



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS

DISEÑO ÓPTICO.

PROYECTO FINAL - Recopilación De Actividades

Alumno: Meneses López Arisai Ricardo.

Docente: GUTIERREZ GARCIA JUAN CARLOS.

20 de mayo de 2020

Índice

1. Actividades	3
1.1. Lentes Ideales	3
1.1.1. Objetivo	3
1.1.2. Introducción	3
1.1.3. Desarrollo	4
1.1.4. Resultados	6
1.1.5. Conclusiones	8
1.2. Lentes Reales	9
1.2.1. Objetivo	9
1.2.2. Introducción	9
1.2.3. Desarrollo	10
1.2.4. Resultados	11
1.2.5. Conclusiones	13
1.3. Ojo Humano	14
1.3.1. Objetivo	14
1.3.2. Introducción	14
1.3.3. Desarrollo	15
1.3.4. Resultados	16
1.3.5. Conclusiones	16
1.4. Microscopio	17
1.4.1. Objetivo	17
1.4.2. Introducción	17
1.4.3. Desarrollo	17
1.4.4. Resultados	19
1.4.5. Conclusiones	19
1.5. Telescopio	20
1.5.1. Objetivo	20
1.5.2. Introducción	20
1.5.3. Desarrollo	21
1.5.4. Resultados	23
1.5.5. Conclusiones	23
1.6. Reflexiones	24
1.6.1. Objetivo	24
1.6.2. Introducción	24
1.6.3. Desarrollo	24
1.6.4. Resultados	25
1.6.5. Conclusiones	25
1.7. Interfaz De Aberraciones En Matlab	26
1.7.1. Objetivo	26
1.7.2. Introducción	26
1.7.3. Desarrollo	26
1.7.4. Resultados	28
1.7.5. Conclusiones	28
2. Bibliografía	29

1. Actividades

1.1. Lentes Ideales

1.1.1. Objetivo

- Comprobar las propiedades de objetos reales formadas por lentes convexas.

1.1.2. Introducción

La formación de imágenes se realizan a través de las tres propiedades siguientes:

1. Todo rayo paralelo al eje principal, se refracta pasando por el foco imagen.
2. Todo rayo que pasa por el centro óptico, no se desvía.
3. Todo rayo que pasa por el foco objeto, se refracta paralelo al eje principal.

Elementos de una lente

- **Centros de curvatura C y C'**, son los centros geométricos de las superficies curvas que limitan el medio transparente.
- **Eje principal**, es la linea imaginaria que une los centros de curvatura.
- **Centro óptico O**, es el punto de intersección de la lente con el eje principal.
- **Distancia focal f y f'**, es la distancia entre el foco y el centro óptico.
- **C.O.** Campo objeto es la zona donde se encuentran incidiendo los rayos a la lente provenientes del infinito u objeto alguno.
- **C.I.** Campo imagen es la zona donde los rayos resultantes forman la imagen y es contraria al C.O.
- **Imagen real**, es la imagen resultante del sistema óptico , se encuentra en el campo imagen y puede ser observada a través de un medio distinto que la capture.
- **Radio de curvatura**, se define como la distancia orientada desde su vértice hasta su centro de curvatura.
- **Imagen virtual**, es la imagen resultante del sistema óptico, se forma en el campo objeto y no puede ser vista a través de un medio distinto, sino que se debe observar en sentido opuesto y directamente a través del mismo sistema óptico.

f Distancia Focal Del Campo Objeto

f' Distancia Focal Del Campo Imagen

y_o Altura Objeto.

y_i Altura Imagen.

S_i Distancia Imagen.

S_o Distancia Objeto.

M Amplificación de la imagen resultante.

Lente positiva, los rayos incidentes a la lente convergen en punto en común.

Lente negativa, los rayos incidentes a la lente divergen de un punto en común.

Propiedades para formación de imágenes

Lente Convexa				
Objeto	Imagen			
Posición	Clase	Posición	Orientación	Tamaño
$\infty > S_o > 2f$	Real	$f < S_i < 2f$	Invertida	Disminuida
$S_o = 2f$	Real	$S_i = 2f$	Invertida	Igual
$f < S_o < 2f$	Real	$\infty > S_i > 2f$	Invertida	Aumentada
$S_o = f$	$\pm\infty$			
$S_o < f$	Virtual	$ S_i > S_o$	Derecha	Aumentada

Tabla 1: Formación de imágenes - Propiedades en lentes Convexas

Lente Cónica				
Objeto	Imagen			
Posición	Clase	Posición	Orientación	Tamaño
Cualquiera	Virtual	$ S_i < f $	Derecha	Disminuida
		$S_o > S_i $		

Tabla 2: Formación de imágenes - Propiedades en lentes Cónicas

1.1.3. Desarrollo

Se definió una f de 30 para la lente ideal. Considerando f una constante se procedió a desarrollar cada propiedad de la lente convexa.

- El primer caso señala que la posición del objeto tiene una distancia mayor al doble de la distancia focal por lo que deberá ser mayor a 60. La imagen resultante tendrá dimensiones menores a $2f$ y mayores a f .
- El segundo caso muestra que la distancia del objeto llega a ser igual al doble de la distancia focal por lo que este tomará el valor de 60. El resultado será una imagen con dimensiones iguales a las de entrada ($2f$).
- El tercer caso presenta un intervalo de valores para la distancia objeto, dicho intervalo se va desde f a $2f$ por lo que el valor debe ser entre 31 y 59. Su salida será una imagen aumentada con dimensiones mayores a $2f$.
- Como cuarto caso la distancia objeto es igual a la distancia focal y la imagen resultante es indefinida ya que tiende al infinito.
- Como último caso la distancia objeto es menor que la focal y por consiguiente la imagen resultante será aumentada y derecha.

Tomando en cuenta la distancia focal hacemos los cálculos para cada caso.

Ecuaciones y cálculos

$$S_i = \frac{S_o * f}{S_o - f}$$

$$M = -\frac{S_i}{S_o}$$

$$y_i = y_o * M$$

Primer Caso ($\infty > S_o > 2f$)

$$f = 30 \quad S_o = 80 \quad y_o = 5$$

$$S_i = \frac{80 * 30}{80 - 30} = 48$$

$$M = -\frac{48}{80} = -0.6$$

$$y_i = 5 * -0.6 = -3$$

Segundo Caso ($S_o > 2f$)

$$f = 30 \quad S_o = 60 \quad y_o = 5$$

$$S_i = \frac{60 * 30}{60 - 30} = 60$$

$$M = -\frac{60}{60} = -1$$

$$y_i = 5 * -1 = -3$$

Tercer Caso ($f < S_o < 2f$)

$$f = 30 \quad S_o = 45 \quad y_o = 5$$

$$S_i = \frac{45 * 30}{45 - 30} = 90$$

$$M = -\frac{90}{45} = -2$$

$$y_i = 5 * -2 = -10$$

Cuarto Caso ($S_o = f$)

$$f = 30 \quad S_o = 30 \quad y_o = 5$$

$$S_i = \frac{30 * 30}{30 - 30} = Indeterminado$$

$$M = -\frac{0}{30} = 0$$

$$y_i = 5 * 0 = 0$$

Quinto Caso ($S_o < f$)

$$f = 30 \quad S_o = 20 \quad y_o = 5$$

$$S_i = \frac{20 * 30}{20 - 30} = -60$$

$$M = -\frac{-60}{20} = 3$$

$$y_i = 5 * 3 = 15$$

En el último caso se observa que la distancia imagen es negativa por lo que la imagen resultante es virtual y la amplificación es de 3 veces mayor, además la imagen virtual se encuentra por detrás de la imagen inicial.

1.1.4. Resultados

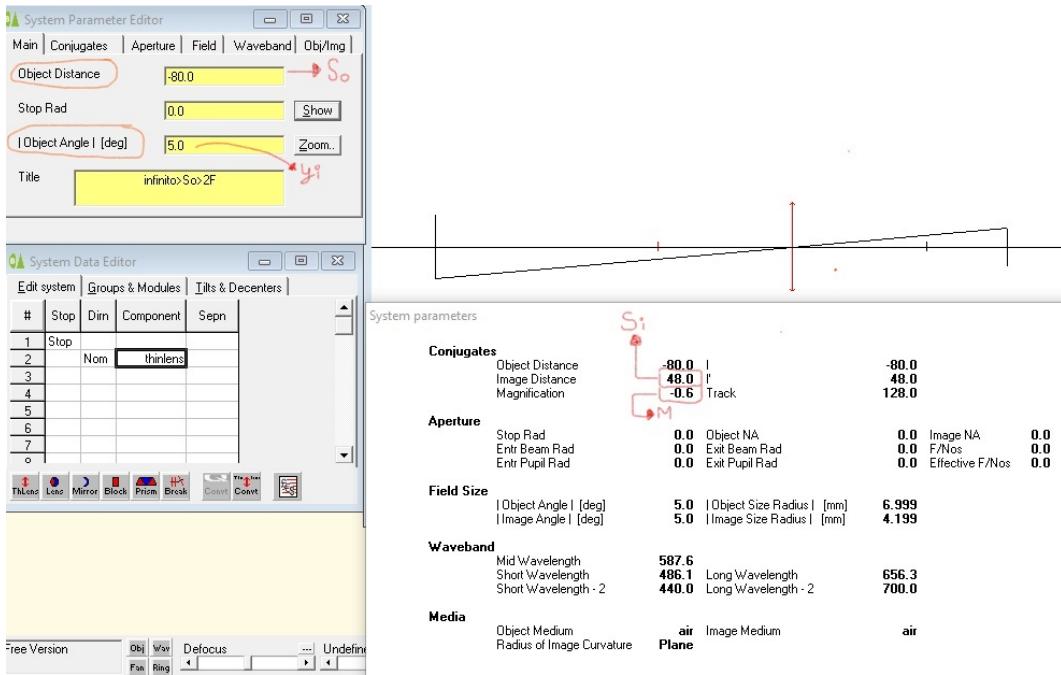


Figura 1: Winlens3D - Simulación: Primer caso

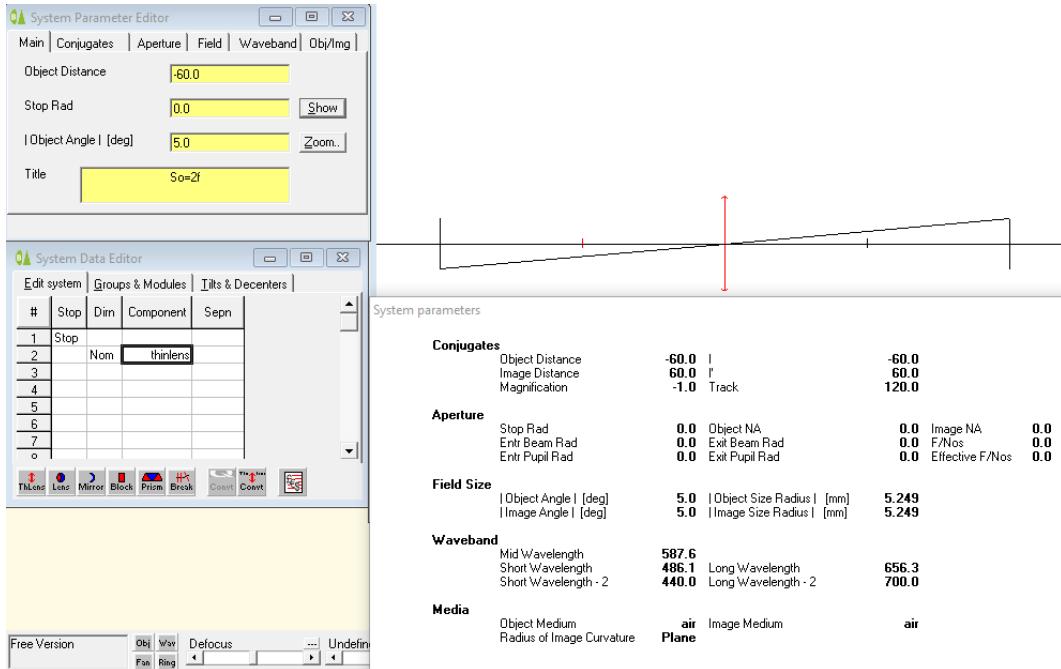


Figura 2: Winlens3D - Simulación: Segundo caso

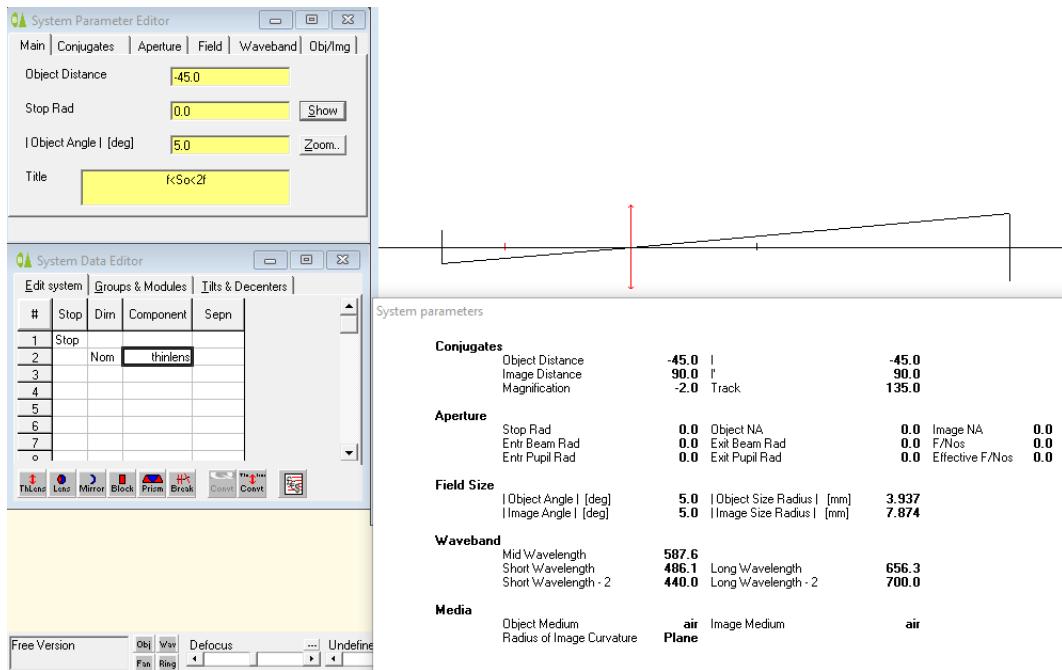


Figura 3: Winlens3D - Simulación: Tercer caso

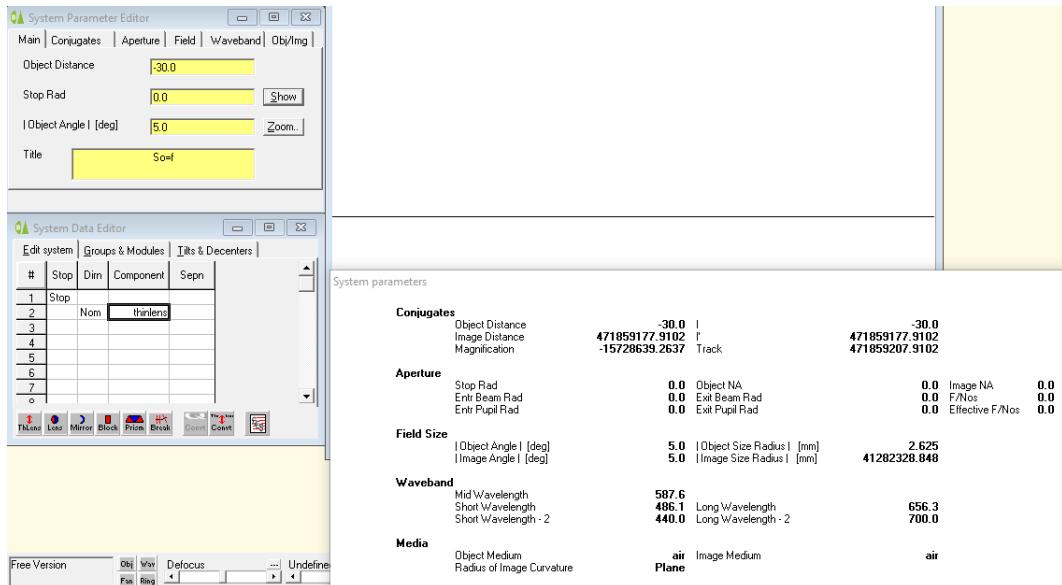


Figura 4: Winlens3D - Simulación: Cuarto caso

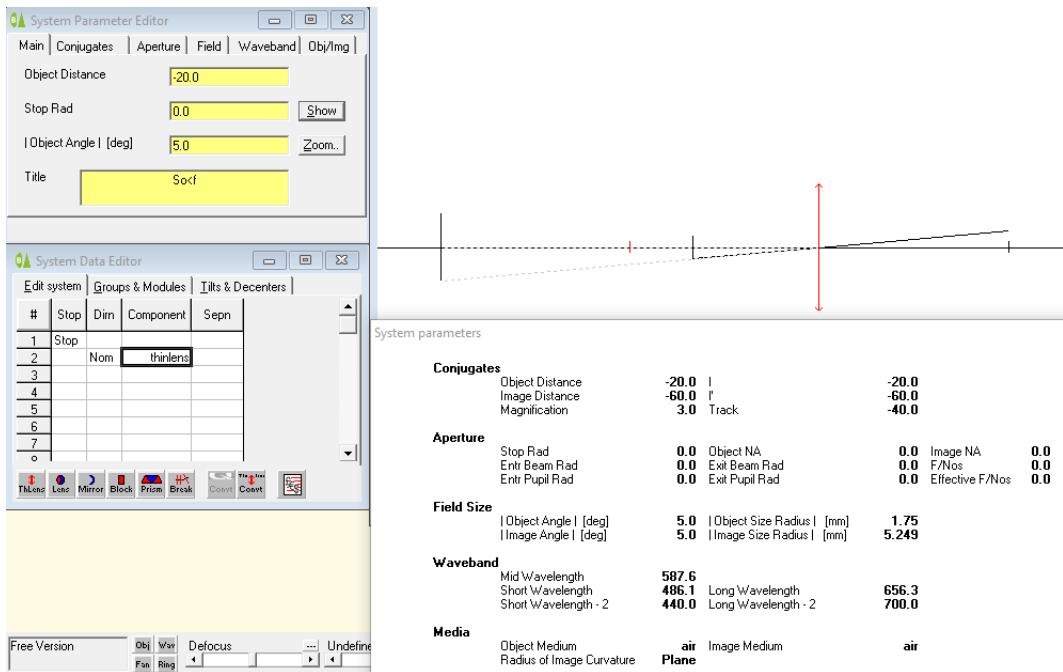


Figura 5: Winlens3D - Simulación: Quinto caso

1.1.5. Conclusiones

- En el caso de lentes positivas(convexas) entre más cercas esté el objeto de las idstancia focal, la imagen resultante será más grande, Incluso cuando la distancia objeto es menor a la focal se presenta una imagen resultante más grande.
- En el caso de lentes negativas la imagen, sin importar la posición o distancia del objeto, siempre será virtual, disminuida y derecha.

1.2. Lentes Reales

1.2.1. Objetivo

- Comprobar las mismas leyes de formación de imágenes en Lentes Reales.

1.2.2. Introducción

Las gruesas se caracterizan por:

1. Tienen una separación o grosor que posee la lente.
2. El radio de curvatura de una superficie plana es infinito.
3. El punto focal de una lente está determinado por los radios de sus superficies y por el índice de refracción.

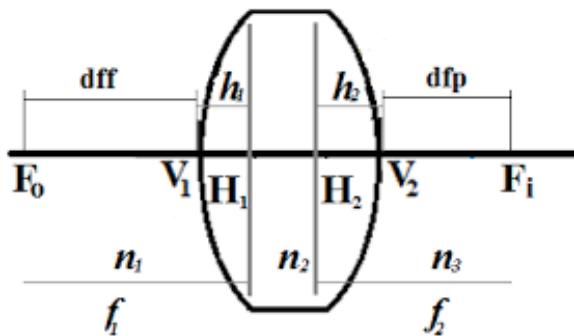


Figura 6: Lentes gruesas - Diagrama

- H_1 y H_2 , H_1 es el plano principal objeto y H_2 es el plano principal imagen y son planos conjugados a través del sistema óptico caracterizados por tener un aumento lateral $\beta' = 1$ por lo que todo rayo que entra por H_1 deberá salir con una altura igual por H' .
- h_1 y h_2 , son las distancias desde los vértices de la lente a los planos principales.
- V_1 y V_2 , son los dioptrios de la lente.
- F_o y F_i , puntos focales: foco objeto y foco imagen del sistema.
- f_1 y f_2 , distancias focales.
- S y S' , S es la distancia desde el objeto hacia el vértice V_1 y S' es la distancia desde la imagen a al vértice V_2 (dioptrio).
- d_{ff} y d_{fp} , son las distancias de los focos a los Vértices V_1 y V_2 .
- R_1 y R_2 , son los radios de curvatura del sistema óptico.
- n , es el índice de refracción que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo.

- Aumento lateral (m), o magnificación transversal es el cociente entre las alturas de un punto imagen y de su punto conjugado ($m = \frac{h'}{h}$).
- Curvatura de la superficie (C), se define como: $C = \frac{1}{R}$
- Potencia de una superficie óptica (ϕ), se define como: $\phi = (n - n') C = \frac{n-n'}{R}$.
- Distancia focal efectiva (EFL), también conocido como longitud focal o distancia focal se define como $f = f_E = \frac{1}{\phi}$.
- d , es el espesor o separación de la lente.
- S_o y S_i , S_o es la distancia desde el objeto hasta el plano principal H_1 y S_i es la distancia desde la imagen hasta el plano principal H_2 .

Las lentes convergentes presentan perdidas por reflexión y absorción del material y el medio en el que se encuentra incidiendo la energía al sistema óptico.

1.2.3. Desarrollo

$$\frac{1}{f} = (n_2 - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n_2 - 1)d}{n R_1 R_2} \right] \quad (1)$$

$$h_1 = -\frac{f(n_2 - 1)d}{n_2 R_2} \quad (2)$$

$$h_2 = -\frac{f(n_2 - 1)d}{n_2 R_1} \quad (3)$$

$$S_o = S + h_1 \quad (4)$$

$$S_i = \frac{S_o * f}{S_o - f} \quad (5)$$

Para la simulación se usó una lente desde la **Lens Database** con valores predeterminados que tiene todas las características mencionadas y se añadieron valores como S_o y y_i . Los valores predeterminados de la lente pueden ser modificados a excepción de la longitud focal (EFL), pero se prefirió no editarlos ya que cambia la forma de la lente y los resultados de la misma imagen.

1.2.4. Resultados

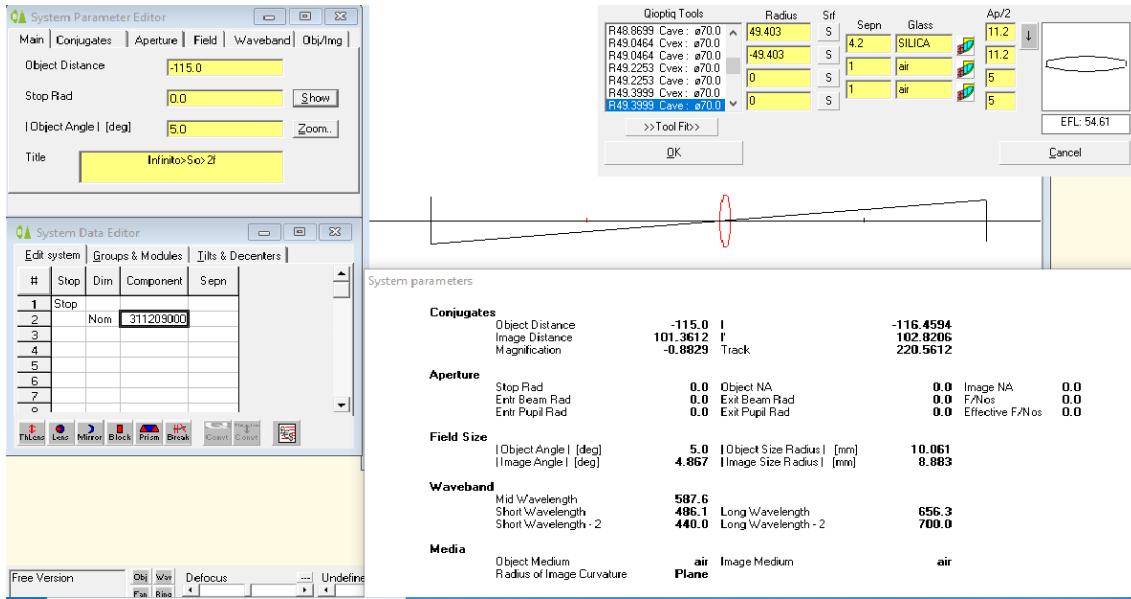


Figura 7: Winlens3D - Simulación Lentes Reales: $\infty > S_o > 2f$

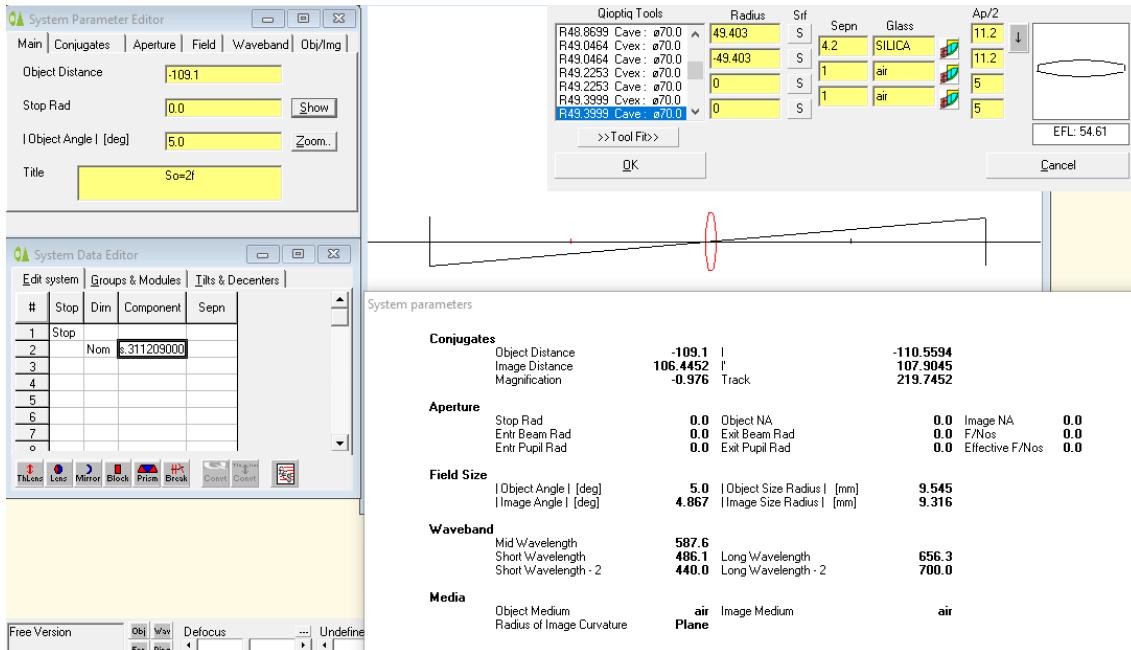


Figura 8: Winlens3D - Simulación Lentes Reales: $S_o = 2f$

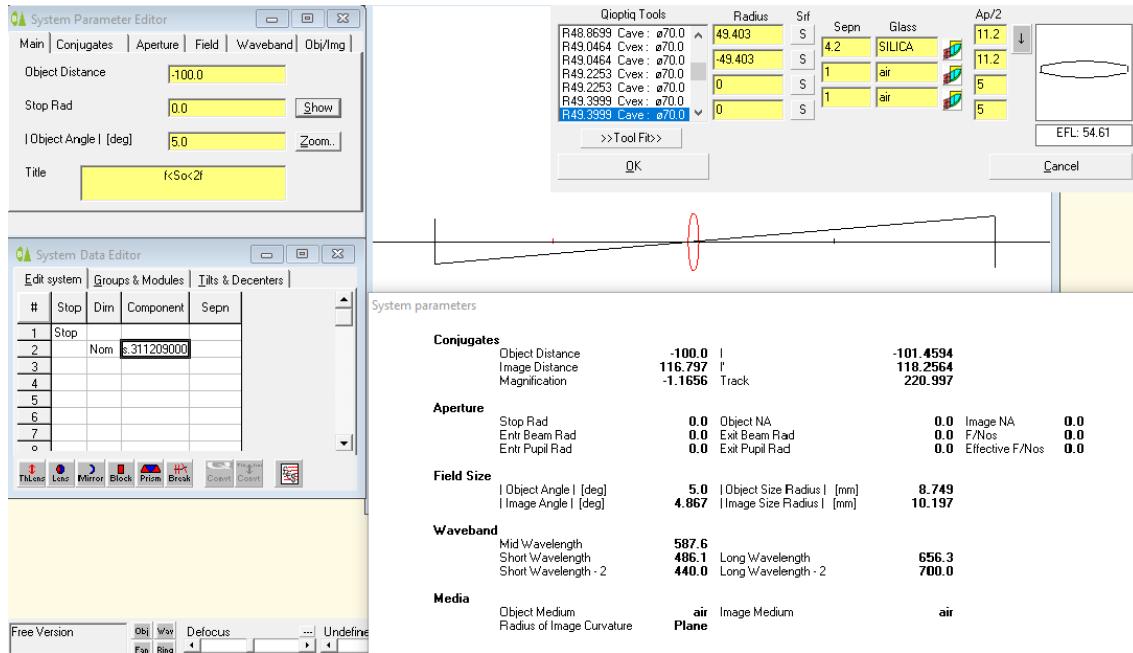


Figura 9: Winlens3D - Simulación Lentes Reales: $f < S_o < 2f$

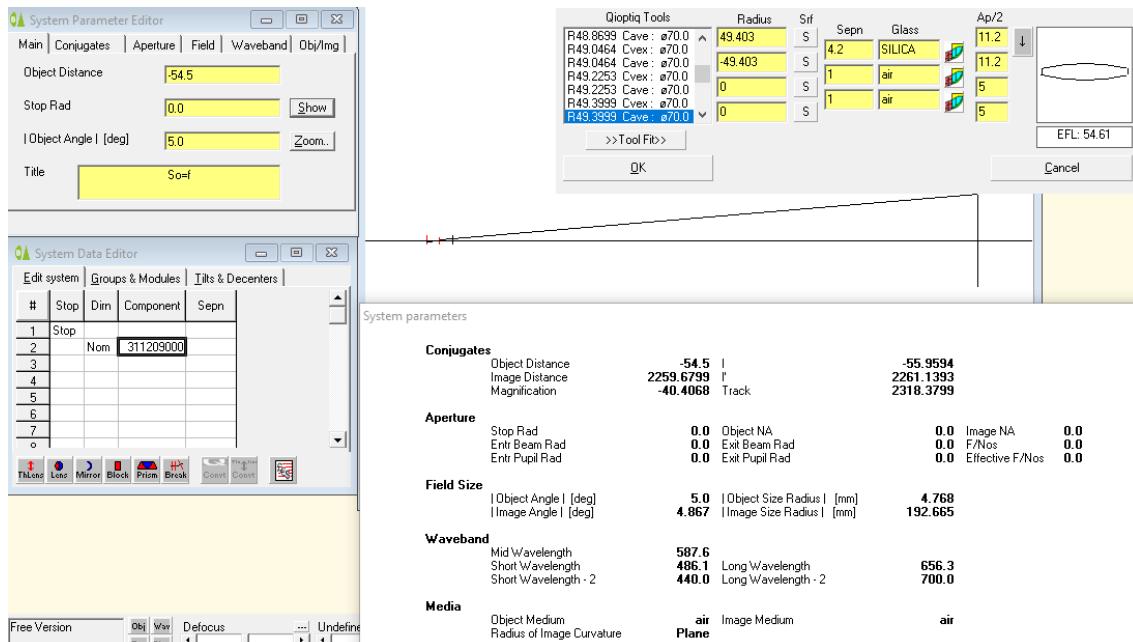


Figura 10: Winlens3D - Simulación Lentes Reales: $S_o = f$

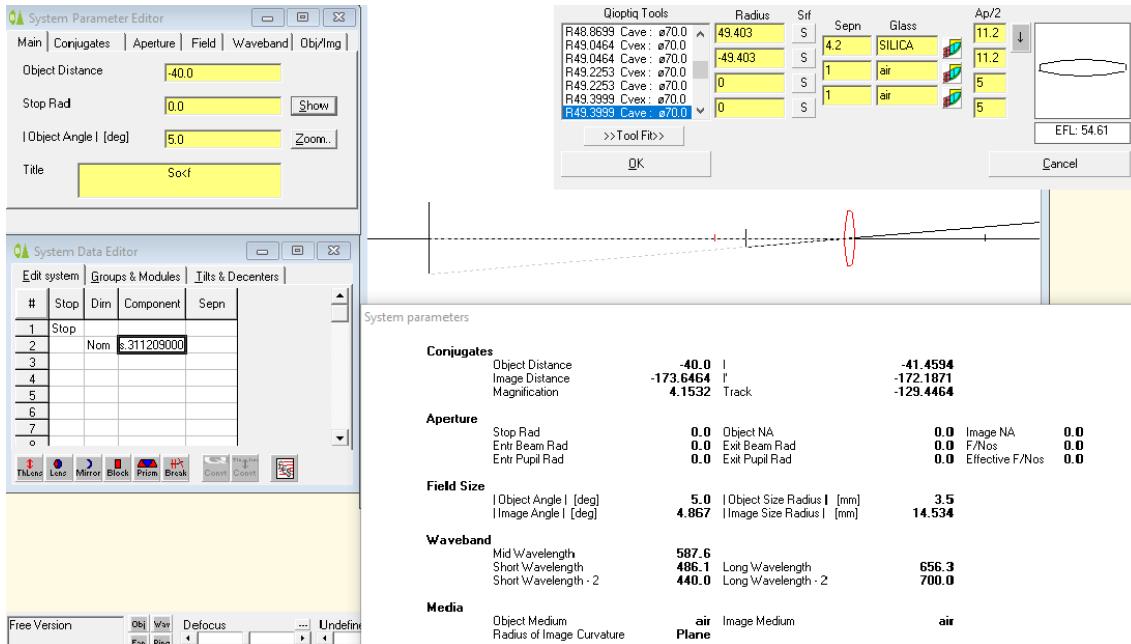


Figura 11: Winlens3D - Simulación Lentes Reales: $S_o < f$

1.2.5. Conclusiones

- Las lentes gruesas presentan perdidas por reflexión, absorción del material y el medio en el que se encuentra incidiendo la energía al sistema óptico.
- Los resultados son distintos a los esperados en los cálculos de una lente ideal ya que características como el ancho, radio, índice de refracción, etc. tienen lugar en los cálculos, pero aún así se respetan cumplen las propiedades de la formación de imágenes en lentes convexas y concavas.

1.3. Ojo Humano

1.3.1. Objetivo

- Simular el sistema aproximado del ojo humano

1.3.2. Introducción

El sistema óptico del ojo transforma energía lumínica en impulsos eléctricos permitiendo la percepción tridimensional al transmitirse a la corteza occipital.

El ojo tiene una resolución de 576 MP en la luz y en la oscuridad disminuye a 100 MP.

El ojo humano está constituido por dos lentes convergentes llamadas córnea y cristalino. Dichas lentes están separadas por el humor acuoso.

La córnea está constituida por cinco capas, sin embargo para caracterizar su comportamiento óptico es suficiente considerarla como un menisco cóncavo con índice de refracción $n_{Co} = 1.377$.

Elementos del ojo y sus características

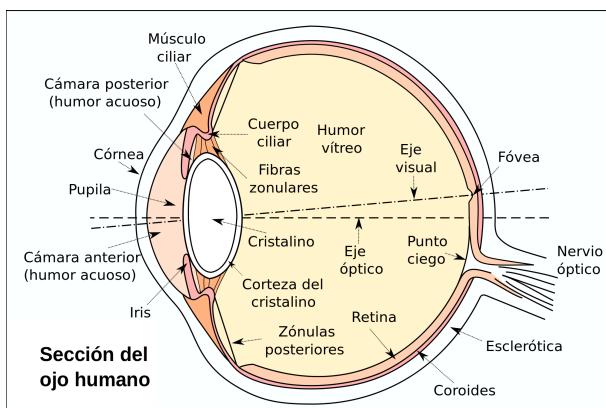


Figura 12: Estructura del ojo humano

- **Córnea:** Cubre al iris y al cristalino, permite la refracción lumínica.
- **Iris:** Aumenta el tamaño de la pupila y está pigmentado.
- **Pupila:** Permite regular la cantidad de luz que entra (abertura).
- **Cristalino:** Lente detrás del iris que permite el enfoque visual.
- **Esclerótica:** Recubre el globo ocular, dándole su color blanco característico.
- **Humor Acuoso:** Ubicado entre el cristalino y la córnea. Nutre a estas dos estructuras y mantiene la presión ocular constante.
- **Conjuntiva:** Membrana que reviste la esclerótica, lubrica y desinfecta el globo ocular.
- **Coroides:** Vasos sanguíneos y tejido que separa la retina y la esclerótica. Provee de oxígeno y nutrientes a la retina para su funcionamiento.
- **Humor Vitreo:** Líquido gelatinoso que constituye la mayor parte del globo ocular y tiene como función dotarlo de rigidez.
- **Retina:** Membrana que revista la parte posterior del ojo y funciona como pantalla. El cristalino proyecta las imágenes percibidas en la retina.
- **Nervio Óptico:** Conjunto de fibras que transmiten los impulsos lumínicos de la retina al quiasma óptico cerebral.

1.3.3. Desarrollo

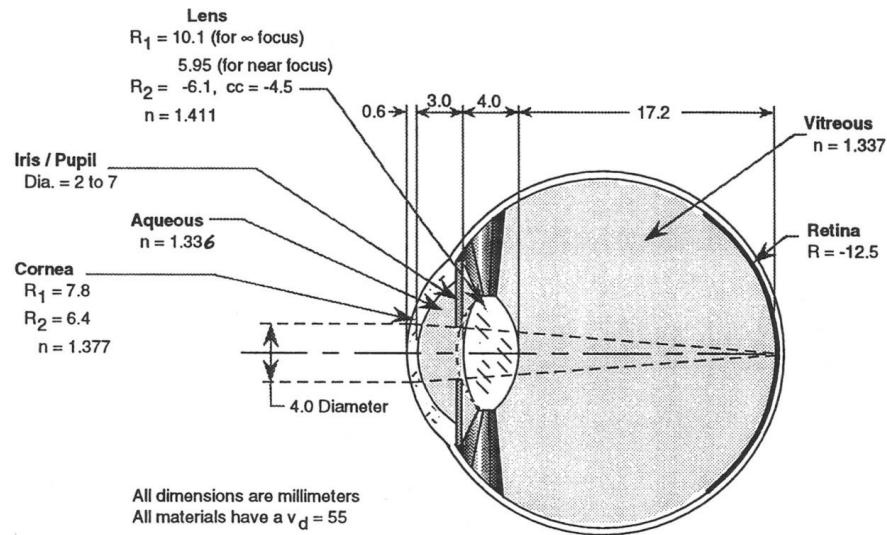


Figura 13: Ojo Humano - Medidas del sistema óptico

Como se muestra se necesitarán dos lentes para simular el sistema óptico. Para crear el primer lente (córnea) se debe considerar $R_1 = 7.8\text{mm}$, $R_2 = 6.4\text{mm}$, $n_{Co} = 1.377\text{mm}$, $d = 0.6\text{mm}$, $y_o = 5\text{cm}$. Se considera que la distancia objeto es ∞ por lo que se dará una $S_o = 1000\text{cm}$.

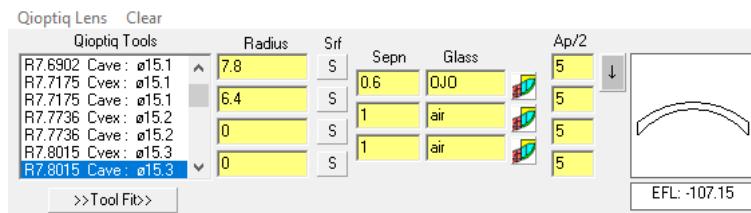


Figura 14: Primer Lente - Medidas

Para la segunda lente se debe tomar en cuenta la distancia que existe entre la córnea y el cristalino, se dice que hay una diferencia de 3 mm y 2 mm más del ancho de la segunda lente por lo que $Sepn = 5$.

Una vez con la separación entre lentes se creará la lente del cristalino. Para ello se tiene que $R_1 = 10.1$, $R_2 = -6.1$, $n_{Cr} = 1.411$, $d = 4$ y $n_{vitreous} = 1.337$.

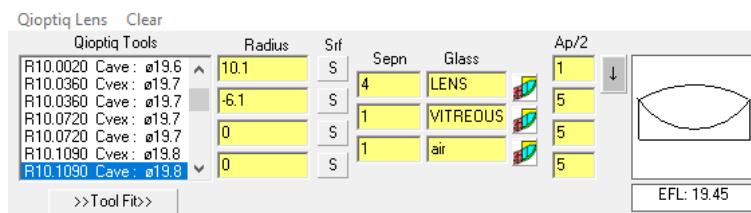


Figura 15: Segunda Lente - Medidas

La distancia imagen dentro del ojo oscila entre los 17 y 24 mm tomando la distancia desde la cornea.

$$\therefore S_i \approx 17 \longleftrightarrow 24 \text{ mm} \quad (6)$$

1.3.4. Resultados

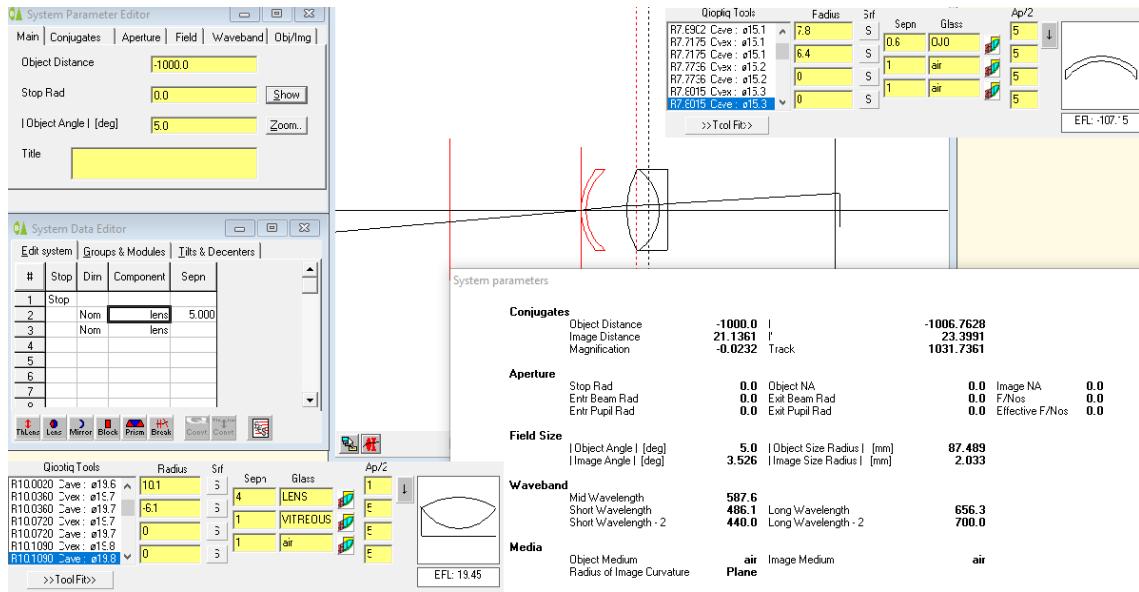


Figura 16: Ojo Humano - Simulación

1.3.5. Conclusiones

- La distancia imagen resultante tiene 21.1361 mm, además está disminuida e invertida.

1.4. Microscopio

1.4.1. Objetivo

- Simular el sistema óptico de un microscopio básico.

1.4.2. Introducción

El microscopio es un instrumento óptico para ampliar la imagen de objetos tan pequeños que no se pueden ver a simple vista.

Consiste en dos lentes convergentes. La lente más próxima al objeto se denomina objetivo y la lente más próxima al ojo se denomina ocular.

En teoría el objeto pequeño es invertido y aumentado en la primera lente. En la segunda lente la imagen resultante del objetivo se convierte en el objeto para el ocular, este objeto debe estar dentro de la distancia focal para que la imagen pueda ser virtual y amplificada así se consigue una imagen mucho más grande y derecha con respecto a la segunda imagen objeto.

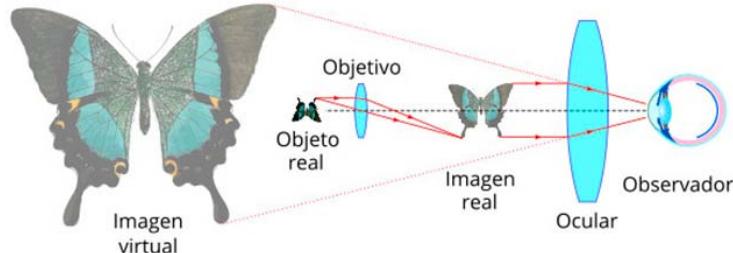


Figura 17: Microscopio - Etapas

1.4.3. Desarrollo

Se utilizaron dos lentes delgadas; una para el objetivo y otra para el ocular, ambas lentes tienen una distancia focal $f_n = 10 \text{ cm}$, $y_{o_1} = 6 \text{ cm}$ y un $R_n = 5 \text{ mm}$.

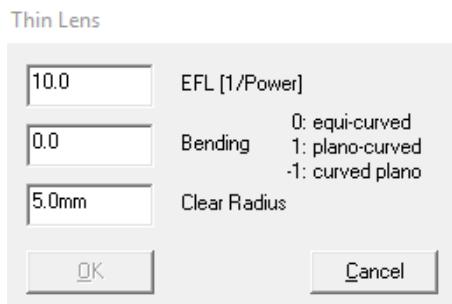


Figura 18: Lentes del microscopio - Medidas

El objeto de la lente objetivo se limita a la propiedad $f_1 < S_{o_1} < 2f_1$ y así la imagen sea real, aumentada e invertida.

Entonces S_{o_1} debe estar entre 10 y 20 cm así que por promedio se dará un valor de $S_{o_1} = 15$

La distancia imagen será:

$$S_{i_1} = \frac{S_{o_1} * f_1}{S_{o_1} - f_1} = \frac{15 * 10}{15 - 10} = 30\text{cm} \quad (7)$$

$$M_1 = -\frac{S_{i_1}}{S_{o_1}} = -\frac{30}{15} = -2. \quad (8)$$

$$y_{i_1} = (M_1)(y_{o_1}) = (-2)(6) = -12\text{cm} \quad (9)$$

Ahora se debe considerar que para realizar la segunda imagen (S_{i_2}) como virtual la nueva distancia objeto (S_{o_2}) tiene que estar dentro del foco (f_2) para que se cumpla la propiedad y así tener una imagen final amplificada, virtual y derecha. Para ello debemos encontrar la distancia mínima y máxima que puede haber entre las lentes para que se siga respetando la propiedad.

$$\begin{aligned} d_{max} &= S_{i_1} + f_2 \rightarrow d_{max} = 30 + 10 \\ d_{min} &= S_{i_1} \rightarrow d_{min} = 30 \\ S_{i_1} &\leq d < S_{i_1} + f_2 \end{aligned}$$

Entonces daremos a d un valor intermedio: $d = 35$.

Ahora sabemos que S_{o_2} está dentro de la distancia focal dos (f_2).

$$S_{o_2} = d - S_{i_1} = 35 - 30 = 5 \quad (10)$$

$$S_{i_2} = \frac{S_{o_2} * f_2}{S_{o_2} - f_2} = \frac{5 * 10}{5 - 10} = -10\text{cm} \quad (11)$$

$$M_2 = -\frac{S_{i_2}}{S_{o_2}} = -\frac{-10}{5} = 2. \quad (12)$$

$$y_{i_2} = (M_2)(y_{i_1}) = (2)(-12) = -24\text{cm} \quad (13)$$

$$M_T = M_1 * M_2 = (-2)(2) = -4 \quad (14)$$

Se comprueba S_{i_2} :

$$S_{i_2} = \frac{(df_2) - \frac{(f_2 S_{o_1} f_1)}{(S_{o_1} - f_1)}}{(d - f_2) - \frac{(S_{o_1} f_1)}{(S_{o_1} - f_1)}} \quad (15)$$

$$S_{i_2} = \frac{(35 * 10) - \frac{(10 * 15 * 10)}{(10 - 15)}}{(35 - 10) - \frac{(15 * 10)}{(15 - 10)}} = -10 \quad (16)$$

1.4.4. Resultados

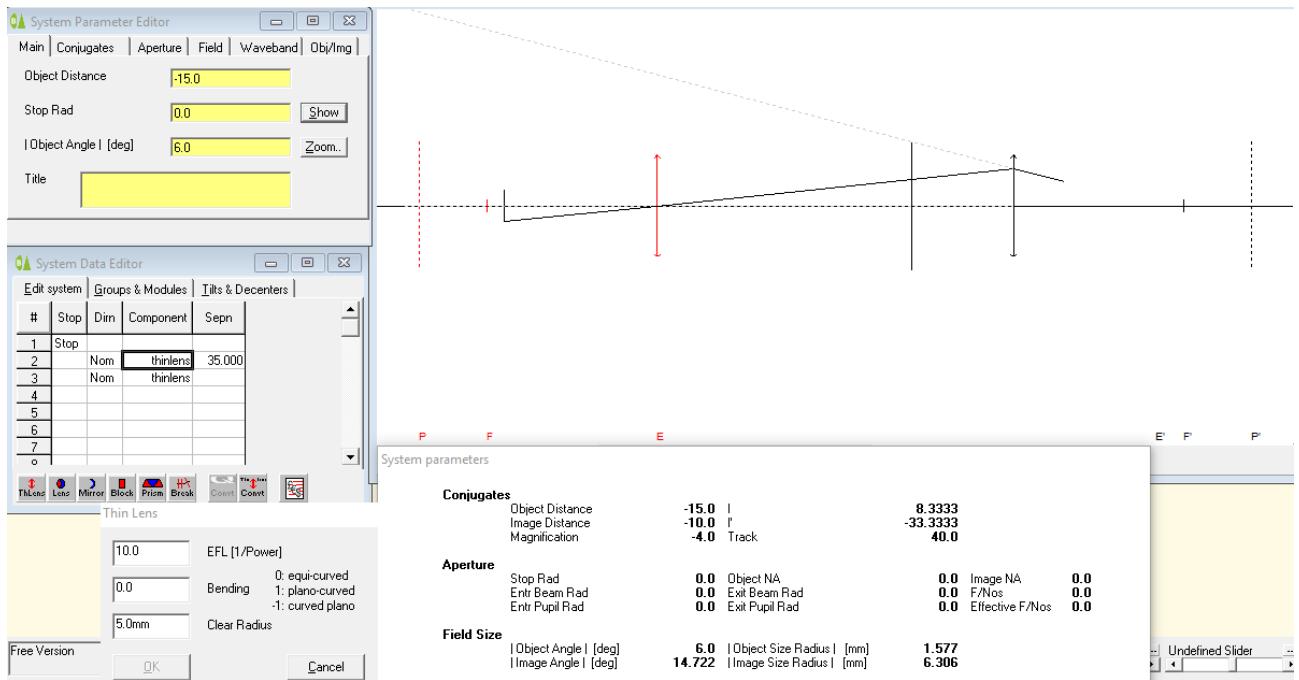


Figura 19: Microscopio - Simulación

1.4.5. Conclusiones

- La imagen es 4 veces más grande que el objeto.
- La imagen es derecha y virtual por lo que se cumplen ambas propiedades.

1.5. Telescopio

1.5.1. Objeto

- Simular el sistema de un telescopio.

1.5.2. Introducción

El telescopio es un instrumento óptico que recoge cierta luz para concentrarla en un punto determinado.

Los oculares proporcionan los diferentes aumentos al telescopio.

Están constituidos por dos partes : el tubo y la montura. El tubo está formado por objetivo y ocular. La montura sostiene y hace posible los movimientos suaves y precisos para orientar el telescopio.

Telescopio Refractor

La formación de la imagen se basa en la desviación que sufren los rayos de luz cuando atraviesan las lente. Poseen mayor nitidez y contraste, además de que no se descolima.

Presenta aberraciones cromáticas debido a que la lente no desvía todos los colores al mismo punto focal. Los sistemas refractores tienen varias configuraciones como lo son la configuración Kepler o Galileo. Así mismo, la configuración de los objetivos empleados varía para la corrección de las aberraciones producidas, algunas de esas configuraciones son la de Clark, la Fotovisual, el Astográfico, Triplete de Cooke y la de Ross.

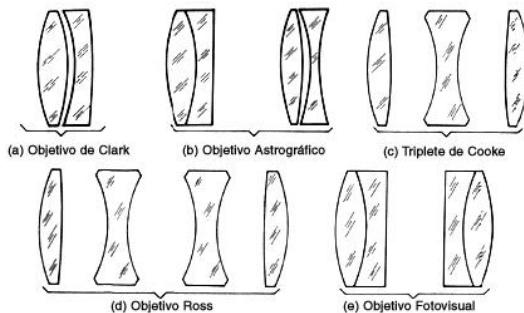


Figura 20: Objetivos - Configuraciones

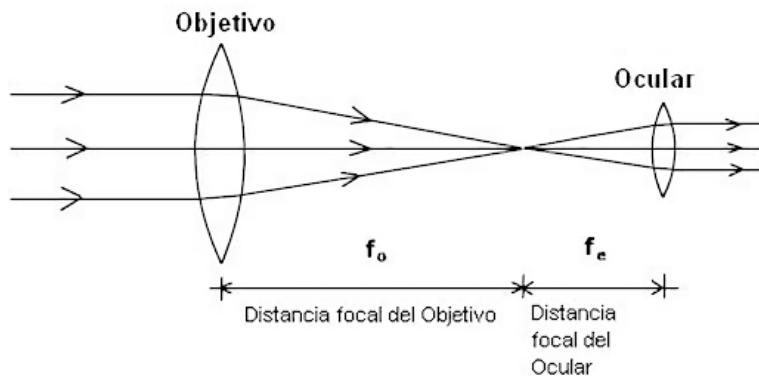


Figura 21: Telescopio - Sistema Refractor

Telescopio Reflector

El ocular se coloca en un lateral del tubo y recibe la luz del espejo secundario. No suelen presentar aberraciones cromáticas y requieren una colimación, además de ser más frágiles que los demás.

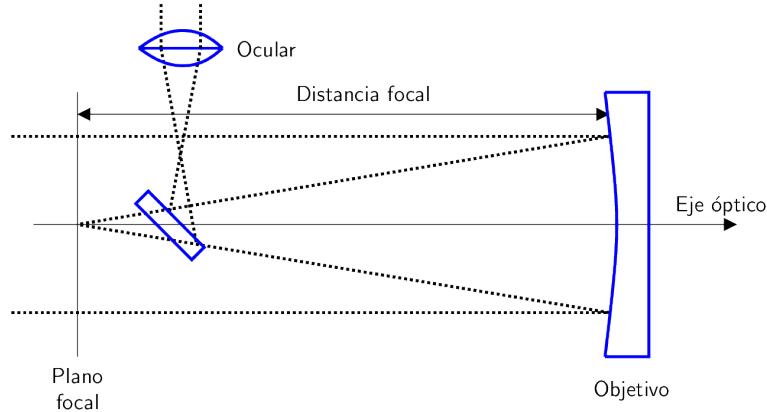


Figura 22: Telescopio - Sistema Reflector

Telescopio Catadióptrico

La luz pasa a través de una placa correctora y es reflejada por un espejo hacia un espejo en forma de menisco que la devuelve hacia la parte trasera donde se encuentra el ocular.

Presentan perdida de luz debido a que el espejo secundario está un poco obstruido. Dicho espejo secundario es hiperbólico.

Existen dos tipos de sistemas catadióptricos y son el Maksutov - Cassegrain y el Schmidt-Cassegrain. Sus diferencias son la forma como corrigen las aberraciones causadas por las lentes convergentes.

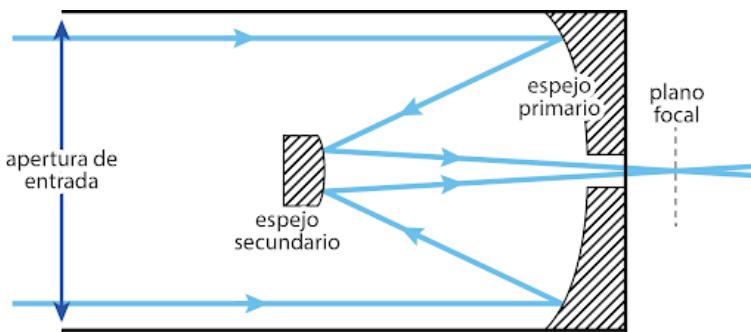


Figura 23: Telescopio - Sistema Catadióptrico o Mixto

1.5.3. Desarrollo

La distancia objeto (S_o) se considera como ∞ por lo tanto $S_o = 1000\text{cm}$.

Como se muestra el telescopio refractor, debe considerar que las distancias focales de ambas lentes coinciden en un mismo punto por lo que la separación entre lentes sería la suma de ambas distancias focales.

Los funtos focales pueden estar dentro de la distancia focal de la otra lente y así acercar la imagen producida.

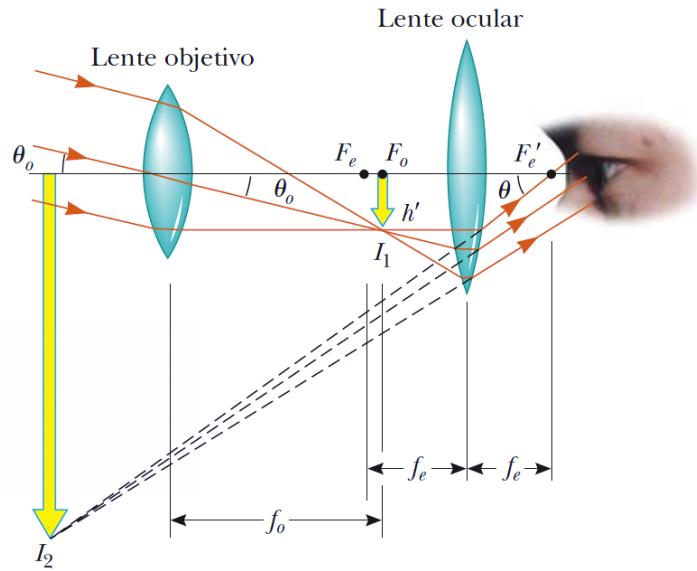


Figura 24: Telescopio Refractor - Diagrama Óptico

$$\therefore d_{max} = f_1 + f_2 \quad (17)$$

$$d_{max} = 32.7 + 17.84 = 50.54 \quad (18)$$

1.5.4. Resultados

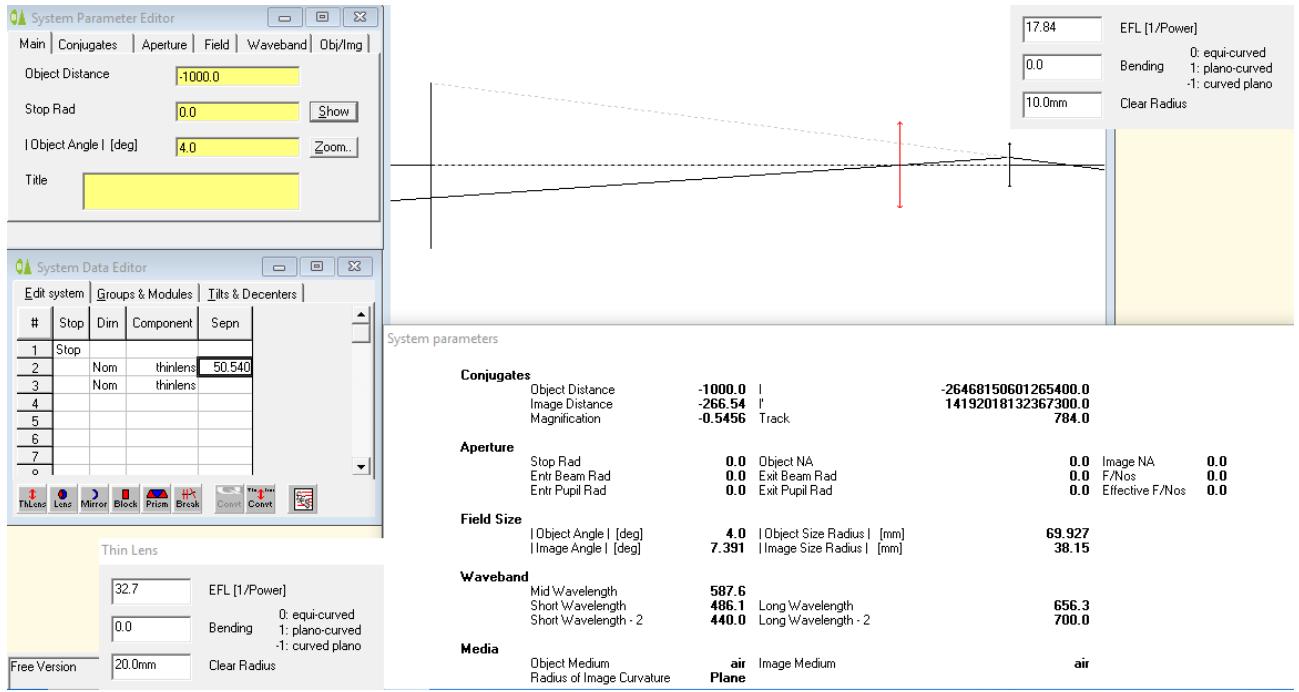


Figura 25: Telescopio Refractor - Simulación

1.5.5. Conclusiones

- Entre menos sea la separación entre las lentes más cercana será la distancia imagen y menos amplificada será.
- La distancia establecida fue la límite para que la distancia imagen no sea mayor que la distancia objeto.

1.6. Reflexiones

1.6.1. Objetivo

Reaizar el trazado del logo de CUCEI y el nombre propio a través de reflexiones por espejos.

1.6.2. Introducción

La reflexión de la luz es el cambio en la dirección que experimenta un rayo cuando incide sobre una superficie opaca. La reflexión tiene lugar gracias a las superficies capaces de reflejar la luz incidente ya sea parcial o totalmente. Las reflexiones obtienen forma dependiendo del tipo de superficie en la cual inciden.

Por ejemplo la **reflexión difusa** se da cuando la superficie es rugosa o no homogénea, lo que obliga la luz a propagarse en direcciones totalmente aleatorias y desde el punto del observador se ve una imagen con poca nitidez.

Otro ejemplo es la reflexión especular que tiene lugar cuando la propagación de la luz es totalmente paralela. Esto se debe a que las superficies lisas o pulidas, no presentan deformaciones, impurezas o a nivel micro.

Las leyes de Snell nos describen el comportamiento de la dirección de la luz cuando incide en un medio distinto. Una de ellas nos dice que el ángulo del haz reflejado tendrá el mismo ángulo del haz incidido ($\theta_i = \theta_r$) y sólo en superficies especulares.

Para la formación de imágenes a través de reflexión se usan espejos y existen tres tipos de ellos:

Espejos Planos

Son aquellos que no presentan deformación o curvaturas en su forma, por lo que son totalmente rectos.

Espejos Concavos

Son aquellos que tienen una curvatura en su forma y su función es concentrar la luz en un punto focal.

Espejos Convexos

Son aquellos que presentan una curvatura en la lente y su función es dispersar la luz con respecto a la distancia del foco y su curvatura.

Estos se utilizan para obtener más rango de visión desde un punto.

1.6.3. Desarrollo

Con una simulador online (<http://ricktu288.github.io./ray-optics/simulator/>) con el cual puedes utilizar lentes, espejos, rendijas, etc. Se realizó el diseño del nombre mediante la manipulación del haz de luz por medio de espejos planos y curvos.

En cada caso se utilizó solamente un haz para el trazado del diseño de cada ejercicio.

Cada linea azul representa un espejo que desvía el haz de luz hacia otra dirección.

El logo se consiguió con las múltiples reflexiones internas.

1.6.4. Resultados

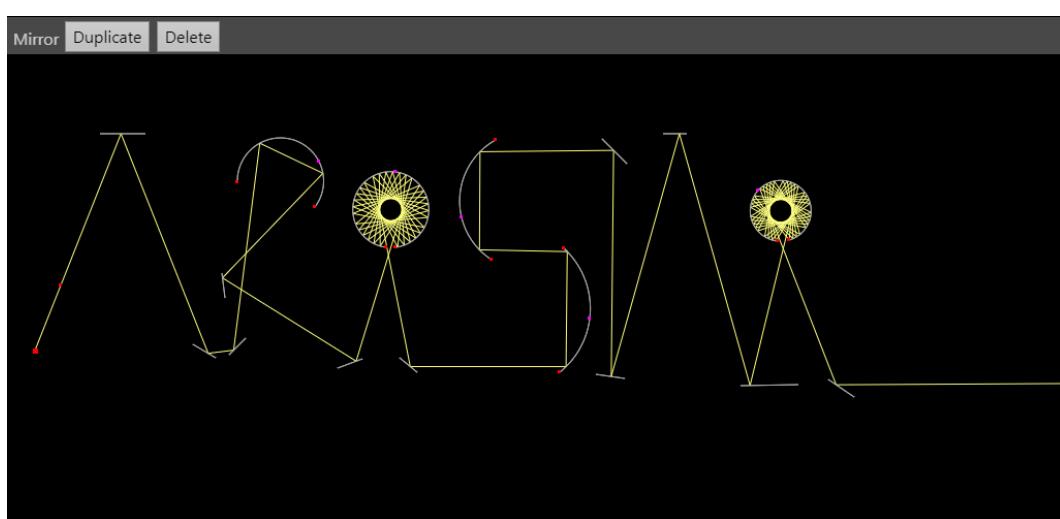


Figura 26: Reflexión - Simulación del nombre

Loco CUCEI

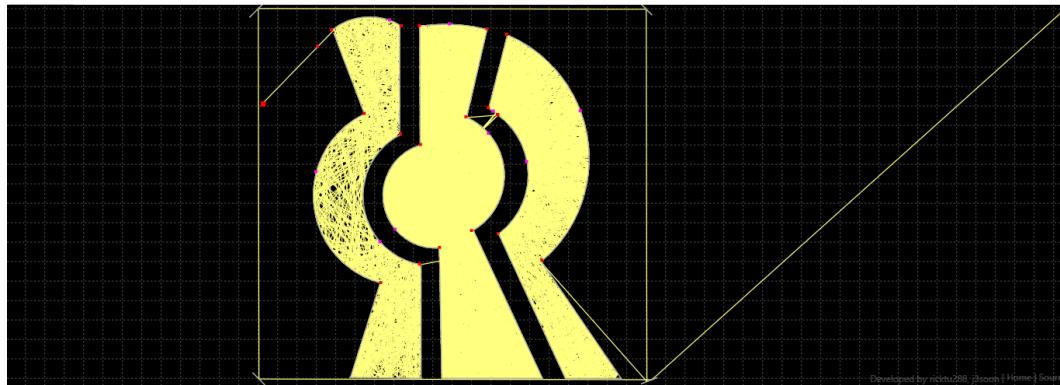


Figura 27: Reflexión - Simulación logo CUCEI

1.6.5. Conclusiones

- Todo rayo tiene perdidas en su trayecto debido a la ley del inverso al cuadrado el cual nos dice que su intensidad disminuye conforme a la distancia aumenta, pero en el caso del haz de luz que se comporta como un laser las perdidas son despreciables.

1.7. Interfaz De Aberraciones En Matlab

1.7.1. Objetivo

- Crear una interfaz grafica en matlab para el cálculo y formación de la aberración esférica.

1.7.2. Introducción

La aberración esférica en una lente o espejo es la falta de convergencia de los rayos incidentes hacia el punto focal, lo cual hace que los rayos sean direccionado en distancia cercanas al foco.

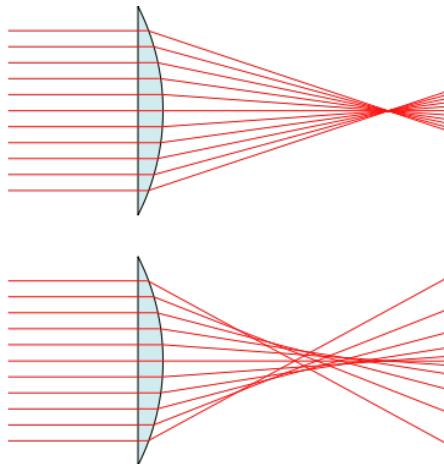


Figura 28: Aberración Esférica - Ejemplo

Este fenómeno se muestra cuando la luz pasa a través de la lente, los rayos que pasan cerca del centro del lente son refractados a un menor grado que las ondas pasando a través de la periferia del lente. Esto resulta en la producción de diferentes puntos focales junto con el eje óptico y resulta en la perdida de resolución.

Las aberraciones esféricas se incrementan con la apertura numérica. La aberración esférica se minimiza cuando todo el camino de luz tiene el mismo índice de refracción e incrementa con distancia dentro de un medio con diferente índice de refracción.

1.7.3. Desarrollo

- Comenzaremos definiendo los parametros de la simulación empezando por el muestreo de onda (m), la longitud de onda (λ) y el número de muestras (N), diametro de apertura, la distancia focal de la lente y el valor eficaz de la aberración esférica en el frente de onda.
- En seguida se hace el cálculo del plano de la pupila del muestreo definiendo delta de la función en x , la pulila en X y en Y , así como el radio de la pulila, después normalizar la pupula al diametro de apertura.
- Para crear el frente de onda tomaremos la aberración y el radio normalizado. Crearemos la amplitud y el tamaño de la apertura numérica y se mostrará la fase del frente de onda.
- Finalmente se creará la función punto utilizando el frente de onda y normalizando la energía para después graficar el frente y su fase.

```

%Parámetros de la simulación
clear all;close all;
MuestreoDeOnda = 0.5e-6;%Plano focal de la muestra (m)
lambda = 0.6328e-6;%Longitud de onda (m)
N = 256; %Elementos de salida
DiametroApertura = 0.0254;% (m)
DistanciaFocal = 5*DiametroApertura;% (m)
AberracionRMS = 0.25;%RMS de la aberración esférica en el frente de onda

```

Figura 29: Aberración Esférica - Parámetros de la simulación

```

%%Cálculo del plano de la pupila del muestreo
delta_fx = 1/(MuestreoDeOnda*N);
PupilaEnX = (-fix(N/2):fix((N-1)/2)) * delta_fx * lambda * DistanciaFocal;
[PupilaEnX,PupilaEnY] = meshgrid(PupilaEnX);
RadioDePupila = sqrt(PupilaEnX.^2 + PupilaEnY.^2);
RadioNormal = RadioDePupila/(DiametroApertura/2);%Pupila normalizada al diámetro de apertura
assert(max(RadioNormal(:))>=sqrt(2),'El muestreo no es suficiente para reconstruir el frente de onda');

```

Figura 30: Aberración Esférica - Cálculo del plano de la pupila del muestreo

```

%%Crear frente de onda
W = AberracionRMS * sqrt(5) * (6*RadioNormal.^4 - 6*RadioNormal.^2 + 1);%Aberración esférica del frente de onda
W(RadioNormal>1) = 0;
E = exp(ji*2*pi*W);%Amplitud compleja
E(RadioNormal>1) = 0;%Tamaño de la apertura numérica
figure;imagesc(angle(E)/(2*pi));colorbar;title('Fase del frente de onda');

```

Figura 31: Aberración Esférica - Crear frente de onda

```

%%Función del punto
FrenteDeOnda = abs(fftshift(fft2(ifftshift(E)))).^2;
FrenteDeOnda = FrenteDeOnda/sum(FrenteDeOnda(:));%Normalizando la energía
FrenteEnX = (-fix(N/2):fix((N-1)/2)) * MuestreoDeOnda;
figure;imagesc(FrenteEnX*1e6,FrenteEnX*1e6,FrenteDeOnda);
title(sprintf('Frente de onda con %.4f de aberración esférica', AberracionRMS));
xlabel(sprintf('Posición (\u00b5m)'));
ylabel(sprintf('Posición (\u00b5m)'));

```

Figura 32: Aberración Esférica - Función del punto

Por último debemos crear una interfaz donde el usuario deba ingresar la longitud de onda y el diámetro de apertura para después mostrar el frente de onda y su fase.



Figura 33: Aberración Esférica - Interfaz de usuario

1.7.4. Resultados

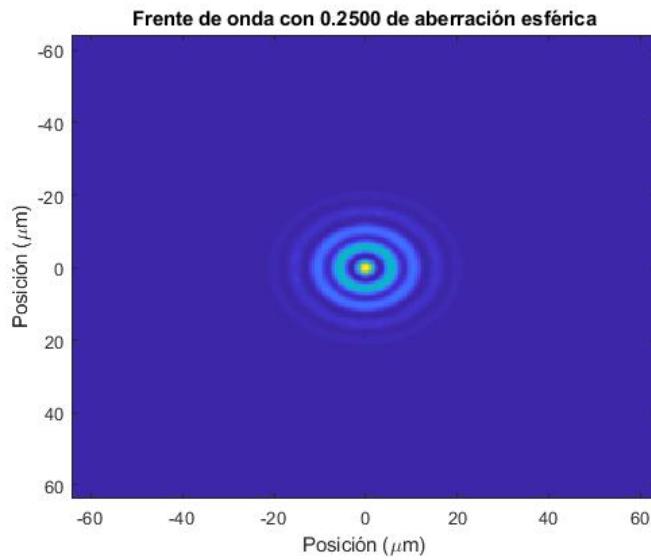


Figura 34: Aberración Esférica - Frente

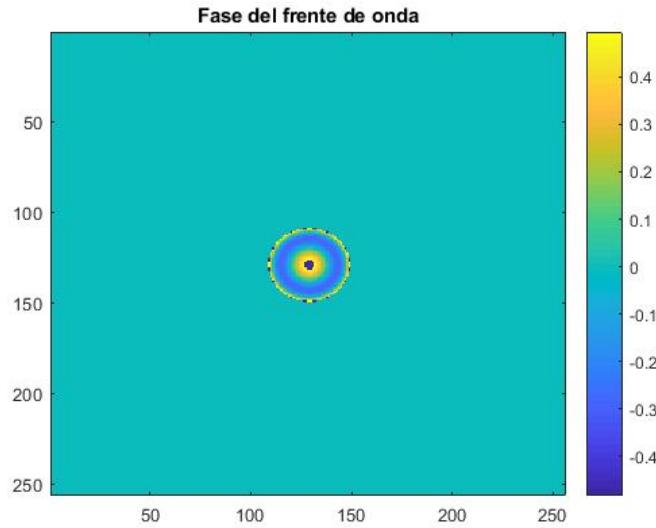


Figura 35: Aberración Esférica - Fase

1.7.5. Conclusiones

- La onda de salida es una interferencia de la fase y el frente de onda.

2. Bibliografía

[1] óptica Geométrica, I.E.S. SILVERIO LANZA, Dpto. de Física y Química, (11/03/09), 10 páginas.

[2] LA ÓPTICA DE UN SISTEMA DE LENTES GRUESAS: SU APLICACIÓN AL OJO HUMANO, D. Jiménez-Martí & A. J. Batista-Leyva, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana. Cuba. (15/5/2018), 1-7 páginas.

[3] El ojo teórico, Adelina Felipe Marcet, Diplomatura en Óptica y Optometría, Óptica Fisiológica.

[4] PRACTICAS DE OPTICA GEOMETRICA Y RADIOMETRICA, Pascuela Villalobos / Hernández Poveda Fimia Gil/ Mateos Alvarez, Secretariado de Publicaciones Universidad de Alicante, Enrique. Gabinete de Diseño. UNIVERSIDAD DE ALICANTE. (1987),114 páginas.

[5] Óptica, CÉSAR EDUARDO MONTALVO ARENAS, BIOCETIS. UNAM. (2010).

[6] Sistemas Telescópicos, M. Martínez/A. Pons, OPTICA INSTRUMENTAL, Diplomado en óptica y optometría, 62 páginas.

[7] ESTUDIO DE LAS ABERRACIONES OCULARES Y CORNEALES EN FUNCIÓN DE LA EDAD, IRENE CLARAMUNT MIRABALL, Universidad Politécnica de Catalunya, Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa, (2013).