

# **FI2003 - Metodos Experimentales**

**Prof. Denise Criado**

**Sección 1 : lab martes 14:30 – 17:45**

**Sección 5 : lab lunes 08:30 – 11:45**

**Carga semanal: 1.5 hrs de cátedra y 3 hrs de laboratorio**

## **Programación**

### **Unidad 1: Corriente continua**

**Duración: 2 semanas, 6 horas de laboratorio.**

### **Unidad 2: Corriente alterna**

**Duración: 3 semanas, 9 horas de laboratorio.**

### **Unidad 3: Vibraciones y análisis de Fourier**

**Duración: 3 semanas, 9 horas de laboratorio.**

## Calendario tentativo

Semana	Fecha	Unidad	Actividad de Laboratorio
1	9 Marzo– 13 Marzo	<i>No hay actividades</i>	<i>Conformación de grupos</i>
2	16 Marzo– 20 Marzo	1	Laboratorio – mini Informe
3	23 Marzo– 27 Marzo	1	Laboratorio – Informe
4	30 Marzo– 3 Abril	1	Sesión de práctica
5	6 Abril – 10 Abril	1	Control Experimental
6	13 Abril – 17 Abril	2	Laboratorio – mini Informe
7	20 Abril – 24 Abril	2	Laboratorio – mini Informe
8	28 Abril – 1 Mayo	<i>No hay actividades</i>	<i>debido a feriado 01/05</i>
9	4 Mayo – 8 Mayo	2	Laboratorio – Informe
10	11 Mayo – 15 Mayo	2	Sesión de práctica
---	18 Mayo – 22 Mayo	<i>Vacaciones</i>	<i>Vacaciones</i>
11	25 Mayo – 29 Mayo	2	Control Experimental
12	1 Junio – 5 Junio	3	Laboratorio – mini Informe
13	8 Junio – 12 Junio	3	Laboratorio – Informe
14	15 Junio – 19 Junio	3	Sesión de práctica
15	22 Junio – 26 Junio	3	Control Experimental

# Reglamento

## 1. Asistencia

- La asistencia a las sesiones de laboratorio es obligatoria. Una inasistencia mayor al 30% podrá ser considerada como causal de reprobación del curso.
- Las inasistencias a laboratorios y controles deben ser justificadas en Bienestar Estudiantil a fin de validar su recuperación.
- El inicio de las sesiones esta programada para las 08:30 hrs en la mañana, y 14:30 en la tarde. El acceso al recinto se cierra a esta hora, permitiéndose la entrada 15 minutos después. Posterior a ello no se permitirá el acceso al recinto de clases.

# Reglamento

## 2. Evaluación

### **Nota de Laboratorio:**

El laboratorio del curso esta compuesto por tres unidades, cada una compuesta por 4 o 5 sesiones. Se realizara un ***Informe de laboratorio*** durante cada sesión, siendo los primeros de cada sesión de tipo mini-informe (mas corto y con una pauta definida). El ultimo informe de cada sesión será uno mas completo. Estos se deben hacer a mano (salvo gráficos) y se busca que estos sean concisos, precisos y con la información necesaria para poder reproducir los experimentos. La pauta de un Informe se detalla al final de este documento.

Se realizara una semana de recuperación para aquellas personas que tengan ***una inasistencia justificada*** a una sesión de Laboratorio.

El promedio de todas las notas de Informe da lugar a la ***Nota de Laboratorio (NL)***.

***Para aprobar el curso se requiere que NL 4,0.***

# Reglamento

## **Controles de Lectura:**

En cada sesión de laboratorio se realizara un ***Control de Lectura*** al inicio de este. El propósito de estos es garantizar una lectura previa del material escrito definido para la sesión respectiva (Material Teórico y Guía de Practicas). Con ello se espera lograr mayor eficiencia en el desarrollo de las sesiones.

El ***promedio*** de todas las notas de ***Control de Lectura*** da lugar a la ***Nota de Control de Lectura (NCL)***.

***Para aprobar el curso se requiere que NCL 4,0.***

# Reglamento

## **Controles Experimentales**

Habrán tres Controles Experimentales durante el semestre, uno asociado a cada unidad de laboratorio. En este control se evaluará individualmente los conocimientos y habilidades en el manejo del equipo y experimentos abordados en las sesiones de laboratorio.

Cada control experimental corresponde a una nota de control.

## **Control Experimental Recuperativo**

En caso de una inasistencia justificada, se realizará un Control Experimental al final del semestre.

## **Ejercicios:**

Se realizarán tres ejercicios de desarrollo a lo largo del semestre, los cuales abordarán el material teórico que será expuesto en cátedras. Estos ejercicios miden la capacidad de resolver problemas y de conocimiento.

El promedio de las notas de los **ejercicios** da lugar a la nota del **Control 4**.

**El promedio de controles 1 al 4 es la llamada Nota de Control (NC).**

***Para aprobar el curso se requiere que  $NC \geq 4,0$ .***

# Reglamento

## Nota Final:

La Nota Final del curso es

$$NF = 50\%NC + 35\%NL + 15\%NCL$$

Donde:

**Nota de Laboratorio (NL):** El promedio de todas las notas de Informe  $\geq 4,0$

**Nota de Control (NC):** El promedio de controles 1 al 4  $\geq 4,0$   
(Controles experimentales y Ejercicios de cátedra)

**Nota de Control de Lectura (NCL):** El promedio de todas las notas de Control de Lectura.  $\geq 4,0$



### 3. Informes de Practicas

Los informes constituyen una síntesis del trabajo en equipo realizado en la sesión. Un buen informe se caracteriza por la claridad y precisión de sus ideas y lo conciso con que son expuestas.

Para efectos de esta asignatura, los informes se han estructurado en cuatro secciones: **1.Resumen, 2.Descripción, 3.Resultados, análisis y discusión y 4.Conclusión**

**Resumen** Se describe en forma concisa los objetivos de la experiencia, el trabajo realizado y sus conclusiones principales.

Criterio de evaluación: Un resumen correcto permite formarse una idea general de la experiencia.

**Descripción** Se describe en algún detalle los pasos y protocolos seguidos y las elecciones de parámetros o valores tomados.

Criterio de evaluación: Una correcta exposición le permitirá reproducir el experimento a cualquier persona.

### 3. Informes de Practicas

**Resultados, análisis y discusión** Se presenta los datos obtenidos y los gráficos respectivos. Se realiza además un análisis respecto a los posibles errores y la consistencia con la teoría.

Se plantean posibles caminos para corregir las falencias, se refutan o corrigen supuestos, etc.

Criterio de evaluación: Una correcta presentación de resultados indica los valores de las medidas y sus desviaciones estándar o errores. Los gráficos deben indicar los ejes y unidades y deben estar en las escalas adecuadas (ver Guía sobre Gráficos). Por ultimo, un buen análisis y discusión de los resultados permitirá comprender si se han cumplido los objetivos de la experiencia, si los resultados son consistente y si hay alguna dificultad propia a la actividad.

**Conclusiones** Se presentan de manera concisa las conclusiones de la experiencia de acuerdo a los objetivos de esta y los resultados de las mediciones y análisis.

Criterio de evaluación: Una correcta presentación de las conclusiones permitirá determinar cual es el aprendizaje de la experiencia. Se debe notar que no hay buenas o malas conclusiones a priori, solamente que estas deben ser consistentes con los resultados obtenidos.

## **Unidad 1 - Corriente Continua**

### **Conceptos:**

- 1. Ley de Coulomb**
- 2. Campo Electrico**
- 3. Potencial Electrico**
- 4. Corriente Electrica**
- 5. Resistencia y Resistividad**
- 6. Ley de Ohm**
- 7. Potencia Electrica**
- 8. Ley de Kirchoff**
- 9. Asociación d e resistores**
- 10. Multímetros**

## Ley de Coulomb (1785)

La fuerza entre dos objetos muy pequeños separados en el vacío, o en el espacio libre por una distancia comparativamente grande en relación con el tamaño de los objetos, es proporcional a la carga en cada uno e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

F – SI = Newtons (N)

Donde:

$Q_1$  y  $Q_2$  son cantidades de carga positiva o negativa  
- SI = coulombs (C)

R es la separación – SI = metros (m)

K es una constante de proporcionalidad

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$\epsilon_0$  se denomina permitividad del espacio libre

SI =  $8,854 \times 10^{-12}$  faradio por metro (F/m)

# Ley de Coulomb (1785)

Vectorialmente:

$$\mathbf{F}_2 = k \frac{Q_1 Q_2}{R_{12}^2} \mathbf{a}_{12}$$

Donde:

$\mathbf{a}_{12}$  = un vector unitario en la dirección  $\mathbf{R}_{12}$ , o sea:

$$\mathbf{a}_{12} = \frac{\mathbf{R}_{12}}{|\mathbf{R}_{12}|} = \frac{\mathbf{R}_{12}}{R_{12}} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|}$$

# Campo Eléctrico

Si consideramos una carga en posición fija,  $Q_1$ , y se mueve una segunda carga a su alrededor se nota que en todas las partes existe una fuerza sobre esta segunda carga. En otras palabras, esta segunda carga muestra la existencia de un *campo de fuerza*.

Segunda carga =  $Q_t$

Fuerza sobre  $Q_t$  es:

$$\mathbf{F}_t = \frac{Q_1 Q_t}{4\pi\epsilon_o R_{1t}^2} \mathbf{a}_{1t}$$

La fuerza puede ser descrita como fuerza por unidad de carga:

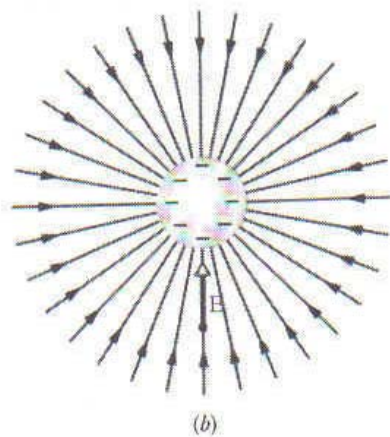
$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}_t}{Q_t} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_o R_{1t}^2} \mathbf{a}_{1t}$$

Intensidad de campo eléctrico

Em SI Newtons/Coulomb

# Líneas de Campo Eléctrico

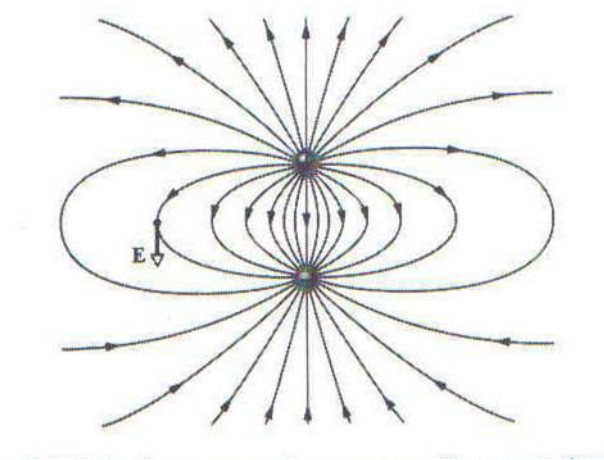
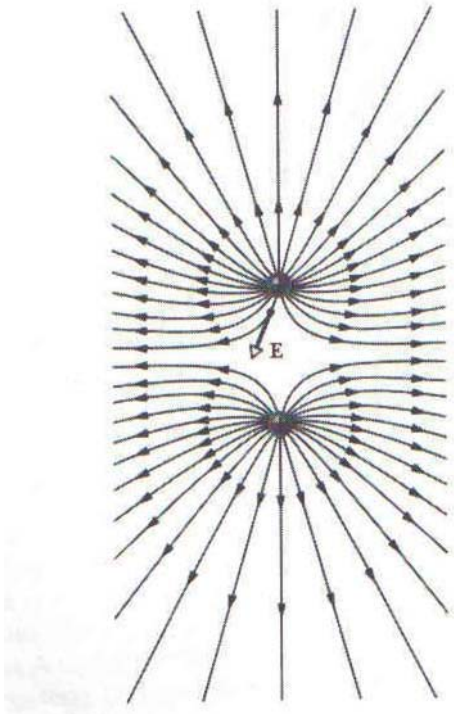
Si colocamos una carga de prueba positiva en cualquier lugar en las proximidades de la esfera, una fuerza electrostática actuará sobre la carga de prueba como indicado. En otras palabras, los vectores campo eléctrico en todos los puntos próximos a la esfera estarán orientados para dentro de la esfera. Además, el distanciamiento de las líneas de campo con la distancia a partir de la esfera nos dice que el modulo del campo decrece con la distancia a partir de la esfera.



Las líneas de campo se extienden apuntando hacia fuera de una carga positiva y hacia dentro de una carga negativa.

# Líneas de Campo Eléctrico

Las líneas de campo se extienden apuntando hacia fuera de una carga positiva y hacia dentro de una carga negativa.





# Campo Eléctrico debido a una distribución continua de carga volumétrica

Se visualiza una región del espacio con un enorme número de cargas separadas por distancias diminutas, se observa que es posible reemplazar esta distribución de muchas partículas pequeñas por una distribución suave y continua de carga, la *densidad volumétrica*.

**Densidad de carga volumétrica ( $\rho_v$ )** unidades: Coulomb por metro cúbico ( $C/m^3$ )

La pequeña cantidad de carga  $\Delta Q$  en un volumen pequeño  $\Delta v$  es:

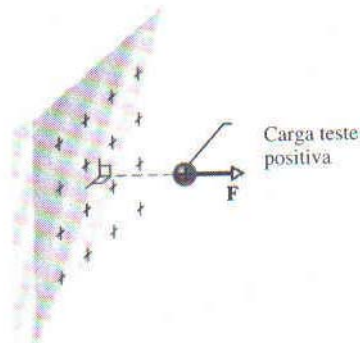
$$\Delta Q = \rho_v \Delta v$$

La carga total dentro de cualquier volumen finito se obtiene por integración sobre todo el volumen,

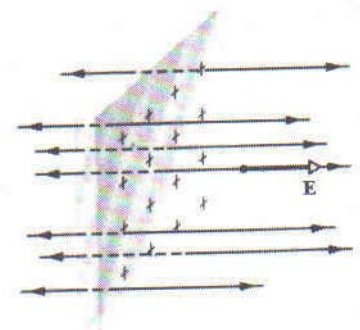
$$Q = \int_{vol} \rho_v dv$$

# Campo Eléctrico de una lamina de carga

Si consideramos una lamina delgada infinitamente grande, con carga positiva distribuida uniformemente. Si colocamos una carga de prueba positiva próximo a lamina, la fuerza estática resultante que actúa sobre la carga de prueba sería perpendicular a la lamina, pues todas las direcciones serán rechazadas por la simetría. Además, la fuerza resultante apuntaría hacia fuera de la lamina. Por lo tanto, el vector campo eléctrico, en cualquier punto de la lamina también es perpendicular a la lamina y orientado hacia fuera.



(a)



(b)

# Trabajo

La intensidad del campo eléctrico se definió como la fuerza por cada unidad de carga que se ejerce sobre una pequeña carga de prueba unitaria colocada en el punto en donde se desea encontrar el valor de este campo vectorial.

Para desplazar la carga de prueba en contra el campo eléctrico, si tiene que ejercer una fuerza igual y opuesta al campo, requiriendo un gasto de energía debido al trabajo que se desea realizar. Si la carga se mueve en la dirección al campo, el gasto de energía se torna negativo; no hay que realizar trabajo, el campo lo hace.

Definición de fuerza

$$\mathbf{F} = Q\mathbf{E}$$

Definición de trabajo

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$$

$$W = -\mathbf{F} \cdot \mathbf{d} = -Q\mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

Definición de trabajo para una fuerza igual y opuesta a la que ejerce el campo

$$W = -Q \int_{inicial}^{final} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

El trabajo necesario para mover la carga a una distancia finita

# Diferencia de potencial

Diferencia de potencial  $V$  es el trabajo que se realiza (por un agente externo) al mover una unidad de carga de un punto a otro en un campo eléctrico.

$$W = -Q \int_{inicial}^{final} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

El trabajo necesario para mover la carga a una distancia finita

$$V = - \int_{inicial}^{final} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

Diferencia de potencial  
Unidades: joules por coulomb o voltz

$$V_{AB} (\Delta V_{AB}) = - \int_B^A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = - \int_{r_B}^{r_A} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} ds = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

Si  $r_B > r_A$ , la diferencia de potencial  $V_{AB}$  es positiva, lo que indica que el agente externo gasta energía para llevar la carga positiva de  $r_B$  a  $r_A$ .

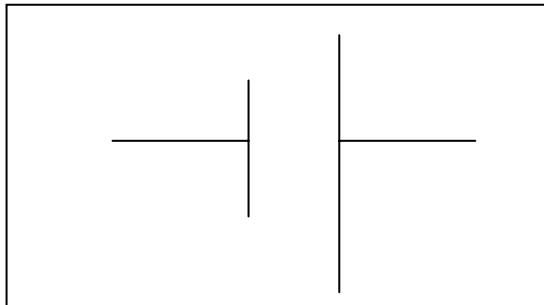
## Potencial de una carga puntual

$$V_{AB} (\Delta V_{AB}) = -\int_B^A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\int_{r_B}^{r_A} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} ds = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

Si alejamos  $r_B$  hasta el infinito, el potencial  $r_A$  se convierte en

$$V_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_A} \quad \text{o} \quad V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

**Superficie equipotencial** es la superficie que compone todos aquellos puntos cuyo potencial tiene el mismo valor. No es necesario realizar ningún trabajo para mover una carga sobre la superficie equipotencial, ya que por definición no hay diferencia de potencial entre cualquier par de puntos situados en la superficie.



Representación de una fuente de voltaje continuo en donde el extremo de línea mas larga tiene el mayor potencial eléctrico.

# Corriente eléctrica

Flujo de cargas en movimiento.

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad \text{C/s o A (amperes)}$$

**Densidad de corriente**  $J$  (A/m<sup>2</sup>)

$$J = \frac{\Delta I}{\Delta s}$$

**Energía Potencial (U)** dado en J (joules)

$$U = W \rightarrow W = -Q \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \rightarrow \frac{W}{Q} = V_{AB} = -\int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

$$\rightarrow dU = V_{AB} dQ \rightarrow dU = V_{AB} Idt$$

**Potencia Eléctrica (P)** dado en W (Watt)

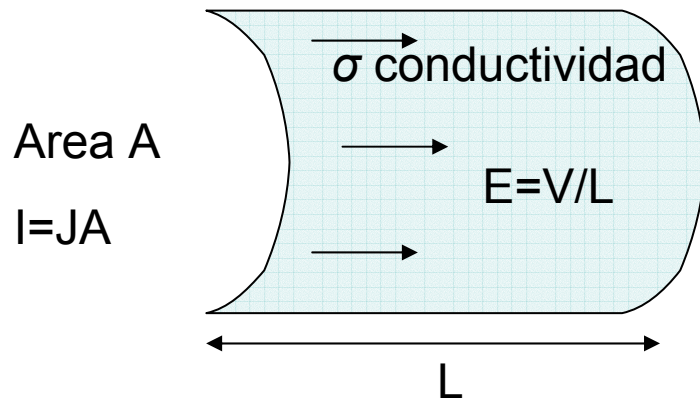
$$P = \frac{dU}{dt} = IV_{AB} \quad \text{Amperes Volt o J/s o W (Watt)}$$

# Resistencia

Al aplicar la misma diferencia de potencial entre dos barras, una de cobre y una de vidrio, obtenemos dos medidas de corriente bien distintas. Por que?

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Unidades: SI: Volt/Amperes o comúnmente ohm } (\Omega)$$

Comúnmente representado en un circuito



$$V = EL \quad J = \frac{I}{A} = \sigma E$$

$$J = \frac{I}{A} = \sigma E = \sigma \frac{V}{L}$$

$$V = \frac{L}{\sigma A} I \quad V = IR$$

$$R = \frac{L}{\sigma A} \quad R = \rho \frac{L}{A}$$

*resistividad* ( $\rho$ ) =  $\Omega.m$

# Corriente eléctrica

**Potencia Eléctrica ( $P$ )** dado en W (Watt) Transferencia de energía eléctrica para un dispositivo no especificado.

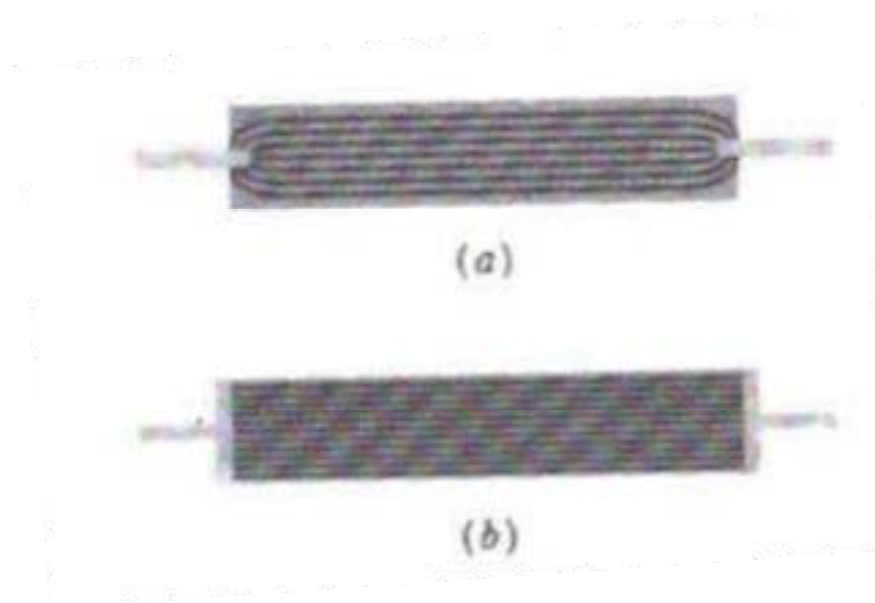
$$P = \frac{dU}{dt} = IV_{AB} \quad \text{Amperes Volt o J/s o } \mathbf{W \text{ (Watt)}}$$

Potencia resistiva

$$R = \frac{V}{I} \quad P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$



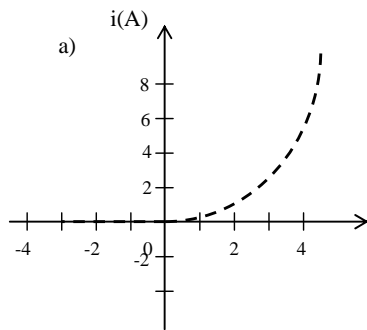
# Resistencia



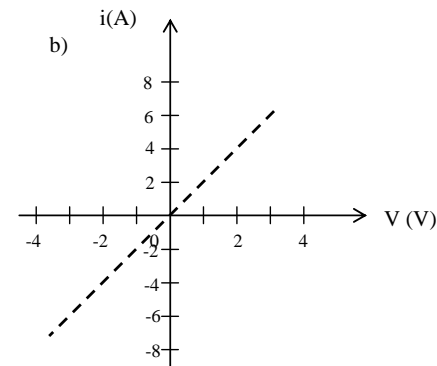
# Ley de Ohm

La corriente que fluye a través de un dispositivo es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada al dispositivo.

Un dispositivo obedece a la ley de Ohm cuando su resistencia es independiente del valor y de la polaridad de la diferencia de potencial aplicada.



No obedece la ley de Ohm



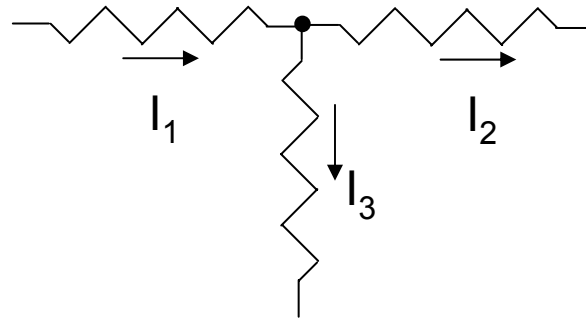
Obedece la ley de Ohm

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{constante}$$

# Ley de Kirchoff

Base de la deducción de esas leyes son la conservación de la carga y de la energía.

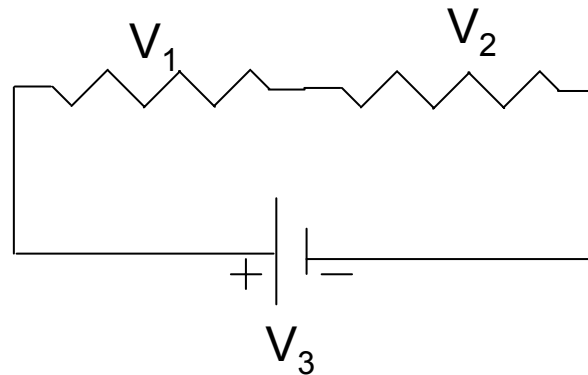
**Ley de las corrientes (o ley de los nodos):** La suma de intensidades de corriente que llegan a un punto común (un nodo) es igual a la suma de intensidades que salen de él.



$$I_1 = I_2 + I_3$$
$$\Sigma = 0$$

# Ley de Kirchoff

**Ley de los voltajes (o ley de las mallas):** En un circuito cerrado, la suma algébrica de los voltajes al longo de una mallas cualquiera de un circuito es igual a cero.



La suma algebraica de las subidas de tensión es igual a la suma de las bajadas de tensión en los elementos pasivos:

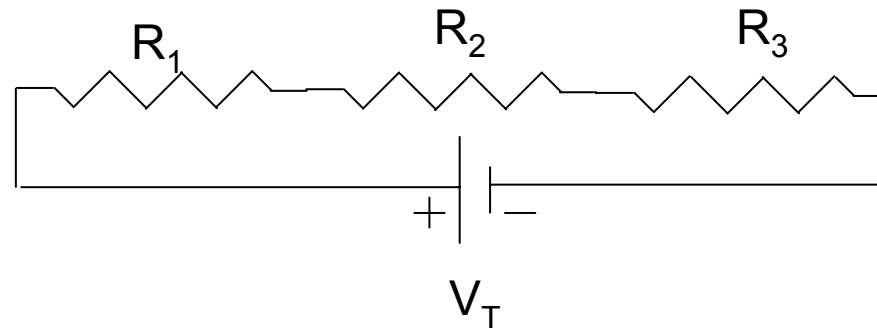
$$V_3 = V_1 + V_2$$

Activo: fornece energía (fuente)

Pasivo: recibe energía (resistencia)

# Asociación de resistencia

**Resistencia en serie:** Se dice una resistencia esta conectada en serie con otra resistencia cuando el final de una esta conectada al principio de otra.



La corriente es la misma por todas las resistencias ya que no hay mas que un camino posible. En cambio, la tensión en cada resistencia será distinta (excepto en el caso que las resistencias sean iguales), y de valor  $V=IR$ .

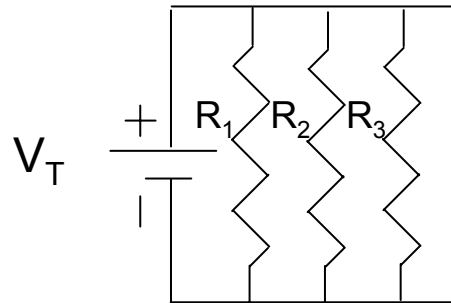
La suma de todas las tensiones será igual al de la fuente.

El conjunto es equivalente a una sola resistencia de valor igual a suma de todas ellas.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \text{ por lo que:}$$
$$V_T / I = R_{\text{equ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

# Asociación de resistencia

**Resistencia en paralelo:** Se dice una resistencia esta conectada en paralelo con otra resistencia cuando tienen conectado los principios entre si y todos los finales entre si.



Cuando a este conjunto se conecte una fuente, esta entregará una corriente, pero esta corriente se repartirá en varias, una por cada resistencia. La **suma** de todas las **corrientes** es igual a la corriente total y cada una de ellas poseen valor  $V/R$ . En cambio, la **diferencia de potencial en los extremos** de todas es la misma, la que impone la fuente.

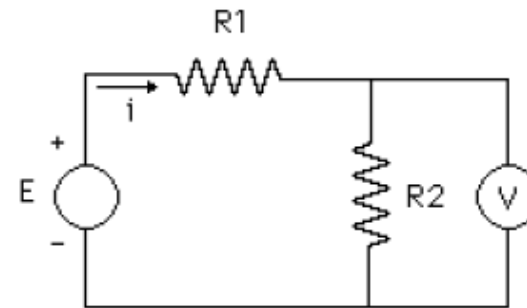
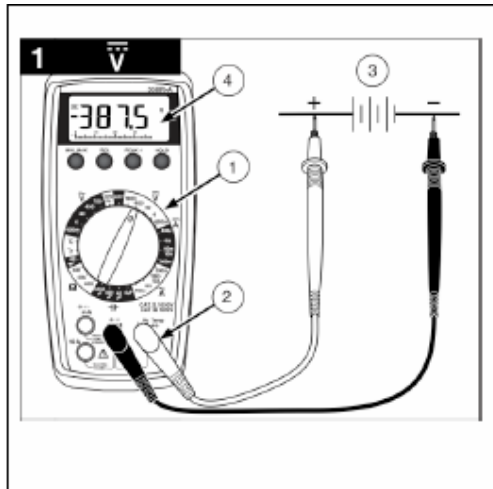
$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = V_T/R_1 + V_T/R_2 + V_T/R_3 = V_T/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \text{ por lo que:}$$

$$I_T/V_T = 1/R_{\text{equ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Caso particular para dos resistencias en paralelo:  $1/R_{\text{equ}} = 1/R_1 + 1/R_2 = (R_2 + R_1)/(R_2 R_1)$

# Precauciones con el multímetro

**Medidas de voltaje (diferencia de potencial):** conectar el voltímetro en paralelo con el elemento. Resistencia interna máxima.



**Medida de corriente:** conectar el amperímetro en serie con el circuito. Resistencia interna mínima.

