

# **MEMORIA FINAL DE ACTIVIDADES**

**AYUDAS DE LA USAL PARA PROYECTOS DE  
INNOVACIÓN DOCENTE  
CURSO ACADÉMICO 2011/2012**

Título del proyecto:

**MEJORA E INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA  
DE LAS ASIGNATURAS DE TECNOLOGÍA  
ELECTRICA Y ELECTROTÉCNIA EN LA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE  
ÁVILA**

**Código del proyecto: ID11/064**

Responsable del proyecto:

**María Auxiliadora Hernández López**

Escuela Politécnica Superior de Ávila  
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

# ÍNDICE

<b>I.- Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto .....</b>	<b>1</b>
<b>II.- Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>III.- Cumplimiento de objetivos .....</b>	<b>3</b>
<b>IV.- Memoria económica .....</b>	<b>3</b>
<b>V.-Anexos</b>	
<b>    Anexo I.- Ejemplo de presentación clase magistral.....</b>	<b>4</b>
<b>    Anexo II.- Ejemplo de problemas planteados al alumno para realizar en los seminarios de la asignatura .....</b>	<b>7</b>
<b>    Anexo III.- Ejemplo de tareas individuales para el alumno y que entregará al profesor para su revisión .....</b>	<b>9</b>
<b>    Anexo IV.- Ejemplo de guión de práctica.....</b>	<b>10</b>
<b>    Anexo V.- Ejemplo de plantilla de resultados para una experiencia.....</b>	<b>13</b>
<b>    Anexo VI.- Ejemplo de material empleado en la práctica.....</b>	<b>15</b>
<b>    Anexo VII.- Justificación económica.....</b>	<b>16</b>

## **I. Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto**

María Auxiliadora Hernández López

Ana García Flores

Luis López Díaz

Víctor Raposo Funcia

Manuela Turrión Nieves

## **II. Introducción**

El presente documento presenta la memoria de actividades del proyecto de innovación docente titulado "MEJORA E INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA DE LAS ASIGNATURAS DE TECNOLOGÍA ELECTRICA Y ELECTROTÉCNIA EN LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA", concedido dentro de la convocatoria de Ayudas de la Universidad de Salamanca (USAL) para Proyectos de Innovación Docente en el curso académico 2011/2012.

Como se indicaba en la Memoria, el objetivo primordial de este proyecto es la adaptación de los contenidos y de la metodología de las asignaturas de Tecnología Eléctrica y Electrotecnia I de los nuevos grados de Ingeniería Civil y de Ingeniería de las Tecnologías de Minas y Energías para cumplir los objetivos y expectativas exigibles a la docencia en el nuevo Espacio de Educación Europeo.

Hay que indicar que en las nuevas titulaciones de Grado es necesario considerar una nueva filosofía de trabajo. En la programación de las asignaturas tienen que incorporarse prácticas, problemas, lecturas recomendadas, acceso a páginas webs..., y los ejercicios de evaluación y autoevaluación, para que el alumno pueda desarrollar de una forma eficaz su proceso de aprendizaje. Resulta conveniente programar todas las actividades a desarrollar por el alumnado a fin de hacer una propuesta realista y compatible con una programación que permita la consecución de las competencias previstas en el Plan de Estudios.

Los objetivos específicos de este proyecto de innovación docente para lograr la adaptación han sido la incorporación de nuevas metodologías y estrategias docentes que puedan contribuir a

mejorar el aprendizaje del alumno, el facilitar la adquisición de habilidades y destrezas en el manejo de equipos especializados, el favorecer y extender el uso de nuevas tecnologías para facilitar el aprendizaje, la incentivación y la creación de hábitos y técnicas de trabajo en grupo, el apoyo al desarrollo de la capacidad crítica y las relaciones interpersonales, mediante sesiones de puesta en común y discusión de resultados y el refuerzo del sistema de tutorías y el desarrollo de competencias genéricas.

Después de un análisis previo de las necesidades que se pretendía cubrir, teniendo de antemano muy claro cuáles son los problemas que se plantean, qué problemas se pretendían resolver y qué técnicas de innovación eran las más adecuadas para plantear una solución, los objetivos del proyecto se concretaron en la siguientes actividades:

- La realización y preparación de material didáctico que permitan al estudiante comprender los conceptos básicos y las leyes fundamentales de las asignaturas Tecnología Eléctrica y Electrotecnia I. De forma más concreta el estudio y análisis de circuitos eléctricos tanto de DC como AC y también del funcionamiento básico de motores y máquinas eléctricas.
- La preparación de ejercicios y problemas de evaluación y autoevaluación para el alumno, que versaran sobre los apartados indicados en el párrafo anterior.
- El diseño de experiencias prácticas que complementen de forma explícita y efectiva los dos apartados anteriores y ayuden a los alumnos a lograr las competencias asignadas a las materias objeto de estudio.
- La elaboración de materiales multimedia en diversos formatos que servirán como soporte y complemento a los contenidos tradicionales y permitirán la realización de experiencias virtuales en la web.
- El diseño de herramientas web que favorezcan la autonomía de aprendizaje del alumno, pero también el trabajo colaborativo. En este sentido puede ser muy interesante la generalización de conocimientos a otras materias, aprendiendo a utilizar motores de búsqueda web que sirvan de ayuda a los estudiantes a mejorar su competencia en la realización de búsquedas eficaces de información.
- La incorporación y fomento del uso de los sistemas de tutoría virtual a través de foros, lo que permitirá a profesores y alumnos comunicarse de forma rápida y eficaz, ayudándose mutuamente e intercambiando ideas y experiencias también entre estudiantes.

Hay que indicar que el material necesario para realizar las prácticas se ha conseguido por las siguientes vías:

- Uso del equipamiento e infraestructura existente en el laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrotécnia I de la escuela Politécnica Superior de Ávila.
- Financiación del presente proyecto: que ha permitido adquirir una nueva práctica de energías renovables, que ha sido mayoritariamente financiada con una aportación del presupuesto del Departamento de Física Aplicada.

### **III. Cumplimiento de objetivos**

El objetivo fundamental del presente proyecto era hacer comprender al alumno los conceptos fundamentales de las asignaturas de Tecnología Eléctrica y Electrotecnia I de los nuevos grados de Ingeniería Civil y de Ingeniería de las Tecnologías de Minas y Energías. Para ello se ha llevado a cabo la realización y preparación del material didáctico. Se han elaborado presentaciones, listado de problemas, ejercicios, experiencias y guiones de prácticas. Todo ello enfocado a que los estudiantes adquieran las competencias y resultados de aprendizaje que se pretenden en cada uno de los nuevos grados. En todos los casos el material ha sido accesible a los estudiantes en la plataforma Studium de la Universidad de Salamanca, accediendo a la página de la asignatura. Se incluyen algunos ejemplos en el anexo I de la memoria.

### **IV. Memoria económica**

En el proyecto de innovación presentado se solicitaban 1000 € para comprar el material necesario para la incorporación de una nueva práctica en la que se realice un estudio, lo más completo posible de las energías alternativas más importantes. La cantidad concedida fue de 300 €, lo que nos ha permitido sufragar una pequeña parte (no alcanza el 30%) del coste final de la práctica, mientras que el resto del dinero necesario fue aportado por el presupuesto del Departamento de Física Aplicada. En el anexo VII se aporta el coste y la forma de pago.

## V. Anexos

### Anexo I. Ejemplo de presentación clase magistral

#### Programa de la Asignatura

- I. Teoría de Circuitos
  1. Consideraciones Generales de Circuitos Eléctricos.
  2. Circuitos de Corriente Alterna.
  3. Análisis de Circuitos.
  4. Circuitos Polifásicos.
- II. Máquinas Eléctricas
  5. Circuitos Magnéticos: Transformadores.
  6. Máquinas Eléctricas Rotativas.
- III. Generación y Distribución de la Energía Eléctrica.
  7. Centrales y Líneas Eléctricas.

2

#### Tema 1. Consideraciones Generales de Circuitos Eléctricos

- I. Introducción.
- II. Elementos Pasivos y Activos de un circuito.
- III. Leyes de Kirchhoff.
- IV. Circuitos eléctricos sencillos: Comportamiento transitorio y Régimen Permanente.
- V. Circuitos de corriente continua.

4

## Intensidad de corriente

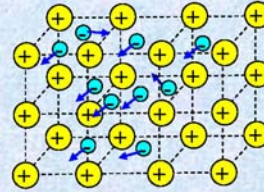
La carga en movimiento constituye una **corriente** y el proceso por el cual la carga se transporta se llama **conducción**.

La corriente promedio **I** se puede definir como el flujo de cargas eléctricas que, por unidad de tiempo, atraviesa un área transversal:

$$I = \frac{dq(t)}{dt} \quad [I] \Rightarrow 1A = 1 \frac{C}{s}$$

donde  $q(t)$  es la carga neta transportada en el instante  $t$ .

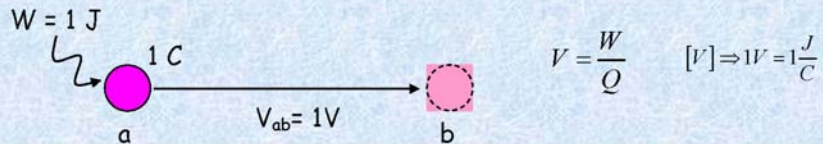
Imagén microscópica de la conducción:



## Voltaje

Energía es la capacidad de realizar trabajo.

Se presenta una diferencia de potencial de 1 voltio (1 V) entre dos puntos si se intercambia 1 julio (1 J) de energía al mover 1 culombio (1 C) de carga entre esos dos puntos.

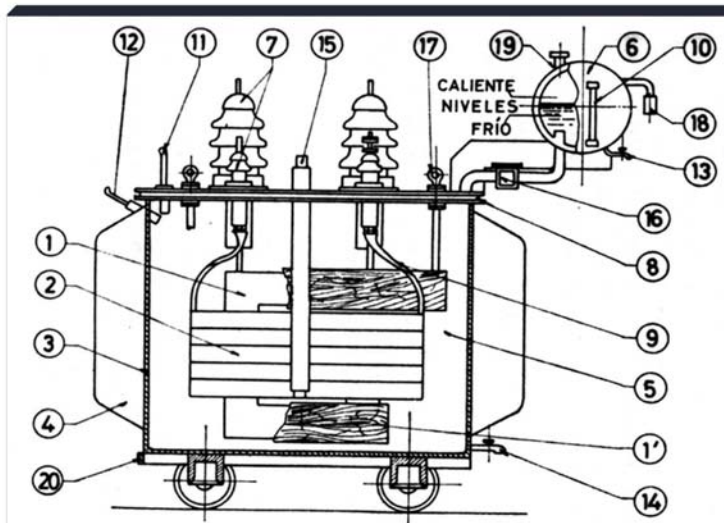


## TEMA 5. CIRCUITOS MAGNÉTICOS: TRANSFORMADORES

- Introducción
- Estudio de circuitos magnéticos.
- Pérdidas magnéticas y eléctricas en un circuito magnético.
- Estudio de un transformador.
- Autotransformadores.
- Transformadores trifásicos.



### 5.1.3.- Aspectos constructivos: refrigeración.



© Transformadores de potencia medida... E. Ras Oliva

- 1 Núcleo
- 1' Prensaculatas
- 2 Devanados
- 3 Cuba
- 4 Aletas refrigeración
- 5 Aceite
- 6 Depósito expansión
- 7 Aisladores (BT y AT)
- 8 Junta
- 9 Conexiones
- 10 Nivel aceite
- 11 - 12 Termómetro
- 13 - 14 Grifo de vaciado
- 15 Cambio tensión
- 16 Relé Buchholz
- 17 Cáncamos transporte
- 18 Desecador aire
- 19 Tapón llenado
- 20 Puesta a tierra

### 5.4.- Estudio de un Transformador( en vacío).

- Ideal** ⇒
- Núcleo con reluctancia y conductividad nula.
  - No existe flujo disperso
  - La resistencia óhmica de los devanados es nula.

$$\checkmark \Phi = \Phi_m \sin \omega t \Rightarrow \begin{cases} e_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt} = N_1 \Phi_m \omega \cos \omega t = N_1 \Phi_m 2\pi f \cos \omega t = E_{1m} \cos \omega t \\ e_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 \Phi_m \omega \cos \omega t = N_2 \Phi_m 2\pi f \cos \omega t = E_{2m} \cos \omega t \end{cases}$$

✓ La amplitud máxima de las fem inducidas depende de la frecuencia, de forma que a medida que ésta aumente las fems inducidas serán mayores.

$$\checkmark \left. \begin{aligned} E_1 &= \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{N_1 \Phi_m 2\pi f}{\sqrt{2}} = 4,44 N_1 \Phi_m \\ E_2 &= \frac{E_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{N_2 \Phi_m 2\pi f}{\sqrt{2}} = 4,44 N_2 \Phi_m \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = m \quad \underset{\text{transformador ideal}}{\Downarrow} \quad \frac{V_1}{V_2}$$

✓  $m \equiv$  relación transformación del transformador.

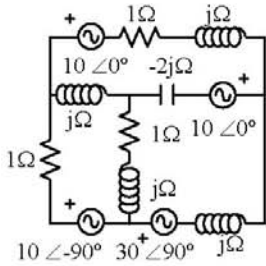
$E_2 > E_1 \Rightarrow m < 1$ . El transformador recibe el nombre de transformador elevador.  $E_2 < E_1 \Rightarrow m > 1$ . Se denomina transformador reductor.



# Anexo II. Ejemplo de problemas planteados al alumno para realizar en los seminarios de la asignatura

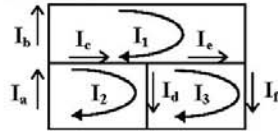
## PROBLEMAS DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA. TEMA III

1. Usando el método de las corrientes de malla, calcular: a) las corrientes de malla y a partir de ellas la que circula por cada rama en el circuito 1; b) El valor de  $V_x$  en el circuito 2.

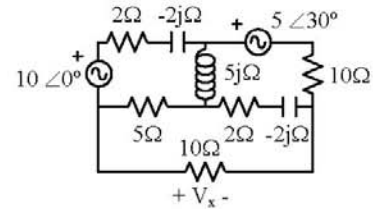


Circuito 1

Solución:



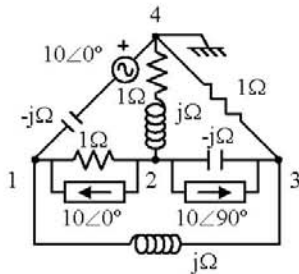
I de mallas:  $I_1 = 10$ ;  $I_2 = j10$ ;  
 $I_3 = j20$   
 I de ramas:  $I_a = I_2$ ;  $I_b = I_1$ ;  
 $I_c = -10 + j10$ ;  $I_d = -j10$ ;  
 $I_e = -10 + j20$ ;  $I_f = I_3$



Circuito 2

Solución:  $V_x = 4,35 \angle 165,9^\circ$

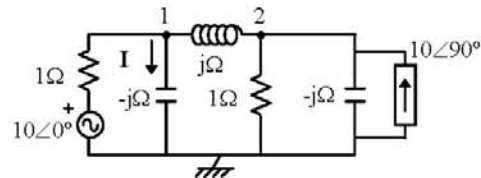
2. Empleando el método de los voltajes de nudo, calcular: a) los voltajes en los nudos 1, 2 y 3 y las corrientes de rama del circuito 1; b) los voltajes en los nudos 1 y 2 y la corriente I del circuito 2.



Circuito 1

Solución:

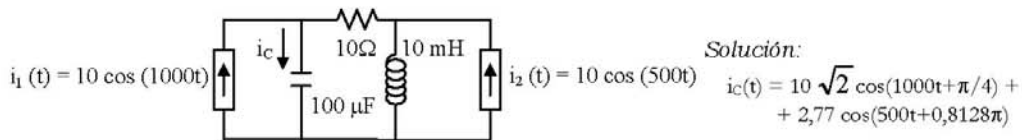
$V_1 = -10 - j25$ ;  
 $V_2 = -20 - j20$ ;  
 $V_3 = -5$ ;  
 $I_{12} = -j5$ ;  
 $I_{13} = -25 + j5$   
 $I_{14} = 25$   
 $I_{23} = 20 - j5$   
 $I_{24} = -20$   
 $I_{34} = -5$



Circuito 2

Solución:  $V_1 = 10$ ;  
 $V_2 = 0$ ;  
 $I = j10$

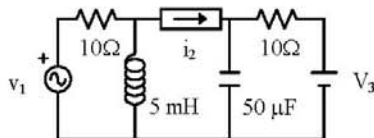
3. Calcular la corriente eléctrica que circula por el condensador en el siguiente circuito.



Solución:

$i_c(t) = 10 \sqrt{2} \cos(1000t + \pi/4) + 2,77 \cos(500t + 0,8128\pi)$

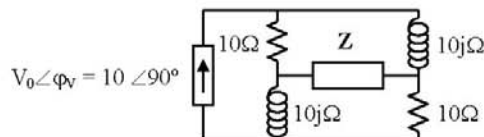
4. Determinar el voltaje en la bobina y en el condensador si  $v_1(t) = (100/\sqrt{2}) \cos(2000t)$ ,  $i_2(t) = 10 \cos(2000t)$  y  $V_3 = 100$  V. Suponer que se ha alcanzado el régimen permanente.



Solución:

$v_L(t) = 50 \cos(2000t + \pi/4) + 50 \sqrt{2} \cos(2000t + 1,25\pi)$ ;  
 $v_C(t) = 50 \sqrt{2} \cos(2000t - \pi/4) + 100$

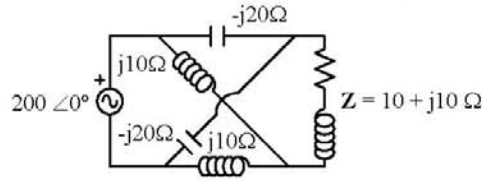
5. Determinar el valor de la impedancia Z para que absorba de la fuente la máxima potencia y el valor de la potencia activa y reactiva en dicha impedancia. (Aplicar el teorema de Thevenin)



Solución:

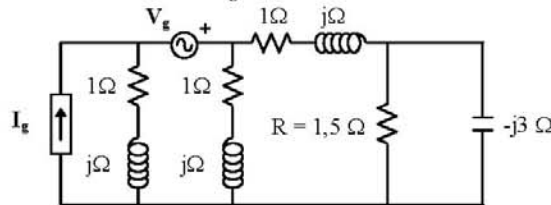
$Z = 5 - j5$ ;  $P = 125$  W;  $Q = -125$  VAR

6. Determinar el voltaje entre los extremos de la impedancia  $Z$ .



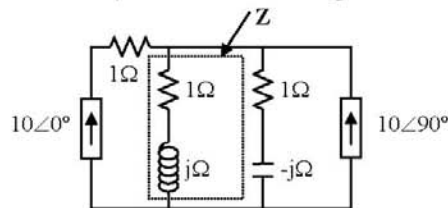
Solución:  $V_Z = 0$  V

7. Calcular el voltaje entre los terminales de la resistencia  $R = 1,5 \Omega$  mediante el teorema de Norton. Datos:  $I_g = (15/\sqrt{2})\angle 45^\circ$  y  $V_g = 15\angle 0^\circ$ .



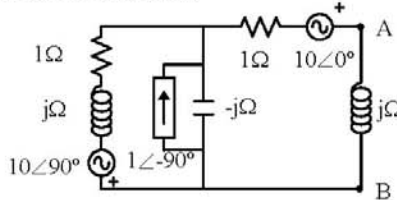
Solución:  $V_R = 5\angle 0^\circ$

8. Determinar el voltaje en bornes de la impedancia  $Z = (1+j) \Omega$  mediante el teorema de Norton.



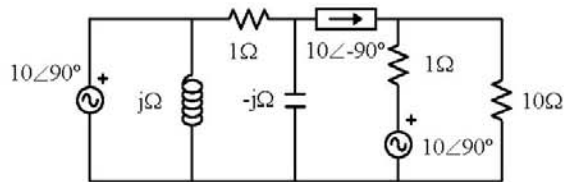
Solución:  $V_Z = 10 + j10$

9. Calcular mediante el teorema de Thévenin y Norton: a) La corriente que circula por la impedancia situada entre A y B en el circuito 1. b) La corriente que circula por la resistencia de  $10 \Omega$  en el circuito 2.



Circuito 1

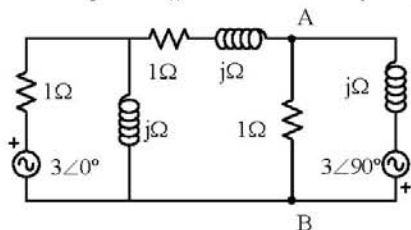
Solución:  $I = -0,5 - j0,5$



Circuito 2

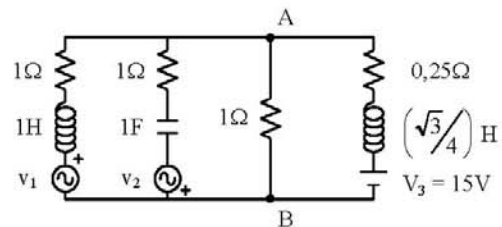
Solución:  $I = 0$

10. Calcular mediante el teorema de Millman: a) El voltaje entre A y B en el circuito 1. b) La corriente que circular por la resistencia de  $1\Omega$  situada entre los puntos A y B en el circuito 2, considerando que  $v_1(t) = 20\sqrt{2}\cos t$  y  $v_2(t) = 5\sqrt{2}\sin t$ .



Circuito 1

Solución:  $V_{AB} = 0,75\sqrt{2}\angle 225^\circ$



Circuito 2

Solución:  $i(t) = 10 + 2,5\sqrt{3}\cos(t - 0,083\pi)$

## Anexo III. Ejemplo de tareas individuales para el alumno y que entregará al profesor para su revisión

### *Tareas a entregar: Jema 1.*

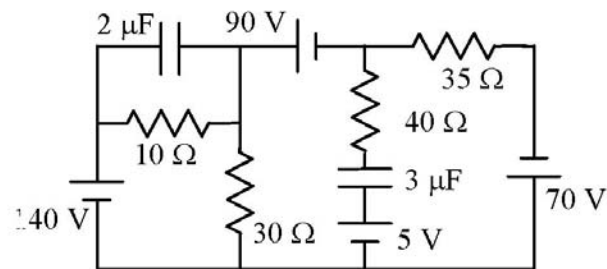
Apellidos \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Suponer que en el circuito de la figura se ha alcanzado el régimen permanente.

Calcular:

- La corriente que circula por cada rama del circuito.
- La carga de cada condensador.
- Las resistencias que disipan más y menos potencia.



### *Tareas a entregar: Jema 2.*

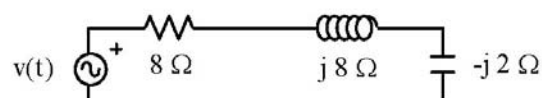
Apellidos \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Si el voltaje suministrado por la fuente es  $v(t) = 70.71 \cos(100 \pi t)$ , determinar las potencias instantánea, activa, reactiva y aparente y el factor de potencia del circuito de la figura.

Aumentar el factor de potencia a la unidad y dibujar el circuito resultante indicando los valores de cada elemento. ¿Cuáles son las desventajas de un factor de potencia bajo?

Si la frecuencia del generador es variable, calcular la frecuencia de resonancia y el factor de calidad del circuito.



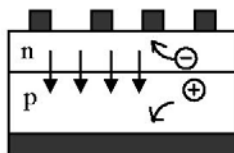
# Anexo IV. Ejemplo de gui3n de pr3cticas

## Pr3ctica 1. Caracterizaci3n de una c3lula solar.

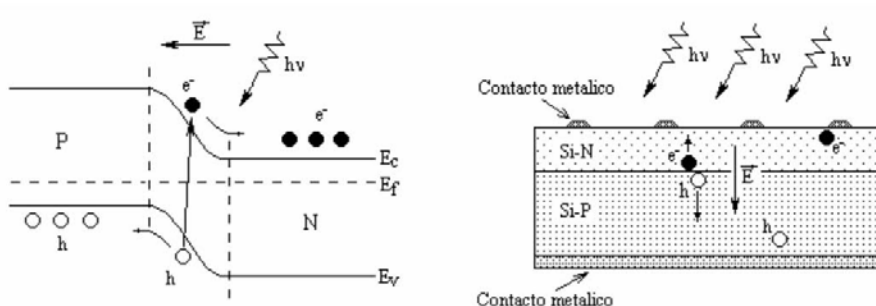
El objetivo de la pr3ctica es estudiar el rendimiento de una c3lula solar de silicio policristalino bajo diferentes condiciones de funcionamiento, as3 como medir la curva caracter3stica de la c3lula en iluminaci3n. Se comparar3 el factor de forma (FF) de dos c3lulas con diferente eficiencia.

### Fundamento te3rico

Una c3lula solar transforma la energ3a solar en electricidad. Las c3lulas est3n formadas por dos capas con dos tipos de materiales: uno de tipo p y otro tipo n. Los fotones inciden sobre una capa y liberan electrones. Los electrones son arrastrados a la otra capa debido a que en la zona de uni3n de ambas capas se crea un campo el3ctrico. Si las capas est3n conectadas entre s3 por un circuito externo, los electrones fluyen por el circuito y se observa paso de corriente.



Cuanto m3s fotones tengamos  $\Rightarrow$  m3s e- se liberan y por lo tanto m3s corriente se observa

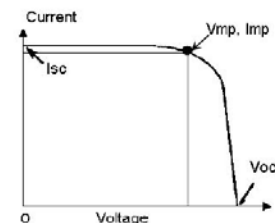


El flujo de electrones se puede imaginar como una cascada, de la que se pueden medir dos magnitudes con facilidad. Una medici3n es an3loga a la altura de la cascada, la cual tiene un valor fijo. En unidades el3ctricas este es el **potencial el3ctrico** medido en voltios. La otra medici3n es an3loga a la cantidad de agua que cae por la cascada y nos permite de hecho realizar trabajo con el agua. En unidades el3ctricas 3sta se llama **corriente**, medida en amperios.

Una propiedad interesante de las c3lulas fotovoltaicas es que a medida que la intensidad de luz aumenta, la corriente aumenta pero la tensi3n permanece constante. Esto lo podemos comprobar experimentalmente acercando la l3mpara a la c3lula.

La c3lula fotovoltaica es semejante a un diodo, ya que s3lo deja pasar la corriente en un sentido, y puesto que responde al est3mulo de la luz se le puede considerar como un fotodiodo.

Cuando se ilumina la c3lula y medimos el cambio en el voltaje (V) producido por un cambio en la corriente (I), la respuesta es como la que aparece en la Figura 1, conocida como *Curva caracter3stica de respuesta de una c3lula fotovoltaica bajo iluminaci3n*.



En ella se pueden ver las medidas típicas que definen una célula, y que son:

1. **Intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ )**. Es aquella que se produce a tensión cero y puede ser medida directamente con un amperímetro conectado a la salida de la célula solar. Su valor varía en función de la superficie y de la radiación luminosa a la que la célula es expuesta.
2. **Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ )**. Es la tensión que podemos medir al no existir una carga conectada y representa la tensión máxima que puede dar una célula. Su medida se realiza simplemente conectando un voltímetro entre bornes.
3. **Potencia máxima o potencia pico ( $P_{max}$ )**. Es la potencia eléctrica máxima que puede suministrar una célula. Se define por el punto de la curva I-V, donde el producto de la intensidad producida y la tensión es máximo. Todos los restantes puntos de la curva generan valores inferiores a dicho punto.

Para conocer bien el funcionamiento de una célula fotovoltaica debemos tener presentes dos conceptos fundamentales:

- La tensión en bornes de una unión P-N varía en función de la temperatura, pero a una determinada temperatura esa tensión es constante.
- La corriente suministrada por una célula solar a un circuito exterior es proporcional a la intensidad de la radiación y a la superficie de la célula.

El curva I-V va a depender de las pérdidas debido a los mecanismos de recombinación de los electrones fotogenerados debido a defectos en el material y de la resistencia asociada a los contactos.

1. En el caso que los mecanismos de dispersión tengan un papel relevante, la curva de respuesta de la célula o del panel muestra una ligera pendiente en la zona plana. En este caso, la zona plana pasa a comportarse como un sistema óhmico, donde la resistencia paralelo viene dada por la pendiente de la recta. La desviación entre el comportamiento ideal (línea roja) y el real (línea azul) nos indica el nivel de defectos en el material y el índice de recombinaciones que se producirán en el interior del semiconductor.

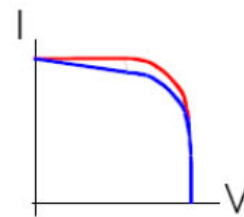


Figura 2

2. Si el efecto predominante es la resistencia de los contactos, resistencia serie, la zona de caída vertical deja de ser tal para pasar a comportarse también como un conductor óhmico, con una pendiente que nos indicará la resistencia asociada a los contactos, tanto en las uniones metal-semiconductor, como en las conexiones intermedias. La figura 3 nos muestra este efecto, donde la zona de color violeta indica el comportamiento que debería tener la célula cuando el efecto de la resistencia serie es despreciable, en tanto que la línea inclinada azul nos indica que la célula muestran un comportamiento no ideal. La pendiente de dicha recta nos indicará el valor de la resistencia serie.

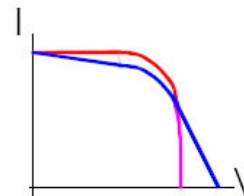


Figura 3

## Objetivos

El objetivo de esta práctica es conocer el funcionamiento de una célula solar, medir cómo influye la intensidad luminosa a la respuesta de la célula así como la curva característica bajo iluminación y determinar el factor de forma a partir de la medida experimental.

### Material

- 2 Células solares
- 2 Polímetros
- Caja de resistencia
- Lámpara halógena
- Metro
- Cables



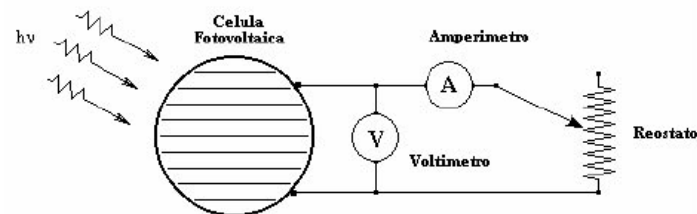
### Realización práctica

Se utilizarán 2 células solares de Si-policristalinas (una encapsulada y otra sobre un soporte metálico).

Primero se sitúa la célula encapsulada sobre la mesa, se mide la distancia a la fuente luminosa y se registra la corriente y el voltaje bajo iluminación sin conectarla a ninguna carga.

Se repiten las medidas colocando la célula a las distancias 50 cm, 40 cm, 30 cm y 20 cm.

A continuación con la célula colocada a una distancia de 40 cm, cada pareja siguiendo el esquema de la figura siguiente tiene que montar su propio circuito con la caja de resistencias y el amperímetro colocados en serie y el voltímetro en paralelo con la célula. Se irá aumentando de 10 en 10 el valor de la resistencia y se medirá los valores que marcan el amperímetro (I) y el voltímetro (V).



Así generamos pares (I, V) que trasladados a una gráfica determinan la curva característica de la célula. En dicha curva señalamos algunos puntos singulares:

- La intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ ), que corresponde con el corte de la curva con el eje de ordenadas.
- La tensión a circuito abierto ( $V_{oc}$ ), que corresponde con el corte de la curva con el eje de abscisas.
- El punto de máxima potencia ( $P_{max}$ ). Calculamos en otra columna la potencia (es decir el producto  $I \times V$ ) y representamos la potencia frente a V. El punto de máxima potencia se puede determinar calculando el máximo de dicha curva.

Una vez hallados estos puntos hallamos el factor de forma:  $FF = \frac{P_{max}}{I_{sc} V_{oc}}$

A continuación se mide el factor de forma de la célula policristalina sobre soporte metálico. Para obtenerlo, hay que registrar la curva I-V para esta célula solar así como obtener el  $P_{max}$ .

El factor de forma no es el rendimiento ni la eficiencia de la célula, pero nos muestra las características eléctricas del circuito. Cuanto más cerca esté dicho factor de la unidad, mejores características eléctricas tendrá la célula.



# Anexo V. Ejemplo de plantilla de resultados para una experiencia

Nombre y Apellidos		Grupo	
Grado		Fecha	

**DATOS EXPERIMENTALES**

1. Medida de la corriente de salida de la célula y el voltaje de salida en oscuridad y bajo iluminación cuando la célula está sobre la mesa (  $d = \dots\dots\dots$  cm ).

Condiciones	Corriente / mA	Tensión / mV
Oscuridad		
Iluminación		

2. Indica la precisión de las medidas directas según la escala de tu aparato de medida:

Aparato de medida	Precisión del aparato	Unidades
Amperímetro		
Voltímetro		

3. Efecto de la distancia de la fuente luminosa sobre el funcionamiento de la célula

Distancia / m	Corriente / mA	Tensión / mV

4. Medida de la curva I-V y determinación del factor de forma.

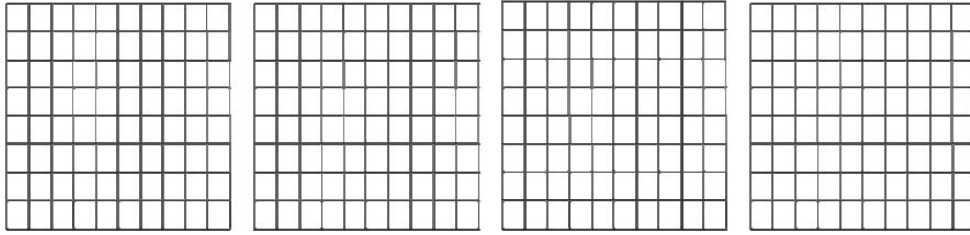
Célula policristalina encapsulada  
 Distancia de la fuente =  $\dots\dots\dots$  cm

Célula policristalina sobre soporte azul  
 Distancia de la fuente =  $\dots\dots\dots$  cm

Resistencia / $\Omega$	Corriente / mA	Tensión / mV

Resistencia / $\Omega$	Corriente / mA	Tensión / mV

## 5. Representación gráfica I vs. V y P vs. V



## 6. A partir de las curvas I-V y de Potencia-V rellena las siguientes tablas:

Célula policristalina encapsulada

	Valor $\pm$ Error / Unidades
$I_{sc} =$	
$V_{oc} =$	
$P_{max} =$	
$FF =$	

Célula policristalina sobre soporte azul

	Valor $\pm$ Error / Unidades
$I_{sc} =$	
$V_{oc} =$	
$P_{max} =$	
$FF =$	

<b>CUESTIONES</b>
-------------------

1. ¿Cómo afecta la intensidad luminosa a la potencia de salida de la célula solar?
2. ¿Cómo afecta la temperatura a la potencia de salida y a la eficiencia de la célula?
3. ¿Por qué es importante conocer la máxima potencia de salida de una célula fotovoltaica?

## Anexo VI. Ejemplo de material empleado en la práctica

### Práctica 1. Caracterización de una célula solar.



#### Material

- 2 Células solares
- 2 Polímetros
- Caja de resistencia
- Lámpara halógena
- Metro
- Cables

## Anexo VII. Justificación económica



### DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA

Pza. de la Merced s/n - 37071 - Salamanca  
Tel . (34) 923 29 44 39 Fax . (34) 923 29 45 84  
e-mail: dpto.fa@usal.es

Salamanca, 08 de junio de 2011

NEGOCIADO DE ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Patio de Escuelas, 1

37071 Salamanca

Remito factura nº 110409 de fecha 03/06/2011 del proveedor VENTUS Ciencia Experimental S.L., por importe de 1.077,49€.


Este importe ha de distribuirse del siguiente modo:

- Proyecto de innovación docente ID11/064: 300,00 €
- Departamento de Física Aplicada (0043), con cargo al remanente del ejercicio 2010 gestionado por el Vicerrectorado de Economía: 777,49 €

Asimismo se remite la correspondiente ficha de inventario.



Fdo.: M<sup>a</sup>. Auxiliadora Hernández López  
Coordinadora del proyecto



Fdo.: Antonio Calvo Hernández  
Director del Departamento

## FACTURA

**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**  
 FACULTAD DE FÍSICA  
 Dpto. Física Aplicada  
 Pza. de la Merced, s/n  
 37008 Salamanca (SALAMANCA)

<b>FACTURA Nº</b> 110409	FECHA 03/06/2011	COD. CLIENTE U0485
SU PEDIDO E-mail	PEDIDO Nº 110387	C.I.F CLIENTE Q-3718001-E
FORMA DE ENVIO SEUR Pagados	ALBARÁN Nº 110467	PÁGINA 1

POS	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO	DTO	TOTAL	IVA
1	13520	Equipo de energías alternativas R-1103 Regalo Promocional: El pájaro bebedor	1	1.036,05		1.036,05	4



Ventus Ciencia Experimental, S.L.  
 c/. De la Argentina, s/n - Nave A-6 - Pol. Ind. Casarrubios  
 28806 Alcalá de Henares (Madrid)  
 Teléf. 91 802 35 62 - Fax: 91 878 16 90  
 C.I.F.: B-82749557

TOTAL BRUTO 1.036,05	%DTO	IMP.DTO	BASE IMP. 1.036,05	% I.V.A 4	IMP. I.V.A 41,44	% R. EQV.	IMP. R. EQV.	<b>TOTAL FACTURA</b>  <b>1.077,49 €</b>
<b>1.036,05</b>			<b>1.036,05</b>		<b>41,44</b>			

FORMA DE PAGO	<b>TRANSFERENCIA</b>
VENCIMIENTO	<b>02/08/11</b>
DOMICILIO PAGO	

**OBSERVACIONES**  
 Las reclamaciones por daños deberán hacerse durante las 24 horas siguientes a la recepción de la mercancía, según normas de los seguros de transportes. Para otras reclamaciones, se deberán relizar en un plazo máximo de 15 días.

**BANCO SABADELL CCC: 0081 5255 01 0001044107**

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, le informamos que sus datos personales serán incluidos dentro de un fichero automatizado bajo la responsabilidad de VENTUS CIENCIA EXPERIMENTAL SL, con la finalidad de poder atender los compromisos derivados de la relación que mantenemos con usted. Puede ejercer sus derechos de acceso, cancelación, rectificación y oposición mediante un escrito a la dirección C/ ARGENTINA SIN NAVE A-6, 28806-ALCALÁ DE HENARES - MADRID. Si en el plazo de 30 días no nos comunica lo contrario, entenderemos que los datos no han sido modificados, que se compromete a notificarnos cualquier variación y que tenemos el consentimiento para utilizarlos a fin de poder fidelizar la relación entre las partes.

Registro Mercantil de Madrid : Tomo 15.642, Libro 0, Sección 8, Folio 170, Hoja M-263424, Inscripción 1ª - CIF: B-82749557