

Laboratorio de Ondas y Fluidos 201610  
**EXPERIMENTO 12: ÓPTICA DE MICROONDAS**

Sofía Delgado Balaguera<sup>1</sup> Luis Duarte Lizarazo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geociencias e Ingeniería Civil y Ambiental

<sup>2</sup>Departamento de Geociencias

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

02-05-2016

### Resumen

El estudio de ondas electromagnéticas ha sido de gran influencia en la física contemporánea y en la actualidad se pueden observar diversas aplicaciones de dicho estudio. En este caso, el enfoque va de la mano con ondas de microondas, las cuales poseen diversas características como el hecho de que son ondas con altas frecuencias y bajas longitudes de onda. Durante la práctica experimental se utilizaron equipos que produjeron microondas y se realizaron en particular experimentos como reflexión y refracción, en los cuales se midieron ángulos de incidencia y reflexión y posteriormente se realizó un análisis de los resultados obteniendo que para el fenómeno de reflexión por ejemplo, el ángulo de incidencia es la mitad del ángulo de reflexión, patrón evidente hasta unos 80° grados.

## 1. Introducción

Las ondas electromagnéticas, son definidas como producto de la combinación de un campo eléctrico y uno magnético que oscilan no necesariamente a la misma frecuencia. Estas ondas, a diferencia de ondas mecánicas como el sonido, no requieren un ningún medio de propagación para poder emitirse. De esta forma, son las ondas más comunes en el espacio (y las más comunes) estando presentes de rayos provenientes de estrellas. Las microondas, más específicamente, son un tipo de ondas electromagnéticas que se están a una frecuencia entre 300 MHz y 300GHz y con una longitud de onda que está entre 1m y 1mm. Este tipo de ondas forman parte del espectro de alta frecuencia de las ondas electromagnéticas y el hecho de que sean un tipo de onda electromagnética implica directamente que, al propagarse, transportan energía que desde su descubrimiento, se ha intentado aprovechar al máximo para el uso humano.

Las microondas se caracterizan por estar presente en muchos fenómenos cotidianos. De aquí a que su importancia física esté condicionada por la amplia aplicación que involucra no solamente en la industria sino en situaciones cotidianas, como por ejemplo, el uso de hornos microondas, el uso de proyectores de imágenes, la transmisión de señales de radio, entre otros.

Sin embargo, es posible detectar microondas a partir de distintos métodos, uno de ellos es la óptica de microondas donde a pesar de que debido a la longitud y frecuencias

de onda que las caracterizan no son visibles al ojo humano, sí es posible detectar el camino por el que se propagan a través de cambios que den pistas de por donde se mueven, en especial esto se hace más sencillo si las microondas están polarizadas.

Para esta práctica se pretende estudiar las ondas electromagnéticas microondas, a partir de un generador y un receptor de microondas a partir de la ilustración y ejercicios ofrecidos del manual de instrucciones del equipo diseñado para la emisión de ondas. Así, es necesario considerar que el campo eléctrico de una onda electromagnética es inversamente proporcional a la distancia desde la fuente:

$$E = \frac{1}{R} \quad (1.1)$$

Además también es necesario considerar que la intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente:

$$I = \frac{1}{R^2} \quad (1.2)$$

## 2. Procedimiento experimental

Se utiliza para el desarrollo del experimento alguno de los siguientes equipos: PASCO, 3B Scientific y Central Scientific Company. Se debe tener en cuenta que para evitar riesgo no se debe mirar en frente de las antenas cuando esté encendido. Se ajusta el equipo de microondas que se va a utilizar para

realizar el procedimiento experimental. Para esta práctica se debe tener en cuenta el manual de instrucciones de uso de los equipos.

### 2.1 Primera parte

Se verifican los elementos que vienen junto con el equipo y se organizan las partes a las cuales se les dará uso. Se realiza el ajuste ya mencionado para posteriormente manejar el equipo de acuerdo al manual de instrucciones suministrado, para este caso se utilizó el equipo PASCO cuyo manual de instrucciones es E1, en principio se consulta Introduction to the System y se siguen las instrucciones dadas en la sección. Además de esto se ajustan las escalas de corriente con las perillas correspondientes.

### 2.2 Segunda parte

Se realizan los experimentos correspondientes a Reflexión y Refracción a través de un prisma, los cuales se encuentran explicados en el manual correspondiente al equipo, es decir E1.

### 3. Análisis de resultados

Inicialmente se obtuvieron las siguientes lecturas por parte del receptor de ondas a medida que se variaba la distancia entre la fuente y el receptor.

Introducción al Sistema			
R (cm)	Lectura (M)	$M \times R$ (cm)	$M \times R^2$ (cm <sup>2</sup> )
40	1	40	1600
50	0,84	42	2100
60	0,6	36	2160
70	0,34	23,8	1666
80	0,22	17,6	1408
90	0,18	16,2	1458
100	0,14	14	1400

**Tabla 1:** Lecturas reportadas variando la distancia entre aparatos.

Usando la relación establecida por la ecuación 1.2 se obtuvo que para el campo eléctrico:

Equivalencia para el Campo Eléctrico		
R (m)	Equivalencia (m <sup>-1</sup> )	Lectura (M)
0,4	2,5	1
0,5	2	0,84
0,6	1,666666667	0,6
0,7	1,428571429	0,34
0,8	1,25	0,22
0,9	1,111111111	0,18

1,0	1	0,14
-----	---	------

**Tabla 2:** Proporción calculada para el campo eléctrico en base a la distancia.

En base a estos datos, posible concluir que a medida que los valores de la lectura disminuyen, la equivalencia calculada también. Por lo tanto es evidente que para este equipo, la lectura del receptor no es inversamente proporcional al campo eléctrico calculado con la equivalencia.

Ahora, a partir de la relación establecida por la ecuación 1.2 es posible obtener un acercamiento matemático para la intensidad de la onda electromagnética, de esta forma se obtienen los valores reportados en la tabla:

Equivalencia para la Intensidad		
R (m)	Equivalencia (m <sup>-2</sup> )	Lectura (M)
0,4	6,25	1
0,5	4	0,84
0,6	2,777777778	0,6
0,7	2,040816327	0,34
0,8	1,5625	0,22
0,9	1,234567901	0,18
1	1	0,14

**Tabla 3:** Equivalencia para la intensidad calculada para la microonda.

A partir de este resultado para la intensidad es posible concluir, que la intensidad calculada con la equivalencia sí resulta ser directamente proporcional a la lectura dada por el receptor. La onda es una onda electromagnética.

### Reflexión:

Al realizar el experimento de reflexión encontramos los valores mostrados en la tabla como se muestra a continuación:

Reflection	
Angle of incidence	Angle of reflection
20	39
30	62
40	75
50	101
60	118
70	147

80	153
90	157

**Tabla 1.** Mediciones de ángulo de reflexión.

1. ¿Qué relación se mantiene entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión? ¿Se sostiene esta relación para todos los ángulos de incidencia?

Como es evidente en los resultados obtenidos, el ángulo de reflexión es casi el doble del ángulo de incidencia, sin embargo, luego de los 80° aproximadamente, en la relación se comienzan a ver cambios en la proporción puesto que el ángulo de reflexión ya no es tan cercano al doble del ángulo de incidencia, tal y como se puede observar en la medición del ángulo de 90°.

2. En la medición del ángulo de reflexión, se midió el ángulo en el que el lector marcaba el máximo. ¿Puede explicar por qué algunas de las ondas se reflejaban con diferentes ángulos? ¿Cómo se relaciona esto con la primera pregunta?

Lo que logra explicar el por qué algunas de las ondas se reflejan con distintos ángulos es el hecho de que los rayos que inciden sobre una superficie lisa rebotan hacia el medio que se reflejan cumpliendo que el ángulo reflejado, la normal y el ángulo incidente se encuentren en un mismo plano, en este caso, la práctica se realizó con diferentes plano de incidencia y reflexión por lo que los ángulos de reflexión de las diferentes ondas difieren en magnitud a los incidentes.

3. Lo ideal sería realizar el experimento con una onda plana perfecta, de modo que la radiación del transmisor golpea el reflector con el mismo ángulo de incidencia. ¿Es la microondas del transmisor una onda plana perfecta? ¿Esperaría resultados diferentes si fuera una onda plana perfecta?

En principio las ondas planas se encuentran en un lugar específico en el espacio, cuando la fuente de generación de una onda electromagnética es lejana a la región del campo en la que se produce la onda se puede decir que la onda es plana. En este caso se puede decir que la fuente que producía las ondas era muy cercana al campo de generación de las mismas,

por lo que no podemos considerar que las ondas sean planas perfectas.

#### 4. Conclusiones

- Se encontró que la relación entre el campo eléctrico y la intensidad de la onda son inversas y que ambas características dependen directamente de la distancia que hay entre la fuente el emisor y el receptor.
- Para esta serie de experimentos pudo determinarse que se trataba de una onda plana/esférica, deducido a partir de las observaciones hechas al girar el receptor del tornillo de mano.

#### 5. Referencias

1. Departamento de Física. (2016). *Experimento 12 & 13: Óptica de microondas*. Bogotá. Universidad de los Andes
2. French, A. P. (1974). *Vibraciones y ondas: Curso de física del M.I.T.* Barcelona: Editorial Reverté.