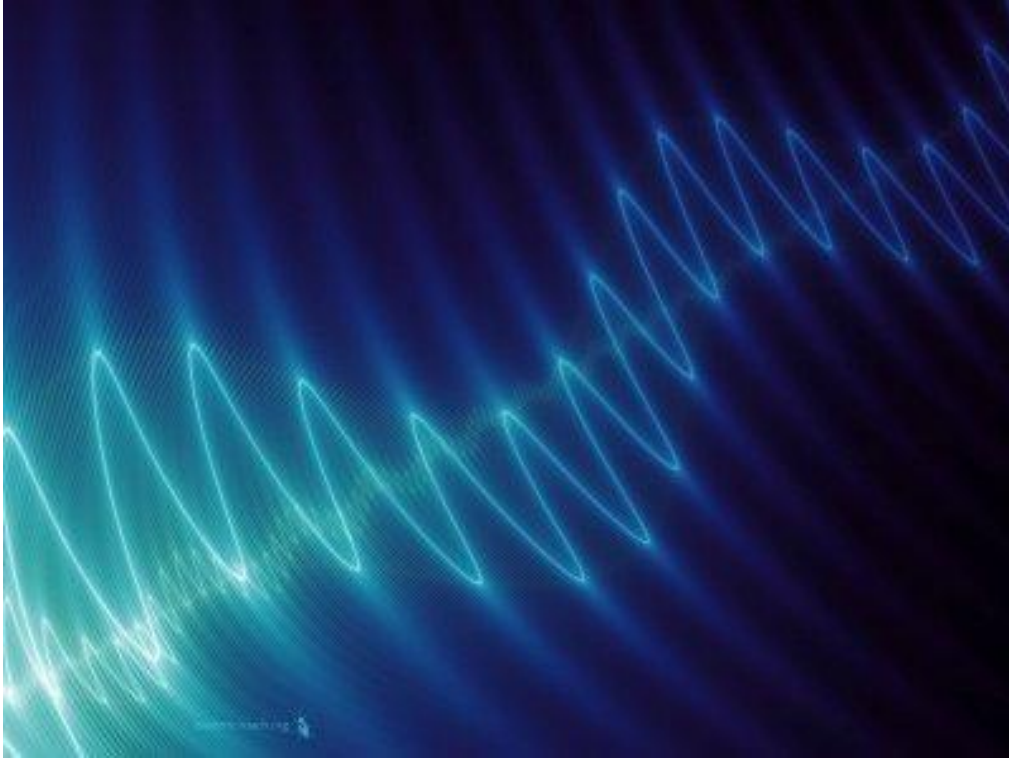


Interferencia y difracción de microondas.



Rodríguez Medina, Adrián.

Los objetivos principales de la práctica son:

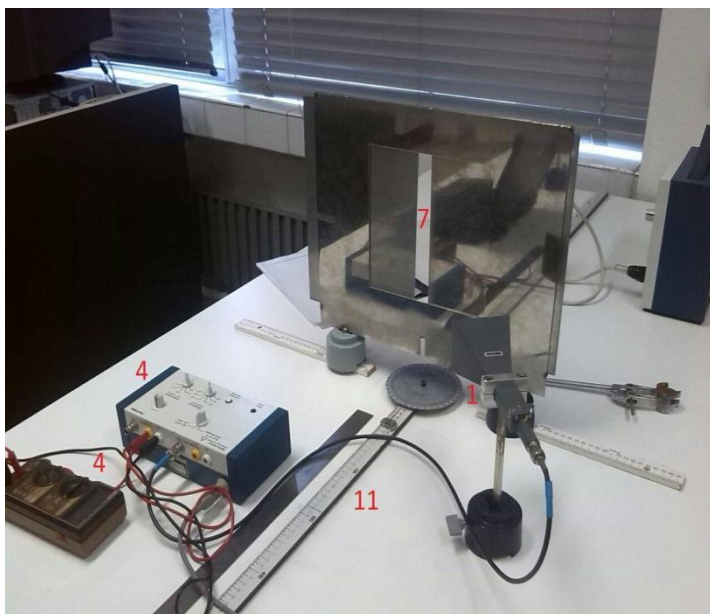
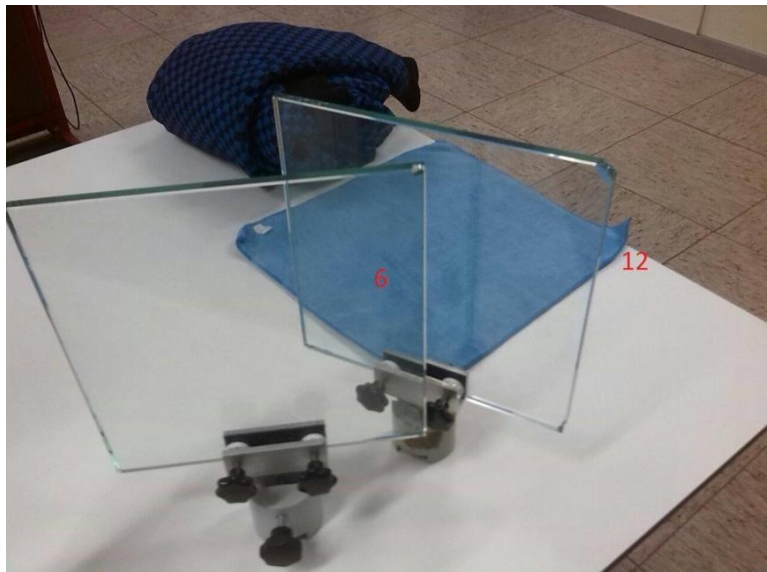
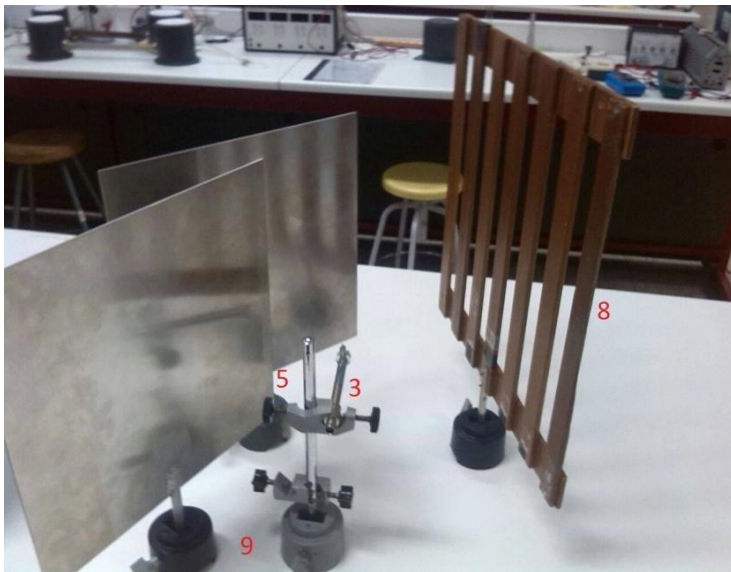
- Estudiar la interferencia de microondas.
 - Estudiar el funcionamiento del interferómetro Fabry-Perot.
 - Estudiar el funcionamiento del interferómetro de Michelson.
 - Estudiar la difracción por una rendija.
 - Estudiar la difracción por una red.
 - Estudiar la difracción por un borde.

Índice

Material	→	Página 3
Introducción	→	Página 4
Interferencia de dos ondas	→	Páginas 4 y 5
Interferómetro de Michelson	→	Páginas 5 y 6
Interferómetro Fabry-Perot	→	Páginas 6, 7 y 8
Difracción por una rendija	→	Páginas 8, 9 , 10 , 11 y 12
Difracción por una red	→	Páginas 12 y 13
Difracción por un borde	→	Página 14
Conclusiones y aspectos generales	→	Página 15
Bibliografía	→	Página 15

Material

1. Emisor de microondas con fuente de alimentación.
2. Detector de bocina.
3. Detector dipolar.
4. Amplificación de detección y escala de medida.
5. 2 reflectores metálicos planos.
6. 2 pantallas planas de vidrio con soportes.
7. Rendija variable.
8. Red de difracción.
9. Bases de sujeción cilíndricas.
10. Regla de dos metros con articulación graduada.
11. Guías para las bases (sujetas a la mesa).
12. Trapo para limpiar las placas.



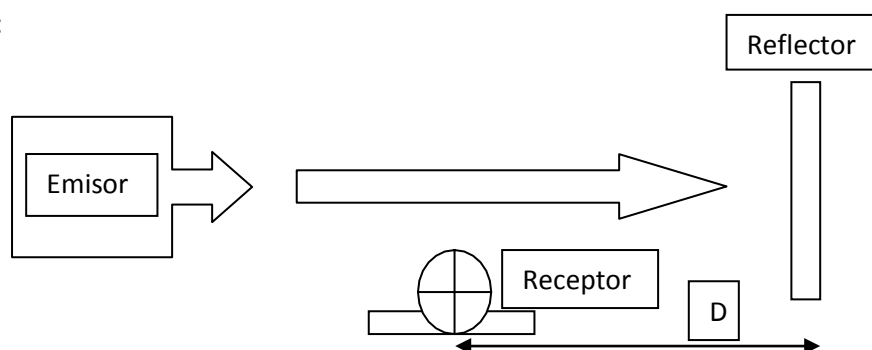
Introducción.

Vamos a trabajar con microondas. Las microondas son ondas de longitud de onda entre 1 mm y 1 m. Cuando las ondas electromagnéticas se propagan, se producen efectos tales como interferencia y difracción, los cuales estudiaremos en esta práctica. El hecho de que las microondas estén comprendidas en este rango de longitud de onda las hace idóneas para usar objetos de este tamaño, los cuales podemos manipular con relativa facilidad.

Las microondas se producen usualmente con un dispositivo electrónico llamado Klystron, mediante técnica de "modulación de velocidad de electrones ". Antes de empezar a realizar la práctica debemos asegurarnos de que todo el dispositivo de generación de ondas funciona perfectamente y está puesto con los parámetros que indica el guión, así como de que emite ondas sinusoidales ya que se pueden generar otro tipo de ondas como, por ejemplo, ondas cuadradas.

Interferencia de ondas incidente y reflejada.

La disposición con la que realizaremos este experimento será la siguiente: Colocaremos el receptor de diodo entre el emisor de bocina y una placa metálica reflectora, quedando el diodo en el plano perpendicular a la dirección en la que se propagan las ondas emitidas por la bocina:

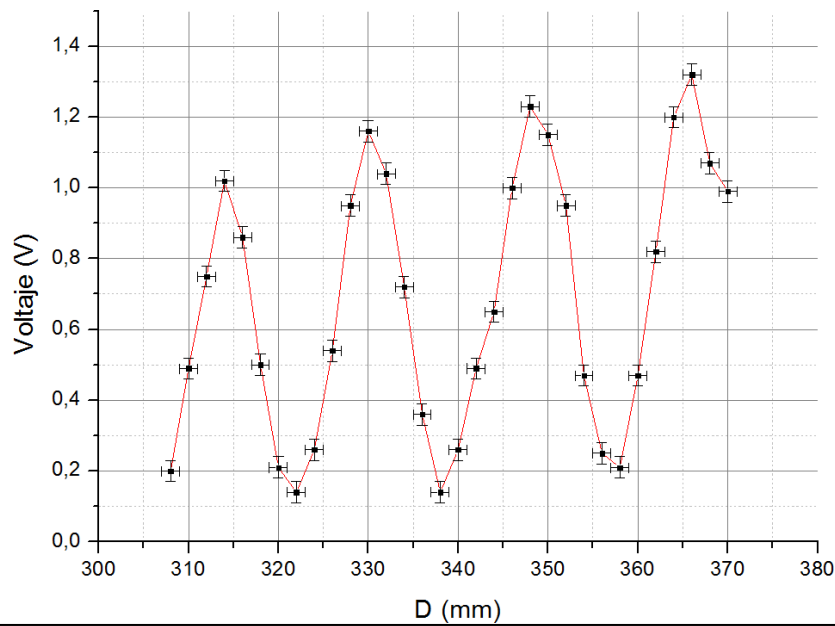


Con esta disposición lograremos localizar una serie de máximos y mínimos de intensidad registrada por el diodo al desplazar el mismo a lo largo del carril paralelo a la dirección de propagación de las ondas, a causa de la interferencia. Se formará una onda estacionaria por la interferencia de la onda incidente emitida y la reflejada, creando así un patrón cuyos máximos corresponderán a una interferencia constructiva y los mínimos una destructiva.

Antes de nada cabe destacar que la onda que yo voy a representar tendrá una amplitud máxima a mayor D , es decir, cuando el receptor está más separado del reflector. Esto es lógico ya que al no ser un reflector ideal, transmite parte de la onda. Esto tiene el efecto de que a mayor D , la onda reflejada será más débil, (por el hecho de que se atenúe más con la distancia al reflector), de manera que la onda incidente tendrá más peso en la interferencia.

Por otro lado, a pesar de que los datos experimentales no deben unirse, lo he hecho esta vez mediante una línea para el ojo como ayuda para ver el carácter sinusoidal de la onda

Si graficamos los resultados obtenidos conseguiremos la siguiente gráfica:



Gráfica 1: Voltaje obtenido por el diodo frente a la distancia reflector - receptor.

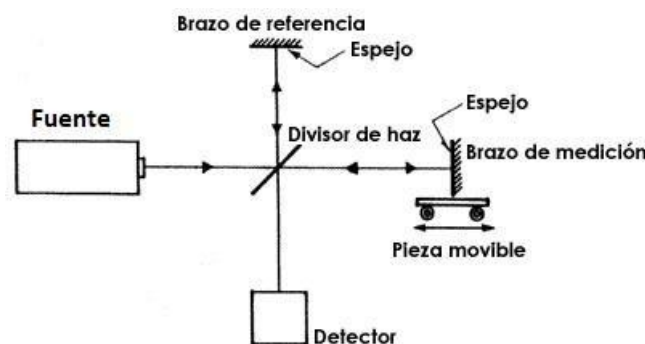
Podemos comprobar que esto no se corresponde con lo ideal (Hetch E. Zajac , Optics, 4ª edición Pág. 290) por lo anteriormente citado, lo que deberíamos obtener con un reflector ideal, sin ningún tipo de pérdida en la forma de la onda sería una onda estacionaria exactamente igual a la emitida.

Para encontrar λ debemos tomar la distancia entre dos puntos iguales de la onda, en este caso, por la sencillez de identificación tanto en la gráfica como en los datos tomados, he escogido dos máximos. Si tenemos en cuenta los máximos para mayor D, obtendremos un valor de λ , que será el doble de la distancia pico-pico:

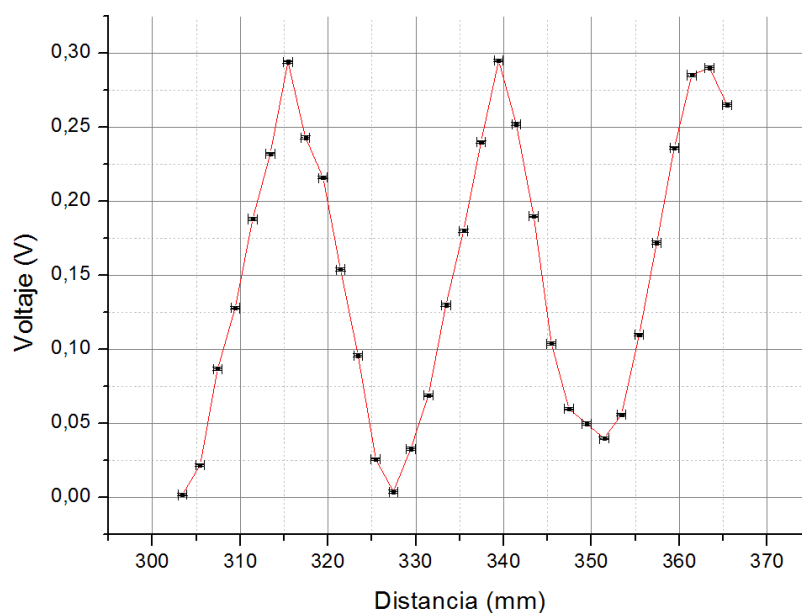
$$\lambda_1 = 36 \pm 2 \text{ mm}$$

Interferómetro de Michelson.

Montaremos nuestro interferómetro poniendo



Para construir un interferómetro de Michelson debemos realizar el montaje que se muestra en la figura anterior. Tendremos por brazos dos placas metálicas planas, mientras que como divisor de haz y reflector parcial tendremos una placa de vidrio (a 45°). Según este dispositivo, las ondas se reflejarán en el vidrio, y de la pantalla metálica volverán al vidrio, de manera que uno de los haces llegará al detector, mientras que el otro se reflejará en la otra pantalla, de donde irá de nuevo al vidrio y de ahí al detector, recorriendo un camino distinto al que ha recorrido la primera. Como consecuencia de esto, tendremos la interferencia entre los dos haces, que podemos estudiar modificando la posición de uno de los espejos, el que está enfrente a el emisor en nuestro caso. Tomaremos medidas cada 2mm y realizaremos una gráfica de la amplitud en función de la distancia. El realizar medidas con este montaje se vuelve más cómodo que en el caso anterior ya que es más sencillo variar la distancia de uno de los brazos.

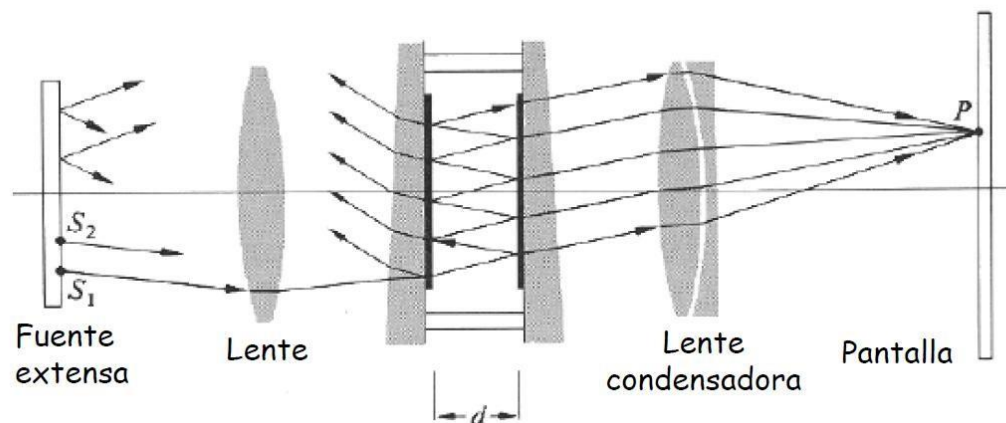


Gráfica 2: Voltaje obtenido por el diodo frente a la distancia reflector - divisor.

Con esto, podremos obtener una longitud de onda tal que:

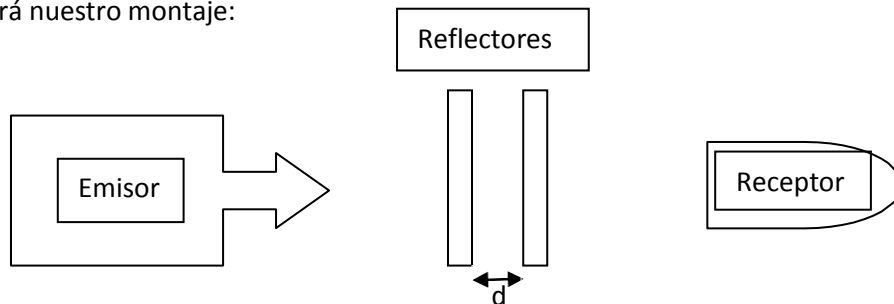
$$\lambda_2 = 40 \pm 2 \text{ mm}$$

Interferómetro de Fabry-Perot.

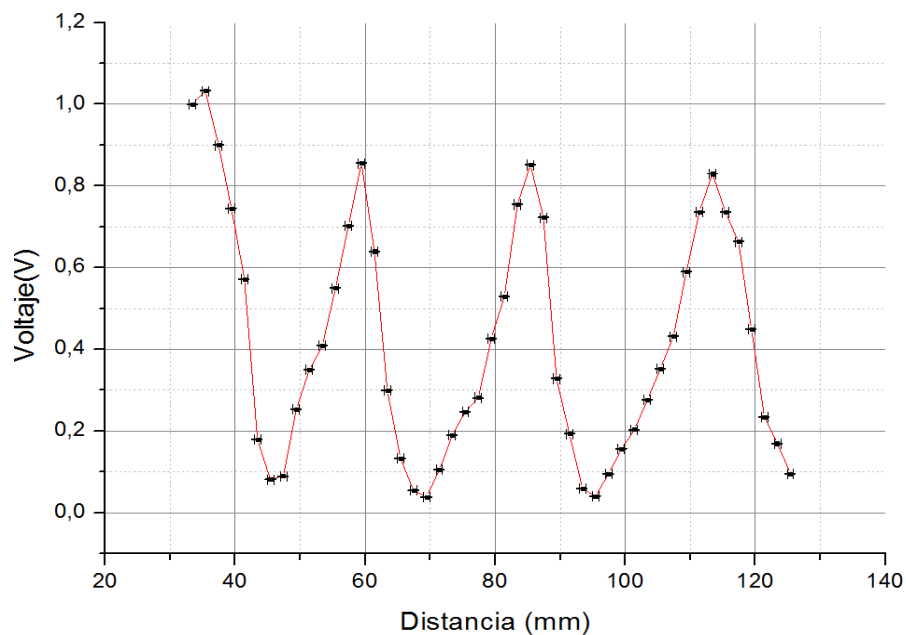


Esto es lo que consideramos un interferómetro de Fabry-Perot ideal, el hecho de que nosotros solamente de un emisor (que resulta no ser una fuente extensa), ambas placas con la reflectividad no ideal y no unas lentes hace pensar que podríamos obtener unos resultados bastante dispares de lo ideal ya que la dispersión sería mayor que lo ideal, así como la pérdida por la no idealidad de los reflectores.

Este será nuestro montaje:



El interferómetro de F-P haremos interferir múltiples haces por distintas reflexiones entre las láminas reflectoras de caras plano-paralelas. Lo que compone nuestro interferómetro es la fuente de microondas, dos láminas vítreas que serán nuestros reflectores y el receptor. Miraremos cómo cambia nuestro patrón de interferencia al mover las placas entre sí ya que podremos formar ondas estacionarias que crearán ciertos máximos y mínimos que podremos apreciar con el receptor. Tomaremos de nuevo medidas cada 2 mm.

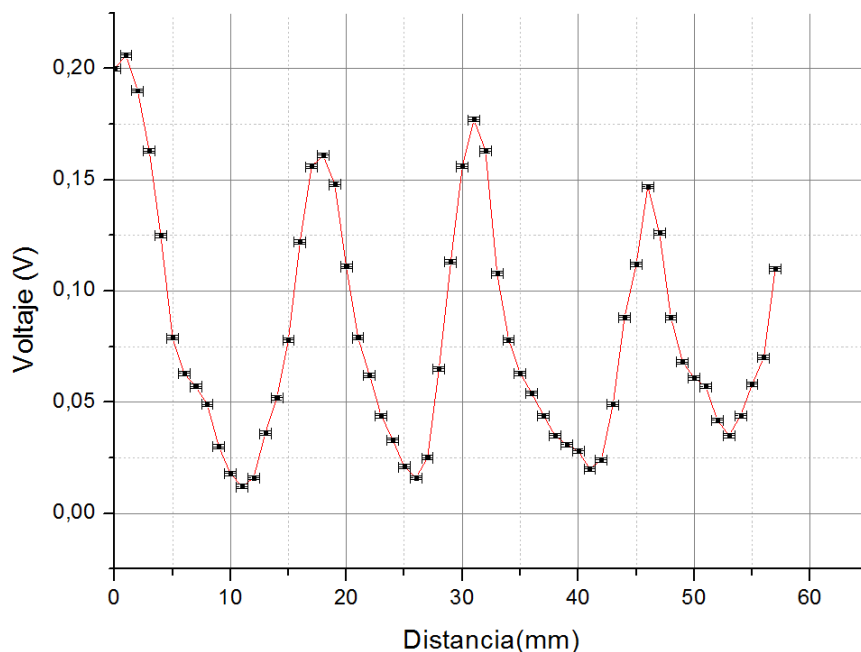


Gráfica 3: Voltaje obtenido por el diodo frente a la distancia entre reflectores.

Con esto, obtendremos un valor para la longitud de onda:

$$\lambda_3 = 34 \pm 2 \text{ mm}$$

Ahora lo que haremos será poner el receptor en el medio de los dos espejos en lugar de a la salida de éstos. Lo que obtenemos es:



Gráfica 4: Voltaje obtenido por el diodo frente a la distancia entre reflectores midiendo dentro de las placas.

En este caso mi origen es un punto que escogí como "0" para que empezase en un máximo e hiciese la gráfica más visual, no implica que ambas placas estuviesen pegadas sino que a partir de un punto inicial he ido aumentando la distancia relativa entre ellas con intervalos de 1 mm y midiendo el voltaje generado por el fotodiodo. Podemos apreciar que la intensidad es considerablemente menor ya que al interferir varias veces las ondas entre sí, es lógico que esto sea apreciable. Con estas medidas obtenemos una longitud de onda tal que:

$$\lambda_4 = 34 \pm 2 \text{ mm}$$

Difracción por una rendija.

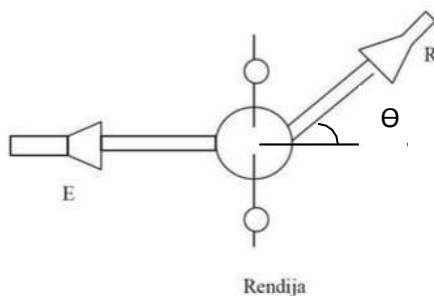
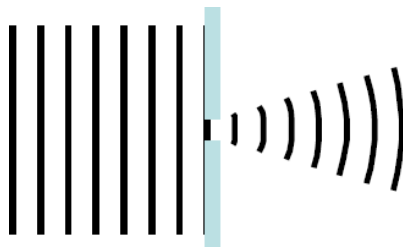
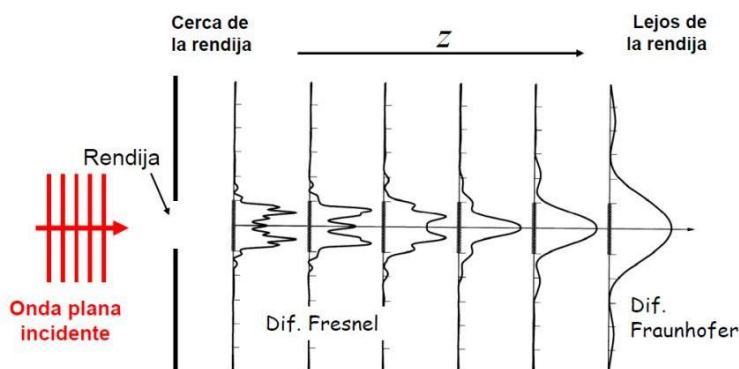


Figura 4: Difracción por una rendija

Cualquier onda es sometida al fenómeno de la difracción. El principio de Huygens nos explica que una onda se comporta como una sucesión de emisores puntuales esféricos que propagan la onda formando una onda plana. Si se obstaculiza la onda, el obstáculo (nuestra rendija en este caso), sólo transmitirá la onda los emisores que pasen por la rendija. Así pues, la propagación de volverá esférica debido a que solo hay un pequeño grupo de emisores que no son capaces de recrear una onda plana.

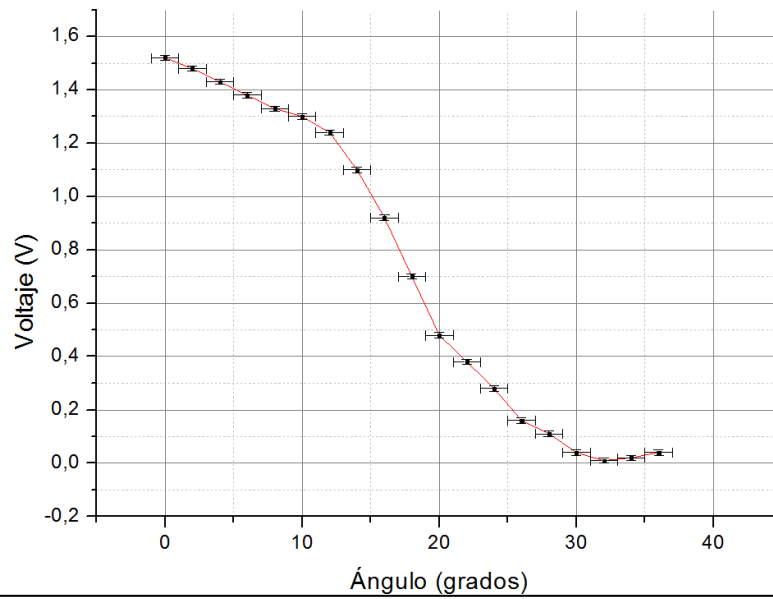


El patrón de intensidad será función de la longitud de onda, la anchura de la rendija y el ángulo con el que nos desplazamos respecto al obstáculo. Usaremos una emisor de microondas , una rendija de apertura variable y un receptor que moveremos para obtener distintas medidas de ángulo respecto a la rendija para observar el patrón. Barreremos dos radios distintos para intentar observar tanto una difracción de Fresnel como una de Fraunhofer. No se produce el mismo tipo de patrón si estamos más cerca o alejados de la rendija, cuando estamos en lugares cercanos obtendremos una difracción del tipo Fresnel, en cambio, cuando nos vamos alejando de ésta iremos obteniendo una forma de patrón de Fraunhofer.



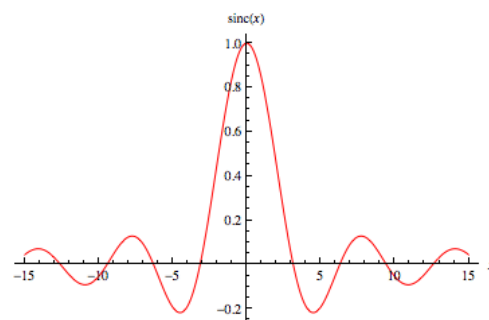
Tomaremos medidas para 2 aperturas diferentes, así como para cada apertura buscaremos la variación del ángulo para 2 distancias diferente en cada una.

Para una distancia de $30 \pm 0,1$ cm y una apertura de $5 \pm 0,5$ cm obtenemos:

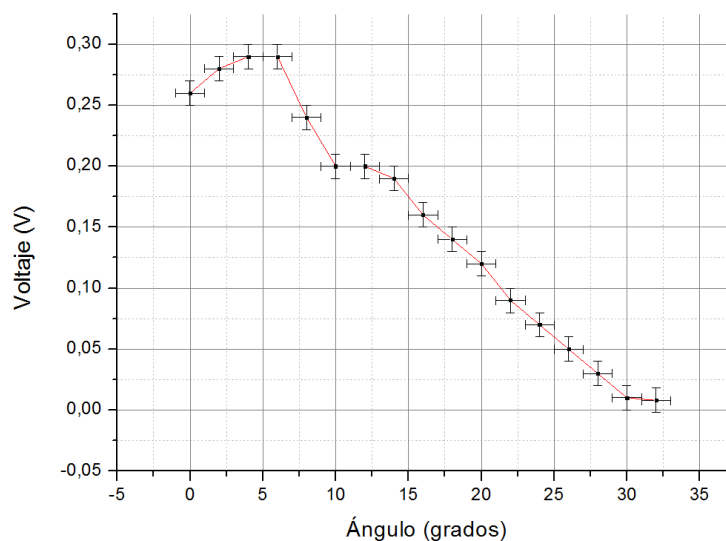


Gráfica 5: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto a la rendija, 30 cm de distancia y 5 de apertura.

Esto debería corresponderse con una función semejante a un seno cardinal, es decir, idealmente lo que deberíamos obtener es:



Para una distancia de $80 \pm 0,1$ cm y una apertura de $5 \pm 0,5$ cm obtenemos:

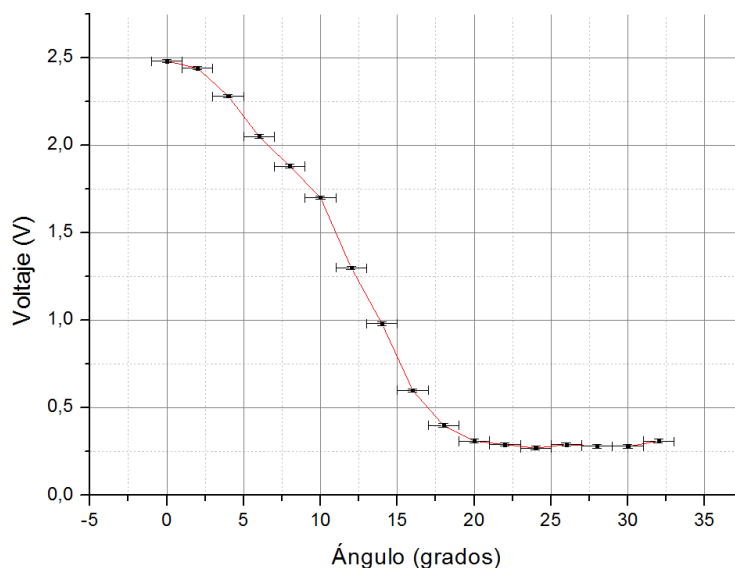


Gráfica 5: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto a la rendija, 80 cm de distancia y 5 de apertura.

Claramente hay unos puntos, (concretamente los correspondientes a las medidas para 6, 7 y 8 grados) que deforman un poco la gráfica, hay bastante error en la medida de esos puntos, quizá provocado por la inestabilidad del polímetro ya que los valores que nos da no son totalmente exactos sino que no se estabiliza y al fin y al cabo hemos de tomar un valor para cada medida y no un rango de medidas. Es por esto que aunque haya tomado el error del polímetro como si tuviésemos un valor estacionario, tanto **en esta parte como en toda la práctica**, el error es, estimo, casi un orden de magnitud superior a lo tomado, esto agrandaría considerablemente las barras de error, especialmente para las medidas cercanas al cero o "pequeñas", esto es una fuente bastante notable de error experimental, así como la toma de la decisión de qué valor tomaremos para el voltaje.

Por otro lado, para la distancia de 80 cm no se pueden tomar tantas medidas como para 30, o no al menos, todas las que deseáramos para comparar con el seno cardinal. Esto es debido a que en el laboratorio, el carril que sujeta el receptor saldría de la mesa y probablemente dañaríamos nuestro material.

Para una distancia de $30 \pm 0,05$ cm y una apertura de $9 \pm 0,5$ cm obtenemos:

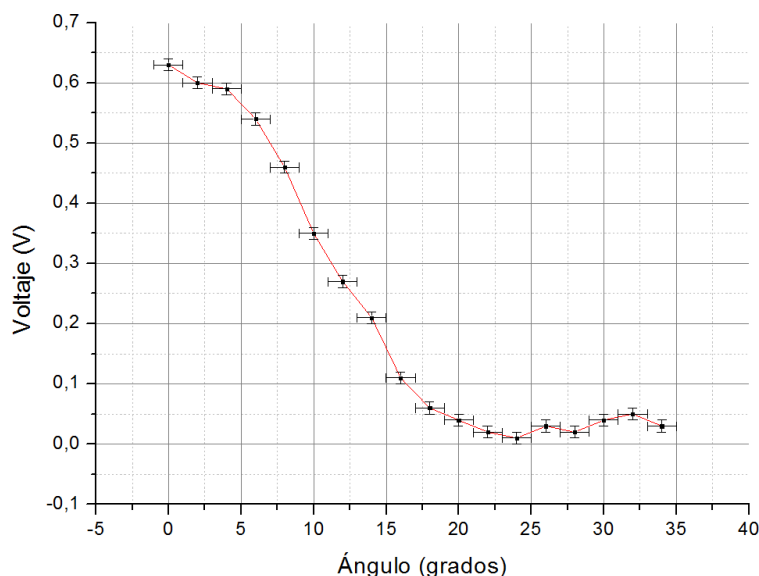


Gráfica 6: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto a la rendija, 30 cm de distancia y 9 de abertura.

Creo que para explicar que se ajusta bastante bien a la oscilación rápida pero característica para mayores ángulos sí es orientativo una tabla de datos sobre la franja de 20 a 32 grados, concretamente:

Ángulo	Voltaje
20	0,31
22	0,29
24	0,27
26	0,29
28	0,28
30	0,28
32	0,31

Para una distancia de $80 \pm 0,05$ cm y una apertura de $9 \pm 0,5$ cm obtenemos:



Gráfica 7: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto a la rendija, 80 cm de distancia y 9 de abertura.

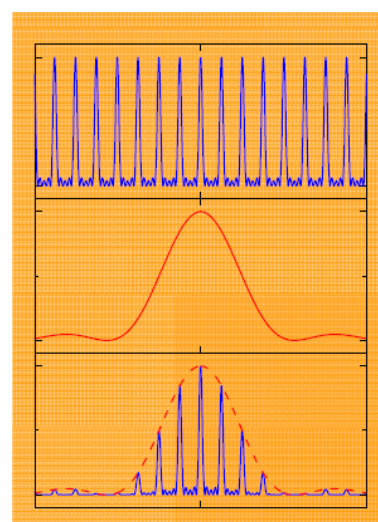
Como cabría esperar, esto tiene una semejanza a una difracción de Fraunhofer mucho mayor que para una distancia más corta a la rendija, tal y como predice la teoría. Parece que este intento es de los conseguido hasta el momento el más similar a lo que obtendríamos idealmente ya que, el comportamiento de la ligera pero rápida oscilación característico del sinc se cumple para ángulos superiores a 20° ya que se obtienen valores mayores y menores para cada medida del ángulo obtenemos una onda de muy pequeña amplitud, como tiene lo que obtendríamos idealmente.

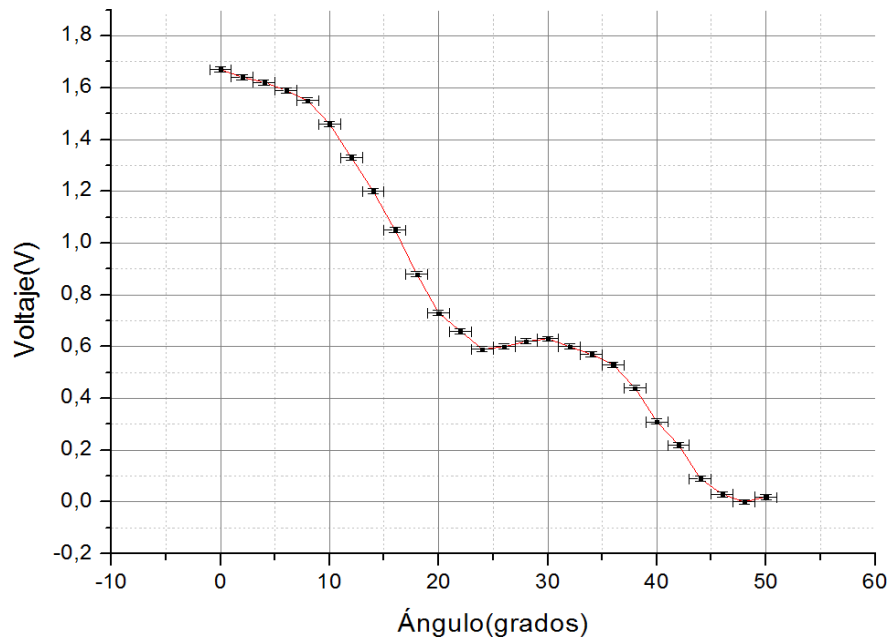
Difracción por una red.

Si la onda se ve obstaculizada por una red de difracción obtendremos algo parecido a que la onda se difracte por N rendijas. Cada rendija se comportará como un emisor de un frente de ondas esféricas. Como el patrón de interferencia es mezcla de ambos fenómenos lo que obtendremos será una combinación de ellos. Nuestra rendija consta de 6 rendijas separadas $3 \pm 0,5$ cm entre sí con una anchura de $3 \pm 0,5$ cm.

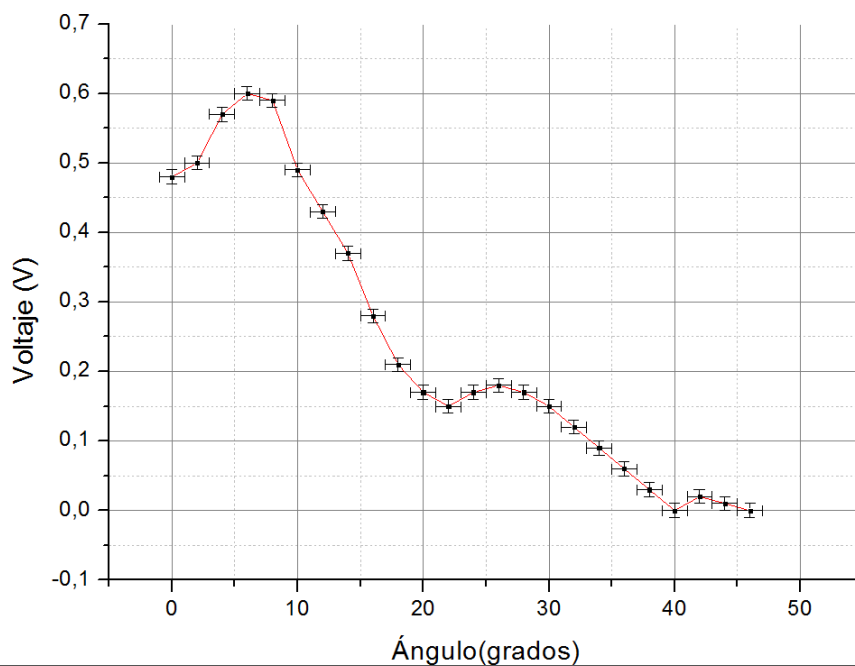
Idealmente, el patrón que deberíamos obtener es:

Tendremos una parte envolvente y otra parte que oscilará más dentro de la envolvente.





Gráfica 8: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto a la red, 30 cm de distancia.

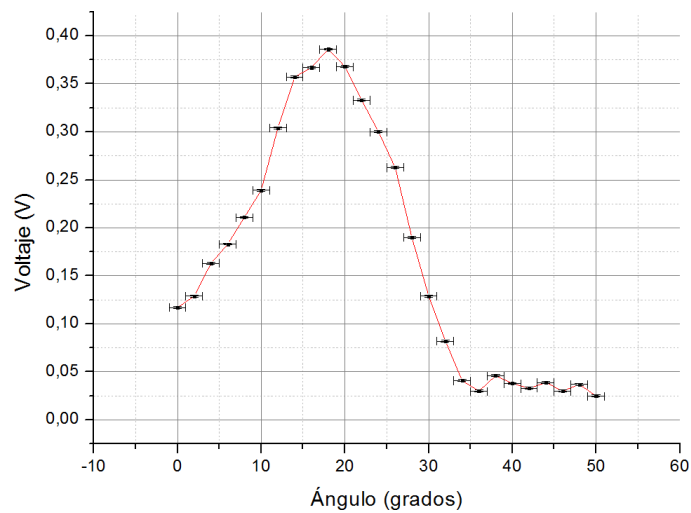
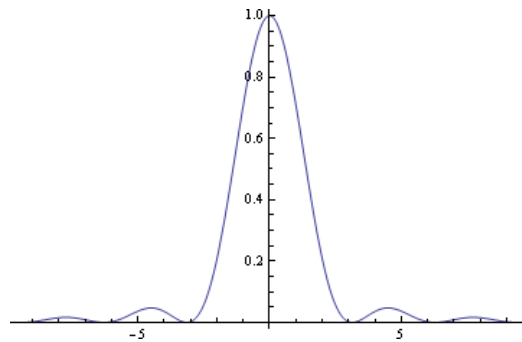


Gráfica 9: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto a la red, 80 cm de distancia.

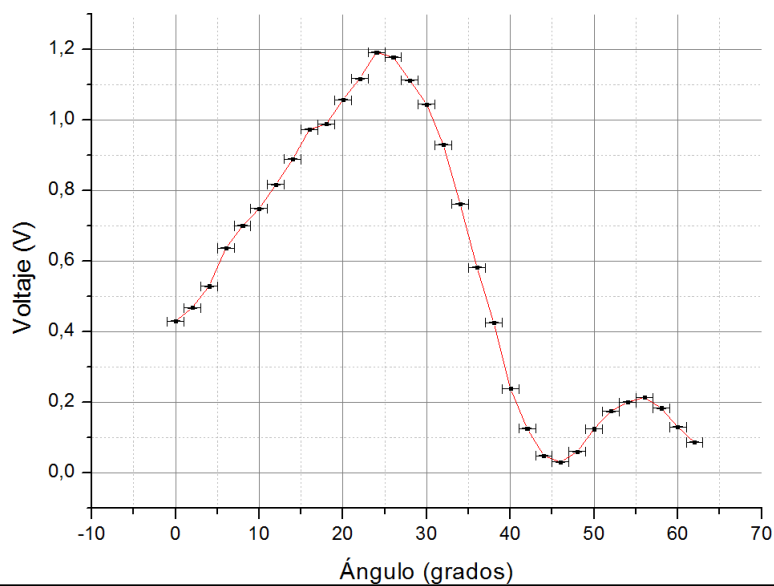
Podemos apreciar que sí se parece a lo ideal, podemos comprobar que consta de una envolvente que podemos imaginar, la principal diferencia es que no obtenemos ceros ni siquiera aproximadamente para las oscilaciones, pero sí que podemos apreciar los puntos de inflexión, que se ajusta razonablemente bien al modelo teórico.

Difracción por un borde.

En lugar de pasar por una rendija, lo que ocurre en este caso a diferencia del anterior es que se propaga la mitad de la onda. Cabe esperar que sea diferente la interferencia, en este caso, más parecido a un sinc^2 :



Gráfica 10: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto al borde, 80 cm de distancia.



Gráfica 11: Voltaje obtenido por el diodo frente al ángulo respecto al borde, 30 cm de distancia.

Conclusiones y aspectos generales.

Podemos comprobar observando la gráfica de la interferencia entre ondas que no obtenemos ceros propiamente dichos de voltaje registrado sino que lo más próximo a cero que se obtiene es un valor de alrededor de $0,14 \pm 0,01$ V. La causa de este fenómeno es que la onda incidente y la reflejada no tienen exactamente la misma intensidad. Este hecho es causado por la no idealidad de los reflectores ya que el segundo permite un paso de cierta cantidad de intensidad de onda a través de él, es decir, $R < 1$ y la onda reflejada será de menos intensidad que la incidente.

Otro hecho observable en este montaje es que los picos de amplitud se van comprimiendo conforme aumentamos la distancia. Podemos considerar que el resultado es más o menos satisfactorio ya que, al menos, tanto en este montaje como en todos los que valoramos la longitud de onda, todos los valores están dentro del rango en el que se encuentran las microondas.

Podemos analizar el hecho de que a veces tengamos máximos secundarios sin ningún sentido aparente, a lo que yo atribuiría el hecho de que nuestras placas tienen cierto grosor, y de hecho, este grosor parece que sí es apreciable comparado con nuestra longitud de onda, produciendo este fenómeno en nuestro patrón.

Podríamos considerar en cierta medida un éxito los experimentos realizados con red, rendija y borde ya que se ajustan sorprendente bien a nuestro modelo teórico. En el caso de que tuviésemos una rendija comparable con la longitud de onda que usamos la onda no se vería difractada en ese objeto y lo que ocurriría es que sería reflejada como si un espejo como los usados aquí se tratase. Por ejemplo, esto es el motivo por el que sólo podemos estudiar las redes cristalinas con Rayos X ya que tienen una longitud de onda suficientemente pequeña.

Bibliografía.

- Apuntes y diapositivas de la asignatura de óptica. L. Arizmendi
- Hetch E. Zajac , Optics, 4ª edición, Capítulos 9 y 10.
- ☐ photonics.usask.ca/photos/