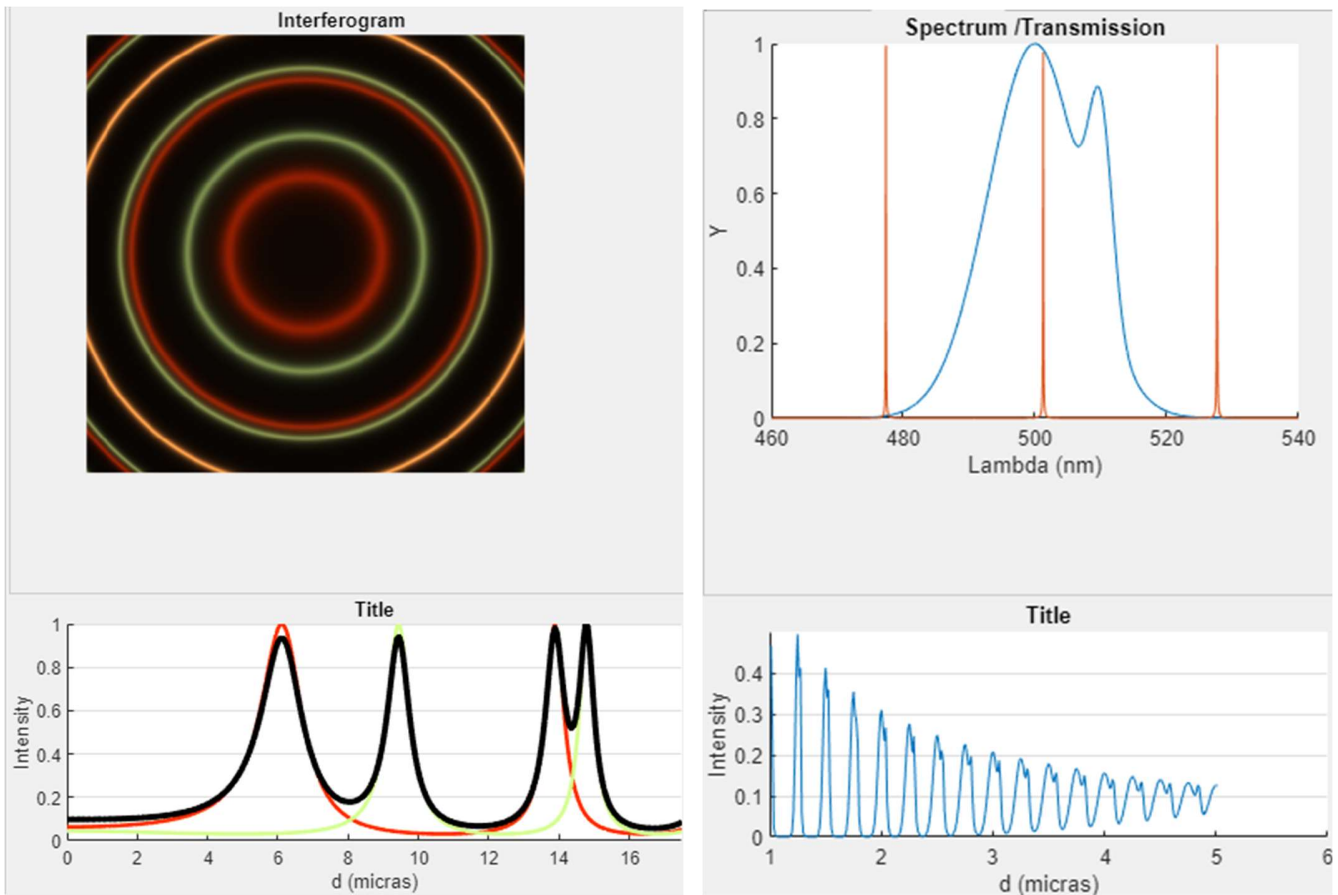


INTERFERÓMETRO DE FABRY-PÉROT



Juan Campos Coloma juan.campos@uab.es

Ángel Lizana Tutusaus angel.lizana@uab.cat

Bellaterra, 29/06/2022

1 CONTENIDO

2	Resumen Teoría	3
3	INTERFAZ con el usuario	5
3.1	..... Fuente Puntual. Parámetros de entrada	5
3.2	..... Interferómetro de barrido	8
4	Entrenamiento con el programa	10
4.1	..... Cambio de la distancia entre espejos	10
4.2	..... Cambio de la longitud de onda	10
4.3	..... Usad dos longitudes de onda cercana	10
4.4	..... Seleccionad un espectro Gaussiano	10
4.5	..... Barrido	10
4.6	..... Espectro triangular	11
4.7	..... Parámetros y funciones públicas	11
4.7.1	Parámetros en el modo fuente puntual	11
4.7.2	Parámetros en el modo barrido	11
4.7.3	Cálculo de la transmisión en función del ángulo Theta	11
4.7.4	Cálculo de un espectro	11
4.7.5	Realización de un barrido de distancias entre espejos	12

2 RESUMEN TEORÍA

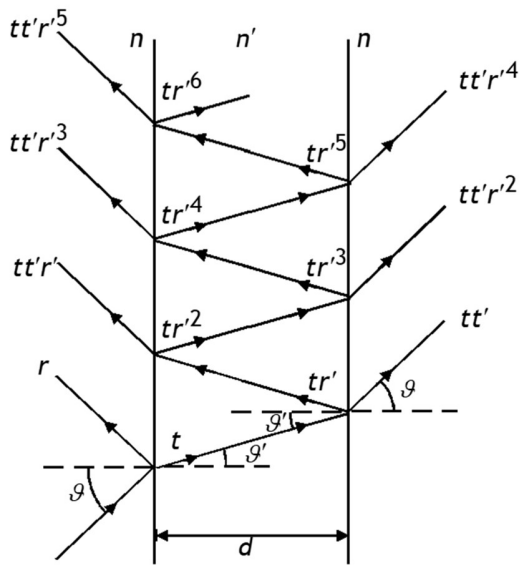


Figura 2-1.- Esquema de I en el Fabry-Pérotas refracciones y reflexiones

Sea el interferómetro Fabry-Pérot mostrado en la Figura 2-1. t y r son los factores de transmisión y reflexión (cocientes de amplitudes) en los espejos. R , T son los coeficientes de reflexión y transmisión (Cocientes de intensidades) de los espejos.

El factor de transmisión $T_{cavidad}$ y el de reflexión de la cavidad (cocientes de intensidades) vienen dados por

$$T_{cavidad} = \frac{1}{1 + F \sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right)} \quad \text{i} \quad R_{cavidad} = \frac{F \sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right)}{1 + F \sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right)} \quad (1.1)$$

Donde F , factor de finura viene dado por

$$F = \frac{4R}{(1-R)^2} \quad (1.2)$$

Y el desfase δ entre dos transmisiones o reflexiones consecutivas es

$$\delta = \frac{4\pi}{\lambda_0} n' d \cos \theta' = \frac{4\pi}{\lambda'} d \cos \theta' \quad (1.3)$$

Los máximos de transmisión se obtienen cuando $\sin^2\left(\frac{\delta}{2}\right) = 0$, es decir, cuando $\delta / 2 = \frac{2\pi}{\lambda_0} n' d \cos \theta' = \frac{2\pi}{\lambda'} d \cos \theta' = m\pi$

Si trabajamos con una onda plana perpendicular a los espejos $\theta' = 0 \Rightarrow \cos \theta' = 1$ y los máximos ocurrirán para

$$2d = m\lambda' \quad (1.4)$$

Así pues, los modos longitudinales de la cavidad serán

$$\lambda_m = \frac{2d}{m} \quad (1.5)$$

$$\nu_m = m \frac{c}{2d}$$

Si se trabaja con fuente puntual, los máximos se obtendrán cuando

$$2d \cos \theta' = m\lambda'$$

Tomando como criterio que dos longitudes de onda se verán resueltas cuando sus correspondientes picos de transmisión se crucen a media altura, se obtiene el poder resolutivo espectral como

$$\left| \frac{\lambda'}{\Delta\lambda'} \right| = \frac{\pi m}{2} \sqrt{F} = \pi m \frac{r}{1-r^2} \quad (1.6)$$

Rango espectral libre: El máximo espectro que se puede analizar sin que haya superposición con otros órdenes

$$\Delta\lambda_{FSR} = \frac{\lambda}{m} = \frac{\lambda^2}{2d} \quad (1.7)$$

El interferómetro se puede utilizar en espectroscopía para determinar el espectro de una fuente. Notad que el poder resolutivo y el rango espectral libre (FSR) dependen del orden interferencial de manera inversa. Si m aumenta, el poder resolutivo aumenta (podemos distinguir longitudes de onda más cercanas), sin embargo, el rango espectral libre disminuye. Así que hay que adaptar el orden interferencial para que podamos medir todo el espectro que nos interese.

3 INTERFAZ CON EL USUARIO

Hay implementados dos modos de operación:

- Fuente puntual: Se estudia la irradiancia transmitida en función del ángulo θ
- Interferómetro de barrido. Se ilumina con un haz plano y se estudia la irradiancia transmitida en función de la distancia entre espejos

3.1 FUENTE PUNTUAL. PARÁMETROS DE ENTRADA

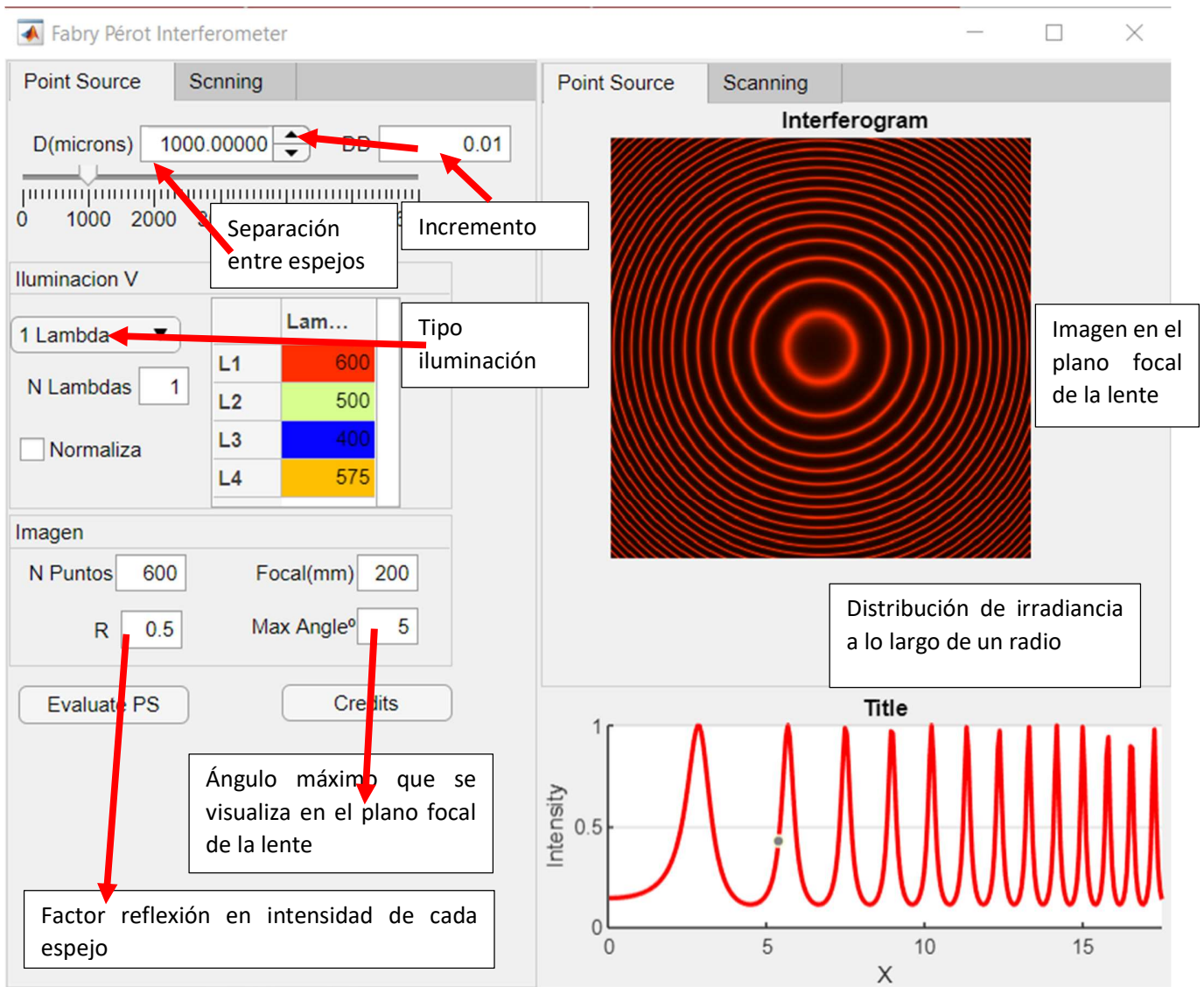


Figura 3-1 Ventana principal de la interfaz con el usuario.

Al iniciar el programa se muestra la ventana de la Figura 3-1. A la izquierda están todas las herramientas para cambiar los parámetros del interferómetro. A la derecha arriba se muestra la figura de interferencia que aparecería en una pantalla colocada en el plano focal de una lente. A la derecha abajo se muestra la línea central de la figura

La distancia entre los espejos se puede modificar mediante los controles "D microns". Con el deslizador se va más rápido, pero con poca precisión. En el control numérico podéis escribir la distancia y mediante las flechas cambiar el valor con un determinado incremento. El incremento lo podéis variar en el control numérico DD.

Se pueden utilizar varios tipos de iluminación: 1, 2, 4 longitudes de onda que se seleccionan en la tabla de la derecha. El color de las casillas trata de simular el color con el que se verían. En este modo no se utilizan espectros

El tamaño de la imagen se controla con el ángulo máximo que se visualizará "Max Angle°", la focal de la lente "Focal(mm)". La distancia entre dos puntos también se ve influida por el nº de puntos "N Puntos" de la imagen

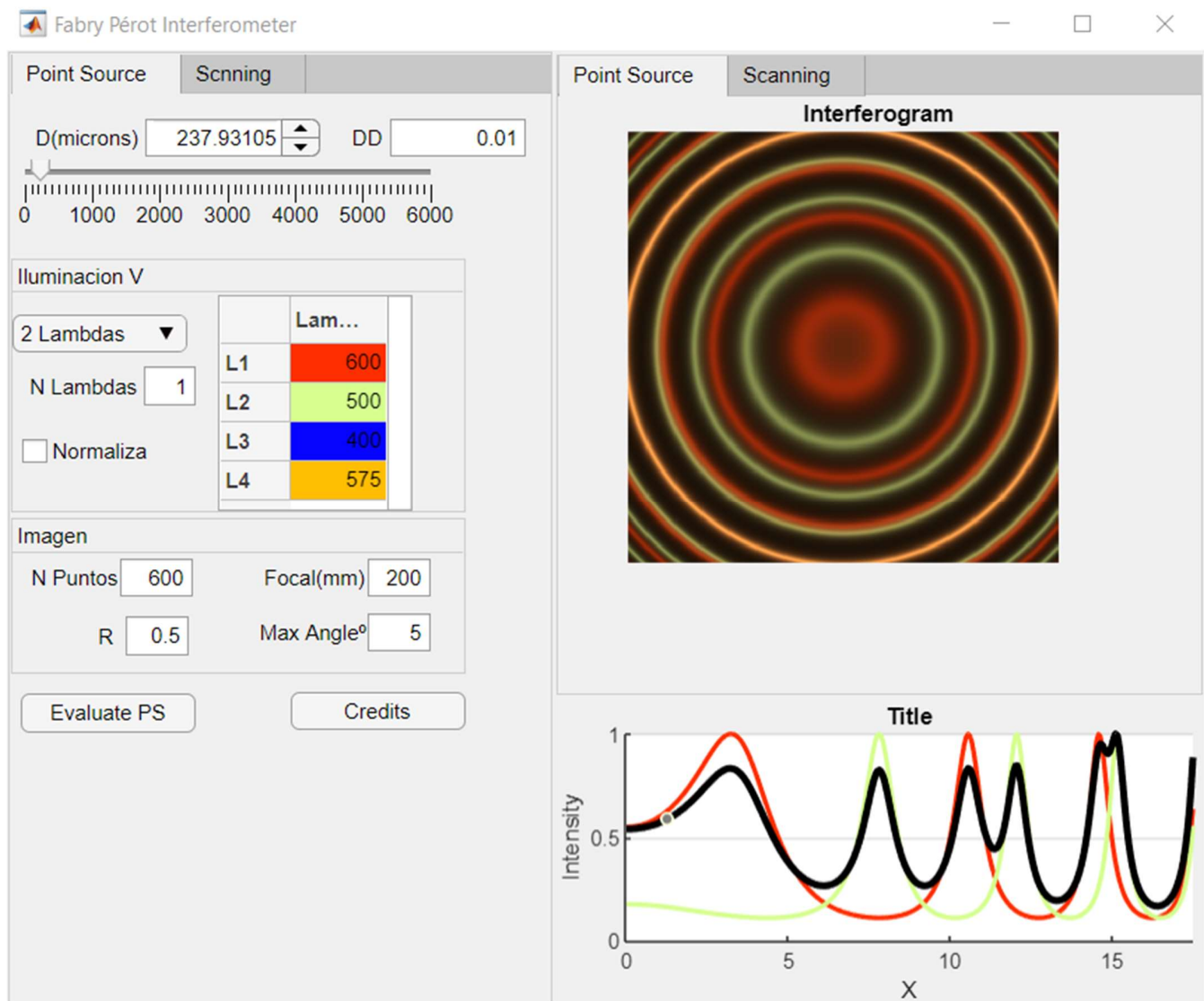


Figura 3-2. Imagen en el caso de utilizar dos longitudes de onda. En el gráfico lineal se representa la suma de intensidades en negro

Al cambiar el cursor de control de la distancia entre espejos, los gráficos se actualizan automáticamente. En la gráfica lineal se puede medir la distancia entre dos puntos pulsando el botón del ratón sobre la misma.

Se puede ver el efecto de cambiar el factor R.

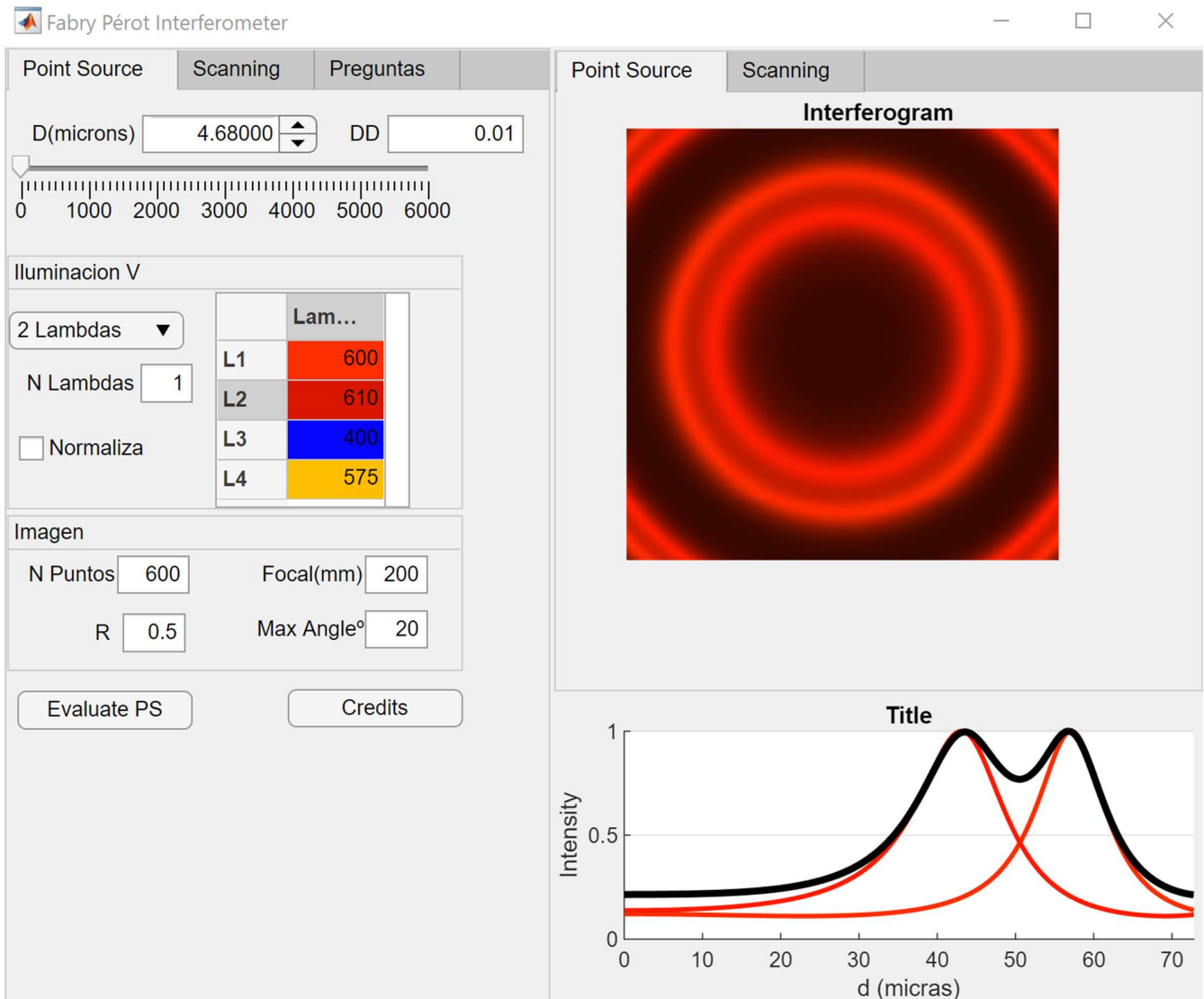


Figura 3-3. Caso de dos longitudes de onda muy cercanas (10 nm de diferencia) con un factor $R=0.5$ y con una distancia D que estaría cercano al límite de resolución.

3.2 INTERFERÓMETRO DE BARRIDO

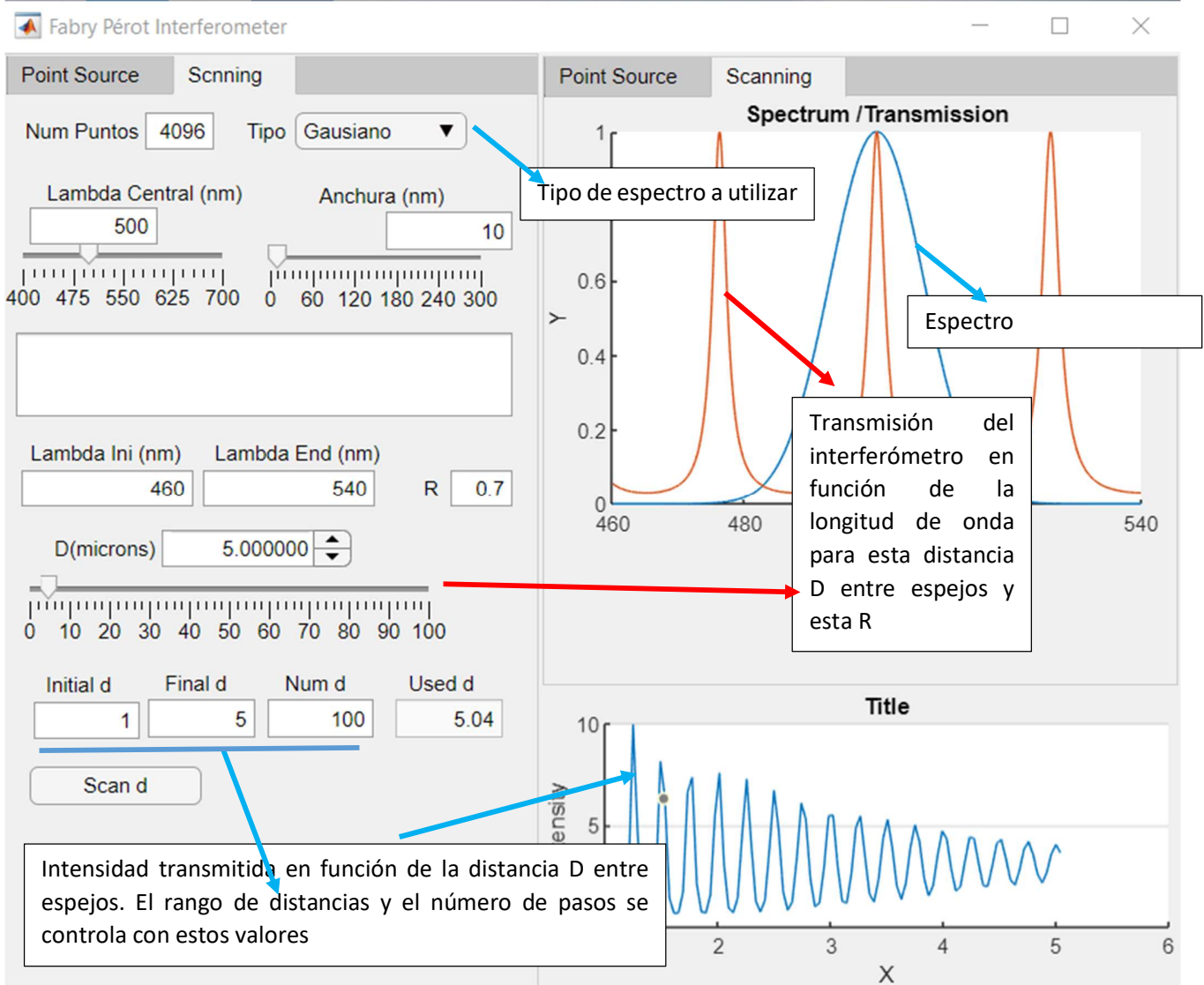
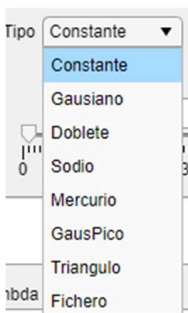


Figura 3-4. Parámetros para el interferómetro de barrido



La intensidad de salida total se calcula integrando la multiplicación entre la distribución espectral y la transmisión en función de la longitud de onda. En la gráfica lineal se puede ver con qué fidelidad se reproduce el espectro.

Se puede cambiar el tipo de espectro que se va a analizar; el número de puntos que contendrá el espectro “Num Puntos”, Así como la longitud de onda central “Lambda Central”, y la anchura del mismo “Anchura”.

OJO hay que seleccionar el tipo de espectro antes de realizar ningún cambio en la distancia entre espejos. El espectro se dibuja en azul en la figura superior de la pestaña “Scanning”

Al cambiar la distancia entre espejos “D(microns)” se dibuja en rojo al transmitancia del Fabri perot

Se puede hacer un barrido automático dando la separación inicial “Initial d”, la final “Final d”, y e número de pasos entre las dos “Num d”. Al pulsar el botón “Scan d” se va variando la separación entre espejos; la transmitancia del interferómetro en función de la longitud de onda se dibuja en rojo, se multiplican las dos funciones: espectro y transmitancia; y se integra

este producto para ver la energía total transmitida. Acabado el barrido se dibuja, en la gráfica de abajo, la energía transmitida en función de la separación entre los espejos

4 ENTRENAMIENTO CON EL PROGRAMA

4.1 CAMBIO DE LA DISTANCIA ENTRE ESPEJOS

Observad cómo cambian las franjas, entran o salen por el centro cada $\lambda/2$

A medida que aumenta la distancia se tienen más anillos

4.2 CAMBIO DE LA LONGITUD DE ONDA

Observad el interferograma para una λ y después para otra. Al pulsar el botón "Evalue PS" se realizarán los cálculos

4.3 USAD DOS LONGITUDES DE ONDA CERCANA

Usad dos λ s cercanas, y comprobad el poder resolutivo del instrumento (ojo, usad distancias D pequeñas). Estimad la distancia para la que se obtiene el límite del poder resolutivo.

Cuando estéis cerca, cambiad el valor de R y comprobad cómo cambia el poder resolutivo

INTERFERÓMETRO DE BARRIDO

Seleccionad las pestañas "Scanning" en ambos lados

4.4 SELECCIONAD UN ESPECTRO GAUSSIANO

Podéis cambiar la longitud de onda central y la anchura en λ s.

Al cambiar la distancia D se calcula la transmisión en función de la longitud de onda.

4.5 BARRIDO

Seleccionad el espectro "Gaus Pico", podéis cambiar la longitud de onda central y la anchura

Seleccionad un R muy alto $R=0.99$, para que la anchura de la transmisión sea muy pequeña.

Seleccionad una distancia d inicial "Initial d", y final "Final d", y el número de ds "Num d" y pulsad el botón "Scan d"

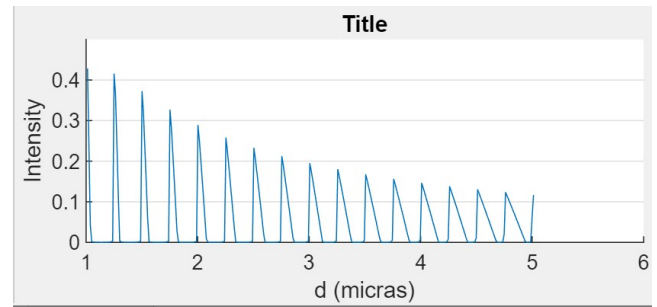
Veréis cómo al ir cambiando d los picos de transmisión van variando de posición, y cada vez están más juntos. La altura de los picos puede ir variando y ser la unidad debido al muestreo de la señal

Una vez que ha terminado el barrido, se dibuja la intensidad en función de la distancia

Observad cómo se reproduce el espectro periódicamente, pero para valores de "d" muy altos, las repeticiones se superponen y ya no reproducen la forma del espectro original (el rango espectral libre es más pequeño que el ancho de banda del espectro).

4.6 ESPECTRO TRIANGULAR

Seleccionad el espectro triangular. Al realizar el escaneo se reproduce la forma triangular, cada vez las repeticiones son más anchas (aumenta el poder resolutivo), pero como la repetición es periódica, llegará un momento en que se superpongan.



4.7 PARÁMETROS Y FUNCIONES PÚBLICAS

4.7.1 Parámetros en el modo fuente puntual

`p_Thm = 5;` % Ángulo máximo de visualización (en grados)

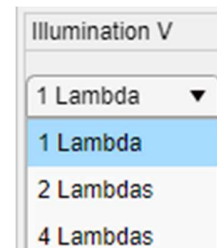
`p_f = 200;` % Focal de la lente utilizada (en mm)

`p_N = 600;` % Número de puntos en cada dimensión de la imagen

`p_R = 0.7;` % Factor de reflexión (cociente de energías)

`p_d = 1000;` % Separación entre los espejos (en microns)

`p_NLa = '1 Lambda';` % Tipo de iluminación para fuente puntual



4.7.2 Parámetros en el modo barrido

`p_lc = 500;` % Longitud de onda central (nm)

`p_w = 10;` % Anchura espectral (nm)

`p_Tipo = "Gausiano";` % Tipo de espectro

`p_Npe = 4096;` % Número de puntos del espectro

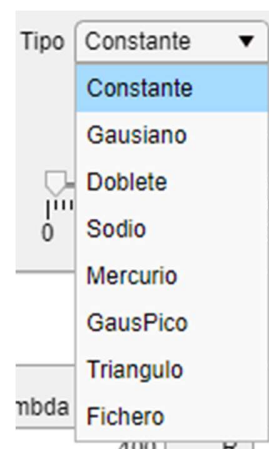
`p_de = 1.5;` % Distancia entre espejos en el modo barrido

`p_Re = 0.7;` % Factor de reflexión en el modo barrido

`p_df = 5;` % desplazamiento final del espejo (microns)

`p_di = 1;` % Desplazamiento inicial del espejo (microns)

`p_Nd = 320;` % Número de desplazamientos del espejo



Para llamar a las diferentes funciones, hay que dar los valores de los parámetros que se quieren cambiar

4.7.3 Cálculo de la transmisión en función del ángulo Theta function TversusTheta(app)

4.7.4 Cálculo de un espectro function GeneraEspectro(app)

4.7.5 Realización de un barrido de distancias entre espejos
function Scan(app)

% OJO Hay que llamar antes a la generación de espectros