

# Caracterización experimental de nuevas lentes difractivas aperiódicas:

## Lentes de Walsh y Lentes m-bonacci

Autor: Federico Machado

Directores: Juan A. Monsoriu

Walter D. Furlan



http://diog.webs.upv.es



Programa: Diseño, fabricación y gestión de proyectos industriales

### Introducción

El objetivo principal de esta tesis doctoral es el estudio, tanto teórico como experimental, de las propiedades de focalización y formación de imágenes de nuevas lentes difractivas, basadas en secuencias aperiódicas deterministas. En concreto, para el primer año la secuencia de Walsh y de m-bonacci.

La difracción, junto con la interferencia, es un fenómeno típicamente ondulatorio y se observa cuando en su propagación, una onda se distorsiona al incidir en un obstáculo cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda de la radiación incidente.

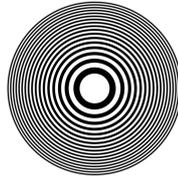


Figura 1. Placa zonal de Fresnel

Basados en este fenómeno, una lente difractiva en su forma más sencilla, (conocida como placa zonal de Fresnel) consiste en un conjunto de anillos concéntricos transparentes y opacos de la misma área, por lo que la transmitancia de la estructura es periódica y la variable radial cuadrática, tal como se muestra en la figura 1.

Esta configuración hace que cuando incide un haz plano monocromático, cada uno de esos anillos genere un conjunto de ondas esféricas que focalizan en una serie de puntos (focos) a lo largo del eje óptico. es decir, una placa zonal focaliza la luz por el fenómeno de la difracción mientras que una lente convencional, focaliza la luz con el fenómeno de la refracción.

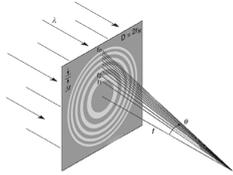


Figura 2. Focalización de una Placa Zonal

### Desarrollo del trabajo

El proceso de caracterización de las lentes aperiódicas, representa el eje central de mi trabajo de tesis y para llevarlo a cabo debe efectuarse en tres partes:

**a) Simulación teórica.** Se inicia con la generación de una secuencia aperiódica patrón conocido en el campo de la física o matemáticas. En base a esta secuencia, se distribuyen los anillos transparentes y opacos a la lente. Se determinan las curvas de irradiancia mediante la simulación a través de programas de cálculo numérico; es decir, se determinan los lugares en el espacio donde se producirá una o varias imágenes.

**b) Obtención experimental de imágenes.** Haciendo uso del laboratorio de óptica difractiva, se "construyen" físicamente los patrones de las lentes aperiódicas mediante una pantalla de cristal líquido programable, que permite determinar experimentalmente, tanto el campo difractado, como las imágenes generadas por la lente.

### c) Comparación y conclusiones.

Se comparan los datos obtenidos en la simulación teórica y en la obtención experimental de imágenes. con estos resultados, se espera que el modelo físico matemático de la lente utilizada durante el proceso, pueda ser aplicado en diferentes proyectos de medicina, astronomía y otros campos donde se requiera de óptica.

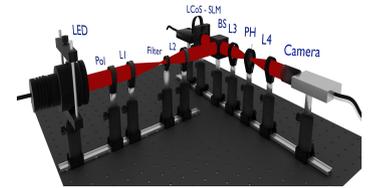


Figura 3. Dispositivo experimental

### Lentes de Walsh

Las funciones de Walsh, son un conjunto de funciones ortogonales, excepto en algunos puntos de discontinuidad, toman valores de 1 o -1 en un intervalo finito dado.

El número de ceros que atraviesa dentro del dominio específico, determina el orden de las funciones de Walsh.

De igual manera, una Placa Zonal de Fresnel consiste en áreas transparentes y opacas cuyos radios son proporcionales a la raíz cuadrada de los números naturales. Esta serie puede ser descrita en una dimensión a lo largo de un eje radial y luego generarse círculos concéntricos como los descritos en la figura 4a. La figura 4b muestra una secuencia periódica.

La aplicación de la Lente de Walsh produce las irradiancias axiales normalizadas descritas en la figura 4c

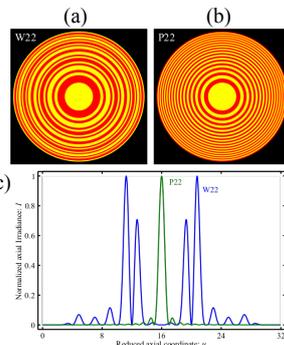


Figura 4. Diseño de lentes de orden 22 (a) Secuencia Walsh (b) Secuencia periódica. (c) Irradiancias axiales

Una característica particular de las Lentes de Walsh es la de presentar 4 puntos focales descritos en 4c, mientras que la lente de secuencia periódica presenta solamente uno.

Los resultados experimentales muestran las imágenes obtenidas en cada uno de los focos, descritos en la figura 5.

Mientras que la imagen obtenida con la Lente Periódica presenta claridad en su punto focal y ninguna irradiancia dispersa, las imágenes obtenidas muestran alta dispersión en su contorno para las Lentes de Walsh de orden 22.

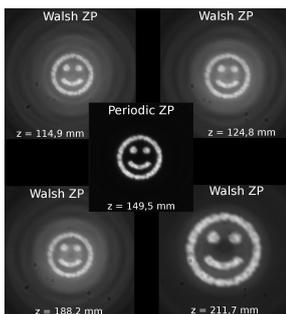


Figura 5. Captura de imágenes monocromáticas para lentes de Walsh y periódica

### Lentes m-bonacci

La secuencia Fibonacci establece que se puede describir una secuencia de números de manera que un tercer número se genera por la suma de los dos anteriores, produciendo estos valores 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 ...

En este trabajo de Tesis, se busca generar secuencias Tribonacci y Tetranacci, las cuales toman como base los primeros 3 y 4 números respectivamente. La figura 6 describe las secuencias, sombreando las semillas utilizadas para cada caso.

	Fibonacci	Tribonacci	Tetranacci
<b>Semilla</b>	0, 1	0, 1, 1	0, 1, 1, 2
Término 1	0	0	0
Término 2	1	1	1
Término 3	1	1	1
Término 4	2	2	2
Término 5	3	4	4
Término 6	5	7	8
Término 7	8	13	15
Término 8	13	24	29
Término 9	21	44	56
Término 10	34	81	108

Figura 6. Secuencias de números Fibonacci, Tribonacci y Tetranacci

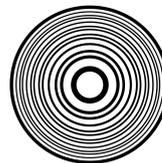


Figura 7. Lente Tribonacci de orden 8

Con esta secuencia, se diseñan lentes basadas en placas zonales de amplitud y se caracterizan sus propiedades. La figura 7 muestra la construcción de una Lente Tribonacci basada en Placa Zonal

Las simulaciones obtenidas en las irradiancias para lentes de n-bonacci, muestra las irradiancias monocromáticas para secuencias de Tribonacci y Tetranacci (m=3, m=4) de órdenes n=8 y n=9.

Se destaca que los puntos donde existe mayor irradiancia, a lo largo del eje de coordenada axial normalizada U, coincide con números de la secuencia.

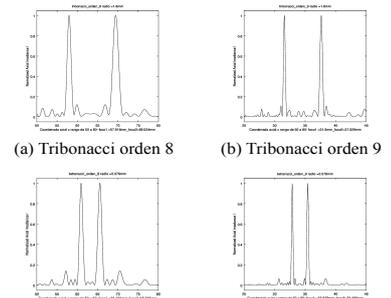


Figura 8. Irradiancias axiales experimentales