

*TEMA 3*  
*BATERÍAS, DÍNAMOS, MOTORES Y*  
*CONDENSADORES*

*III.1 Baterías*

*III.2 Dínamos*

*III.3 Motores de CC*

*III.4 Rendimiento energético*

*III.5 Condensadores eléctricos*

*III.6 Acoplamiento de condensadores*

*Cuestiones*

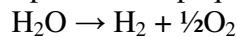
## III.1 BATERIAS

Se le llama **pila o batería** al dispositivo que genera energía eléctrica usando **procedimientos electroquímicos**. Las pilas son por tanto generadores estáticos de tensión, que transforman energía química en energía eléctrica.

Los procesos electroquímicos se producen siempre que se produce una reacción química de **reducción-oxidación**, es decir, en donde hay transferencia de electrones.

Ejemplos de oxidación:  $\text{Na}_2 \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{e}^-$        $\text{Fe} + \text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{O}^{2-}$

Un ejemplo de procedimiento electroquímico que interviene la corriente eléctrica es la **electrólisis** del agua. Al introducir 2 polos con tensión en agua, circulará una corriente, y observamos que se produce un pequeño burbujeo en ambos terminales, de  $\text{O}_2$  y de  $\text{H}_2$ .



Al introducir dos polos metálicos distintos en el **electrolito**, se producen dos reacciones electroquímicas, donde uno de los metales se oxida, mientras que el otro se reduce. Al producirse esta reacción química red-ox, se acumulan cargas eléctricas negativas en el **ánodo**, y cargas positivas en el **cátodo**. Esta migración de electrones se cuantifica en términos de potencial o tensión, y viene dado por el **potencial redox** de la reacción química. Este potencial cesará cuando los reactivos de la reacción química mengüen, y la reacción no pueda continuar.

Clasificamos las pilas en función de si la reacción química es **reversible** en:

- Pilas primarias o no recargables: pila de Volta, pila salina, pila de botón,...
- Pilas secundarias o recargables: acumulador de Pb, acumulador de Ni-Fe y de Ni-Cd.

Las pilas secundarias, también se llaman **acumuladores**, están basados en un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que meramente se transformen en otros, que a su vez puedan retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante el de carga.

### Acumulador de plomo (Pb):

Está constituido por dos electrodos, uno de óxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ) y otro de plomo metálico, el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Durante la descarga el óxido de plomo es reducido a sulfato de plomo, mientras que el plomo elemental es oxidado para dar igualmente sulfato de plomo. Los electrones intercambiados se aprovechan en forma de corriente eléctrica por un circuito externo.

En la descarga baja la concentración del ácido sulfúrico, porque se crea sulfato de plomo y aumenta la cantidad de agua liberada en la reacción. Como el ácido sulfúrico concentrado tiene una densidad superior a la del ácido sulfúrico diluido, la densidad del ácido puede servir de indicador para el estado de carga del dispositivo.

Durante el proceso de carga se invierten los procesos, el sulfato de plomo es reducido a plomo metal en el polo negativo, mientras que en el ánodo se forma óxido de plomo. Para recargar la batería de plomo, hay que acoplarla a una fuente de alimentación externa, con potencial estable y ligeramente superior a sus 12V de f.e.m. (15V aprox).

No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente, porque, cuando el sulfato de plomo forma cristales muy grandes, ya no responden bien a los procesos indicados, con lo que se pierde la característica esencial de la reversibilidad. Se dice entonces que el acumulador se ha sulfatado y es necesario sustituirlo por otro nuevo. Para evitar este proceso evitaremos que la batería se descargue por completo.

Para el correcto mantenimiento de este tipo de baterías, el nivel de electrolito debe mantenerse siempre por encima de sus electrodos, por lo que una pérdida de líquido por evaporación debe compensarse mediante el rellenado con agua destilada. Las más modernas baterías de válvula regulada evitan esta evaporación, que sólo liberan vapor si se sobrecalientan en exceso. Basta por tanto con medir la tensión en vacío y la corriente de descarga de la batería para comprobar su correcto funcionamiento.

#### Batería alcalina (Ni-Fe) y (Ni-Cd):

También denominada de ferroníquel, sus electrodos son láminas de acero en forma de rejilla con panales rellenos de óxido níqueloso (NiO), que constituyen el electrodo positivo, y de óxido ferroso (FeO), el negativo, estando formado el electrolito por una disolución de potasa cáustica (KOH). Durante la carga se produce un proceso de oxidación anódica y otro de reducción catódica, transformándose el óxido níqueloso en níquelico y el óxido ferroso en hierro metálico. Esta reacción se produce en sentido inverso durante la descarga.

#### Batería de Litio (Ión-Li):

Puesto que el Litio es el metal con mayor potencial y menor número atómico, se consiguen altas prestaciones. Además, pueden fabricarse con formas muy diversas y con una larga durabilidad. Como inconveniente principal está su precio, y la necesidad de incorporarle un sistema auxiliar que asegure que no se sobrecarguen y se descompongan.

#### Parámetros de un acumulador:

- La fuerza electromotriz (f.e.m.) en voltios. Viene fijado por el potencial de reducción del par redox utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento. Si queremos conseguir potenciales más elevados, habremos de acoplar varios elementos o celdas en serie. En los acumuladores de plomo conseguimos 12V acoplando 6 celdas en serie.

- La intensidad nominal o corriente que puede suministrar el elemento, medida en amperios (A).
- La capacidad o carga eléctrica (Q), se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en Amperios-hora (Ah). La unidad SI es el coulomb (C).  $Q = I \cdot t$
- La energía almacenada se mide habitualmente en Watios-hora (Wh); la unidad SI es el Julio (J).  $E = P \cdot t$  o  $E = Q \cdot V$
- La resistencia interna (r), debido a la resistencia al paso de la corriente del electrolito y del resto de elementos internos de la batería.
- Profundidad de descarga: Porcentaje de descarga antes de iniciarse la sulfatación.
- Otra de las características importantes de un acumulador es su masa o su peso, y la relación entre ella y la capacidad eléctrica (Ah/kg) o la energía (Wh/kg) que puede restituir.

Tabla comparativa de los diferentes tipos de acumulador:

Tipo	Energía / peso	Tensión por elemento o celda (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes
Plomo	50 Wh/kg	2 V	20-30	8-16h	5 %
Ni-Cd	80 Wh/kg	1,25 V	500	1h	30%
Li-ion	160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	10 %

**Ejercicio 1: Si una batería de 12V tarda 14 horas en cargarse y consume 60mA, calcula:**

**a) la capacidad de carga de la batería, en Amperios-hora y en Coulombios.**

**b) la energía que almacena, en Watios-hora y en Julios.**

**c) Si la batería pesa 180 gramos. Calcula, la relación energía/peso y carga/peso.**

## EJERCICIOS III.1: Baterías

**Alumno:**

**Grupo:**

1.- Una batería alcalina (mirar tabla) que pesa 0,3 kg aporta una tensión de 5V.

a) ¿De cuántas celdas o elementos se compone la batería?

b) ¿Cuánta energía es capaz de acumular?

2.- Una batería de un portátil puede funcionar 4 horas aportando 35 mA a 10V de tensión. Calcula:

a) La capacidad de carga de la batería.

b) La energía acumulable.

3.- Para recargar la batería del coche tenemos que dejarla recargando 2 horas a 12V. Calcula la carga que acumulará en A-h y en coulombios, si medimos la corriente que consume la batería en 0,12 A.

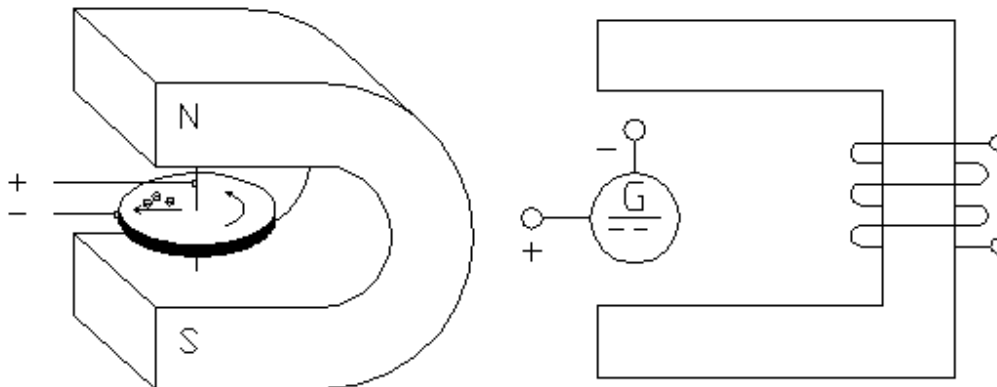
4.- La batería de Litio (mirar tabla) de un móvil pesa unos 50 gramos. Si el móvil consume una potencia media de 500 mW. ¿Cuánto tiempo durará la batería antes de descargarse?

5.- Una batería tiene una capacidad de 780 Ah, y una fuerza electromotriz de 24V. Si la hacemos trabajar con un receptor que consume 2KW a 24V, ¿cuánto tiempo durará la batería hasta que se descargue y cuanta energía ha generado?

## III.2 DINAMOS

Las **dinamos** son generadores de corriente continua, es decir, son unos dispositivos capaces de aportar tensión y corriente a un circuito. Son los causantes del movimiento de los electrones. Sin embargo, a diferencia de las baterías, no se produce ninguna reacción química en su interior. Las dinamos convierten energía mecánica (movimiento) en energía eléctrica. Para hacer esta conversión utiliza internamente unos imanes móviles para crear una corriente eléctrica. Veamos de forma simplificada como funciona la primera dinamo que se inventó.

### Antecedentes: el disco de Faraday



Michael Faraday descubrió que un conductor eléctrico (disco metálico) moviéndose **perpendicularmente** a un campo magnético generaba una diferencia de potencial. Aprovechando esto, construyó el primer generador electromagnético, el disco de Faraday, empleando un disco de cobre que giraba entre los extremos de un imán con forma de herradura, generándose una pequeña corriente continua.

La dinamo no tiene capacidad de carga, como las baterías, pues funcionará mientras se esté moviendo el disco. La tensión que aporta una dinamo depende de dos factores, de la potencia del imán, y de la velocidad con la que gire el disco. En la práctica, el imán que se utiliza en las dinamos es un **electroimán** alimentado con la tensión generada por la dinamo.

Internamente la dinamo está compuesta por conductores y por imanes, que al paso de la corriente eléctrica, ofrecen resistencia. Al conjunto de estas resistencias las representamos mediante una **resistencia interna**. Si la dinamo es **ideal**, no ofrece ninguna resistencia, y esta vale cero.

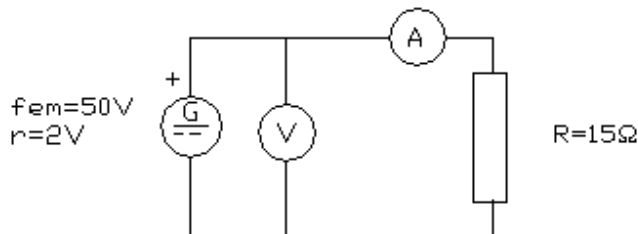
Hay que diferenciar entre la tensión generada internamente por la dinamo, que llamamos fuerza electromotriz (fem), y la generada realmente en los terminales del mismo. La resistencia interna crea una caída de tensión interna que reduce la tensión realmente generada. Sólo cuando la corriente es nula ambas magnitudes se igualan. Matemáticamente los representamos como:

$$V_{ext} = fem - I \cdot r$$

donde  $V$  es la tensión externa en bornes del generador,  $I$  es la corriente que suministra y  $r$  la resistencia interna.

La **potencia eléctrica generada** por un generador se obtiene como:  $P_{ele} = V_{ext} \cdot I$

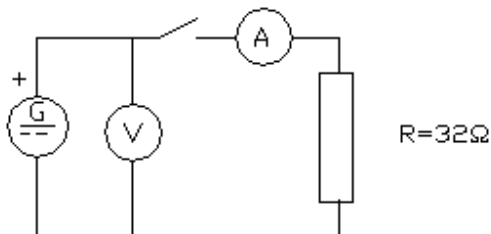
**Ejercicio 1: Obtén la medida del voltímetro y del amperímetro**



**Ejercicio 2: Calcula la potencia eléctrica generada por el generador.**

**Ejercicio 3: Para conocer los valores de fuerza electromotriz y resistencia interna de un generador de CC, medimos la tensión e intensidad en vacío y en carga.**

	Voltímetro	Amperímetro
<b>En vacío (interruptor abierto)</b>	<b>12 V</b>	<b>0 mA</b>
<b>En carga (interruptor cerrado)</b>	<b>11,77914 V</b>	<b>368 mA</b>



### EJERCICIOS III.2: Dinamos

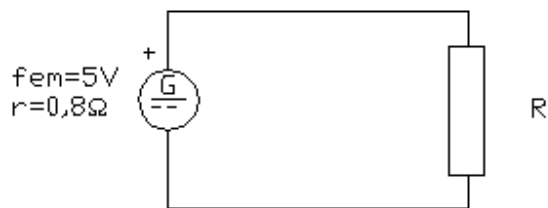
Alumno:

Grupo:

1.- Conectamos una carga de  $50\Omega$  a un generador de CC que tiene una fem de  $24V$  y una resistencia interna de  $0,8\Omega$ . Calcula la intensidad y la tensión aplicada a la carga.

2.- Si al montaje del ejercicio anterior le conectamos otra carga de  $100\Omega$  en serie con la primera, dibuja el circuito resultante y calcula la tensión aplicada a la primera carga.

3.- Calcula la diferencia de potencial que aparece en la carga para los siguientes valores de resistencia:

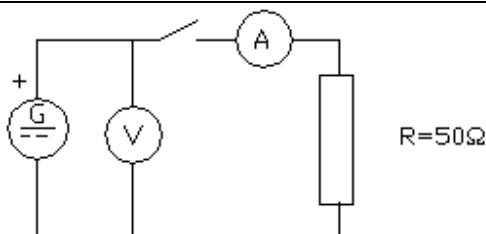


Resistencia	Corriente	Potencial
$1\Omega$		
$10\Omega$		
$100\Omega$		
$1K\Omega$		

¿Para qué valor de corriente crees que el potencial valdrá  $5V$ ?

4.- Obtén los valores de fuerza electromotriz y resistencia interna de un generador de CC a partir de los valores de tensión e intensidad en vacío y en carga.

	Voltímetro	Amperímetro
En vacío (interruptor abierto)	$24 V$	$0 mA$
En carga (interruptor cerrado)	$23,077V$	$461,538 mA$



5.- Calcula la potencia eléctrica desarrollada por el generador del problema anterior, con el circuito abierto y cerrado.



### III.3 MOTORES DE CC

Un **motor de corriente continua** es una máquina capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica o motriz. Internamente es idéntico a un generador de CC: está compuesto de un elemento conductor situado en el seno de un campo magnético creado por un electroimán. Al aplicar una tensión externa, pasa la corriente eléctrica y se crea un **par de fuerzas** que hace girar al disco.

Decimos que un motor y un generador son **máquinas reversibles**, es decir, que un generador puede trabajar como motor si le aplicamos tensión, y un motor puede trabajar como generador si aplicamos una fuerza externa para hacerlo girar.

Las partes internas de un motor son las mismas que las de un generador: distinguimos el **estator**, como la parte fija que no se mueve, y el **rótor**, como la parte móvil del motor. En el estator tenemos el electroimán **inductor** del campo magnético, y en el rótor tenemos el conductor que es el **bobinado inducido**.

Para que empiece a girar el motor, tenemos que aplicarle tensión a los dos bobinados (rótor y estator), de forma que circule corriente por ambos, esto se realiza desde la **caja de bornas**. Sin embargo, para poder introducir la corriente en el rótor, que está en movimiento, utilizaremos un **colector de delgas**, que consiste en un mecanismo de anillos y escobillas rozantes. Este mecanismo produce chispas y se desgasta, siendo una causa frecuente de averías de este tipo de motores.

Acoplado al rótor encontramos un **ventilador** de refrigeración, unos **rodamientos** y la **transmisión** mecánica del par de fuerzas. Esta transmisión puede ir directamente acoplada a la carga o mediante un sistema mecánico con embrague y/o reductor de velocidad, por engranajes, correas, piñones, cadenas...

Al circular corriente por el inducido y provocar el giro, el motor comienza a funcionar como un generador que se opone al paso de la corriente eléctrica. A esta fuerza eléctrica de oposición la llamamos **fuerza contra-electromotriz (fcem)** y también la medimos en voltios. Además, al igual que en los generadores, los motores también tiene resistencia interna. Así, la tensión en bornes del generador se relaciona con la intensidad mediante:

$$V_{ext} = fcem + I \cdot r$$

donde  $V_{ext}$  es la tensión en bornes,  $r$  la resistencia interna e  $I$  la corriente que lo recorre.

Hay que diferenciar entre la **potencia mecánica** desarrollada por un motor, y la **potencia eléctrica** consumida. La potencia mecánica se suele medir en caballos de vapor (CV) o en KW, donde  $1CV = 736W$ , mientras que la potencia eléctrica siempre se mide

en KW. La potencia mecánica siempre será inferior a la potencia eléctrica, por el principio de conservación de la energía. Ambas potencias se obtienen como:

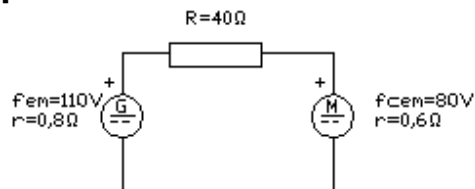
$$P_{mec} = f_{cem} \cdot I$$

$$P_{ele} = V_{ext} \cdot I$$

La potencia mecánica desarrollada por un motor también se puede obtener a partir del par motor y de la velocidad de giro:

$$P_{mec} = T \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n \quad \text{donde } T \text{ es el par motor en N}\cdot\text{m, y } n \text{ es la velocidad en r.p.m.}$$

**Ejercicio 1: Calcula la corriente que circula por el circuito, la potencia eléctrica desarrollada por el generador y la potencia mecánica desarrollada por el motor.**



**Ejercicio 2: Un motor pone en su placa de características 230Vcc y 2CV. Cuando trabaja a plena potencia consume una corriente 8A.**

- Calcula la potencia eléctrica consumida y compárala con la potencia mecánica desarrollada.
- Obtén el valor de la fuerza contraelectromotriz.
- Calcula el par de fuerza que ejerce el motor a plena potencia si gira a 1500 rpm.

### EJERCICIOS III.3: MOTORES DE CC

**Alumno:**

**Grupo:**

1.- Un motor trabajando a plena carga opone una fuerza contra electromotriz de 75V y la resistencia interna de sus elementos es de 2,5  $\Omega$ . ¿Qué tensión hemos aplicado en sus extremos si la intensidad consumida es de 3 A?

2.- Un motor de CC que sirve para mover un ventilador, está conectado a una red de 110V de CC. En régimen permanente, su  $f_{cem}$  es de 105V. ¿Qué corriente consume si su resistencia interna es de 3 $\Omega$ ?

3.- Calcula la potencia eléctrica consumida y la potencia mecánica desarrollada por el motor del ejercicio anterior. Calcula el par motor desarrollado si gira a 750 rpm.

4.- Un motor de CC tiene una potencia nominal de 5 CV, una tensión nominal de 220V y una corriente nominal de 20 A. ¿Qué fuerza contraelectromotriz opone el motor? ¿Cuánta resistencia interna tiene el motor?

5.- Un motor eléctrico desarrolla un par motor de 23 N·m girando a 1500 rpm, y consume 17 A aplicándole una tensión externa de 230V.

- a) ¿Qué potencia eléctrica consume?
- b) ¿Qué potencia mecánica desarrolla?
- c) ¿Cuánta  $f_{cem}$  opone el motor?

## III.4 RENDIMIENTO ENERGÉTICO

Llamamos **rendimiento energético** a la porción o porcentaje de energía o potencia que se aprovecha de una transformación. La energía entrante se suele llamar **energía o potencia absorbida** o generada, a la energía aprovechada **energía o potencia útil** y a la energía no aprovechada como **energía o potencia de pérdidas**. Donde:

$$E_{\text{absorbida}} = E_{\text{útil}} + E_{\text{pérdidas}} \quad \text{y en potencias: } P_{\text{absorbida}} = P_{\text{útil}} + P_{\text{pérdidas}}$$

El rendimiento se expresa matemáticamente como:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{absorbida}}} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{absorbida}}}$$

Veamos dos de las transformaciones más frecuentes en electrotecnia:

Motor eléctrico de CC: Transforma potencia eléctrica en potencia mecánica. La potencia absorbida o eléctrica es  $P_{\text{abs/ele}} = V_{\text{ext}} \cdot I$ . La potencia útil o mecánica, que aparece en la placa de características, coincide con la potencia eléctrica consumida por la fuerza contra electromotriz  $P_{\text{útil/mec}} = f_{\text{cem}} \cdot I$ . La potencia de pérdidas se calcula como el calor disipado por efecto Joule por la resistencia interna  $P_{\text{pérdidas/joule}} = I^2 \cdot r$ .

Generador de CC: Transforma potencia mecánica en eléctrica. En este caso la potencia absorbida es la mecánica  $P_{\text{abs/mec}} = f_{\text{em}} \cdot I$ , la útil es la eléctrica generada  $P_{\text{útil/ele}} = V_{\text{ext}} \cdot I$  y la de pérdidas es la disipada por efecto Joule por la resistencia interna.

Pila electroquímica: Transforma energía electroquímica en energía eléctrica. La potencia absorbida o generada es la electroquímica  $P_{\text{abs/qui}} = f_{\text{em}} \cdot I$ , la útil es  $P_{\text{útil/ele}} = V_{\text{ext}} \cdot I$  y la de pérdidas es  $P_{\text{pérdidas/joule}} = I^2 \cdot r$ .

**Ejercicio 1: ¿Qué corriente consume un motor de CC de 2CV/230V/ $\eta=0,89$ ?**

**Ejercicio 2: Un motor de CC de 4 CV tiene una resistencia interna de 4 $\Omega$  y consume una corriente de 3,5 A. Calcula el rendimiento.**

## EJERCICIOS III.4: Rendimiento energético

Alumno:

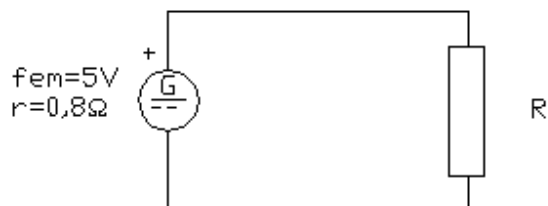
Grupo:

1.- Un motor eléctrico de CC de 4 CV se alimenta de una red de 600V y consume 5,7A. Calcula la potencia absorbida, útil y el rendimiento del motor.

2.- ¿Qué corriente consume un motor de CC de 6CV a 250V si su rendimiento es del  $\eta=86\%$ ? ¿Qué potencia disipa en forma de calor? ¿Qué fuerza contra-electromotriz opone el motor?

3.- Un generador con fem de 24V, y resistencia interna de  $0,5\Omega$ . Calcula el rendimiento del generador cuando genera 0,75 A. ¿Y cuando genera 60 mA?

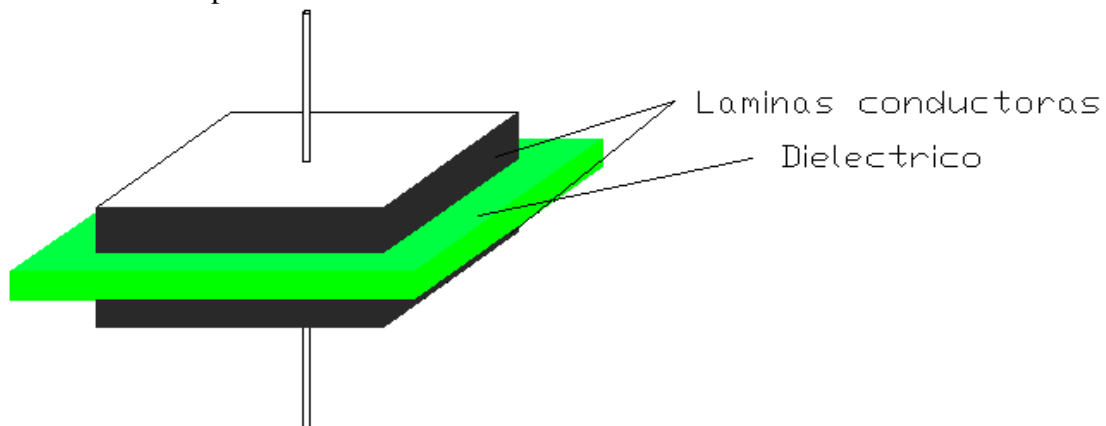
4.- Calcula el rendimiento del generador para las siguientes cargas:



Resistencia	I	$P_{\text{útil}}$	Rendimiento
$0,1\Omega$			
$1\Omega$			
$10\Omega$			

## III.5 CONDENSADORES

Un **condensador eléctrico** es un componente compuesto por dos superficies metálicas paralelas separadas entre sí por un material aislante o dieléctrico. Debido a este material aislante, el condensador no deja pasar corriente eléctrica a través suyo, sin embargo, al aplicarle una diferencia de potencial entre sus bornes, se **acumulan cargas** eléctricas en sus placas.



La cantidad de carga eléctrica que se puede acumular en un condensador viene determinado por la tensión que se le aplica y por una propiedad del condensador que llamamos “capacidad”. La capacidad se representa por  $C$  y se mide en Faradios (F).

$$C = \frac{Q}{V}$$

La **capacidad** de un condensador depende de la geometría del mismo y del aislante o dieléctrico que pongamos entre las placas. Así:

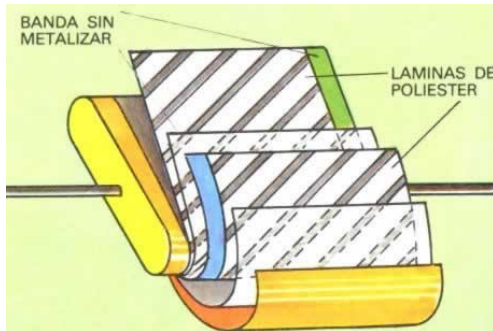
$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d} \quad \epsilon_0 = 8,44 \cdot 10^{-9} \text{ F/mm}$$

donde  $S$  es la superficie en  $\text{mm}^2$ ,  $d$  es la distancia entre las placas en mm,  $\epsilon_0$  es la constante dieléctrica del vacío y  $\epsilon_r$  es la constante dieléctrica relativa del material.

Material	$\epsilon_r$	Material	$\epsilon_r$
Aire / vacío	1	Ebonita	3,2
Petróleo	2	Poliéster	3
Aceite mineral	2,2	Mica	5
Parafina	1,9	Porcelana	6
Papel	2,8	Vidrio	8

**Ejercicio 1: Un condensador compuesto por dos placas de  $500 \text{ mm}^2$ , están separadas por una capa de parafina de 5 mm de espesor. Calcula la capacidad de dicho condensador. Calcula la carga que se acumula en sus placas si le aplicamos 12V de tensión.**

Atendiendo al material dieléctrico utilizado clasificaremos los **tipos de condensadores** más frecuentes en: condensadores de papel impregnado o de papel metalizado (se fabrican enrollando finas láminas de aluminio separadas por papel impregnado de cera o aceite), condensadores de plástico, cerámicos o de mica, y los condensadores electrolíticos (internamente son muy diferentes del resto, se construyen sumergiendo una lámina de aluminio y otra de plomo en una solución de cloruro de amonio, consiguiendo mayores capacidades, pero presentan el inconveniente de tener polaridad, es decir, si se invierte la polaridad se perforan).



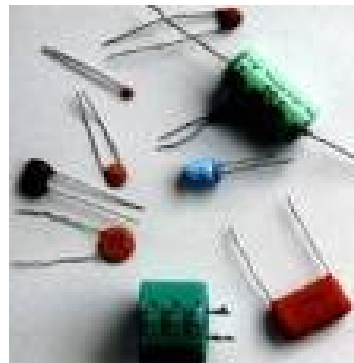
*Condensador de papel metalizado*



*Condensador electrolítico*



*Condensador de película*



*Condensadores varios*

En la selección de un condensador tendremos en cuenta no sólo la **capacidad** del condensador, sino la **tensión de trabajo** y de perforación. Si al condensador le aplicamos una tensión superior a la nominal, podemos superar la rigidez dieléctrica del material aislante, y perforarlo eléctricamente, dejando el condensador inservible.

Las aplicaciones de los condensadores son muy variadas:

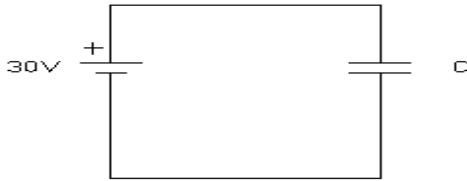
- en electrónica tienen la función de amortiguar las variaciones bruscas de tensión por lo que se utilizan para estabilizar la señal eléctrica.
- en corriente alterna sirven para reducir la intensidad que consumen los motores y las lámparas de descarga, compensando el retraso que provocan las bobinas.
- también sirven para poder conectar un motor trifásico a una red eléctrica monofásica, o para arrancar un motor monofásico con bobinado auxiliar.

## EJERCICIOS III.5: Condensadores

Alumno:

Grupo:

1.- Calcular la carga acumulada en el condensador C si la capacidad es de  $250\mu\text{F}$ .

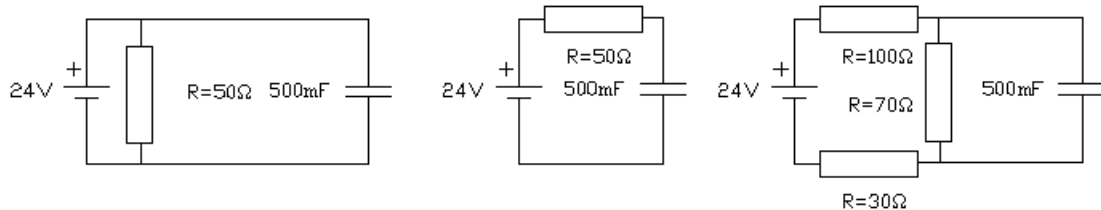


2.- ¿Cuál es la tensión que hay en bornes de un condensador de capacidad  $75\mu\text{F}$  si la carga acumulada es de  $3\text{mC}$ ?

3.- Calcula la capacidad de un condensador compuesto por dos placas de  $7000\text{mm}^2$  separadas  $4\text{mm}$  por una capa de aire. ¿Qué carga se acumula si le aplicamos  $24\text{V}$ ?

4.- Si queremos cargar un condensador de mica cuyas placas de  $1000\text{mm}^2$  están separadas  $0,1\text{mm}$  con  $5\text{mC}$ , ¿Qué tensión tenemos que aplicarle?

5.- Calcula la carga que se acumula en los siguientes condensadores:





## III.6 ACOPLAMIENTO DE CONDENSADORES

Dos o más condensadores se pueden acoplar en serie, paralelo o mixto, tal y como hacen las resistencias.

Cuando dos condensadores se acoplan en **paralelo**, sabemos que la tensión que hay en sus terminales es la misma, por lo que podemos escribir:  $V_{eq} = V_1 = V_2 = V_3$

Además sabemos que la carga equivalente será la suma cada uno:  $Q_{eq} = Q_1 + Q_2 + Q_3$

Y sustituyendo cada carga por  $Q = V \cdot C$  obtenemos

$$V_{eq} \cdot C_{eq} = V_1 \cdot C_1 + V_2 \cdot C_2 + V_3 \cdot C_3 \text{ y eliminando las } V \text{ queda } C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

Cuando dos condensadores están acoplados en **serie**, sabemos que la carga que hay en cada condensador es la misma, por lo que podemos escribir  $Q_{eq} = Q_1 = Q_2 = Q_3$

Y también sabemos que la tensión es la suma de cada una:  $V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3$

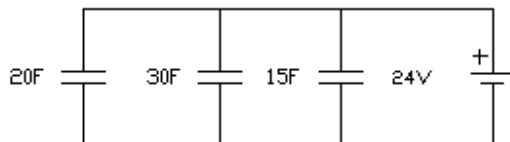
Y sustituyendo cada tensión por  $V = \frac{Q}{C}$  obtenemos

$$\frac{Q_{eq}}{C_{eq}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} \text{ y puesto que todas las cargas son iguales, las eliminamos, dejando}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \text{ o bien } C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

En caso de circuitos **mixtos**, aplicaremos las fórmulas de circuito serie y paralelo alternativamente hasta obtener la capacidad total del circuito.

**Ejercicio 1: Calcular la capacidad total y la carga total acumulada.**



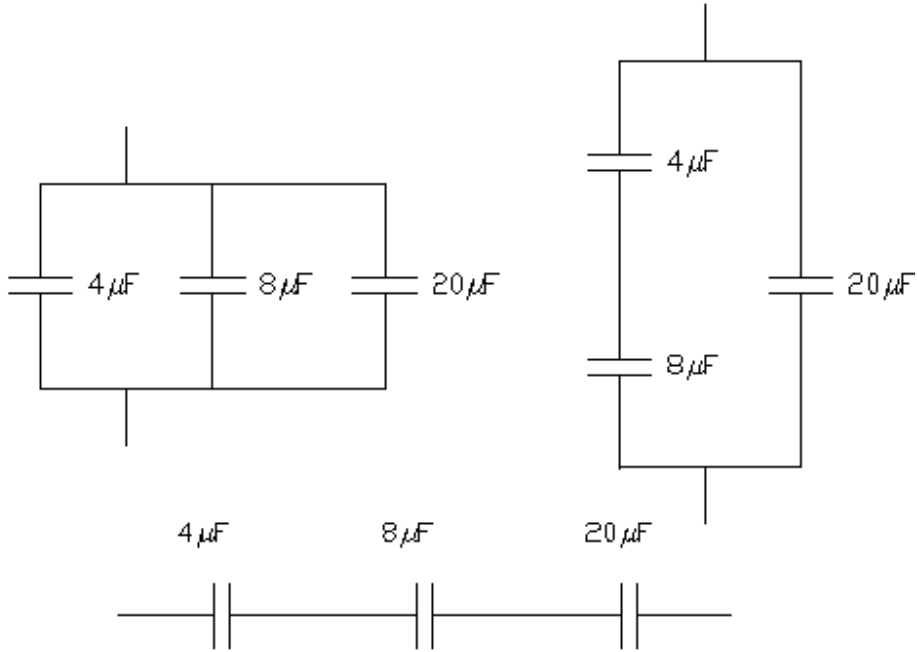
**Ejercicio 2: Si a dos condensadores en serie de 4  $\mu\text{F}$  y 8  $\mu\text{F}$ , le aplicamos 24V. ¿Qué tensión y carga aparece en cada condensador?**

### EJERCICIOS III.6: Acoplamiento de condensadores

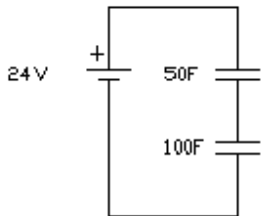
Alumno:

Grupo:

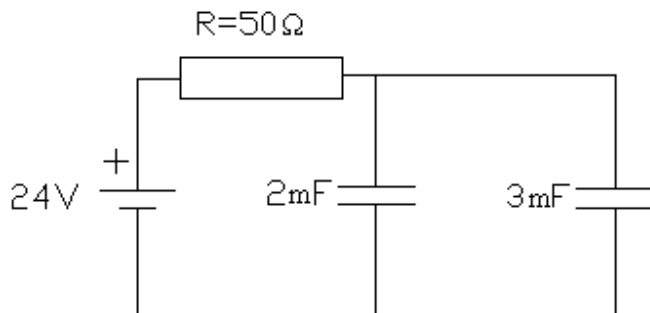
1.- ¿Cuál es la capacidad total de las siguientes asociaciones de condensadores?



2.- Calcula la tensión y la carga que aparece en cada condensador.



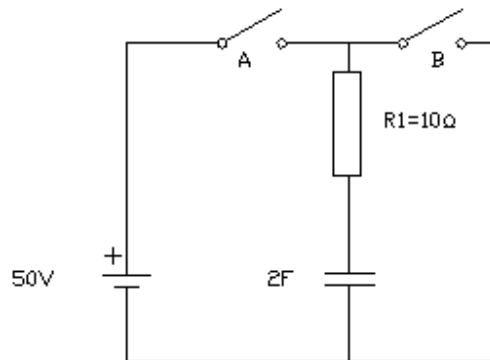
3.- Calcula la carga que se acumula en cada condensador y la total acumulada.



4.- Diseña la asociación de condensadores necesaria para conseguir  $12\ \mu\text{F}$  con condensadores de  $8\ \mu\text{F}$ .

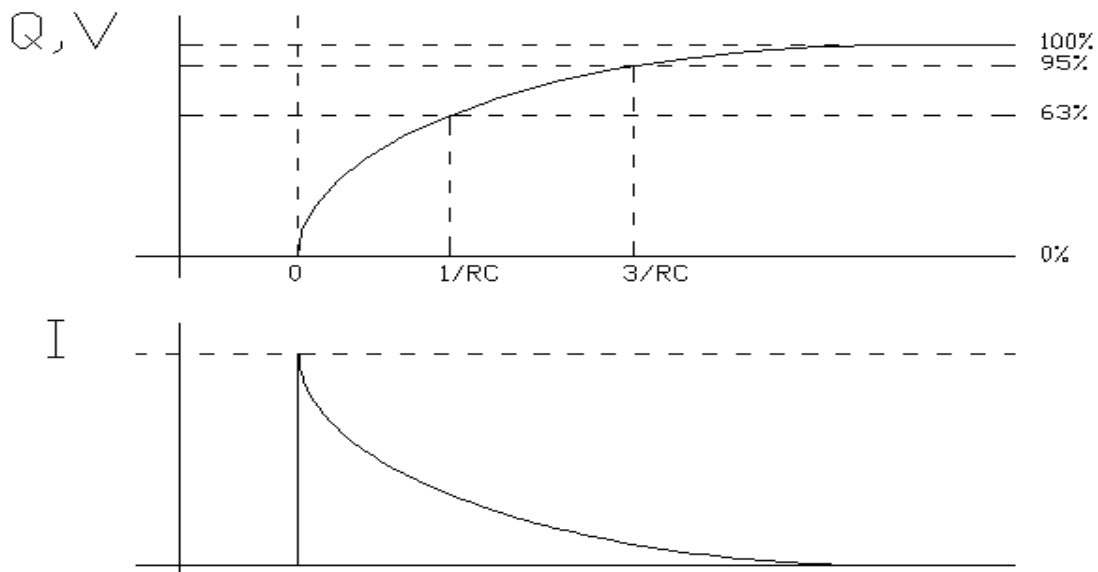
## III.A PROCESO DE CARGA Y DESCARGA

A continuación analizamos el proceso de carga y descarga de un condensador.



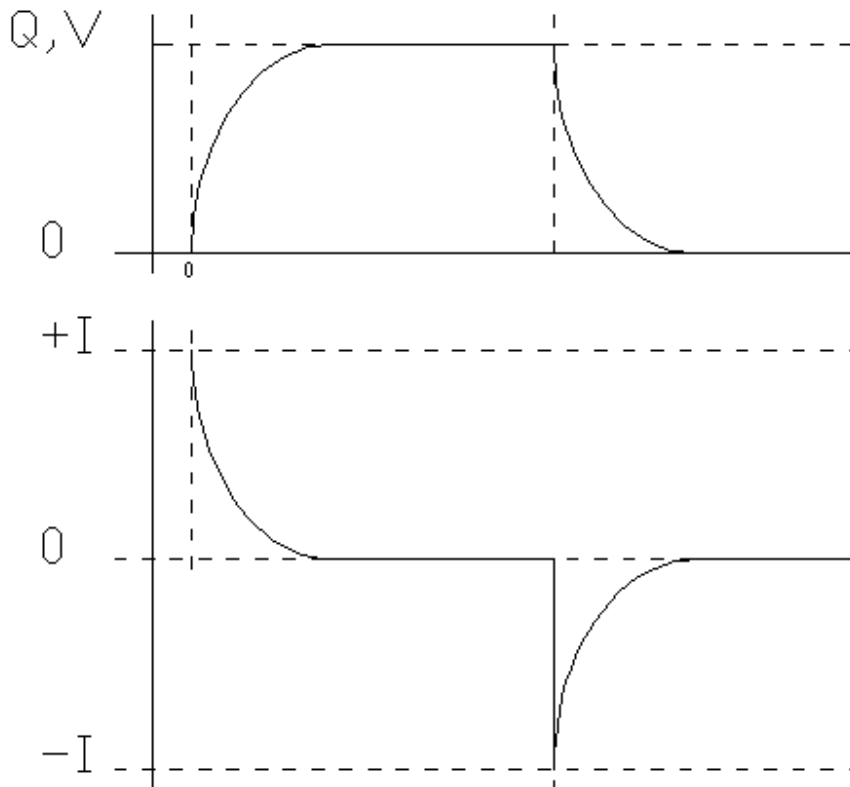
Al principio, cuando los dos interruptores están abiertos, la corriente que circula por la resistencia y por el condensador es nula, y la carga acumulada en el condensador es cero, pues  $Q = C \cdot V = 2 \cdot 0 = 0 \text{ C}$ .

Al cerrar el interruptor A, le aplicamos una tensión de 50V al condensador, por lo que por el condensador se carga con una carga de  $Q = C \cdot V = 2 \cdot 50 = 10 \text{ C}$ . Sin embargo, este proceso de carga no es instantáneo. Puesto que la carga del condensador se puede calcular integrando la intensidad por el tiempo, y dicha intensidad va disminuyendo a medida que el condensador esté cargado, la curva de corriente y carga se representa por:



Ahora abrimos el interruptor A, dejando el condensador cargado, puesto que no existe ningún circuito por el que se pueda descargar. El potencial en bornes del condensador sigue siendo 50V.

Al cerrar el interruptor B, la carga acumulada en el condensador se descarga a través de la resistencia, volviendo a su estado original descargado y sin tensión. En este caso ocurre el proceso inverso, tal como vemos reflejado en la curva siguiente.



Tanto el proceso de carga como de descarga siguen una curva exponencial, donde al principio del proceso la corriente que circula es máxima reduciéndose ésta de forma amortiguada. Este proceso tiene una duración infinita, pues nunca se alcanza el 100% del valor final, sin embargo, se considera terminado el proceso de carga o descarga cuando la carga alcanza el 95% de su valor final. Esto ocurre en un tiempo  $3\tau$  (3 veces el tiempo propio del sistema), que en este caso vale  $\frac{3}{RC}$ .

### CUESTIONES TEMA 3: MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

Haz una redacción de al menos 100 palabras con cada uno de los siguientes temas:

- 1.- Principio de funcionamiento de las baterías electroquímicas. Clasificación. Parámetros de los acumuladores.
- 2.- Dínamos: principio de funcionamiento (el disco de Faraday), elementos constituyentes, fuerza electromotriz y resistencia interna. Rendimiento.
- 3.- Motor de corriente continua: principio de funcionamiento y fuerza contra-electromotriz, partes de un motor. Rendimiento.
- 4.- El condensador eléctrico: composición interna, características, aplicaciones, tipos, proceso de carga y descarga...

## FORMULARIO TEMA 3 MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

Baterías:  $Q = I \cdot t$        $E = P \cdot t$        $E = Q \cdot V$

Generador:

$$V_{ext} = fem - I \cdot r$$

Motor:

$$V_{ext} = fcem + I \cdot r$$

Rendimientos:

$$E_{absorbida} = E_{util} + E_{perdidas} \quad P_{absorbida} = P_{util} + P_{perdidas}$$

$$\eta = \frac{E_{util}}{E_{absorbida}} = \frac{P_{util}}{P_{absorbida}}$$

$$1CV=736W$$

Motor:

$$P_{abs/ele} = V_{ext} \cdot I$$

$$P_{util/mec} = fcem \cdot I = T \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n$$

$$P_{perdidas/joule} = I^2 \cdot r$$

Generador:

$$P_{abs/mec} = fem \cdot I$$

$$P_{util/ele} = V_{ext} \cdot I$$

$$P_{perdidas/joule} = I^2 \cdot r$$

Batería:

$$P_{abs/qui} = fem \cdot I$$

$$P_{util/ele} = V_{ext} \cdot I$$

$$P_{perdidas/joule} = I^2 \cdot r$$

Condensadores:

$$Q = C \cdot V$$

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$$

$$\epsilon_0 = 8,44 \cdot 10^{-9} \text{ F/mm}$$

Serie:

$$Q_{eq} = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

Paralelo:

$$V_{eq} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$Q_{eq} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

Material	$\epsilon_r$	Material	$\epsilon_r$
Aire	1	Ebonita	3,2
Petróleo	2	Poliéster	3
Aceite mineral	2,2	Mica	5
Parafina	1,9	Porcelana	6
Papel	2,8	Vidrio	8