

Unidad IV (Electrocinética) (Síntesis)

La electrocinética es el estudio de los electrones (electro) en movimiento (cinética). Es lo que conocemos como de **Corriente Eléctrica (I)** o intensidad de corriente. Ésta se debe al movimiento de los electrones libre, iones o aniones dentro de la materia, por aplicación de un campo eléctrico (E).

De manera cuantitativa es la variación de carga en una sección de conductor en la unidad de tiempo, o sea:

$$I = \text{Carga} / \text{tiempo} = \Delta Q / \Delta t, \quad i = di/dt \text{ en forma instantánea.}$$

Si la carga se mide en Coulomb y el tiempo en segundos, tenemos la **unidad de I**, el **Ampere**, o sea:

$$\text{Coulomb} / \text{segundos} = \text{Ampere}$$

El sentido real de la corriente (de electrones) en un conductor sometido a un campo eléctrico (E) es en contra de las líneas de éste, pero por **convención** internacional el **sentido se toma el de las líneas de E** existente en el conductor.

Generalmente en las distintas bibliografías, i es la corriente instantánea y I es la corriente promedio.

Se define la **densidad de corriente (J)** como la intensidad de corriente que pasa por unidad de sección transversal (A) del conductor, o sea:

$$J = I / A = \text{Ampere} / \text{m}^2$$

Como la cantidad (n) de portadores de carga (q) que se mueven a una determinada velocidad (v_d), en un determinado tiempo, es ΔQ , será:

$$\Delta Q = (n A v_d \Delta t) q \quad \text{pero } v_d \Delta t = \Delta x$$

Por lo que la corriente promedio en un conductor será $I = \Delta Q / \Delta t = n q v_d A$, por lo que:

$$J = I / A = n q v_d$$

donde v_d se llama **velocidad de deriva** y es la velocidad que poseen los portadores libres movidos por el campo E dentro del conductor (**muy pequeña**) $2 \cdot 10^{-4}$ m/seg., frente a los 10^6 m/seg. de los electrones libres (en un material conductor sin campo E) .

Ley de Ohm: la densidad de corriente (**J**) en un conductor, es directamente proporcional al campo eléctrico (E) aplicado. La constante de proporcionalidad se llama **conductividad o conductibilidad eléctrica (σ)**, o sea:

$$\bar{J} = \sigma \bar{E}$$

ésta es una ley que se cumple para los **conductores eléctricos lineales** (no para todos los materiales). σ es un dato característico de los materiales conductores (los más usados, cobre y aleación de aluminio).

Existen los **materiales semiconductores** (no óhmicos), en los que se fundamenta toda la electrónica, donde **dicha ley no se cumple**.

También existen (aún no a nivel comercial) los **materiales superconductores** cuya oposición al paso de la corriente (R) es casi nula (materiales a muy baja temperatura, por debajo de - 90°C).

Como la variación de tensión (o potencial) (ΔV) entre dos puntos de un conductor es el campo (E) aplicado por la longitud (long) entre dichos puntos ($\Delta V = E \text{ long}$), si reemplazamos el campo en la ley de Ohm y recordamos que $J = I / A$, despejando ΔV , nos queda:

$$\Delta V = (\text{long} / A \cdot \sigma) I = R I \quad \text{o} \quad R = \Delta V / I \quad (\Omega)$$

$R = \text{long} / A \sigma$ es la **Resistencia del conductor**, oposición que presenta un conductor al paso de la corriente, se mide en **Ohm (Ω)**. Observar que depende de la conductividad y de las dimensiones geométricas del conductor.

También la fórmula $R = \Delta V / I$ se puede aplicar para saber cuál es la resistencia que presenta un elemento de consumo al que se le aplica una tensión y circula una corriente por él.

La **inversa de la conductividad (σ) se llama resistividad (ρ)** cuya unidad es $\Omega \cdot m$, pero es más práctico utilizar la unidad $\Omega \text{ mm}^2 / m$ a la que se llega multiplicando y dividiendo la primera expresión por m y multiplicando el valor por 10^6 ($1m^2 = 10^6 \text{ mm}^2$), por ejemplo la resistividad del cobre es $1,71 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ o sea $0,0171 \Omega \text{ mm}^2 / m$.

El dato tabulado de los conductores es la sección (en mm^2), por ejemplo un conductor de cobre de 4mm^2 de sección (utilizado en un domicilio) y 10m de long. posee una resistencia $R = \rho \text{ long.} / A$ de $0,04275 \Omega$ (se simplifican las unidades).

La resistividad de **los conductores** aumenta con la temperatura en forma proporcional (dentro de ciertos límites), por lo tanto también aumentará su resistencia, dicho coeficiente de proporcionalidad se llama **coeficiente de temperatura α** cuya unidad es $1 / ^\circ C$, o sea;

$$R = R_0 + R_0 \alpha (T_f - T_i) \quad \text{donde}$$

R es el valor de la resistencia a la temperatura final.

R_0 es el valor de la resistencia a una temperatura determinada (por ej. $25^\circ C$ o $40^\circ C$).

$T_f - T_i$ variación de temperatura.

La resistividad en los **materiales semiconductores** (usados en la electrónica) decrece con la temperatura (no en forma proporcional), lo que hace disminuir su resistencia, y en consecuencia circular más corriente, lo que ocasiona el efecto de **embalamiento térmico** que termina destruyendo el componente por temperatura. El aumento de temperatura es más perjudicial en los componentes electrónicos que en los eléctricos.

La aplicación del concepto de resistencia eléctrica (además de los conductores y de los elementos de consumo) en la industria es variado, por ejemplo:

- En la **resistencia de puesta a tierra** (PAT) de una instalación eléctrica es necesario saber la resistividad del suelo, ya que de ella dependerá la I que circule en una fuga a tierra. Debe ser menor de 10Ω .
- En la **resistencia de contacto** de un interruptor de potencia es necesario saber la resistividad del material de contacto y su variación con la temperatura, ya que si su valor es alto se producirán puntos calientes por efecto Joule (calor). Son valores en mili ohm ($m\Omega$).
- En la **resistencia de aislamiento** existente entre bobinas en un motor. Información importante para saber el estado de aislamiento de las bobinas. Son valores en mega ohm ($M\Omega$).

Fuerza electromotriz (fem) y potencial

Una batería o una pila es un componente eléctrico generador de tensión, es decir posee una fuerza electromotriz (fem) capaz de hacer circular las cargas desde su borne negativo hacia el positivo. Cuando dicha fuente de tensión está **sin carga** (en vacío) se puede medir su **fem** (en volt, pero cuando la misma está **suministrando corriente**, lo que se mide en bornes es el **potencial** o tensión (menor que la fem).

Lo anterior es así ya que al circular corriente por la batería se produce internamente una caída o disminución de tensión ($\Delta V = I r$) por efecto de su **resistencia interna (r)**.

Observar, que si bien un capacitor puede almacenar cargas, lo que significa que en sus bornes puedo tener una tensión para activar un elemento de consumo, **el capacitor no posee fuerza electromotriz (fem)** como una fuente de tensión (batería o pila).

Ley de Joule

Cuando circula corriente por un conductor, los portadores de carga libres chocan contra las partículas fijas de la materia y éstas aumentan su vibración (recordemos que en toda materia existe una energía interna que depende de la temperatura de la misma).

La cantidad de energía (ϵ) (en forma de calor) que aporta dicha corriente es proporcional al cuadrado de la misma (I^2), y al tiempo (t) que actúe, o sea:

$$\epsilon = I^2 R t = I^2 \Delta V / I t \quad (\text{Joule})$$

Siendo R la constante de proporcionalidad (siempre en conductores lineales u óhmicos).

$$\text{Como } I = \Delta V / R \quad \epsilon = \Delta V^2 t / R \quad \text{también,}$$

$$\text{Como } R = \Delta V / I \quad \epsilon = \Delta V I t$$

La **potencia (P)** (rapidez con que se consume la energía) será: **$P = \Delta V I$ (Watt)**

La unidad energética más usual en electricidad es el Kwh (Kilo Watt hora), equivalente a tener activa una potencia de 1000W durante una hora ($1\text{Kwh} = 3.600.000 \text{ Joule}$).

Observación: eléctricamente siempre se habla de tensión, por ejemplo, en un tomacorriente hay 220V, una pila posee 1,5V, etc. Lo correcto sería decir que existe una **diferencia de tensión** o incremento de potencial de 220V o 1,5V (del borne positivo respecto al negativo).

Esta aclaración es importante cuando se analizan circuitos eléctricos (por donde circula corriente) ya que en cada componente se produce una disminución o caída de tensión.

Unidad V (Circuitos de corriente continua) (Síntesis)

Vamos a empezar ésta unidad planteando algunas definiciones básicas ya vistas para luego aplicarlas en un circuito eléctrico.

$I = \text{Corriente} = \text{Tensión} / \text{resistencia} = \text{Voltio} / \text{Ohm} = \text{Ampere}$

$P = V \cdot I$ (W) pasando de término $V = P / I$ (V) y también $I = P / V$ (A)

También: **$\epsilon = (V \cdot I \cdot t) / 1000$ (Kwh)** donde t es el tiempo en horas.

Si en éstas ecuaciones reemplazamos I o V por su igual en la ley de Ohm, tenemos:

$P = I^2 R$ o también $P = V^2 / R$ donde también se pueden hacer pasaje de término.

Un circuito eléctrico puede ser visto como el análogo de un circuito hidráulico, donde la tensión sería la presión, la corriente eléctrica (portadores de carga) como la corriente de agua (moléculas) y la resistencia eléctrica sería equivalente al caño (sección, longitud y rugosidad interna).

Un circuito consiste en una fuente de tensión (fem) y los elementos de consumo (resistencias), estufa, plancha, foco, etc., a los que la fuente entregará una determinada potencia.

Las **resistencias** pueden estar **en serie** (donde la resistencia total es mayor que la mayor de ellas) o **en paralelo**, donde la resistencia total es menor que la menor de ellas.

Por ejemplo, los elementos de consumo en un domicilio, o en una industria están en paralelo, los circuitos en serie poco se usan (porque la tensión en cada elemento es distinta), salvo en las plaquetas electrónicas.

Como futuros ing. electromecánicos será fundamental ver a los **conductores** como resistencias distribuidas que **producirán caídas de tensión y pérdidas de energía**. En los circuitos teóricos (de pizarra) los conductores serán ideales (no producirán caídas de tensión), excepto que se dijera lo contrario.

Circuito serie y paralelo (ver pag 124 del pdf)

Es fundamental saber:

- En un **circuito serie** la **corriente es única**.
- En un **circuito paralelo** la **tensión es única**.

Lo complejo es darse cuenta cuando las resistencias están en serie y cuando en paralelo, por lo que recomiendo hacer muchos ejercicios.

Existen dos **leyes** fundamentales (**de Kirchoff**):

- En un **circuito serie** la tensión aplicada es igual a la suma de las caídas de tensión en cada resistencia. Las tensiones aplicadas (fem) pueden sumarse (cuando están + con -) o pueden restarse (cuando están + con +).
- En un **circuito paralelo** la suma de las corrientes que entran en un nodo (punto donde se bifurca la corriente) es igual a las que salen del mismo.

Un **voltímetro** sirve para medir la tensión y va **colocado en paralelo** al elemento que se desea medir, idealmente el voltímetro no absorbe corriente (su **resistencia interna es muy elevada**).

Un **amperímetro** sirve para medir corriente y va **colocado en serie** al elemento que se desea medir, idealmente el amperímetro posee **resistencia interna muy baja** (debe dejar pasar toda la corriente).

Potenciómetro y reóstato

Las resistencias, como componentes eléctricos se utilizan en las plaquetas electrónicas para disminuir la tensión (y la corriente) para que los demás componentes electrónicos puedan trabajar dentro de sus especificaciones técnicas. Los hay de valor fijo y de valor variable (potenciómetros y reóstatos).

Conceptualmente son idénticos, con la diferencia que en un **potenciómetro** la variación de la resistencia (al mover o girar el cursor) es del tipo **logarítmica**, mientras que en el **reóstato** (más utilizado en la industria eléctrica) la **variación es lineal**.

Puente de Wheatstone

Para medir una resistencia se utiliza un instrumento llamado ohmímetro, éste consta de una fuente de tensión (pila) con la cual se hace circular corriente por la resistencia a medir, y luego, según la corriente que circula y el valor de la tensión de la pila el instrumento determina (en una escala graduada en Ohm) el valor de la resistencia. El problema que presenta el método, es que el valor de la resistencia es dependiente de la tensión de la pila, en los ohmímetros analógicos (con aguja) el error cometido puede ser considerable, no así en los digitales.

La configuración de resistencias y ajuste del puente (ideado por Wheatstone) (cero corriente por el galvanómetro, ver pag.134) elimina la dependencia de la resistencia a medir del valor de la tensión aplicada, es decir, el valor de la resistencia incógnita solo depende de la relación de resistencias conocidas y el ajuste del potenciómetro.

Este puente es utilizado para la medición de resistencias con mucha precisión. No es el único tipo de instrumental utilizado, ya que actualmente los instrumentos digitales son muy variados y utilizan distintas metodologías para lograr muy alta precisión.

Circuito RC

Todo circuito (eléctrico o no) tiene dos períodos a ser considerados, un **tiempo transitorio** (en éste caso hasta que el capacitor se cargue) y un **tiempo estacionario** o **permanente** (en éste caso cuando el capacitor ya se cargó).

Los **períodos transitorios en las redes eléctricas** de potencia deben ser bien estudiados, caso contrario se producirá mal funcionamiento y cortes de energía. La **capacidad en una línea eléctrica** se presenta como capacidad parásita (no deseada), por lo que debe considerarse.

En este caso **estudiaremos el período transitorio**, es decir hasta que el capacitor se carga. Una vez cargado el capacitor (al mismo valor que la fuente) ya no habrá nada que analizar (se anula la corriente).

Este circuito (desde la electrónica) es importante para hacer temporizadores (definir tiempos), ya que el capacitor tarda un tiempo en cargarse y un tiempo en descargarse, que puede ser calculado.

Consiste en conectar en serie una resistencia y un capacitor alimentado por una fuente de tensión (fem), de ésta manera el capacitor se cargará más o menos rápido dependiendo del valor de la resistencia en (Ω) y de la capacidad en faradio (F).

La metodología aplicada básicamente consiste en el **planteo de la ley de Kirchoff** (en forma diferencial) para un circuito serie y luego trabajar matemáticamente para lograr definir; como, en función del tiempo, va adquiriendo carga el capacitor, va variando la tensión en sus placas y va variando la corriente en el circuito.

La analogía hidráulica sería; si queremos llenar un tubo (de altura considerable) con una canilla (fuente de presión), pero desde abajo del tubo. En un principio circulará una corriente de agua (I) máxima y luego a medida que se va llenando el tubo (cargas eléctricas q), aumenta la presión (tensión) y va disminuyendo la corriente de agua (I), hasta que llegado un máximo de altura de agua (tensión), se iguala la presión de agua (tensión) del tubo con la de la canilla (que sería la fuente de tensión) y deja de circular corriente de agua (I). Entre paréntesis van las variables eléctricas, análogas a las hidráulicas.

Les envío dos Link, uno explicando el desarrollo del RC, otro explicando un problema numérico y un PDF donde está el desarrollo RC (pag. 38 a 44). Además de los 2 PDF de la Facultad Regional Rosario donde están las unidades IV y V con más detalles.

<https://www.youtube.com/watch?v=QNO2yxuzJVE>

<https://www.youtube.com/watch?v=z6YE-p0Rnhs>

No duden en consultar lo que no entiendan, via email o en el foro Consultas.

Nos estaríamos viendo en junio, tiempo en que estaríamos planteando el 1er parcial con las primeras 5 unidades (electroestática, potencial, capacitores, corriente eléctrica y circuitos).

No desesperen, las fechas las definimos juntos.