PROBLEMAS Y TEORÍA DE CAPACITORES PLANOS.

INTRODUCCIÓN:

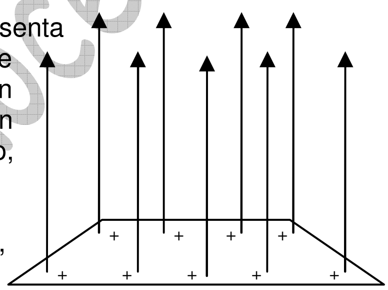
Este desarrollo pretende hacer un estudio acabado de los ejercicios en los cuales se analizan propiedades de los capacitores planos, estos problemas son propuestos con mucha frecuencia en los parciales y finales, es por ello que trataremos de presentar varias alternativas que posibiliten lograr la solución correcta de estas preguntas.

Naturalmente no es posible crear “problemas tipo”, pero con estos análisis razonados, que de alguna manera son problemas tipo estaremos en condiciones de encarar cualquier pregunta.

1.- **Cargas en un plano conductor infinito**.

Cuando se colocan cargas positivas en un cuerpo conductor, estas cargas se distribuyen en la superficie de manera que se tendrá una distribución uniforme.

Si se trata de una lámina metálica, es decir, una placa, las cargas tomarán posiciones en la superficie superior e inferior de manera que la distribución sea uniforme.



Supongamos que en la figura de la derecha se representa una placa conductora cargada. Vemos en la misma que aparecen líneas de fuerza que se originan en la placa y tiene un sentido hacia arriba. También existen líneas de fuerza que tienen sentido hacia abajo, partiendo de la parte inferior del plano, pero, en la figura no se colocaron para lograr mayor claridad.

Si colocáramos una carga positiva cerca de la placa, veríamos que se movería hacia arriba con un movimiento acelerado porque las cargas que están ubicadas sobre la placa, y que generan el campo eléctrico indicado, la rechazan.

Naturalmente, si el plano estuviese cargado con cargas negativas se produciría el mismo esquema de campo electrostático, pero las líneas de campo eléctrico (o líneas de fuerza) tendrían sentido opuesto.

2.- **Campo eléctrico generado por el plano conductor cargado**

El plano genera un campo eléctrico, un campo de energía potencial que se pondrá de manifiesto cuando se coloque una carga eléctrica dentro del campo, el movimiento de la carga dará la pauta de la existencia del campo de energía que llamaremos campo eléctrico. De alguna manera podemos comparar el campo eléctrico creado por la placa con el campo gravitatorio de la tierra. En efecto, la tierra genera a su alrededor un campo de energía que llamamos campo gravitatorio, este campo siempre existe pero solo se puede notar cuando se coloca una masa, entonces se observa que dicha masa es atraída hacia la tierra y que está afectada por una energía potencial.

Las propiedades más importantes del campo electrostático generado por el plano conductor infinito cargado son:

1. Las **líneas de fuerza** son **paralelas**.
2. Tienen un **alcance** ilimitado (**infinito**)
3. El **valor numérico** de la **intensidad** del campo es **constante** para todos los puntos del campo.

3.- **Valores numéricos:**

Para cuantificar el campo eléctrico de la lámina debemos definir un valor conocido como **densidad superficial de carga (**σ**).**

Definimos como densidad superficial de carga (σ) a la cantidad de cargas que se agrupan en una unidad de superficie de placa, es decir:

$$\sigma = Q / S \quad \text{o bien} \quad \sigma = \frac{Q}{S}$$

Siendo:

σ la densidad superficial de carga.
Q: la carga total de la placa
S la superficie de la placa

Según la definición vemos que la unidad de σ estará expresada en Coulomb/m²

Con la definición anterior podemos definir el valor de la intensidad del campo eléctrico en un punto, en efecto, se puede demostrar que el valor del campo eléctrico E producido en cualquier punto del espacio por la placa es:

$$E = \sigma / \varepsilon_0 \quad \text{o bien} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Siendo:

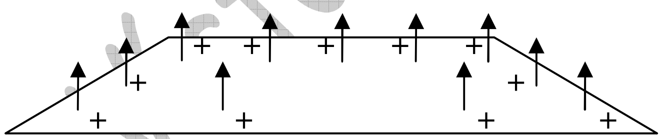
E: el módulo del vector campo eléctrico en Nt/Coul.
ε_0 la permitividad del vacío que vale 8.85×10^{-12} Coul² / (Nt m²)
σ la densidad superficial de carga en Coul/ m²

NOTA 1: En los cursos suelen dar la misma fórmula con otra forma que es la siguiente:

$$E = 4 \pi k Q / A$$

Si tenemos en cuenta que $k = 1/(4 \pi \varepsilon_0) = 9 \times 10^{9}$ Ntm²/Coul² Se puede comprobar fácilmente que es lo mismo.

Ejemplo: Una placa de 1 m² tiene una carga de 20 nCoul. Calcular la densidad superficial de carga de la placa y el valor del módulo del vector campo eléctrico.



Supongamos que la placa del ejemplo es la dibujada que tiene 1 metro de lado, las cargas están representadas como positivas y tomamos en cuenta que una placa grande y a poca distancia de un punto colocado cerca del entro de la misma, se comporta como una placa infinita.

Usamos la fórmula

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{20nCoul}{1m^2} = 2x10^{-10}\,\frac{Coul}{m^2}$$

Ahora podemos calcular el valor del campo eléctrico cuyo vector está representado por las flechas, en efecto, según la definición:

$$E = \sigma / \varepsilon_0$$

$$E = (2 \times 10^{-10}\ \text{Coul/m}^2) / (8.85 \times 10^{-12}\ \text{Coul}^2 / (\text{Nt m}^2))$$

$$E = 2.26\ \text{Nt/Coul}$$

NOTA 2: Continuando la nota 1, aplicando la expresión $E = 4 \pi k Q / A$

$$E = 4 \pi \, 9\mathrm{x}10^{9} \, (Ntm^{2} / (Coul^{2})) \, 2\mathrm{x}10^{-10} \, coul/1m^{2}$$

$$.E = 2.26 \ Nt/Coul$$

RESUMEN:

1.- El plano conductor infinito cargado produce un campo electrostático de módulo constante y vectores de direcciones paralelas.

2.- El plano finito se puede considerar como infinito para puntos cercanos colocados en las proximidades de su centro.

3.- Con estas aclaraciones se pueden calcular la densidad superficial de cargas mediante la fórmula $\sigma = Q / S$ y el valor del campo eléctrico uniforme mediante la fórmula

$$E = \sigma / \varepsilon_0$$

(O si prefiere mediante la fórmula $E = 4 \pi k Q / A$)

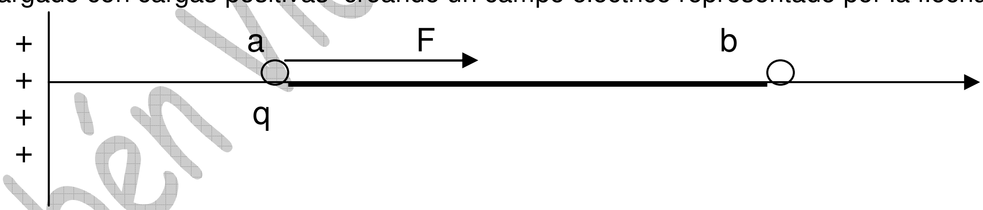
Ejercicio:
Se carga una placa metálica de forma rectangular que tiene lados de 40 cm y 80 cm. con una carga positiva de 2 nCoul. Calcular el valor de la densidad de carga y el módulo del vector campo eléctrico a una distancia de 5 mm del centro de la placa.

(Rta: $6.25\mathrm{x}10^{-9}$ Coul/m² y 706.2 Nt/Coul)

3.- **Trabajo, energía y diferencia de potencial**.

En el campo creado por el plano infinito podemos calcular el trabajo que realiza la energía del campo eléctrico para mover una carga.

En efecto, supongamos que a la izquierda de la figura posterior se encuentra el plano infinito cargado con cargas positivas creando un campo eléctrico representado por la flecha.



Supongamos ahora tener los siguientes datos:

E = 706.2 Nt/Coul (Constante por ser un plano infinito)
Distancia entre los puntos a y b 5 mm.
q = $2\mathrm{x}10^{-14}$ Coul

Calculemos entonces la fuerza que el campo eléctrico aplica sobre la carga **q** mediante la fórmula:

$$F = E * q$$
$$F = 706.2 \ Nt/Coul * 2\mathrm{x}10^{-4} \ Coul$$
$$F = 0.14 \ Nt$$

Aquí vemos que el campo eléctrico ejerce una fuerza sobre la carga **q** que será movida de a izquierda a derecha, supongamos entonces que queremos calcular el trabajo ejercido por el campo eléctrico para mover la carga **q** desde el punto **a** hasta el **b** produciendo cierto trabajo que se podrá calcular mediante la fórmula:

$L = F * d$
$L = 0.14\ Nt * 5x10^{-3}\ m$
$L = 7.1\ x10^{-4}\ Joule$

La fuerza que ejerce el campo eléctrico es una fuerza conservativa y se aplica sobre la carga que se moverá con una cierta aceleración, la velocidad que toma le proporciona cierta energía cinética. Esto nos permite ver que la energía del campo electrostático aplica trabajo sobre la carga móvil y, en consecuencia, le proporciona energía cinética. En consecuencia estamos en presencia de otro caso de aplicación del teorema de conservación de la energía porque actúa una fuerza conservativa que transforma energía potencial electrostática en energía cinética.

En electrostática se usa el concepto de diferencia de potencial para tener idea de la energía potencial entre dos puntos y poder anticipar cuál será el movimiento de las cargas, que siempre será desde el punto de mayor potencial al de menor potencial.

Definición de diferencia de potencial entre dos puntos:

Una definición muy útil aunque no muy rigurosa es la siguiente:

*Llamamos diferencia de potencial entre dos puntos, **a** y **b**, de un campo electrostático, al trabajo que debe realizar la fuerza electrostática para trasladar una carga desde el punto **a** hasta el punto **b**, cambiado de signo.*

$$\Delta V = V_a - V_b = - L_{ab}/q$$

$$\Delta V = V_b - V_a = L_{ab}/q$$

Nota: Debemos recordar que siempre el Δ se refiere al valor final menos el valor inicial, y que esta definición es similar a la de energía potencial del campo gravitatorio.

*La unidad de diferencia de potencial es el **voltio** que se manifiesta entre dos puntos si para trasladar entre ellos una carga de un Coulomb el campo eléctrico debe realizar el trabajo de 1 Joule.*

Problemas:

1.- Una placa metálica se carga de tal modo que el campo eléctrico que produce tiene un módulo $E = 2.25x10^3$ N/C.

a) calcular la fuerza que el campo ejerce sobre un electrón colocado a 3 mm de distancia en la perpendicular sobre su centro.($3.6x10^{-16}$Nt)
b) Calcular la diferencia de potencial entre los puntos **a** situado a 1 mm de la placa y **b** situado a 3 mm de la misma. (4.5 volt)
c) Calcular la energía cinética que adquiere un electrón cuando partiendo del reposo se desplaza 1 metro.($7.2x10^{-19}$Joule)

2.- La intensidad de campo eléctrico entre las dos placas planas de un osciloscopio es de 200 V/cm.

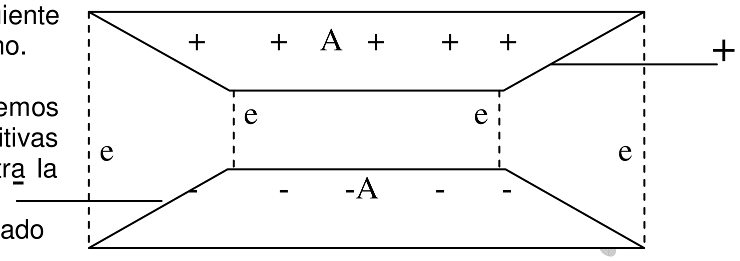
a) ¿Cuál es la fuerza ejercida sobre un electrón que pasa entre ellas?
b) ¿Cuál es la aceleración de un electrón cuando está sometido a esa fuerza?

3.- Un electrón-volt es una unidad de energía que corresponde a la energía cinética que adquiere un electrón que estando en reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 1 volt.

a) Calcular la energía correspondiente a 1 eV (electrón-volt) en joules.
b) Calcular la velocidad de un electrón que tiene una energía de 1 eV
c) ¿Cuál es la velocidad de un deuterón cuya energía cinética es de 100 eV? (La masa de un deuterón equivale a dos protones).

4.- **Capacitor plano**

El capacitor plano está formado por dos placas paralelas colocadas a cierta distancia sin contacto eléctrico, una de las placas se conecta al polo positivo de una fuente y6 la otra al polo negativo. En la figura siguiente de esquematiza un capacitor plano.



En la parte superior vemos una placa que tiene cargas positivas y en la parte inferior se encuentra la placa negativa. Como se puede ver existe un volumen vacío limitado por las dos placas.

En el interior del capacitor podemos imaginar la existencia de las líneas de fuerza del campo eléctrico, que saliendo de las cargas positivas terminan en las negativas.

En el dibujo de la derecha vemos las placas del capacitor y algunas líneas de fuerza que partiendo del positivo terminan en el negativo.

Los elementos del capacitor plano son las dos armaduras o placas conductoras y el dieléctrico que consiste en el material que separa las dos armaduras y las mantiene aisladas de manera que las cargas no puedan pasar de una hacia otra.

En le capacitor de la figura no hay un dieléctrico sólido visible, en efecto, el dieléctrico es el aire, pero, cuando se trata de aire se considera que es el vacío cuando la precisión no es muy fina, en nuestro caso consideramos que el vacío y el aire igual **coeficiente dieléctrico**.

Cálculo de la capacidad del capacitor plano

Para calcular la capacidad del capacitor plano se usa la fórmula siguiente:

$C = \varepsilon_0 A / e$ o bien $$C = \frac{\varepsilon_0 A}{e}$$

En la cual:

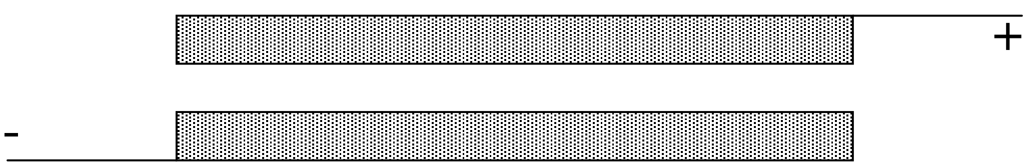
C es la capacidad del capacitor en **Faradios**.

ε_0 es la **permitividad del vacío** cuyo valor es 8.85×10^{-12} Nt m^2 /Coul²

A es el **área de una** de las **placas** en metros, son las dos iguales y se toma solo una.

e es la separación entre las placas paralelas, expresadas en metros.

En adelante el símbolo utilizado para los capacitores planos será el siguiente:



Ejercicios:

1.- Un capacitor plano está formado por dos placas planas de 50 cm² separadas 5 mm en el aire. Calcular su capacidad

Solución: Se trata de un capacitor plano con dieléctrico de aire, en consecuencia usaremos la fórmula:

$$C = \varepsilon_0 A / e$$

$$C = 8.85x10^{-12} \text{ Nt m}^2/\text{Coul}^2 \ * 0.005 \text{ m}^2 / 0.005 \text{ m}$$

$$\mathbf{C = 8.85x10^{-12} \text{ Faradios}}$$

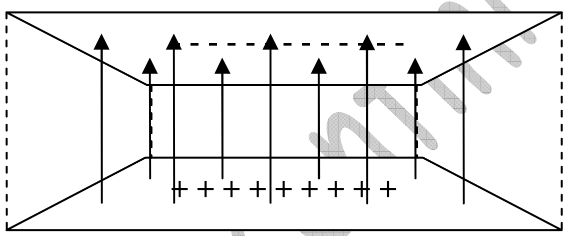
Calcular la carga del capacitor si se lo conecta a una fuente de V = 100 V

Partimos de la fórmula:

$$Q = C * V$$

$$Q = 8.85x10^{-12} \text{ F} * 100 \text{ V}$$

$$\mathbf{Q = 8.85x10^{-10} \text{ C}}$$



Calcular la densidad de carga en las placas del capacitor:

$$\sigma = Q / S$$

$$\sigma = 8.85x10^{-10} \text{ F} / 0.005 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{\sigma = 1.77\ 10^{-7} \text{ C} / \text{m}^2}$$

Calcular El valor absoluto del vector campo eléctrico en el interior del capacitor:

$$E = \sigma / \varepsilon_0$$

$$E = (1.77\ 10^{-9} \text{ C} / \text{m}^2) / (8.85x10^{-12} \text{ Coul}^2 /(\text{Nt m}^2))$$

$$\mathbf{E = 200 \text{ Nt} / \text{C}}$$

Calcular la energía almacenada en el capacitor

La emergía se puede calcular directamente usando cualquiera de las siguientes fórmulas:

$$E = ½ Q V \ = ½ C V^2 = ½ \ Q^2 / C$$

y en todos los casos obtendremos:

$$E = 4.425x10^{-8} \text{ J}$$

Ahora calcularemos las mismas cantidades que en el ejercicio anterior, pero, cambiando solamente el dieléctrico, esto nos permitirá comparar que es lo que pasa en estos casos.

2.- Un capacitor plano está formado por dos placas planas de 50 cm² separadas 5 mm con un dieléctrico de constante dieléctrica $\varepsilon = 5\ \varepsilon_0$. Calcular su capacidad, la carga si se conecta con una fuente de 100 V, la densidad de carga de las placas y la energía almacenada.

Solución: Se trata de un capacitor plano con dieléctrico sólido en consecuencia usaremos la fórmula:

$$C = \square_r \, \square_0 \, A / e$$

$$C = 5 * 8.85 \times 10^{-12} \text{ Nt m}^2/\text{Coul}^2 * 0.005 \text{ m}^2 / 0.005 \text{ m}$$

$$\mathbf{C = 4.425 \times 10^{-11} \text{ Faradios}}$$

Calcular la carga del capacitor si se lo conecta a una fuente de V = 100 V

Partimos de la fórmula:

$$Q = C * V$$

$$Q = 4.425 \times 10^{-11} \text{ F} * 100 \text{ V}$$

$$\mathbf{Q = 4.425 \times 10^{-9} \text{ C}}$$

Calcular la densidad de carga en las placas del capacitor:

$$\sigma = Q / S$$

$$\sigma = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F} / 0.005 \text{ m}^2$$

$$\boldsymbol{\sigma = 1.77 \; 10^{-9} \text{ C} / \text{m}^2}$$

Efectos del cambio de dieléctrico:

Uno de los problemas que suelen aparecer en los exámenes consiste en tomar un capacitor y cambiarle el dieléctrico, ya sea agregarle un dieléctrico sólido a un capacitor con dieléctrico de vacío, o bien, quitarle el dieléctrico.

Esta operatoria es similar para todos los casos, pero existen dos alternativas en el cambio de dieléctrico y ellas son:

1. El capacitor permanece conectado a la pila durante le cambio de dieléctrico.
2. El capacitor se desconecta de la pila durante le cambio de dieléctrico.

Ejemplo: un capacitor plano tiene una superficie de 10 cm² en sus placas, una separación entre ellas de 2 mm y un dieléctrico de constante dieléctrica relativa □ = 5. Calcular:

1. La capacidad.
2. la carga si se lo conecta a una batería de 10 voltios.
3. la energía almacenada en esas circunstancias.

Cálculos:

1.-

$$C = \square \, \square_0 \, A / e$$

$$C = 5 * 8.85 \times 10^{-12} \text{ Nt m}^2/\text{Coul}^2 * 1 \times 10^{-3} \text{ m}^2 / 0.002 \text{ m}$$

$$\mathbf{C = 2.2125 \times 10^{-11} \text{ F}}$$

2.-

$$Q = C * V$$

$$Q = 2.2125 \times 10^{-11} \text{ F} * 100 \text{ V}$$

Q = 2.2125x10^{-9} Coul

3.-

$$L = ½\, Q * V$$

$$L = ½ * 2.2125x10^{-9}\ Coul * 100\ V$$

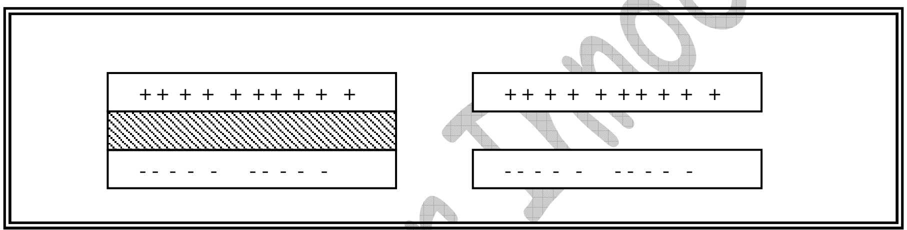
L = 1.11 x10^{-7}

En la siguiente tabla resumimos los resultados que tomaremos como datos para la próxima sección

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
5	1x10^{-3}	0.002	2.212x10^{-11}	100	2.212x10^{-9}	1.11 x10^{-7}

Ejemplo:

Cargamos el capacitor y, una vez **cargado** lo **desconectamos** de **la fuente** y retiramos el dieléctrico, calcular la nueva diferencia de potencial entre las placas, la energía almacenada y la variación de energía que experimentó durante el proceso.



En la figura de la izquierda se observa el capacitor cargado y con su correspondiente dieléctrico.

En la figura de la derecha podemos ver el capacitor sin el dieléctrico, pero, a raíz de que la fuente no está conectada las cargas se conservan, permanecen con la misma cantidad, por lo tanto colocaremos la tabla de la situación anterior con las modificaciones que se manifiestan:

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	1x10^{-3}	0.002			2.212x10^{-9}	

Ahora debemos calcular los valores que faltan,

1.- **Cálculo de C**

$$C = □\ □_0\ A / e$$

$$C = 1 * 8.85x10^{-12}\ Nt\ m^2/Coul^2 * 1x10^{-3}\ m^2 / 0.002\ m$$

C = 4.425 x10^{-12} F

2.- **Cálculo de V**

$$V = Q / C$$

$$V = 2.212x10^{-9}\ Coul / 4.425\ x10^{-12}\ F$$

$$V = 500\ Volt$$

3.- **Cálculo de L**

$$L = ½ Q * V$$

$$L = ½ * 2.212x10^{-9} \text{ Coul} * 500 \text{ V}$$

$$\mathbf{L = 1.12\ x10^{-6}\ Joule}$$

Finalmente colocamos nuevamente la tabla con los nuevos valores destacados en negrita y mayor tamaño:

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$	0.002	**$4.425\ x10^{-12}$**	**500**	$2.212x10^{-9}$	**$1.12\ x10^{-6}$**

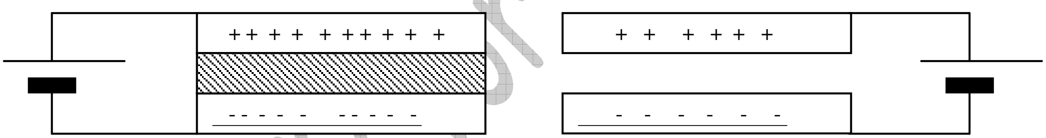
Conclusión:

Vemos que cuando se desconecta la fuente, la carga se conserva, pero, disminuye la capacidad y esto hace que aumente la diferencia de potencial la energía también aumenta.

Carga	Se conserva	
Capacidad		Disminuye
voltaje		Aumenta
energía		aumenta

Ejemplo 2.-

Cargamos el capacitor y, una vez **cargado** lo dejamos **conectado** a **la fuente** y retiramos el dieléctrico, calcular la nueva diferencia de potencial entre las placas, la energía almacenada y la variación de energía que experimentó durante el proceso.



En la figura de la izquierda se observa el capacitor plano con su dieléctrico y la pila conectada, además se pueden ver las cargas cuantitativamente, es decir, las 10 cruces representan la carga del capacitor en ese momento.

En la figura de la derecha se ve al capacitor sin su dieléctrico, pero, a diferencia que en el caso anterior, se ve conectada a la pila.

La tabla siguiente contiene los datos correspondientes a la figura de la izquierda:

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
5	$1x10^{-3}$	0.002	$2.212x10^{-11}$	100	$2.212x10^{-9}$	$1.11\ x10^{-7}$

a continuación vemos la tabla que contiene los elementos correspondientes a la figura de la derecha:

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$	0.002		100		

Los cambios consisten en que el dieléctrico actual tiene valor 1 porque volvió a ser el vacío, por otra parte el capacitor conserva la diferencia de potencial en 100 voltios porque la fuente permanece conectada.

Calculando ahora los nuevos valores de la capacidad, la carga y la energía se obtienen los nuevos valores que completan la tabla y están destacados en negrita y mayor tamaño (se recomienda al lector que realice los cálculos).

	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$	0.002	**$4.425\ x10^{-12}$**	100	**$4.425\ x10^{-10}$**	**$2.212x10^{-8}$**

Conclusión:

Vemos que si no se desconecta la fuente, la diferencia de potencial se conserva, pero, disminuye la capacidad y esto hace que disminuya la carga del capacitor la energía también aumenta.

Carga		Disminuye
Capacidad		Disminuye
voltaje	Se conserva	
energía		Disminuye

Resumen:

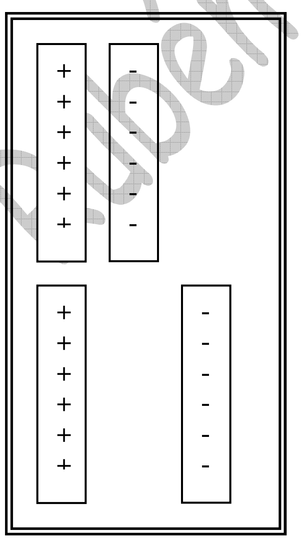
Cuando se toma un capacitor plano, se carga y luego se quita el dieléctrico, con la fuente desconectada o bien con la fuente conectada se producen efectos diferentes, en el primer caso se conserva la carga y en el segundo se conserva la diferencia de potencial.

La tabla siguiente resume los efectos observados.

Magnitud	Fuente desconectada	Fuente conectada
Carga	Se conserva	Disminuye
Capacidad	Disminuye	Disminuye
voltaje	aumenta	Se conserva
energía	aumenta	Disminuye

Otro de los efectos que se suelen tomar en los parciales es la separación o acercamiento de las placas de un capacitor previamente cargado, luego se analizan los resultados para los dos casos siguientes:

a) La fuente se desconecta antes de mover las placas.
b) La fuente permanece conectada mientras se mueven las placas.



En las figuras de la izquierda se pueden ver las placas de un capacitor plano, en la superior vemos la posición original del capacitor y sus cargas que le corresponden después de haber desconectado la fuente.

En la inferior vemos las placas separadas, en este proceso no se encuentra conectada la fuente.

Tomamos los datos del primer capacitor utilizado:
A= 10 cm²
e= 2 mm

En la tabla se detallan todos los parámetros del capacitor en estas situaciones.

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$	0.002	$4.425x10^{-12}$	100	$4.425x10^{-10}$	$2.21\ x10^{-8}$

Una vez cargado el capacitor se quita la fuente y se separan las placas hasta una distancia de 1 cm, en estas circunstancias la capacidad disminuye y las cargas se conservan, entonces en la tabla siguiente colocaremos los nuevos parámetros.

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$	0.01			$4.425x10^{-10}$	

Ahora debemos calcular los valores que faltan,

1.- **Cálculo de C**

$$C = \square\ \square_0\ A / e$$

$$C = 1 * 8.85x10^{-12}\ Nt\ m^2 / Coul^2 * 1x10^{-3}\ m^2 / 0.01\ m$$

$$\mathbf{C = 8.85\ x10^{-13}\ F}$$

2.- **Cálculo de V**

$$V = Q / C$$

$$V = 4.425x10^{-10}\ Coul / 8.85\ x10^{-13}\ F$$

$$V = 500\ Volt$$

3.- **Cálculo de L**

$$L = ½\ Q * V$$

$$L = ½ * 4.425x10^{-10}\ Coul * 500\ V$$

$$\mathbf{L = 1.11\ x10^{-7}\ Joule}$$

□	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$	0.01	**$8.85\ x10^{-13}$**	**500**	$4.425x10^{-10}$	**$1.11\ x10^{-7}$**

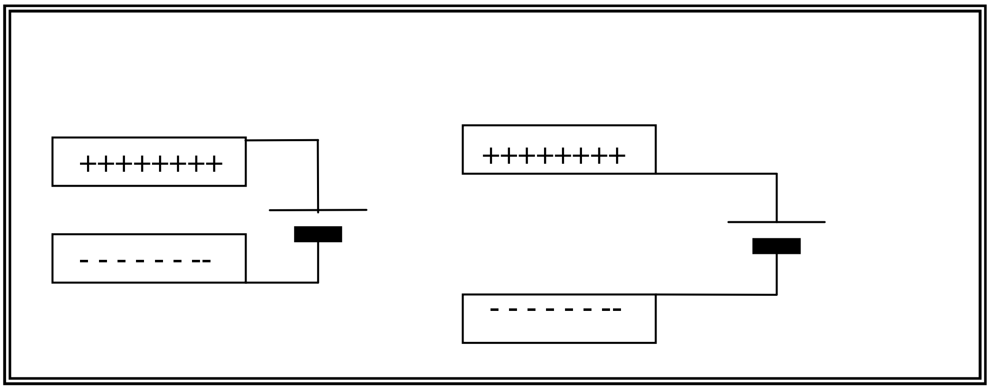
Resumen de efectos:

	Separación e	Capacidad	Voltaje	Energies
	m	F	Volt	Joule
Inicial	0.002	$4.425x10^{-12}$	100	$2.21\ x10^{-8}$
final	0.01	**$8.85\ x10^{-13}$**	**500**	**$1.11\ x10^{-7}$**

la carga permanece constante, la capacidad disminuye, y el voltaje y la energía aumentan.
Efectos de la separación o acercamiento de las armaduras

Separación de placas con la fuente conectada

En la figura se pueden ver dos capacitores conectados por una batería, en la figura de la izquierda se observa la posición original con la fuente conectada, en la figura de la derecha se puede observar el mismo capacitor con sus placas separadas una distancia mayor con la fuente conectada durante el proceso.



Haremos un análisis de la situación, el capacitor de la izquierda es el usado como origen en los ejemplos anteriores en los ejemplos anteriores, sus datos están nuevamente indicados en la tabla siguiente:

κ	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$	0.002	$4.425x10^{-12}$	100	$4.425x10^{-10}$	$2.21\ x10^{-8}$

El capacitor de la derecha se logró separando las placas y manteniéndolas paralelas hasta separarlas 1 cm manteniendo la fuente de 100 volt conectada, por lo tanto lo que permanece constante en el proceso es la diferencia de potencial.

En la tabla siguiente colocamos los parámetros que permanecen constantes en la transformación mientras que los que varían quedan en blanco en las casillas vacías:

κ	A	e	C	V	Q	L
	m^2	m	F	Volt	Coul	Joule
1	$1x10^{-3}$			100		

Ahora debemos calcular los valores que faltan,

1.- **Cálculo de C**

$$C = \kappa\ \varepsilon_0\ A / e$$

$$C = 1 * 8.85x10^{-12}\ Nt\ m^2/Coul^2 * 1x10^{-3}\ m^2 / 0.002\ m$$

$$\mathbf{C = 4.425\ x10^{-12}\ F}$$

2.- **Cálculo de V**

$$V = Q / C$$

$$V = 2.212x10^{-9}\ Coul / 4.425\ x10^{-12}\ F$$

$$V = 500\ Volt$$

3.- **Cálculo de L**

$$L = ½\ Q * V$$

$$L = ½ * 2.212x10^{-9}\ Coul\ * 500\ V$$

$$\mathbf{L = 1.12\ x10^{-6}\ Joule}$$