
Electricidad

Índice general

1. ELECTRICIDAD	2
1.1. LEY DE COULOMB	3
1.1.1. CAMPO ELÉCTRICO	4
1.2. CORRIENTE ELÉCTRICA	5
1.2.1. MAGNITUDES DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA	5
1.2.1.1. INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA	5
1.2.1.2. DIFERENCIA DE POTENCIAL	6
1.2.1.3. RESISTENCIA	6
1.3. LEY DE OHM	7
1.4. LEY DE JOULE	7
1.5. APLICACIONES	8
1.5.1. LA LÁMPARA ELÉCTRICA	8
1.5.2. HORNO y CALEFACTOR	10
1.5.3. LA VITROCERÁMICA	10
1.5.4. EL MICROONDAS	10
1.5.5. MOTOR ELÉCTRICO	10
1.6. FUENTES ENERGÉTICAS	11
1.6.1. LAS CENTRALES ELÉCTRICAS	11
1.7. PROBLEMAS RESUELTOS	13

Capítulo 1

ELECTRICIDAD

Muchas veces hemos sentido en nuestra propia piel la descarga eléctrica al dar la mano a otra persona o incluso, hemos jugado a levantar nuestro pelo con un bolígrafo que previamente hemos frotado contra un jersey. Estos fenómenos físicos u otros, muchos más dispares como los relámpagos o rayos de un día tormentoso, son consecuencia de la **electricidad**.

El origen de la electricidad hay que buscarla en los átomos que forman la materia. Los átomos, están formados por un núcleo donde se encuentran dos tipos de partículas, el protón y el neutrón, y girando alrededor de este núcleo, en órbitas concéntricas y de energía definida, se disponen los electrones.

Los protones y los electrones son partículas cargadas eléctricamente, su carga es la misma pero de signo contrario, es decir, el electrón tiene una carga de $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Culombios y los protones de $+1,6 \cdot 10^{-19}$ Culombios. Los neutrones se llaman así por que no tienen carga eléctrica. La unidad en el sistema internacional de unidades de carga eléctrica es el culombio (C), pero al ser excesivamente grande ($1\text{ C} = 6,25 \cdot 10^{18}$ *electrones*), en la práctica se utilizan submúltiplos de la misma: μC , $n\text{C}$, ...

Normalmente, los materiales tienen el mismo número de electrones que de protones y son neutros, sin embargo, debido a procesos de **electrización**, puede ocurrir que haya una transferencia de electrones de un cuerpo a otro y aparezca un desequilibrio entre las cargas positivas y negativas de un cuerpo.

1.1. LEY DE COULOMB

La **fuerza eléctrica** es una fuerza a distancia que queda de manifiesto cuando tenemos cargas eléctricas, puede tener carácter atractivo o repulsivo en función del signo de las cargas. Dos cargas eléctricas del mismo signo se repelen y dos cargas de distinto signo se atraen. Por tanto, no es necesario que las cargas eléctricas estén en contacto para que quede patente esta interacción.

En el Siglo XVIII, Charles Coulomb, descubrió las propiedades de esta fuerza y las relaciones que existían entre las cargas y su distancia. Así, enunció que *la fuerza con que dos cargas se atraen o se repelen es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa*:

$$F_E = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

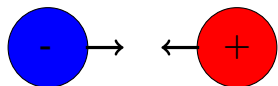
siendo K la constante de proporcionalidad denominada constante de Coulomb. Depende del medio en el que estén situadas las cargas, vacío, aire, agua, ... y para el vacío o el aire, en unidades del S.I., tiene un valor de $K = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$. Las cargas en interacción son q_1 y q_2 y r la distancia que separa a las dos cargas. La fuerza eléctrica, como es una fuerza, se mide en Newton.

Muchas veces la constante de Coulomb se escribe en función de la constante de permitividad del medio o constante dieléctrica del medio, ϵ :

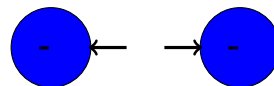
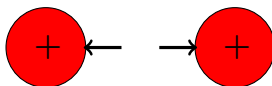
$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

La constante de permitividad da idea de la capacidad que tiene un medio para transmitir la interacción eléctrica. Si un medio tiene una permitividad alta, o K pequeña, la fuerza entre dos cargas será más pequeña que en otro en el que la permitividad sea baja, o K grande. El primer medio es más aislante, transmite peor la interacción entre cargas y recibe el nombre de dieléctrico.

La intensidad de esta interacción depende de la intensidad de las cargas y de la distancia que las separa. De tal forma que cuanto mayores son las cargas, mayor es la intensidad de la fuerza pero cuanto mayor es la distancia que hay entre ellas, la intensidad disminuye.



Fuerza eléctrica atractiva



Fuerza eléctrica repulsiva

Si las dos cargas tienen el mismo signo, la fuerza es positiva y separa las cargas, si por el contrario, las dos cargas tienen signo distinto, la fuerza es negativa y atraería a las dos cargas.

1.1.1. CAMPO ELÉCTRICO

Como hemos visto en el tema de Dinámica, la presencia de fuerzas de interacción a distancia provoca perturbaciones en el espacio que rodea a ese cuerpo que provoca la fuerza. Por tanto, las cargas eléctricas generan a su alrededor un campo eléctrico, es decir, las cargas crean a su alrededor una perturbación en el espacio que sólo se pone de manifiesto cuando se acerca un cuerpo a ellas que tenga la misma propiedad que genera el campo, es decir, otra carga.

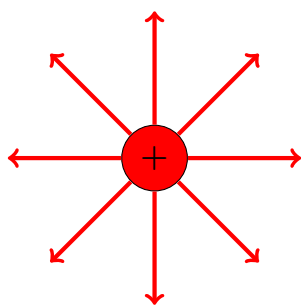
El campo es una entidad física medible, se define la intensidad de campo eléctrico en un punto como la fuerza ejercida por una carga, q_1 sobre la unidad de carga colocada en ese punto.

$$E = K \frac{q_1}{r^2}$$

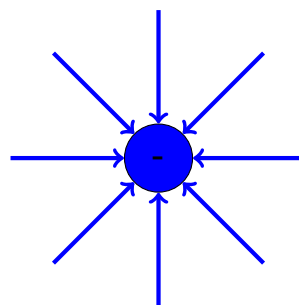
La relación entre la fuerza eléctrica y el campo eléctrico viene dado por:

$$F = E \cdot q_2$$

El campo creado por una carga positiva genera líneas de campo hacia fuera y el campo creado por una carga negativa genera líneas de campo hacia dentro. Bajo esta premisa, las cargas positivas se mueven en el mismo sentido que las líneas de campo y las negativas en sentido contrario.



Líneas de campo carga positiva



Líneas de campo carga negativa

1.2. CORRIENTE ELÉCTRICA

De igual forma que el agua de un río fluye por que existe una diferencia de nivel (altura), es decir, por la diferencia de potencial gravitatorio, las cargas eléctricas pueden sufrir un movimiento y ser observado.

Se llama **corriente eléctrica** al movimiento ordenado y permanente de los electrones a través de un material conductor siempre y cuando exista una diferencia de potencial eléctrico entre los extremos del material conductor. El sentido de la corriente eléctrica en el conductor es desde el polo negativo al positivo, aunque, por razones históricas, se toma el sentido contrario.

Se llama **corriente continua (DC)** al flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto voltaje. La polaridad en la corriente continua siempre se mantiene. Fue descubierta por *Volta* cuando inventó la pila y utilizada a gran escala por *Edison*. La aplicación más directa de este tipo de corriente se produce en generadores de electricidad como las pilas o en baterías. Sin embargo, su uso como energía a gran escala está muy limitada por problemas en la transmisión de la potencia.

Se llama **corriente alterna (AC)** a la vibración de los electrones en un material conductor que provoca mediante ondas vibratorias la transmisión de la electricidad. Los electrones vibran 50 veces por segundo alrededor de una posición de equilibrio, generando una frecuencia de 50 Hz. La polaridad en la corriente alterna está continuamente cambiando. Descubierta por *Tesla* y solventados los problemas para amplificar y/o disminuir el voltaje que presentaba la corriente continua, rápidamente se consolidó como la mejor forma para generar la electricidad que demandaba la sociedad.

1.2.1. MAGNITUDES DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Los elementos o magnitudes más característicos de la corriente eléctrica, *AC/DC*, en un circuito eléctrico son los siguientes:

1.2.1.1. INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Se define como la cantidad de carga que atraviesa la sección recta de un conductor en la unidad de tiempo. Es decir, nos da la velocidad de paso de los electrones o de cargas, a través de una sección del conductor. Cuanto mayor es el número de cargas en la unidad de tiempo mayor es la intensidad de corriente. No es lo mismo que te

caiga en la cabeza un saco de arena de grano en grano que el saco de golpe.

$$I = \frac{q}{t}$$

Su unidad en el sistema internacional es el **Amperio (A)**. Un amperio es la intensidad de corriente que atraviesa una sección de un conductor cuando en un segundo circula un culombio de carga eléctrica.

La intensidad de corriente eléctrica se mide con un *amperímetro*. Éste, se coloca en el circuito eléctrico en serie para que pase toda la corriente y podamos tener un valor real de la corriente que pasa por el circuito.

1.2.1.2. DIFERENCIA DE POTENCIAL

La diferencia de potencial (ddp), tensión o Voltaje, es una magnitud física que indica el impulso que necesita un electrón o una carga eléctrica, para que fluya por el conductor de un circuito eléctrico. Cuando ambos puntos igualen su potencial eléctrico, el movimiento de la carga cesará por completo.

$$ddp = V = \frac{E}{q}$$

De esta magnitud, depende la energía que alcanza cada electrón, cuanto mayor es la ddp mayor es la energía que adquieren los electrones. La ddp en el sistema internacional se mide en Voltios. Un Voltio es la diferencia de potencial que existe en un circuito si para mover un culombio de carga eléctrica el generador cede al circuito un julio de Energía.

La Tensión, Voltaje o ddp, también conocida como fuerza electromotriz, se mide con un *voltímetro*. En este caso, como el voltímetro mide la diferencia de potencial entre dos partes del circuito, se tiene que colocar en paralelo.

1.2.1.3. RESISTENCIA

Indica la mayor o menor oposición de un cuerpo al paso de la corriente eléctrica. Gracias a los resistores podemos disminuir o fijar la el voltaje o la Intensidad. Depende de varios factores,

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Donde R es la resistencia, L es la longitud del conductor, S la sección del conductor y ρ la resistividad del material. Analizando la expresión, cuanto mayor sea la longitud

del hilo o mayor la sección del hilo conductor mayor será la resistencia.

La resistencia se mide en el sistema internacional en Ohmios (Ω). Para conocer su valor se utilizan los ohmímetros.

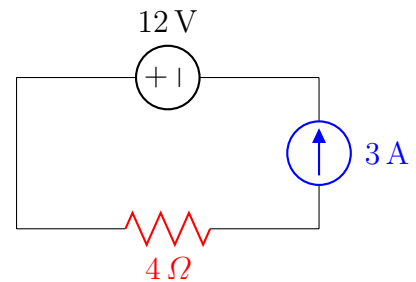
La **resistividad** es una característica del material que depende de la temperatura. Así, los metales tienen una resistencia eléctrica baja y los aislantes, como la madera, muy alta.

1.3. LEY DE OHM

La diferencia de potencial existente entre los dos extremos del conductor y la intensidad de corriente que lo atraviesa están directamente relacionados y así queda reflejado en la **Ley de Ohm**.

La intensidad de corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia del mismo.

$$I = \frac{V}{R}$$



1.4. LEY DE JOULE

Para este apartado nos vamos a centrar en los circuitos de corriente continua, no por que en los circuitos de corriente alterna no ocurran, si no por que las expresiones matemáticas para las magnitudes que vamos a desarrollar tienen un balance matemático bastante más complicado.

Cuando un circuito eléctrico se cierra, los electrones comienzan a moverse por él y continuamente se van chocando con los átomos del conductor, estos choques provocan un aumento de temperatura y se observa que se irradia al ambiente energía en forma de calor. Este efecto fue estudiado James Joule a mediados del siglo XIX quedando reflejado en la **Ley de Joule**, *el calor desprendido por un conductor cuando la corriente eléctrica lo atraviesa es directamente proporcional a la resistencia del conductor, al tiempo durante el que está circulando la corriente y al cuadrado de la intensidad que lo atraviesa.*

$$Q = 0,24 I^2 R t$$

Donde Q es el calor desprendido, I la intensidad de corriente, R la resistencia del conductor y t el tiempo. Si recordamos, un Julio de Energía se realciona con 0,24 calorías, de ahí que la Energía eléctrica que se ha disipado en calor equivale a:

$$\boxed{W = I^2 R t}$$

Por tanto, la Ley de Joule es el equivalente térmico de la transformación en Energía del apso de la corriente a través de un conductor. Como os habréis dado cuenta ☺, la unidad de la energía es el Julios (Joules) en honor a James Joule. En circuito eléctricos es muy común utilizar como unidad energética de medida el kilovatio-hora (kwh), **no es una unidad de potencia** y se relaciona con la unidad de Julios mediante la siguiente igualdad, $1 \text{ kwh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$. Así, si la batería de nuestro movil tiene un consumo de 200 vatios de potencia, en un hora, su consumo energético es $0,2 \text{ kwh}$.

Puesto que la potencia se define como la cantidad de Energía consumida por cada segundo, podemos sacar cuál es la potencia de un circuito eléctrico a partir de la Energía.

$$P = \frac{E}{t} = \frac{I^2 R t}{t} \Rightarrow \boxed{P = I^2 R = V I}$$

Gracias a la Ley de Ohm, tenemos dos expresiones para conocer la potencia que genera un circuito eléctrico, su unidad, como siempre, es el vatio (w).

1.5. APLICACIONES

1.5.1. LA LÁMPARA ELÉCTRICA

Es una de las mayores creaciones realizada jamás por el ser humano, gracias a ellas se puede iluminar los edificios o la noche en las ciudades. Es la forma más común de generar iluminación artificial.

- **Bombillas tradicionales:** Su funcionamiento se basa en el estudiado **Efecto Joule**. Constan de una ampolla de vidrio que encierra un filamento de Tungsteno (Wolframio), que al pasar la corriente eléctrica por él, se calienta produciendo luz y calor. Dentro de la ampolla de vidrio existe una atmósfera practicamente vacía en la que se encuentra un gas inerte, normalmente Argón, que impide que el filamento se inflame.

También se conocen con el nombre de **bombillas incandescentes**. Son muy ineficientes, irradian más calor que luz y su rendimiento está cerca de un 20 %.

- **Bombillas Halógenas:** En este caso, el gas encerrado en una capsula de cuarzo es un halógeno. Las temperaturas que pueden alcanzar son mayores y la eficiencia es mayor, está lampara da una mayor proporción de luz que la bombilla tradicional.
- **Tubos Fluorescentes:** Se basan en fenomenos espectroscópicos, no en el efecto Joule. Esta formado por un tubo de vidrio revestido de un material fosforescente, dentro del tubo se encuentran dos gases, vapor de mercurio y un gas inerte que contribuye a generar una presión más bajo en el tubo que la presión atmosférica.

Gracias a un alto voltaje, se ioniza el vapor de mercurio generando luz ultravioleta que provoca luz visible en el material fosforescente. Se conoce con el nombre de *Luz fría*. Su uso va cayendo poco a poco en favor de otras tecnologías.

- **Lámparas de Bajo Consumo:** Es un recurso optimizado de los tubos fluorescentes. Son más pequeñas por que doblan la superficie del tubo o lo enrollan en forma de espiral. Su eficiencia es mayor que las lámparas tradicionales pero la tecnología LED, por su calidad, está superando al resto de sus oponentes.
- **Lámparas LED:** Acrónimo de *Light Emitting Diode*, se conocen como lámparas de estado sólido. Éstas, producen luz gracias al flujo de electrones de una corriente eléctrica que atraviesa un material semiconductor. Los diodos de estas lámparas necesitan corriente continua, de ahí que tengan que incluir circuitos internos para transformar la corriente alterna que les llega.

El coste inicial de una lámpara LED es importante, pero por contra, su larga vida útil y su gran eficiencia energética, las hacen ser las lámparas más codiciadas hoy en día.

Para calcular el coste de la energía tenemos la expresión siguiente:

$$Coste = Potencia \cdot horas \cdot \frac{euros}{1000}$$

Sabiendo que un kilovatio-hora cuesta 0,09 euros, vamos a realizar una pequeña comparativa de las lámparas más utilizadas considerando luminosidades parecidas en cada tecnología y suponiendo un uso de 3000 horas anuales.

$$\text{Lámpara Tradicional} \Rightarrow Coste = 75W \cdot 3000 h \cdot \frac{0,09 \text{ euros}}{1000} = 20,25 \text{ Euros}$$

$$\text{Lámpara Bajo Consumo} \Rightarrow Coste = 20W \cdot 3000 h \cdot \frac{0,09 \text{ euros}}{1000} = 5,4 \text{ Euros}$$

$$\text{Lámpara LED} \Rightarrow Coste = 10W \cdot 3000 h \cdot \frac{0,09 \text{ euros}}{1000} = 2,7 \text{ Euros}$$

1.5.2. HORNO y CALEFACTOR

El horno o el calefactor son una aplicación directa del efecto Joule. En ellos, una material que soporta altas temperaturas se coloca como resistencia eléctrica que transfiere su calor a una placa o material conductora.

En el horno se calienta el aire encerrado en él y el calefactor se utilizan superficies reflectantes para direccionar el calor.

1.5.3. LA VITROCERÁMICA

En este caso, el material conductor es una lámina de vidrio. Sin embargo, el proceso de transferencia de calor en las vitroceramicas de inducción se produce por un campo magnético variable que provoca un movimiento de los electrones de un recipiente ferromagnético.

Con este sistema se tienen que utilizar sartenes, cazuelas u ollas cuya superficie sea ferromagnética. Para saber si es tiene esta propiedad, basta con acercar un imán al fondo del recipiente y si se queda pegado, será apta para su uso en la vitrocerámica de inducción.

1.5.4. EL MICROONDAS

El nombre que damos al aparato que utilizamos para calentar la comida proviene de las ondas electromagnéticas que utiliza. Las ondas electromagnéticas llamadas microondas, son capaces de excitar los enlaces de H—O que existen en la molécula de agua, provocando que esa agitación genere un aumento de la temperatura de las sustancias que metemos en el horno microondas. De ahí que si metemos una sustancia que no contenga ese enlace en su interior no sé caliente.

También hay que tener cuidado de no meter cuerpos metálicos entro del microondas ya que este material refleja las ondas, no las absorbe y puede dañar el generador de ondas del horno microondas.

1.5.5. MOTOR ELÉCTRICO

Son dispositivos que convierten energía eléctrica en energía mecánica gracias a la acción de campos magnéticos generados en sus bobinas. Se utilizan en electrodomésticos, ventiladores, juguetes, aeromodelismo,. Existen pequeños motores integrados en relojes y unidades de disco.

1.6. FUENTES ENERGÉTICAS

Fuentes energéticas son los recursos energéticos, capaces de ser aprovechados para su transformación en energía útil y en condiciones económicas rentables. En el siguiente cuadro podemos ver los tipos de energía renovables o no. El término renovable hace referencia a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables.

ENERGIAS RENOVABLES	ENERGIAS NO RENOVABLES
---------------------	------------------------

Biomasa	Carbón
Eólica	Gas natural
Geotérmica	Petroleo
Hidráulica	
Mareomotriz	
Solar	

Como vemos en ninguna de los aparece la energía nuclear. Esto es debido a que por una parte es renovable, si hablamos de fisión nuclear, y por otra es no renovable, si hablamos de la fusión nuclear.

1.6.1. LAS CENTRALES ELÉCTRICAS

La energía eléctrica es *relativamente* limpia ya que no produce residuos o contaminación, además puede transformarse fácilmente en energía mecánica o térmica y puede ser transportada, con seguridad y eficacia, hasta largas distancias.

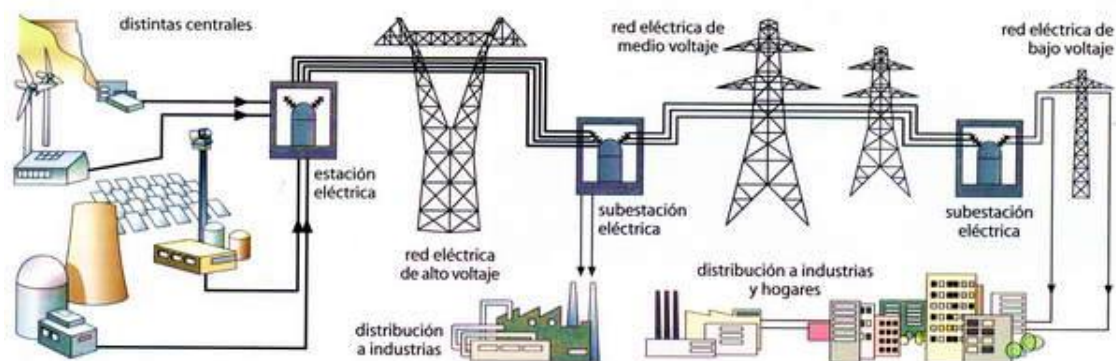
Se produce a gran escala en las centrales eléctricas y su impacto sobre el medio ambiente viene determinada por las materias primas utilizadas, agua, gas, uranio,...

El elemento básico de cualquier central eléctrica, exceptuando la solar fotovoltaica, es un **alternador** en cuyo eje se le acopla una **turbina** para hacerle girar. El movimiento de la turbina como consecuencia de la materia prima que incide sobre ella provoca el movimiento del eje del alternador y por tanto, la producción de la corriente alterna por inducción electromagnética.

Así, en función de la materia prima utilizada podemos tener centrales hidroeléctricas (caída del agua), térmicas (vapor de una combustión), nucleares (vapor por fisión nuclear), eólicas (viento), solares fotovoltaicas (sol) o geotérmicas (vapor de una caldera).

El transporte desde las centrales eléctricas se realiza con muy altos voltajes (10 kV) y en una primera estación transformadora se eleva hasta cientos de miles de voltios.

Su transporte se realiza mediante líneas de alta tensión hasta reducirse, en nuevas estaciones transformadoras próximas a los lugares de consumo, a la tensión de los 220 V que consumimos en nuestras viviendas.



1.7. PROBLEMAS RESUELTOS

1. Calcula la fuerza de atracción entre dos cargas de $9 \mu C$ y $-4 \mu C$ respectivamente que se encuentran separadas 2 centímetros en el vacío.

Lo primero es pasar a las unidades del sistema internacional las intensidades de las cargas y la distancia que existe entre ellas.

$$9 \cancel{\mu C} \frac{1 C}{10^6 \cancel{\mu C}} = 9 \cdot 10^{-6} C$$

$$-4 \cancel{\mu C} \frac{1 C}{10^6 \cancel{\mu C}} = -4 \cdot 10^{-6} C$$

$$2 \cancel{cm} \frac{1 m}{10^2 \cancel{cm}} = 0,02 m$$

Ahora, ya podemos aplicar directamente la Ley de Coulomb para hallar la fuerza que existe entre ambas cargas.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{9 \cdot 10^{-6} \cdot -4 \cdot 10^{-6}}{0,02^2} = -$$

Su valor es negativo por que como ya sabemos, si la fuerza es negativa indica que las cargas se atraen.

2. Determina la distancia a la que se encuentran separados dos cuerpos cargados con $9 mC$ cada uno si la fuerza de repulsión entre ellas vale $2 \cdot 10^4 N$.

Al igual que en el anterior problema, pasamos al sistema internacional las cargas, aplicamos la Ley de Coulomb y despejamos la distancia:

$$9 \cancel{mC} \frac{1 C}{10^3 \cancel{mC}} = 9 \cdot 10^{-3} C$$

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{F}{K q_1 q_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^{-3}}} = 0,165 m$$

3. Calcula la intensidad que circula por un dispositivo eléctrico de 160 Voltios y 100Ω .

Se trata de una aplicación directa de la Ley de Ohm.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{160}{100} = 1,6 A$$

4. Calcula la resistencia de una varilla de aluminio de 21 centímetros de longitud y 60 mm^2 de sección. Resistividad aluminio a 25°C $\rho = 2,82 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

Primero pasamos a unidades del sistema internacional los datos de longitud y sección del conductor.

$$21 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,21 \text{ m}$$

$$60 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Ahora, teniendo en cuenta la expresión de la resistencia de un conductor al paso de la corriente eléctrica,

$$R = \rho \frac{L}{S} = 2,82 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,21}{6 \cdot 10^{-5}} = 9,87 \cdot 10^{-5} \Omega$$

5. ¿Cuánto calor desprende una estufa eléctrica conectada a 120 V por la que pasan 5 amperios de corriente durante 40 segundos?

Al tener el conductor una resistencia a la corriente eléctrica, parte de la energía eléctrica se convierte en calor por la Ley de Joule.

$$Q = I^2 R t \xrightarrow{R=V/I} Q = IVt = 5 \cdot 120 \cdot 40 = 24000 \text{ Julios}$$

Donde hemos tenido en cuenta la Ley de Ohm para sustituir el valor de la resistencia del conductor por su relación con la intensidad de corriente y la tensión del circuito.

Al pedirnos el calor, normalmente este valor se da en unidad de calorías. Recordando la relación entre calorías y Julios,

$$Q = 24000 \text{ Julios} \cdot \frac{1 \text{ caloria}}{4,18 \text{ Julios}} = 5741,6 \text{ calorías}$$

6. Un frigorífico posee una potencia de 2000 w. Si cada kilovatio hora cuesta 30 céntimos, ¿cuánto dinero nos costará tenerlo encendido un día completo?

Recordamos que la unidad kwh pertenece a la magnitud Energía. Por tanto, teniendo en cuenta que $2000 \text{ w} = 2 \text{ kw}$ y que un día tiene 24 horas, la energía consumida en un día por el frigorífico es de,

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = Pt = 2 \cdot 24 = 48 \text{ kwh}$$

Si un kilowatio-hora nos cuesta 30 céntimos, entonces

$$\text{Coste} = 48 \text{ kwh} \cdot \frac{0,3 \text{ Euros}}{1 \text{ kwh}} = 14,4 \text{ Euros}$$