

Escuela de Física

FI-1202 — Laboratorio de Física General II

# Manual de Laboratorio

II Semestre 2019

# Índice general

Práctica 1. introductoria: Péndulo Físico	3
Práctica 2. Campo Eléctrico	7
Práctica 3. Ley de Ohm y No linealidad.	14
Práctica 4. Medida de la corriente y el voltaje en circuitos en serie y paralelo	19
Práctica 5. Leyes de Kirchhoff	24
Práctica 6. Campo Magnético Terrestre	27
Práctica 7. Ley de Ampere	32
Práctica 8. Ondas mecánicas	38
Práctica 9. Principios de óptica geométrica	43
Redacción de informes	49

# Práctica 1 introductoria: Péndulo Físico

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. Objetivo general

- Estudiar el comportamiento del periodo de un péndulo físico.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Encontrar la ecuación empírica que relaciona el período del péndulo con la distancia entre el eje de rotación y el centro de masa.
- Calcular la incertidumbre estándar e incertidumbre estándar combinada para diferentes cantidades físicas.
- Aplicar la técnica de linealización por cambio de variable.

## 1.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Dar la definición teórica del péndulo físico.
2. Escribir la ecuación matemática del período de un péndulo físico.
3. Definir el concepto de centro de masa y explicar cómo se calcula.
4. Definir el concepto de momento de inercia.
5. Enunciar el teorema de los ejes paralelos.

6. Escribir la expresión matemática del momento de inercia de una varilla delgada respecto a un eje que pasa por su centro.
  
7. Deducir la relación que permite calcular el período del péndulo físico en función de la inercia respecto al centro de masa y la distancia entre el eje de rotación y el centro de masa. Observe la figura 1.1 y escriba la ecuación con respecto a estas variables.

### 1.3. Equipo

Cantidad	Descripción
1	Varilla de soporte
1	Prensa de mesa
1	Prensa nuez de espiga
1	Fotosensor con cronómetro
1	Varilla con agujeros
1	Cinta métrica
1	Balanza digital
1	Transportador

### 1.4. Procedimiento

#### 1.4.1. Medida directa del período

1. Arme el equipo según se muestra en la figura 1.1.
2. Mida la masa de la varilla con agujeros al menos 2 veces al inicio de la práctica y 2 veces al final de la misma.
3. Mida la longitud total de la varilla al menos 4 veces.
4. Realice una Tabla para anotar las mediciones de la masa y las mediciones de la longitud de la varilla.
5. Identifique el centro de masa de la varilla (identifique, por favor no raye la varilla).

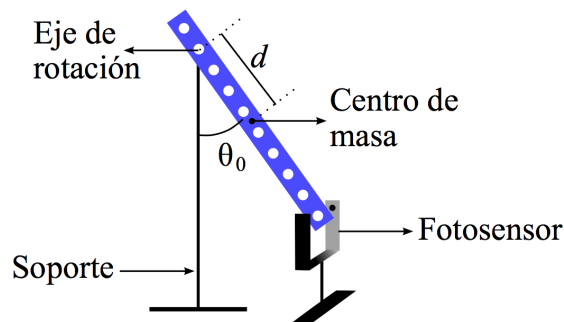


Figura 1.1: Péndulo físico oscilando en un plano vertical

6. Coloque el fotosensor en modo PENDULUM.
7. Realice una Tabla para anotar la distancia  $d$  y el periodo del péndulo  $T$ .
8. Mida la distancia  $d$  (observe la Figura 1.1) entre el eje de rotación y el centro de masa de la varilla y anótelo en la Tabla que usted realizó.
9. Mida un desplazamiento angular de diez grados ( $\theta_0$ ) a partir de la posición de equilibrio.
10. Deje oscilar el péndulo y anote el período correspondiente a esa distancia  $d$  en la Tabla que usted realizó. El periodo se mide con el fotosensor → Asegurese que la luz del fotosensor se ilumine en color rojo para asegurar que está midiendo.
11. Repita cuatro veces el paso anterior. Es decir, mida el periodo del péndulo cuatro veces para la misma distancia  $d$ .
12. Cambie la distancia  $d$  y repita los pasos del 8 al 11 para siete valores diferentes de  $d$ .

## 1.5. Cálculos

1. Calcule el valor medio de la masa, de la longitud y del periodo del péndulo, así como su incertidumbre estándar.
2. Calcule el momento de inercia teórico de la varilla con respecto al centro de masa y también calcule su incertidumbre estándar combinada, mediante la Ley de propagación de incertidumbres.

3. Elabore el gráfico de dispersión del periodo  $T$  en función de  $d$ .
4. Realice el cambio de variable apropiado para linealizar la gráfica anterior.
5. Encuentre la ecuación empírica, que relaciona las variables  $T$  y  $d$ , utilizando el método de mínimos cuadrados.
6. Calcule el momento de inercia experimental de la varilla respecto al centro de masa.
7. Calcule el porcentaje de error entre los valores teórico y experimental del momento de inercia de la varilla respecto al centro de masa.

## **1.6. Análisis de resultados**

## **1.7. Conclusiones**

# Práctica 2. Campo Eléctrico

## 2.1. Objetivos

### 2.1.1. Objetivos generales

- Estudiar el campo eléctrico y el potencial eléctrico que se generan a partir de distintas configuraciones de electrodos.
- Estudiar la relación entre las líneas equipotenciales y las líneas de campo eléctrico.

### 2.1.2. Objetivos específicos

- Familiarizar al estudiante con el uso del voltímetro y la fuente de voltaje CC.
- Medir las variaciones de potencial eléctrico alrededor de distintas configuraciones de electrodos.
- Encontrar la forma de las superficies equipotenciales y las líneas de campo eléctrico producidas por electrodos constituidos por líneas paralelas y por un dipolo eléctrico.

## 2.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Definir campo eléctrico y líneas de campo eléctrico.
2. Definir el concepto de potencial eléctrico, voltaje y línea equipotencial.
3. Investigar aplicaciones científicas e industriales de los principios electrostáticos.
4. Realizar un diagrama que muestre las líneas de campo y equipotenciales producidas por placas paralelas y por un dipolo eléctrico.

5. Deducir una expresión matemática que permita relacionar el potencial eléctrico entre dos placas paralelas.
6. Deducir una expresión matemática que permita relacionar el potencial eléctrico de un dipolo eléctrico en función de la distancia que separa las cargas eléctricas, **para puntos situados a lo largo del eje del dipolo.**

## 2.3. Equipo

Cantidad	Descripción
1	Tabla de corcho
1	1 Hoja de papel conductor PK-9025
10	Tachuelas
1	Lapicero de tinta conductiva
1	Fuente de voltaje CC
1	Multímetro
	Cables de conexión

## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Potencial eléctrico para un dipolo

#### Preparación del equipo - dibujo de los electrodos

1. Coloque la hoja conductora con la parte impresa para arriba sobre su mesa de trabajo (todavía no la pegue a la tabla de corcho).
2. Con la tapa puesta, agite el lapicero de tinta conductiva vigorosamente por 10-20 segundos.
3. Remueva la tapa y presione suavemente sobre una hoja de papel de desecho para asegurarse que haya buen flujo de la tinta, procurando dibujar una línea recta.
4. Una vez que ha logrado producir un trazo uniforme, use la plantilla para dibujar dos círculos en las posiciones (4,10) y (24,10) del papel conductor. Utilice el círculo más pequeño de la plantilla.
5. Monte el papel conductor en la tabla de corcho usando una tachuela en cada esquina.



- Deje secar la tinta por lo menos 1 minuto.

### Variación del potencial con la distancia

- Coloque la terminal de uno de los cables de conexión sobre uno de los electrodos y sujételo con ayuda de una de las tachuelas a la tabla de corcho.
- Repita el paso anterior para el otro electrodo.
- Conecte los extremos libres de los cables de conexión a la fuente de voltaje CC, ajustando la fuente en 10 V. Observe la Figura 2.2.

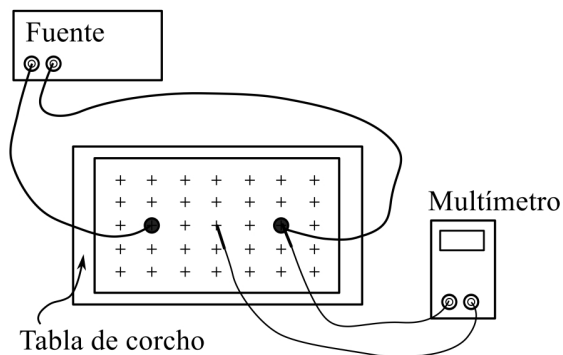


Figura 2.2: Montaje experimental

- Use uno de los electrodos como punto de referencia, conectando una de las puntas del voltímetro a este.
- Mida la diferencia de potencial  $\Delta V$  entre el punto de referencia y un punto a 2 cm a lo largo de la línea que une los electrodos.
- Repita el paso anterior midiendo de 1 cm en 1 cm hasta cubrir por completo la línea que une los electrodos.

### Trazado de Líneas equipotenciales

- Tomando de nuevo un electrodo como punto de referencia, mida la diferencia de potencial  $\Delta V$  entre este y otro punto a su alrededor.

2. Para mapear una línea equipotencial, mueva la punta de prueba del voltímetro por el papel conductor hasta obtener la misma lectura en el voltímetro que obtuvo en el punto anterior. Marque este punto en el papel que se adjunta al final de la práctica.
3. Repita el paso anterior hasta obtener al menos 5 puntos con la misma medida del voltímetro.
4. Repita los pasos 1–3 para 4 valores distintos de la diferencia de potencial.
5. Repita los pasos 1 – 4 usando como referencia el segundo electrodo

### **2.4.2. Potencial eléctrico para placas paralelas**

#### **Preparación del equipo - dibujo de los electrodos**

1. Desconecte los cables de las tachuelas y convierta los electrodos en electrodos tipo placa, dibujando dos líneas de unos 16 –18 cm de longitud, del mismo grosor de los círculos que ya dibujó.
2. Deje secar la tinta por lo menos 1 minuto.

#### **Variación del potencial con la distancia (placas paralelas)**

1. Coloque la terminal de uno de los cables de conexión sobre uno de los electrodos y sujételo con ayuda de una de las tachuelas a la tabla de corcho
2. Repita el paso anterior para el otro electrodo
3. Conecte los extremos libres de los cables de conexión a la fuente de voltaje CC, ajustando la fuente en 10 V. Observe la Figura 2.3.
4. Use uno de los electrodos como punto de referencia, conectando una de las puntas del voltímetro a este.
5. Mida la diferencia de potencial  $\Delta V$  entre el punto de referencia y un punto a 1 cm a lo largo de la línea que une los electrodos.
6. Repita el paso anterior midiendo de 1 cm en 1 cm hasta cubrir por completo la línea que une los electrodos.

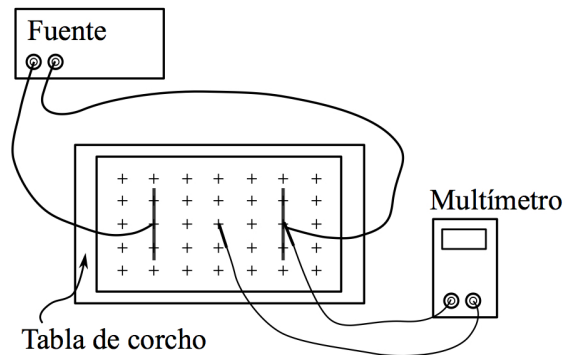


Figura 2.3: Montaje experimental

### Trazado de Líneas Equipotenciales (placas paralelas)

1. Desconecte los cables de las tachuelas y convierta los electrodos en electrodos tipo placa, dibujando dos líneas de unos 20 cm, del mismo grosor de los círculos que ya dibujó. Espere al menos 1 minuto que la tinta seque.
2. Tomando de nuevo un electrodo como punto de referencia, mida la diferencia de potencial  $\Delta V$  entre este y otro punto entre las líneas.
3. Para mapear una línea equipotencial, mueva la punta de prueba del voltímetro por el papel conductor hasta obtener la misma lectura en el voltímetro que obtuvo en el punto anterior. Marque este punto en el papel que se adjunta.
4. Repita el paso anterior hasta obtener al menos 5 puntos.
5. Repita los pasos 2-4 para 5 valores distintos de la diferencia de potencial.

## 2.5. Cálculos

### 2.5.1. Trazado de Líneas Equipotenciales y de Campo Eléctrico

Para cada una de las configuraciones de electrodos:

1. Trace las líneas equipotenciales.

2. Dibuje al menos 9 líneas de campo eléctrico, en las mismas hojas en las que marcó sus mediciones. Utilice la propiedad matemática que relaciona las líneas de campo y las equipotenciales.

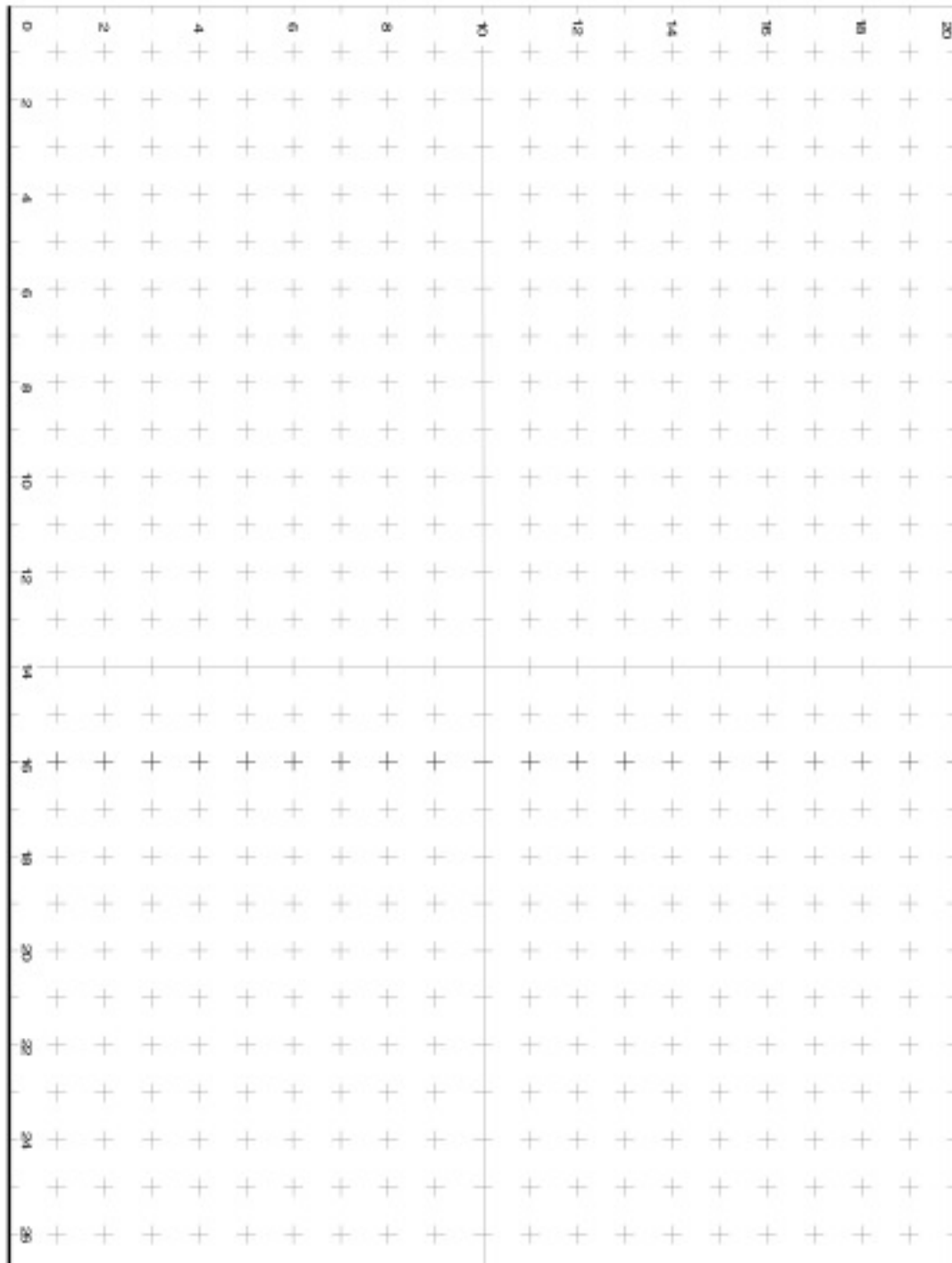
### **2.5.2. Variación del Potencial Eléctrico con la Posición**

Para cada una de las configuraciones de electrodos:

1. Elabore el gráfico de dispersión  $\Delta V$  en función de  $x$  (la distancia entre el punto de referencia y el punto de medición).
2. De ser necesario, realice un cambio de variable apropiado.
3. Encuentre una ecuación empírica que relacione  $\Delta V$  con  $x$ , utilizando la técnica de mínimos cuadrados.

## **2.6. Análisis de resultados**

## **2.7. Conclusiones**



# Práctica 3. Ley de Ohm y No linealidad.

## 3.1. Objetivos

### 3.1.1. Objetivos generales

- Familiarizar al estudiante con el uso de los instrumentos de mediciones eléctricas.
- Construir circuitos eléctricos de corriente continua.
- Estudiar la Ley de Ohm y sus aplicaciones a circuitos resistivos lineales y no lineales.

### 3.1.2. Objetivos específicos

- Expresar correctamente el valor de resistencias eléctricas usando el código de colores.
- Medir resistencias, diferencias de potencial y corrientes en circuitos eléctricos simples, usando el multímetro.
- Comprobar la Ley de Ohm en circuitos resistivos simples, con un margen no mayor al 5 %.
- Observar el comportamiento no lineal de un elemento en el circuito.
- Estimar la incertidumbre de medida directa para una resistencia.

## 3.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Investigar cómo se utiliza el Código de Colores para resistencias.
2. Explicar qué es un circuito simple.
3. Investigar el principio de funcionamiento de los siguientes instrumentos: multímetro, voltímetro, amperímetro y ohmímetro.
4. Explicar cómo se conecta el multímetro en los circuitos eléctricos según su función.
5. Enunciar la Ley de Ohm.
6. Explicar qué es un elemento eléctrico lineal y uno no lineal.
7. Investigar cuales elementos de un circuito son lineales y cuales son no lineales.

## 3.3. Equipo

Cantidad	Descripción
1	Fuente de potencia
2	Multímetros
4	Resistencias eléctricas
8	Cables de conexión
4	Bases para conexiones

## 3.4. Procedimiento

### 3.4.1. Medida directa de la resistencia

1. Determine los valores de las 4 resistencias, utilizando el código de colores.
2. Anote el resultado de cada resistencia.
3. Mida tres veces cada una de las resistencias con el ohmímetro.
4. Anote el resultado para cada resistencia

### 3.4.2. Circuito simple

1. Arme el equipo según la figura 3.4.

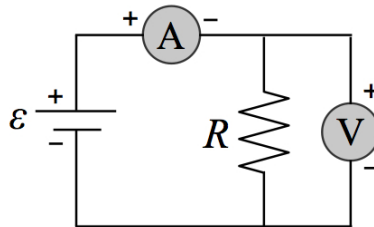


Figura 3.4: Circuito eléctrico simple con un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo con la resistencia

2. Realice una tabla para tomar los datos que contenga una columna para los valores del voltaje de la fuente, voltaje en la resistencia y corriente a través del circuito.
3. Encienda la fuente de voltaje y fíjela en 2 V en CC y anótelo en la Tabla realizada por usted.
4. Mida la corriente y el voltaje a través de la resistencia y anótela en la Tabla realizada por usted.
5. Repita el paso anterior para cuatro valores diferentes de voltaje (aumentando 1 voltio en cada ocasión) y anótelos en la Tabla que usted realizó.

Repita los pasos del 3 al 5 para las otras 3 resistencias.

### 3.4.3. Circuito simple – no lineal

1. Arme el equipo según la figura 3.5.
2. Elabore una tabla en la cual pueda anotar distintos valores de voltaje y corriente para este circuito.
3. Encienda la fuente de potencia, asegurándose primeramente que los controles de voltaje se encuentran en cero. Es importante que los controles estén en cero para que el bombillo **no se queme**



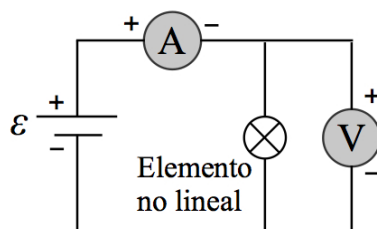


Figura 3.5: Circuito eléctrico simple con un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo con un elemento no lineal

4. **Con cuidado** mida con el multímetro un voltaje de  $\sim 3.8$  V en CC. .
5. Mida 16 valores del voltaje V iniciando en el voltaje suministrado inicial de 3.8 V hasta 0 V en CC (cada  $\sim 0.25$  V de diferencia, es decir, debe ir disminuyendo el voltaje de la fuente hasta llegar a cero) y mida la corriente I que circula por el circuito para cada uno de esos valores.

## 3.5. Cálculos

### 3.5.1. Medida directa de la resistencia

1. Calcule el porcentaje de error para cada una de las resistencias, comparando los valores obtenidos con el Código de Colores y el ohmímetro.
2. Determine la incertidumbre estándar para cada una de resistencias medidas de manera directa con el multímetro.

### 3.5.2. Circuito simple

1. Elabore el gráfico de dispersión I en función de V con los valores de la Tabla realizada por usted.
2. Encuentre la ecuación empírica que relaciona I y V.
3. Determine el valor de la resistencia en el circuito a partir de la ecuación anterior.
4. Calcule el porcentaje de error entre el valor medido con el ohmímetro y el resultado obtenido en el punto anterior.

### **3.5.3. Circuito simple – no lineal**

1. Elabore el gráfico de dispersión  $I$  en función de  $V$  con los valores de la tabla realizada por usted.
2. Agregue la curva de mejor ajuste y obtenga la ecuación empírica.

### **3.6. Análisis de resultados**

### **3.7. Conclusiones**

# Práctica 4. Medida de la corriente y el voltaje en circuitos en serie y paralelo

## 4.1. Objetivos

### 4.1.1. Objetivos generales

- Familiarizar al estudiante con el uso de los instrumentos de mediciones eléctricas.
- Estudiar las propiedades de la corriente eléctrica y de la diferencia de potencial en circuitos serie-paralelo

### 4.1.2. Objetivos específicos

- Realizar medidas de corriente y voltaje.
- Aplicar la Ley de Ohm en los circuitos resistivos en CC, conectados en serie y en paralelo.
- Comprobar que la corriente es la misma en todas las resistencias, en un circuito en serie.
- Comprobar que la suma de los voltajes es igual al voltaje de la fuente, en un circuito en serie.
- Comprobar que la suma de corrientes en las resistencias es igual a la corriente total, en un circuito en paralelo.

- Comprobar que la diferencia de potencial es la misma en cada resistencia en un circuito en paralelo.

## 4.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Definir y explicar las características de un circuito resistivo en serie, en corriente continua CC.
2. Deducir la ecuación que permite calcular la corriente eléctrica para un circuito en serie, conocido el voltaje aplicado y las resistencias usadas.
3. Definir y explicar las características que definen al circuito resistivo en paralelo, en CC.
4. Deducir la ecuación que permite calcular la resistencia equivalente para un circuito en paralelo con varias resistencias

## 4.3. Equipo

Cantidad	Descripción
1	Fuente de potencia
2	Multímetros
2	Resistencias eléctricas
	Cables de conexión
	Bases para conexiones

## 4.4. Procedimiento

### 4.4.1. Medidas directas de las resistencias

1. Determine el valor de las resistencias, utilizando el código de colores y anótelas.
2. Mida 3 veces las resistencia con el ohmímetro y anótelas.

### 4.4.2. Circuito en serie

1. Arme el circuito según la figura 4.6.
2. Encienda la fuente de voltaje.

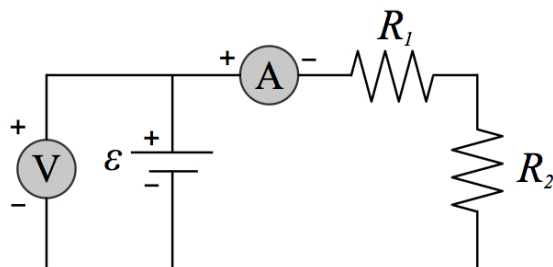


Figura 4.6: Circuito eléctrico en una configuración en serie con un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo con la fuente

3. Mida con el voltímetro una diferencia de potencial de 6 V (entregada por la fuente).
4. Mida la corriente total  $I$  que circula en el circuito y anótela.
5. Arme el circuito mostrado en la figura 4.7.

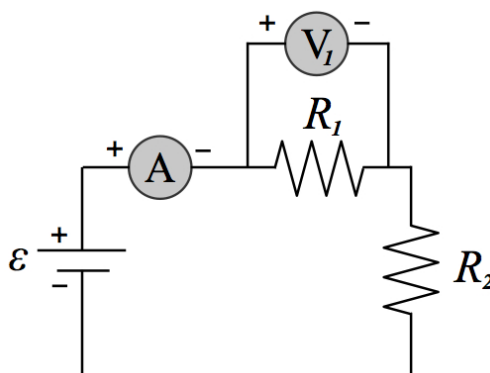


Figura 4.7: Circuito eléctrico en una configuración en serie con un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo con la resistencia  $R_1$

6. Mida la corriente que circula por la resistencia  $R_1$  y anótela.
7. Mida la diferencia de potencial para esa resistencia ( $V_1$ ) y anótela.
8. Repita los pasos 6 y 7, para la resistencia  $R_2$ .

#### 4.4.3. Circuito en paralelo

1. Arme el circuito según la figura 4.8.

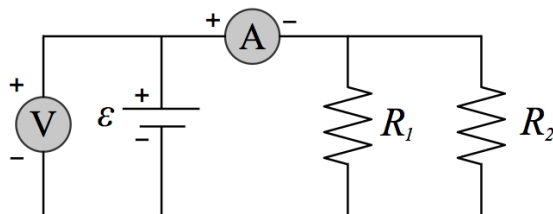


Figura 4.8: Circuito eléctrico en una configuración en paralelo con un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo con las resistencias

2. Encienda la fuente de voltaje.
3. Mida con el voltímetro una diferencia de potencial de 6 V (entregada por la fuente).
4. Mida la corriente total  $I$  que circula en el circuito y anótela.
5. Arme el circuito mostrado en la figura 4.9

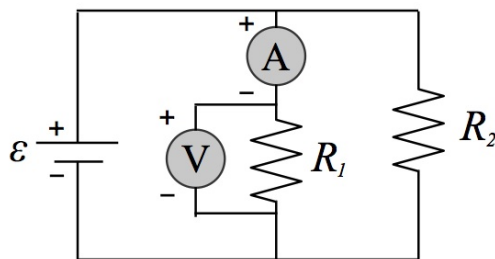


Figura 4.9: Circuito eléctrico en una configuración en paralelo con un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo con la resistencia  $R_1$

6. Mida la diferencia de potencial en la resistencia  $R_1$ , también mida la corriente que circula por esa resistencia, anote ambos resultados.
7. Repita el paso anterior para la resistencia  $R_2$ .

## **4.5. Cálculos**

### **4.5.1. Medidas directas de las resistencias**

1. Calcule el porcentaje de error para cada una de las resistencias, comparando los valores obtenidos con el código de colores y el ohmímetro.
2. Determine el valor de la resistencia equivalente para el circuito en serie y para el circuito en paralelo.
3. Determine la incertidumbre de las resistencias calculadas en el punto anterior.

### **4.5.2. Circuito en serie**

1. Calcule el valor esperado de la corriente en el circuito de acuerdo al marco teórico
2. Calcule el porcentaje de error entre el valor esperado y el medido.
3. Compruebe que la suma de los voltajes en las resistencias es igual al valor de voltaje de la fuente.

### **4.5.3. Circuito en paralelo**

1. Calcule el valor esperado de la corriente en el circuito de acuerdo al marco teórico
2. Calcule el porcentaje de error entre el valor esperado y el medido.
3. Compruebe que la suma de las corrientes en las resistencias es igual al valor de la entregada por la fuente.

### **4.5.4. Análisis de resultados**

### **4.5.5. Conclusiones**

# Práctica 5. Leyes de Kirchhoff

## 5.1. Objetivos

### 5.1.1. Objetivo general

- Estudiar las leyes de Kirchhoff.

### 5.1.2. Objetivos específicos

- Realizar medidas directas de resistencia, corriente y voltaje, utilizando un multímetro.
- Verificar en forma experimental la primera Ley de Kirchhoff o Ley de nodos.
- Verificar en forma experimental la segunda Ley de Kirchhoff o Ley de mallas.
- Verificar en forma experimental el principio de superposición en un circuito.

## 5.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Enunciar las leyes de Kirchhoff.
2. Explicar qué es un nodo y una malla.
3. Enunciar el principio de superposición en un circuito.



### 5.3. Equipo

Cantidad	Descripción
2	Fuentes de potencia
2	Multímetros
4	Resistencias eléctricas
	Cables de conexión
	Bases para conexiones

### 5.4. Procedimiento

#### 5.4.1. Medidas de corriente y voltaje

1. Arme el equipo según la figura 5.10.

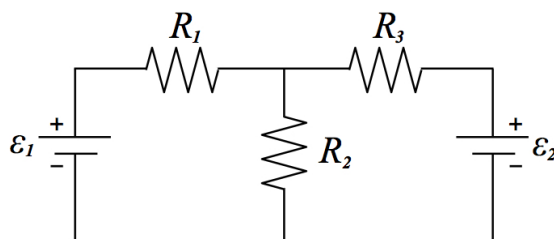


Figura 5.10: Circuito eléctrico con dos fuentes y tres resistencias

2. Encienda las fuentes de poder y mida con un voltímetro el voltaje de la fuente 1,  $\epsilon_1$  (tome un valor de 5,00 V) y el voltaje de la fuente 2,  $\epsilon_2$  (tome un valor de 10,00 V).
3. Mida la corriente  $I_1$  y la diferencia de potencial  $\epsilon_1$  a través de la resistencia  $R_1$ , anote.
4. Repita el paso 3 para cada una de las resistencias del circuito. Debe apagar los multímetros al moverlos para que no se quemen.
5. Repita los pasos del 2 al 4 colocando solo la fuente de poder,  $\epsilon_1$ .
6. Repita los pasos del 2 al 4 colocando solo la fuente de poder,  $\epsilon_2$ .

## **5.5. Cálculos**

1. Compruebe experimentalmente las leyes de Kirchhoff.
2. Verifique si se cumple el principio de superposición.

## **5.6. Análisis de resultados**

## **5.7. Conclusiones**

# Práctica 6. Campo Magnético Terrestre

## 6.1. Objetivos

### 6.1.1. Objetivos generales

- Estudiar el vector campo magnético generado en el centro de una bobina circular.
- Estudiar el vector campo magnético terrestre en el laboratorio

### 6.1.2. Objetivos específicos

- Determinar experimentalmente el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre.
- Determinar experimentalmente el valor de la componente vertical del campo magnético terrestre.

## 6.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Definición teórica de campo magnético.
2. Definición teórica de campo magnético terrestre.
3. Magnitud y dirección del campo magnético terrestre en Costa Rica.
4. Definición de espira y bobina.

5. Dirección y expresión matemática de la magnitud del campo magnético en el centro de una bobina circular de  $N$  vueltas, por la cual circula una corriente  $I$ . (Es conveniente realizar la figura)
6. Realice en forma gráfica la suma vectorial de los siguientes vectores: componente horizontal del campo magnético terrestre  $\vec{B}_{Th}$  y campo magnético en el centro de la bobina  $\vec{B}_B$ , si la bobina está orientada paralela al campo magnético terrestre.
7. Deduzca a partir del punto anterior el cambio de variable adecuado para determinar la relación que existe entre la corriente  $I$  en la bobina y el ángulo  $\theta$  que forma la aguja de la brújula con la dirección Norte geográfica

### 6.3. Equipo

Cantidad	Descripción
1	Bobina circular
1	Brújula
1	Fuente de poder
1	Multímetro
1	Resistencia
1	Hoja de papel polar
1	Transportador
	Cables de conexión
	Bases para conexiones
	Lagartos

### 6.4. Procedimiento

#### 6.4.1. Componente horizontal del campo magnético terrestre

1. Anote las características de la bobina circular (radio promedio, número de vueltas  $N$  de la bobina y corriente máxima).
2. Sujete una hoja de papel polar sobre la placa de plástico que se encuentra dentro de la bobina circular. El centro del papel polar debe coincidir con la  $x$  de la placa plástica. Y la línea que va desde  $180^\circ$  hasta  $0^\circ$  debe ser paralela a la bobina.

3. Sujete esta hoja con cinta engomada.
4. Coloque la brújula en el centro de la bobina, de manera que señale hacia el Norte.
5. Arme el circuito que se ilustra en la figura 6.11.

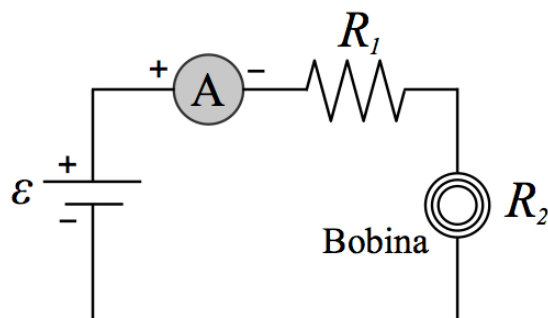


Figura 6.11: Circuito eléctrico utilizado para generar un campo magnético debido a la corriente que circula en la bobina

6. Encienda la fuente de poder.
7. Ajuste el voltaje en la fuente hasta que la brújula se desvíe desde su posición original y coloque un punto sobre el papel polar correspondiente a este ángulo.
8. Mida la corriente  $I$  que circula por la bobina y anótela.
9. Repita los pasos 7 y 8 para diferentes ángulos (debe tomar al menos 6 valores) y anótelos.
10. Utilizando el transportador mida los ángulos ( $\theta$ ) anotados en el papel polar y anótelos en la tabla.

#### 6.4.2. Componente vertical del campo magnético terrestre

1. Coloque la brújula de declinación sobre una superficie horizontal.
2. Mida el ángulo formado entre las líneas del campo magnético terrestre y una línea horizontal y anótelos.

## 6.5. Cálculos

### 6.5.1. Componente horizontal del campo magnético terrestre

1. Calcule el valor del campo magnético en el centro de la bobina  $B_B$ .
2. Elabore el diagrama de dispersión de  $B_B$  en función de  $\theta$ .
3. Realice el cambio de variable adecuado para linealizar la gráfica anterior.
4. Encuentre la ecuación empírica que relaciona  $B_B$  y  $\theta$ .
5. Determine el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre  $B_{Th}$ , a partir de la ecuación empírica
6. Determine el porcentaje de error para la componente horizontal del campo magnético terrestre.

### 6.5.2. Componente vertical del campo magnético terrestre

1. Determine el valor de la componente vertical del campo magnético terrestre.
2. Utilizando el valor del ángulo de declinación, exprese el campo magnético terrestre en forma vectorial (magnitud y dirección)

## 6.6. Análisis de resultados

## 6.7. Conclusiones

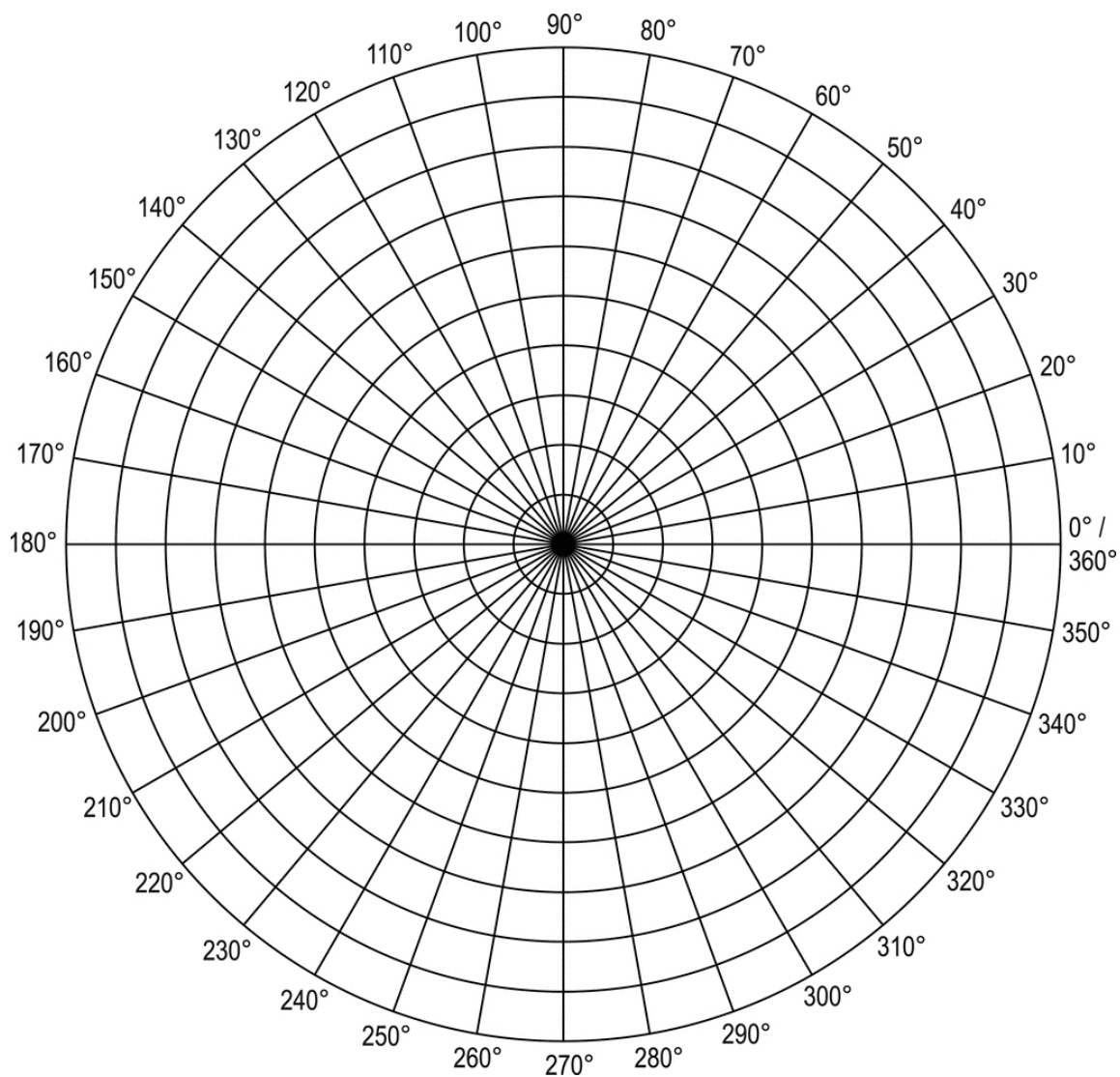


Figura 6.12:

# Práctica 7. Ley de Ampere

## 7.1. Objetivos

### 7.1.1. Objetivos generales

- Estudiar el campo magnético producido por la corriente que circula en un alambre largo y recto.
- Comprobar experimentalmente la Ley de Ampere

### 7.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación que existe entre la corriente que circula en el alambre y el campo magnético producido por la misma, a una distancia fija.
- Encontrar la relación que existe entre la variación de la distancia al centro del alambre y el campo magnético producido por una corriente fija

## 7.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Enuncie la ley de Ampere.
2. Encuentre una expresión matemática para calcular la magnitud del campo magnético alrededor de un conductor largo y recto.
3. Dibuje un diagrama que muestre la dirección de las líneas del campo magnético alrededor de un conductor largo y recto.
4. Analice la suma vectorial de la componente horizontal del campo magnético terrestre  $B_{Th}$  y el campo magnético producido por la corriente que circula en el alambre  $B_a$ , para cualquier ángulo  $\theta$  medido a partir de la línea Norte-Sur.



5. De acuerdo al análisis anterior, deduzca la expresión:

$$B_{Th} = \frac{B_a}{\tan\theta}$$

6. Deduzca a partir del punto anterior el cambio de variable adecuado para determinar la relación que existe entre la corriente  $I$  y el ángulo  $\theta$  que forma la aguja de la brújula con la dirección Norte geográfica

### 7.3. Equipo

Cantidad	Descripción
1	Alambre largo y recto
1	Brújula
1	Fuente de poder
1	Multímetro
1	Resistencia
2	Hoja de papel polar
1	Transportador
	Cables de conexión
	Lagartos

### 7.4. Procedimiento

#### 7.4.1. Variación del campo magnético con la corriente

1. Coloque el alambre de manera que pase por el centro de la mesita de trabajo (con un agujero en el centro), en forma perpendicular.
2. Corte la hoja de papel polar desde el borde hacia el centro, a lo largo de la línea con dirección Sur.
3. Coloque la hoja de papel polar sobre la mesita de trabajo y haga coincidir el ángulo  $\theta = 0^\circ$  con la dirección Norte (Fíjela con cinta engomada).
4. Arme el circuito de la figura 7.13. El amperímetro debe estar en la escala de 10 A.
5. Coloque la brújula a una distancia  $r$  del alambre, sobre la línea Norte-Sur.

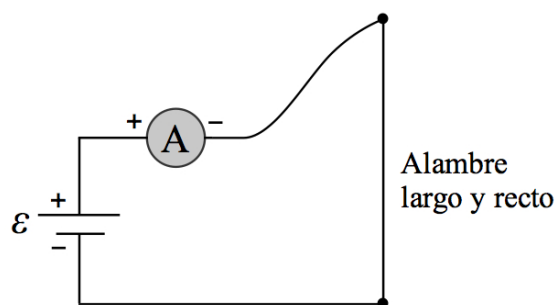


Figura 7.13: Circuito eléctrico utilizado para comprobar la Ley de Ampere

6. Encienda la fuente de poder.
7. Ajuste el valor de la corriente hasta obtener una desviación de  $\theta \sim 5^\circ$  Noreste y coloque un punto sobre el papel polar correspondiente a la dirección donde apunta la brújula.
8. Mida la corriente  $I$  que circula por la bobina y anótela.
9. Repita los pasos 7 y 8 para diferentes ángulos (debe tomar al menos 6 valores) y anótelos.
10. Utilizando el transportador mida los ángulos ( $\theta$ ) que corresponden a los puntos anotados sobre el papel polar y anótelos en la tabla.

#### 7.4.2. Variación del campo magnético con la distancia

1. Corte la otra hoja de papel polar desde el borde hacia el centro, a lo largo de la línea con dirección Sur.
2. Coloque la hoja de papel polar sobre la mesita de trabajo y haga coincidir el ángulo  $\theta = 0^\circ$  con la dirección Norte (Fíjela con cinta engomada).
3. Con la fuente de poder apagada, coloque la brújula lo más cercana al alambre y mida la distancia  $r$  desde el centro de la brújula hasta el alambre, anótela. La brújula debe estar orientada sobre la línea Norte-Sur.
4. Fije una corriente en el alambre entre 4 A y 4,5 A. ATENCIÓN: El valor de  $I$  no debe sobrepasar los 5 A, pues puede dañar el multímetro.

5. Anote un punto en la hoja de papel polar que corresponde a la dirección donde apunta la brújula con respecto al Norte.
6. Repita los pasos 4 y 5 para al menos cinco valores diferentes de  $r$  (aumente 0.5 o 1 cm cada vez).
7. Utilizando el transportador mida los ángulos ( $\theta$ ) anotados en el papel polar y anótelos en la tabla.

## 7.5. Cálculos

### 7.5.1. Variación del campo magnético con la corriente

1. Elabore el gráfico de dispersión  $I$  en función de  $\theta$
2. Realice el cambio de variable adecuado.
3. Encuentre la ecuación empírica que relaciona  $I$  con  $\theta$ .
4. Determine el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre  $B_{Th}$  a partir de la ecuación empírica.
5. Calcule el porcentaje de error de  $B_{Th}$

### 7.5.2. Variación del campo magnético con la distancia

1. Elabore el gráfico de dispersión de  $\theta$  en función de  $r$ .
2. Realice el cambio de variable adecuado.
3. Encuentre la ecuación empírica que relaciona  $\theta$  con  $r$ .
4. Determine el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre  $B_{Th}$  a partir de la ecuación empírica.
5. Calcule el porcentaje de error de  $B_{Th}$

## 7.6. Análisis de resultados

## 7.7. Conclusiones

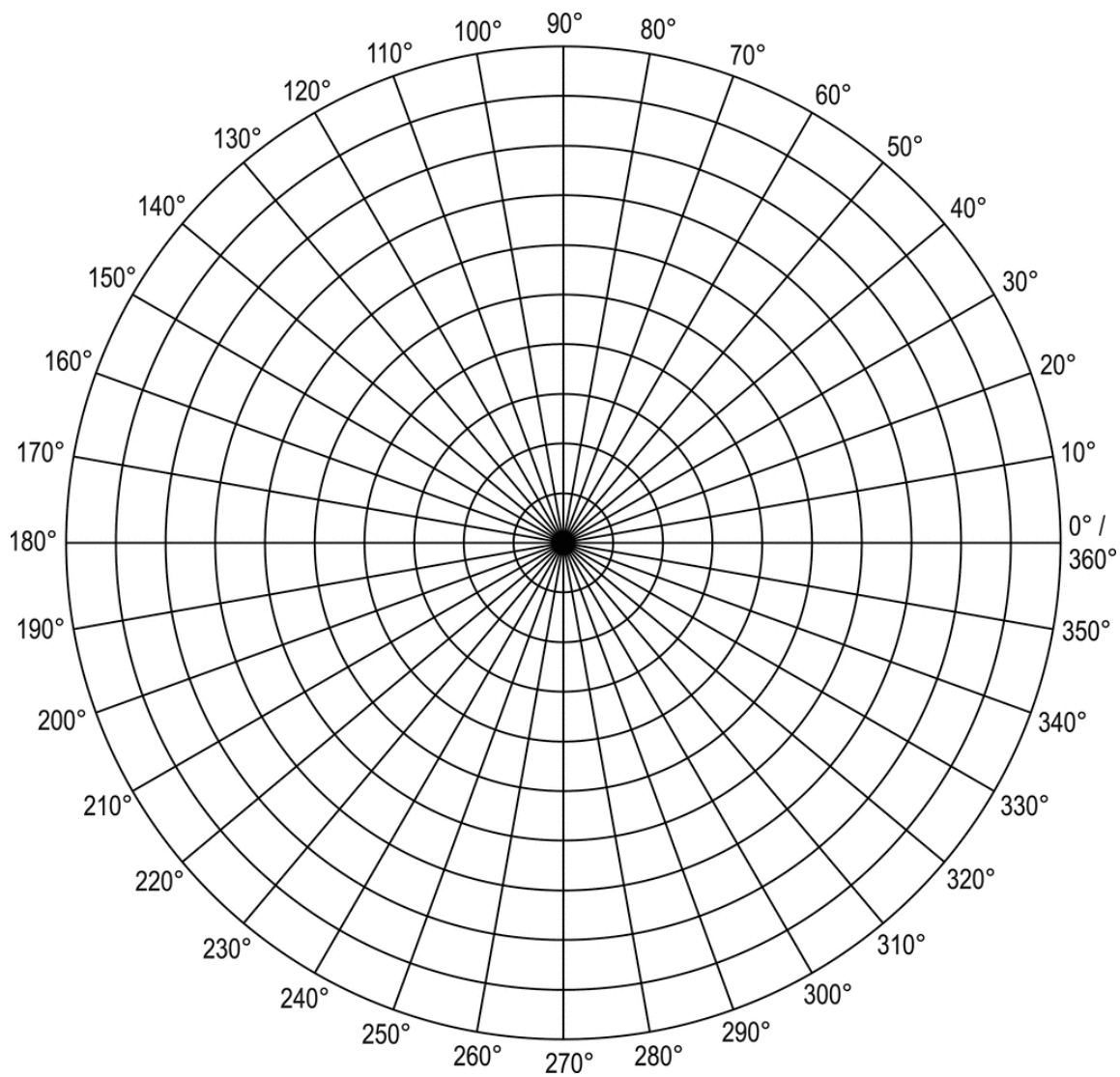


Figura 7.14:

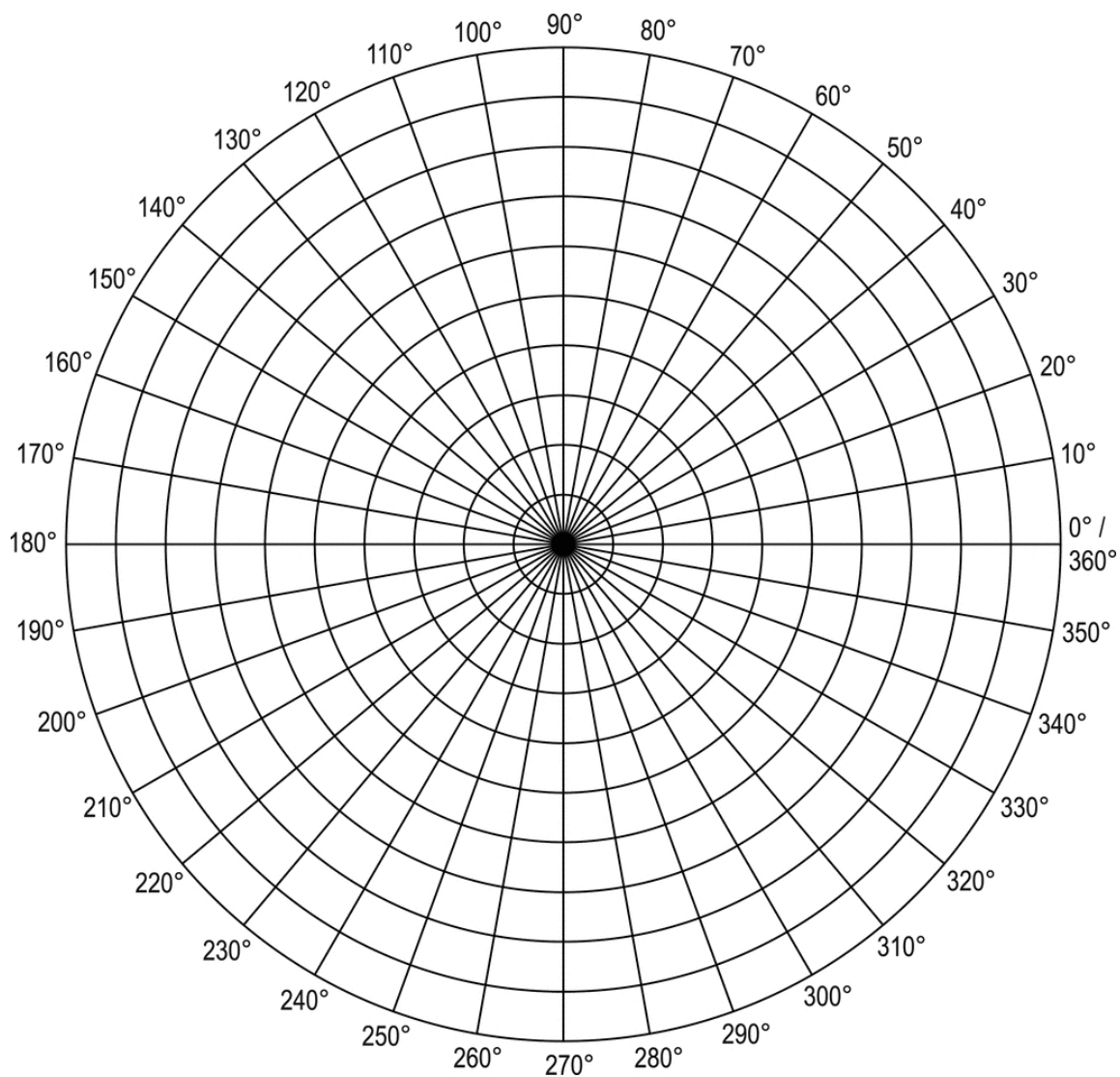


Figura 7.15:

# Práctica 8. Ondas mecánicas

## 8.1. Objetivos

### 8.1.1. Objetivos generales

- Estudiar las ondas estacionarias formadas en un alambre con los extremos fijos.

### 8.1.2. Objetivos específicos

- Observar las características de una onda estacionaria.
- Calcular la frecuencia de oscilación del alambre en función de su densidad lineal, la tensión a la que está sometido y la longitud de onda.
- Obtener la ecuación empírica que relaciona la longitud de onda con la tensión en un alambre.

## 8.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Definir el concepto de onda mecánica.
2. Definir el concepto de densidad lineal de masa.
3. Enunciar las características físicas de una onda: longitud de onda, frecuencia y velocidad de la onda.
4. Definir el concepto de onda viajera en una cuerda.
5. Definir el concepto de superposición, interferencia y reflexión de ondas.
6. Definir el concepto de onda estacionaria en una cuerda.

7. Definir el concepto de nodos y antinodos en una onda estacionaria.
8. Escribir la ecuación que relaciona la velocidad de una onda en una cuerda con la tensión y la densidad lineal de masa.

### 8.3. Equipo

Cantidad	Descripción
2	Imanes permanentes
1	Fuente de poder CA
1	Multímetro
1	Balanza
1	Polea fija
1	Polea móvil
1	Base trípode
1	Varilla de 15 cm
3	Prensas nuez doble
2	Prensas de mesa
1	Borne aislador
	Pesas de diferentes masas
	Alambre de cobre

## 8.4. Procedimiento

### 8.4.1. Longitud de onda para una tensión constante

1. Arme el equipo según la figura 8.16 con el alambre de cobre y la fuente de corriente alterna (C.A.)

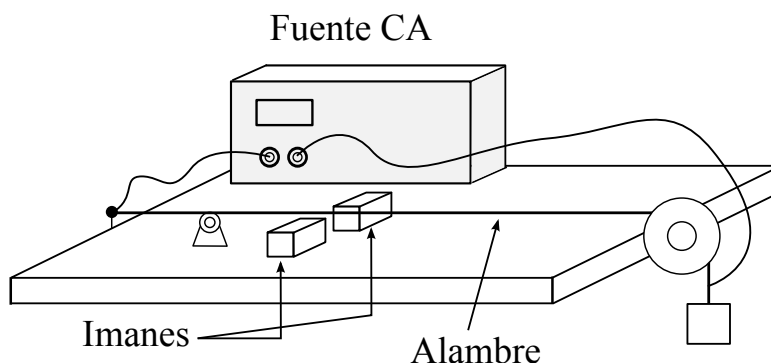


Figura 8.16: Diseño experimental para la práctica de ondas mecánicas

2. Coloque 30 g de masa en el extremo libre del alambre de cobre.
3. Encienda la fuente de poder (C.A.) y aplique un voltaje de 3 V.
4. Coloque una polea móvil entre las terminales del alambre, hasta obtener un patrón de una, dos, tres ó de  $n$  medias ondas.
5. Ajuste la posición de los imanes permanentes, de manera que se obtenga la máxima oscilación para el patrón escogido.
6. Mida la distancia  $d$  entre dos nodos consecutivos, de tal forma que no sean ni el primero ni el último y anótela.
7. Desplace la polea móvil hasta obtener otro patrón de oscilación y repita dos veces el paso 6

### 8.4.2. Longitud de onda para una tensión variable

1. Coloque una masa  $m$  en el extremo libre del alambre de cobre, anote este valor.



2. Mida la distancia  $d$  entre dos nodos consecutivos, de tal forma que no sean ni el primero ni el último y anótela.
3. Repita los pasos 1 y 2 para cuatro masas diferentes.

## 8.5. Cálculos

### 8.5.1. Longitud de onda para una tensión constante

1. Calcule la tensión  $T$  en el alambre de cobre (aplique la segunda ley de Newton).
2. Determine la longitud de onda como  $\lambda = 2d$ .
3. Calcule la longitud de onda promedio y su desviación estándar.
4. Calcule la densidad de masa lineal del alambre de cobre, con los datos suministrados en el laboratorio (masa y longitud).
5. Calcule la frecuencia de oscilación del alambre de cobre, según la ecuación del marco teórico.
6. Determine la incertidumbre de la frecuencia.
7. Calcule el porcentaje de error de la frecuencia, considerando como valor teórico 60 Hz.

### 8.5.2. Longitud de onda para una tensión variable

1. Determine la longitud de onda como  $\lambda = 2d$ .
2. Calcule la tensión  $T$  en el alambre de cobre (aplique la segunda ley de Newton).
3. Elabore una tabla con los valores de  $T$  y  $\lambda$ .
4. Elabore el gráfico de dispersión  $\lambda$  en función de  $T$ .
5. Realice el cambio de variable apropiado.
6. Encuentre la ecuación empírica que relaciona  $\lambda$  y  $T$ .
7. Calcule la frecuencia de oscilación del alambre de cobre a partir de la ecuación empírica.

8. Calcule el porcentaje de error de la frecuencia, considerando como valor teórico 60 Hz.
9. Compare este resultado con el obtenido anteriormente.

## **8.6. Análisis de resultados**

## **8.7. Conclusiones**

# Práctica 9. Principios de óptica geométrica

## 9.1. Objetivos

### 9.1.1. Objetivos generales

- Estudiar el comportamiento físico de los rayos luminosos al reflejarse en espejos planos.
- Estudiar el comportamiento físico de los rayos luminosos al refractarse en lentes

### 9.1.2. Objetivos específicos

- Demostrar experimentalmente las leyes de la reflexión y refracción de la luz.
- Determinar el índice de refracción de uno o más lentes.

## 9.2. Guía para elaborar el Marco Teórico

1. Discusión sobre ¿qué es la luz?
2. Analice el fenómeno de la reflexión de la luz.
3. Enuncie las leyes de la reflexión de la luz.
4. Analice el fenómeno de la refracción de la luz.
5. Enuncie las leyes de la refracción de la luz.
6. Defina qué es el índice de refracción.
7. Encuentre una expresión para el índice de refracción

### 9.3. Equipo

Cantidad	Descripción
1	Equipo de óptica
1	Diodo Laser
1	Trasportador
2	Hoja de papel polar

### 9.4. Procedimiento

#### 9.4.1. Reflexión de la luz

##### Medición del ángulo de reflexión

1. Coloque la hoja de papel polar sobre la lámina acrílica imantada.
2. Coloque un espejo plano sobre el círculo, ubicándolo en el centro del mismo
3. Encienda el diodo láser (recuerde no ver directamente al laser)
4. Haga que el rayo de luz incida sobre el espejo formando un ángulo de  $\theta_i = 60^\circ$

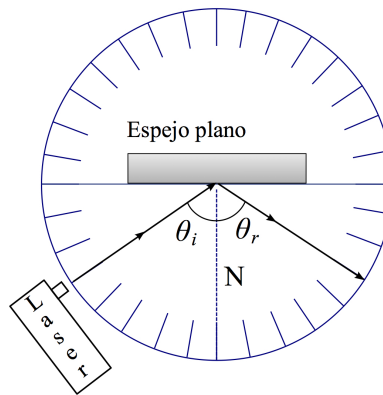


Figura 9.17: Rayo de luz incidente y reflejado sobre una superficie reflectora.

5. Mida el ángulo de reflexión  $\theta_r$  con respecto a la normal del espejo y anótelo.
6. Repita los pasos 4 y 5 para 5 ángulos de incidencia diferentes hasta llegar a  $0^\circ$

## 9.4.2. Refracción de la luz

### Índice de refracción

1. Coloque un lente semicircular, en el centro del círculo (figura 9.18).

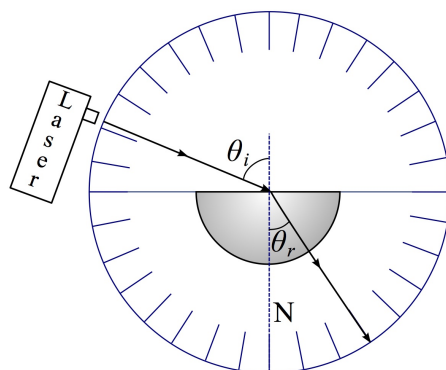


Figura 9.18: Lente semicircular colocada sobre el papel polar

2. Haga que el rayo de luz incida sobre la lente formando un ángulo de  $\theta_i = 60^\circ$
3. Mida el ángulo de refracción  $\theta_r$  y anótelo.
4. Repita los pasos 2 y 3 para 5 diferentes ángulos de incidencia hasta un valor de 0.
5. Repita los pasos anteriores para otras dos lentes diferentes a la anterior (figura 9.19).
6. Desconecte el diodo láser.

## 9.5. Cálculos

### 9.5.1. Reflexión de la luz

1. Elabore el gráfico de  $\theta_r$  en función de  $\theta_i$ .
2. Encuentre la ecuación empírica que relaciona  $\theta_r$  y  $\theta_i$

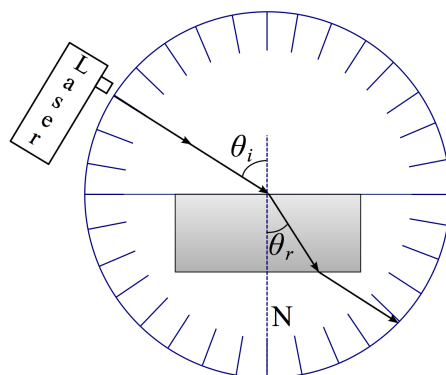


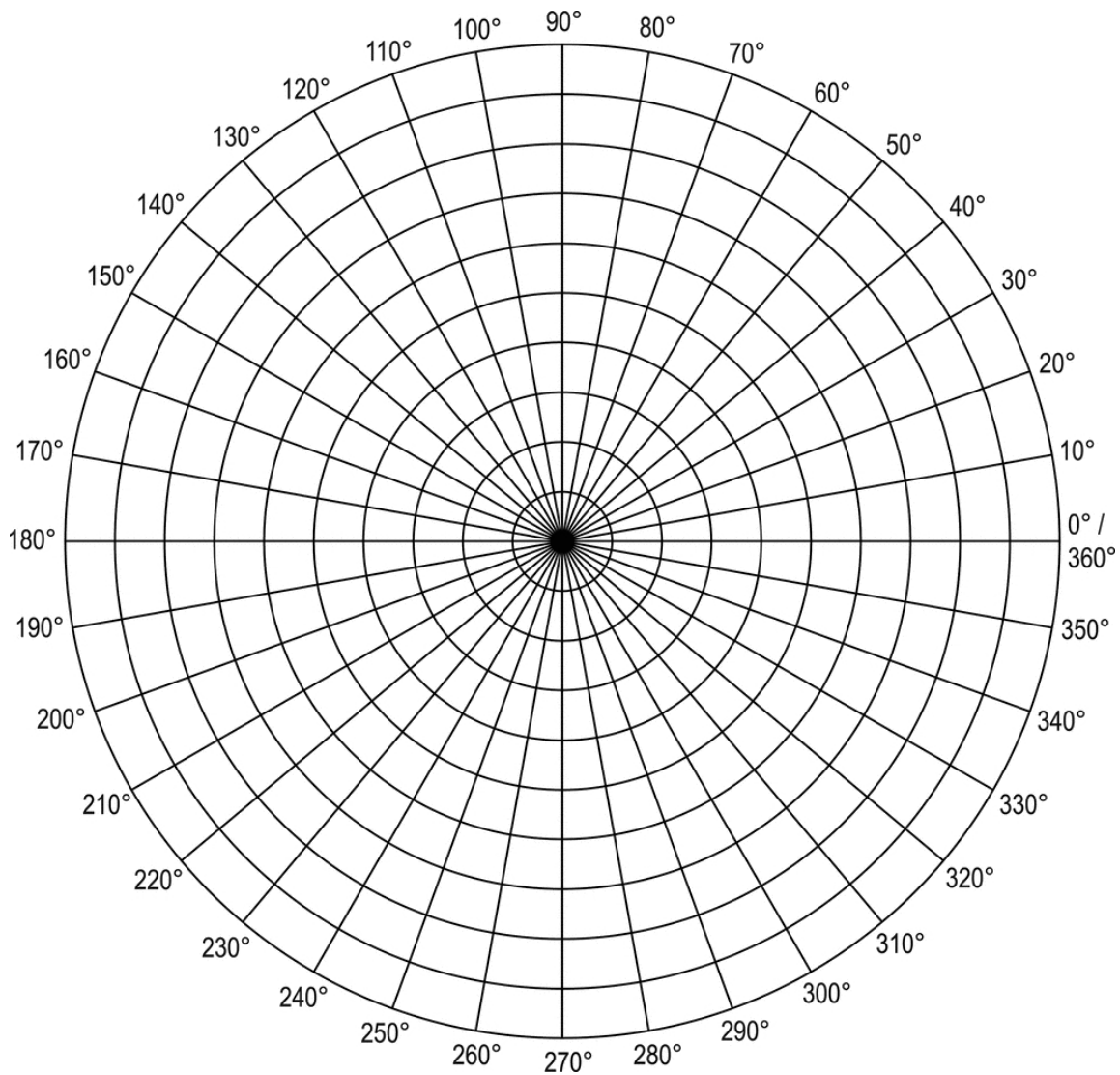
Figura 9.19: Lente rectangular colocado sobre el papel polar

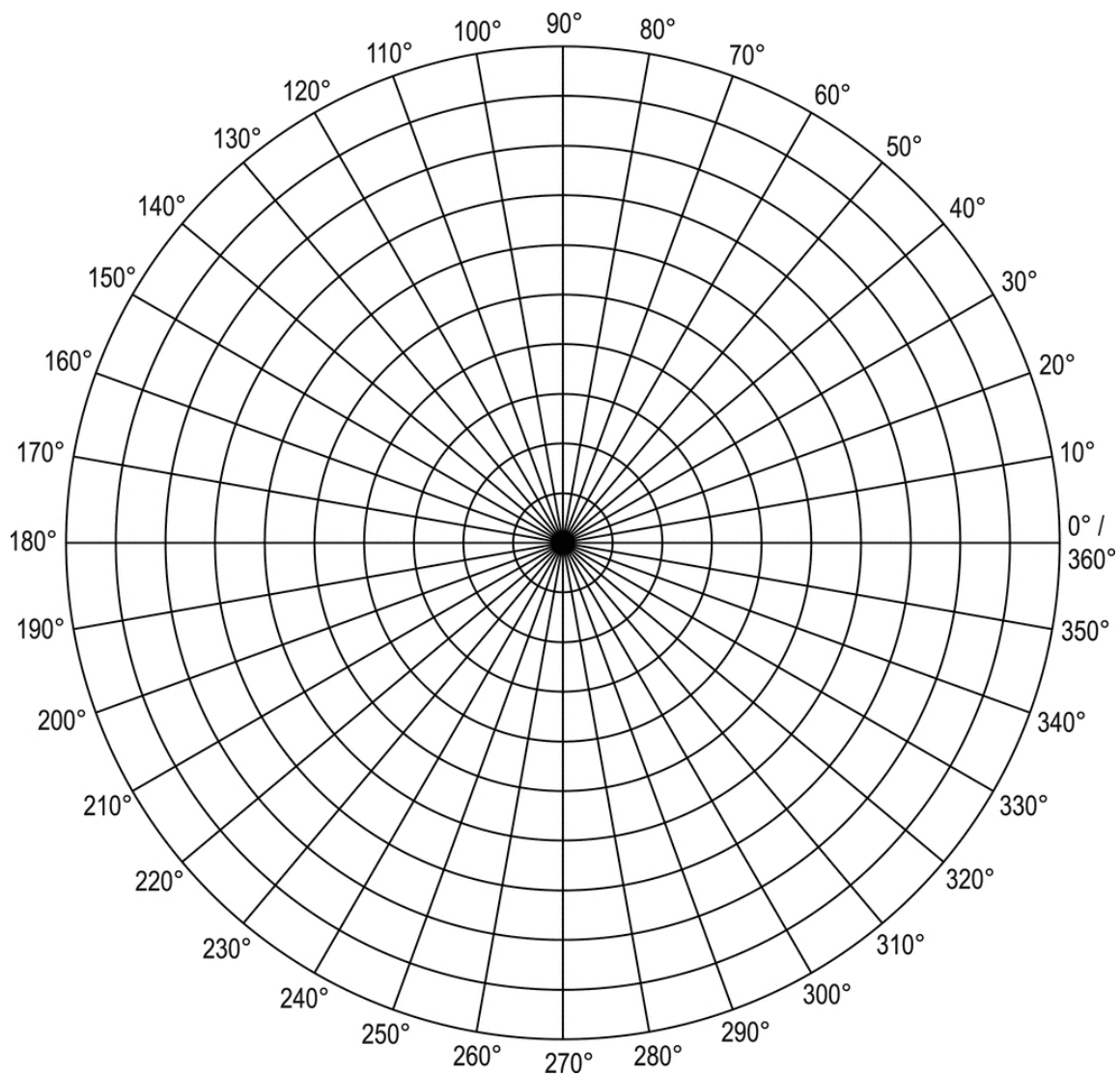
### 9.5.2. Refracción de la luz

1. Elabore el gráfico de  $\theta_r$  en función de  $\theta_i$ .
2. Realice el cambio de variable apropiado
3. Encuentre la ecuación empírica que relaciona  $\theta_r$  y  $\theta_i$
4. Determine el índice de refracción de las lentes que utilizó

## 9.6. Análisis de resultados

## 9.7. Conclusiones







# Redacción de informes