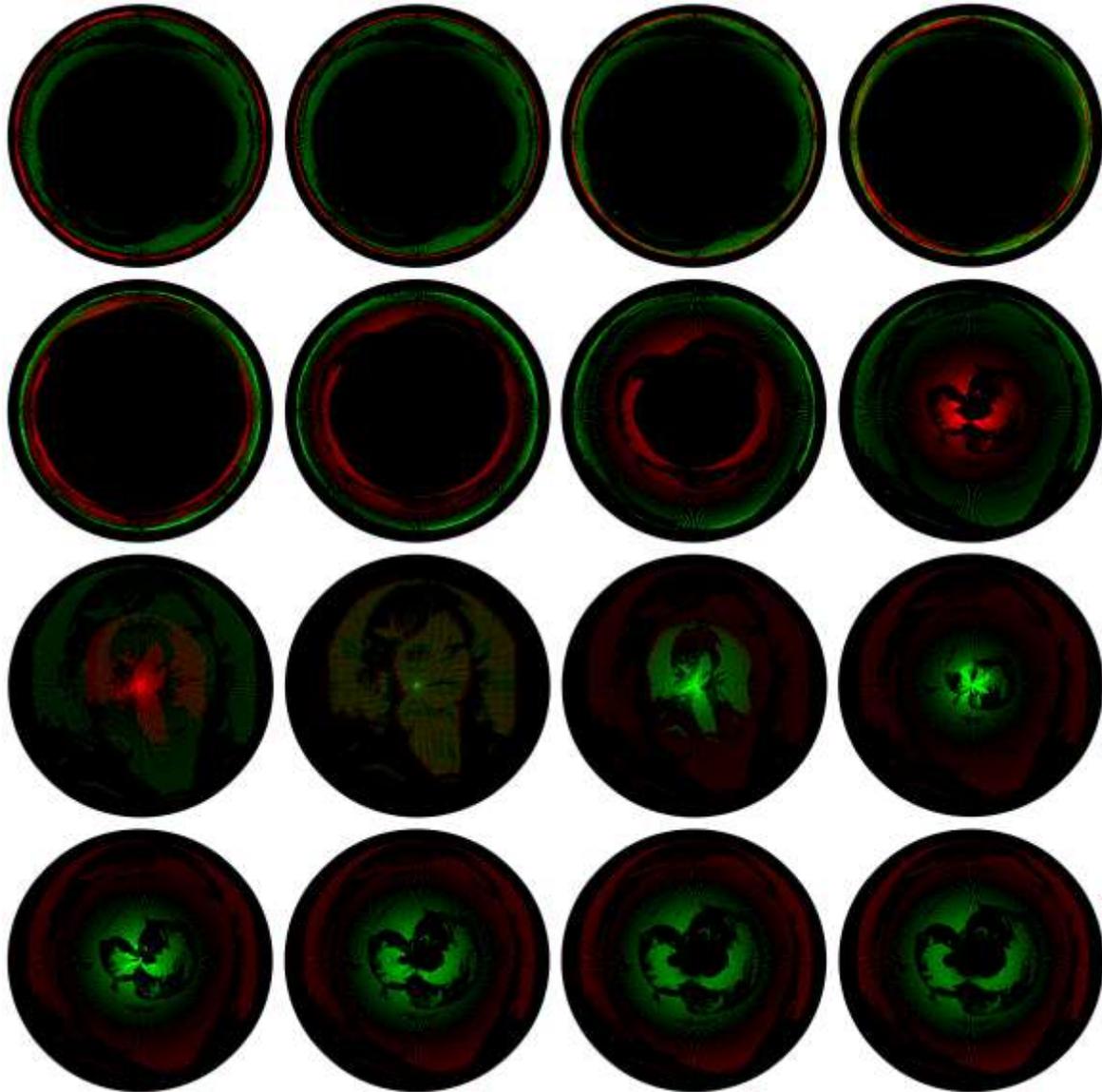
<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Fig. 4. Empezando por la esquina superior izquierda hasta llegar a la esquina inferior derecha, deformaciones para posiciones equidistantes del observador o sensor de detección colocado frente a la lente. El movimiento inicia inmediatamente frente a la lente, hasta el foco de la misma, haciendo referencia a los planos de detección de la Fig. 2 centro. Fuente: elaboración propia.

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Desde el punto de vista metodológico y como consecuencia de colocar el plano de detección dentro de la región de la cáustica, obtenemos pantallas nulas con deformaciones muy evidentes, que generan imágenes con intensidad uniforme y fáciles de observar, ya sea por un sensor, cámara o el espectador, quien podría ver directamente a través del sistema óptico. El método es muy sensible a la posición de los elementos involucrados, lo cual se puede utilizar a favor de la experimentación o montaje artístico, en busca de visualizar fotografías desde una nueva perspectiva y en movimiento.

Uno de los propósitos de esta investigación es que podamos construir un algoritmo en donde el público participe colocando un retrato que forme parte de su propio archivo, con el fin de generar participación activa y acercamiento al método.

Agradecimientos

Este artículo se elaboró en el marco del posdoctorado que realiza la Dra. Edith Vázquez en la Facultad de Artes y Diseño, UNAM, mediante el apoyo del Programa de Estancias Posdoctorales que emite la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, DGAPA, UNAM.

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Referencias

- Aguirre, D., Campos, M., Díaz, R. y Villalobos, B. (2018). General equations for the null-screen test for aspherical surfaces with deformation coefficients. *Applied Optics*, **57** (35), 10230-10238. 1
- Avendaño-Alejo, M., González, D., Qureshi, N., Castañeda, L. y Ordóñez, C. (2010a). Null Ronchi-Hartmann test for a lens. *Optics Express*, **18** (20), 21131-21137. <https://doi.org/10.1364/OE.18.021131>
- Avendaño-Alejo, M., González-Utrera, D., Qureshi, N., Castañeda, L. y Ordóñez-Romero, C., (2010b). Null Ronchi-Hartmann test for a lens, *Optics Express* 18 (20), 21,131–21,137. <https://doi.org/10.1364/OE.18.021131>
- Castillo-Santiago, G., Castán-Ricaño, D., Avendaño-Alejo, M., Castañeda, L. y R. Díaz-Urbe, (2016). Design of Hartmann type null screens for testing a plano-convex aspheric lens with a CCD sensor inside the caustic, *Optics Express* 24 (17), 19, 405–19, 416. <https://doi.org/10.1364/OE.24.019405>
- Finckh M., Dammertz, H., Lensch, H.P.A. (2010) Geometry Construction from Caustic Images. In: Daniilidis K., Maragos, P., Paragios, N. (eds) *Computer Vision – ECCV 2010*. ECCV 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6315. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15555-0_34
- Kiser, T., y Pauly, M. (2012). Caustic art. Tech. rep., EPFL. <https://infoscience.epfl.ch/record/196165>
- Kiser, T. y Eigensatz; Michael y Nguyen; Minh y Bompas; Philippe y Pauly, M. (2013). Architectural Caustics - Controlling Light with Geometry. http://doi.org/10.1007/978-3-7091-1251-9_7
- Marios P., Wojciech J., Wenzel J., Szymon R., Wojciech M., Tim, M. Goal-based caustics. *Computer Graphics Forum (Proceedings of Eurographics)*, 30(2):503–511, June 2011. <http://doi.org/10/cqjmhv>
- Schwartzburg, R., Testuz, A., Tagliasacchi, y Pauly, M. High-contrast Computational Caustic Design *ACM Trans. Graph.* **33** (2014) 74: 1 Proc. SIGGRAPH 2014. <https://doi.org/10.1145/2601097.2601200>

ISSN: 2659-7721

<https://dx.doi.org/10.48260/ralf.6.118>

Vázquez-Navarrete, Edith., *Física óptica aplicada al arte: una propuesta metodológica*, Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México (2020a).

<http://132.248.9.195/ptd2020/enero/0799244/Index.html>

Vázquez-Navarrete, Edith., Avendaño, M. y Castillo, G. (2020b). Diseño de imágenes para piezas inmersivas utilizando el método de pantallas nulas dentro de la región de la cáustica. **Suplemento de la Revista Mexicana de Física, 1** (1), 25-31.

<https://doi.org/10.31349/SuplRevMexFis.1.25>

Vázquez-Navarrete, Edith., García-Luna, G y Castillo, G. (2020c). Variables de visualización con pantallas nulas, sistemas ópticos y luz, para una fotografía de la histeria en tiempos de Charcot. **Revista Electrónica de Psicología Iztacala, 24** (4), 1782-1817.

<http://www.revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/77733>