



Departamento de Física  
Facultad de Ciencias  
Universidad Católica del Norte

# MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

*(versión 2017)*

**Física II: Electromagnetismo**

**2015**

## PROGRAMA DE ACTIVIDADES

### OBJETIVO

El presente "**Manual de Prácticas de Laboratorio de Electromagnetismo**", contiene prácticas de experimentos de electromagnetismo de los Laboratorios de Física de Física II de las carreras de Ingeniería y Licenciatura en Física de la Universidad Católica del Norte. En este Manual, se encontrarán:

- Las guías para el desarrollo de cada una de las prácticas de laboratorio
- Los listados de materiales y equipos necesarios
- Las instrucciones para el manejo de los equipos
- El resumen de los contenidos teóricos necesarios
- Cuestionarios de preguntas
- Las hojas de respuestas para cada práctica

Todo lo cual está contenido en el Manual, que puede bajarse de la plataforma de los estudiantes

En este manual se desarrollan las siguientes prácticas de laboratorio:

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

**PRÁCTICA Nº 1:** Experimentos de electrostática.

**PRÁCTICA Nº 2:** Componentes e instrumentos eléctricos

**PRÁCTICA Nº 3:** Equivalente eléctrico del calor

**PRÁCTICA Nº 4:** Capacitancia, condensador de placas paralelas, conexión de condensadores

**PRÁCTICA Nº 5:** Ley de Ohm, materiales óhmicos y no óhmicos

**PRÁCTICA Nº 6:** Resistividad de un conductor

**PRÁCTICA Nº 7:** Leyes de Kirchhoff

**PRÁCTICA Nº 8:** Corriente continua en circuito RC serie

**PRÁCTICA Nº 9:** Ley de Biot-Savart, fuerza sobre corrientes

**PRÁCTICA Nº 10:** Ley de inducción de Faraday. El transformador

**PRÁCTICA Nº 11:** Circuito RL serie, en corriente continua

### TECNICAS EXPERIMENTALES

En el desarrollo de los experimentos deben aplicarse las técnicas experimentales que se detallan en el **MANUAL DE TÉCNICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA**, el cual forma parte del curso y se encuentra a disposición de los alumnos en la plataforma estudiantil

En este manual se encuentran diferentes temas de importancia experimental como:

- 1.- **EL MÉTODO CIENTÍFICO**
- 2.- **SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS**
- 3.- **MAGNITUDES FÍSICAS**
- 4.- **SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES**
- 5.- **PROCESO DE MEDICION DE MAGNITUDES FISICAS**
- 6.- **INCERTIDUMBRE DE LAS MEDIDAS**
- 7.- **ESTADÍSTICA DE LAS MEDICIONES**
- 8.- **PROPAGACIÓN DE ERRORES**
- 9.- **ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS**
- 10.- **RELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS**
- 11.- **ELABORACIÓN DE INFORME O PUBLICACIÓN**

### BIBLIOGRAFÍA:

A continuación se detalla la bibliografía a utilizar en la introducción teórica de los experimentos y en el desarrollo de los experimentos:

**1.- Bibliografía de la Introducción Teórica:** Para el correcto desarrollo del laboratorio, es necesario que el alumno se documente o se informe de aquellos contenidos teóricos involucrados en los experimentos a realizar, los cuales podrán ser consultados en los siguientes libros que se encuentran disponibles en la biblioteca de la Universidad:

Guía de Laboratorio

- 1) SERWAY, RAYMOND A. – BEICHNER, ROBERT J. “Física”, Tomo II, Quinta Edición en español. Editorial Mc Graw-Hill Book Co. México, 2003
- 2) SEARS, F.– ZEMANSKY, M.– YOUNG, H – FREEDMAN, R. “Física Universitaria”, Volumen II, Novena Edición. Editorial Addison-Wesley. México. 1999.
- 3) RESNICK, R. - HALLIDAY, D. – KRANE, K. “Física”, Volumen 2, Cuarta Edición en español. Quinta Edición en Inglés. Editorial C.E.C.S.A. México, 2002
- 4) TIPLER, PAUL A. “Física para la Ciencia y la Tecnología”, Vol. II, Cuarta Edición. Editorial Reverté, Barcelona, España, 2001.
- 5) ADEMÁS EN ESTE MANUAL DE LABORATORIO, se encontrará un resumen de aquellos contenidos introductorios teóricos, que apoyan cada práctica experimental

**2.- Bibliografía de la parte Experimental:** Para el desarrollo de las prácticas de laboratorio se dispone de los manuales, elaborados por el Departamento de Física de la Universidad del Norte y de algunos textos básicos que se detallan:

- 1) DEP. FÍSICA UCN . " **Manual de Prácticas de Laboratorio de Electromagnetismo**"
- 2) DEP. FÍSICA UCN . " **Manual de Técnicas de Laboratorio de Física**"
- 3) SÁNCHEZ, P., ALCOBER, V., DURO, C., SANZ, A. Y MARECA, P , " **Manual del Laboratorio de Física**". P. Ed. Dpto. de Publicaciones de la E.T.S.I. Telecomun. <http://www-pp.etsit.upm.es/departamentos/fis/index.html>.
- 4) BARFORD, N.C., “**Experimental Measurements: Precision, Error and Truth**”, John Wiley and Sons, New York, 1985.
- 5) SQUIRES, “**Practical Physics**”, Cambridge Univ. Press (3ª ed. 1985).
- 6) SÁNCHEZ DEL RÍO, C. “**Análisis de Errores**”. Eudema Universidad. Madrid, 1989

## EVALUACIÓN

La evaluación es en base a la ponderación promedio de 3 notas :

**Nota 1:** Promedio de notas de pruebas cortas (15 minutos, al comienzo de la clase)

**Nota 2:** Promedio de notas de algunas hojas de respuesta de experimentos, que indicaría el profesor

**Nota 3:** Prueba práctica relacionada con alguna de las experiencias desarrolladas

En todas las actividades prácticas deben aplicarse las técnicas experimentales que correspondan

## REGLAMENTO PARA LOS ESTUDIANTES DEL LABORATORIO

1. Las sesiones de práctica de laboratorio se harán según calendarización establecida e indicada por su profesor de Laboratorio.
2. Es deber de los estudiantes consultar a su profesor y/o ayudante si el circuito que va a estudiar está correctamente conectado. Después de recibir el visto bueno, conectar a la fuente de voltaje y proceder.
3. La asistencia de los estudiantes, será obligatoria al 100%
4. En caso de inasistencia justificada a una sesión de laboratorio, el alumno con certificación oficial deberá avisar oportunamente al profesor para poder recuperarla en otro horario.
5. No se permitirá el ingreso de alumnos atrasados.
6. El cupo recomendable de alumnos en una sección de laboratorio es a lo más de 9, éstos se subdividirán en grupos de a lo más 3 personas cada uno.
7. Cada grupo se responsabilizará por el material y deberá devolverlo en el estado en que lo recibió. Si algún alumno produjera deterioro en algún material, el grupo se responsabilizará por el hecho, reponiéndolo o arreglándolo.
8. Las pruebas cortas son individuales. Los alumnos deben estar en condiciones de responder los cuestionarios que correspondan o los contenidos teóricos de la experiencia a desarrollar en la práctica experimental
9. Las hojas de respuesta debe ser llenada por los alumnos componentes del grupo de trabajo

## PRÁCTICA Nº 1 EXPERIMENTOS DE ELECTROSTÁTICA

**CONCEPTO:** Electromagnetismo, Electroestática

**TIEMPO:** 1 Bloque (1 h: 30 min)

**EQUIPO E INSTRUMENTAL NECESARIO:**

- 1 Máquina electrostática de Wimshurst,
- 1 Electroscopio

**MATERIALES:**

- Esferas conductoras
- Barra de vidrio, barra de ebonita,
- Trozo de piel, trozo de lana,
- Kit de electrostática compuesto de: cámara de humo, molinete eléctrico, campanilla, puntas conductoras, conductores de diversa formas

**OBJETIVOS:**

Realizar un estudio cualitativo del estado de electrización de cuerpos cargados y de la interacción entre ellos, como por ejemplo:

- Definir carga eléctrica
- Electrificación de cuerpos (Tabla Triboeléctrica)
- Verificar la existencia de 2 tipos de cargas eléctricas (positiva y negativa)
- Mostrar métodos de electrificación de cuerpos (frotación, contacto e inducción, máquina de Wimshurst)
- Detección de cargas eléctricas (Péndulo eléctrico, electrómetro)
- Estudio cualitativo de la Ley de Coulomb (con arreglos experimentales para su estudio)
- Visualizar diferencias entre materiales conductores y aislantes. Contacto a tierra
- Distribución de la carga en un conductor (ley de Gauss)
- Visualizar el efecto punta y su relación con el viento eléctrico
- Visualización de líneas de campo eléctrico de distintas distribuciones de carga.

**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:**

**ESQUEMA:**

Con el kit de Electroestática, la máquina de Wimshurst y el electroscopio, que se muestran en la figura 1, se desarrollan diversas experiencias de electrostática



**Figura 1:** Equipos y materiales para experimentos de electrostática

**INTRODUCCIÓN TEÓRICA:**

La **electrostática** es la parte de la física que estudia las interacciones entre cuerpos en reposo, cargados eléctricamente.

La **carga eléctrica** es una de las propiedades que poseen las partículas elementales, (por ej.: protón, electrón, neutrón,...) la cual se manifiesta en forma de atracciones y repulsiones entre los cuerpos que la poseen. Existen dos tipos de carga eléctrica (**positiva**: la que posee el protón, **negativa**: la que posee el electrón, El neutrón no posee carga eléctrica).

Las **partículas elementales** son los constituyentes elementales de la materia.

**La materia y su estructura:** El comportamiento que presenta la materia, en general, se explica postulando que tiene una estructura discontinua, discreta; es decir, una estructura

constituida por aglomeraciones de muchísimas partículas materiales muy pequeñísimas. Entre las partículas **químicamente distinguibles** se tendrían los **átomos**, las **moléculas** y los **iones**. Las moléculas y los iones estarían constituidos también por átomos y los átomos, a su vez, por partículas aún más pequeñas, **indistinguibles químicamente: protones, neutrones y electrones**.

**Los átomos** son partículas con una estructura muy compleja con un **núcleo** central muy pequeño y una **corteza** exterior a gran distancia. El núcleo contiene un número **Z** de protones y un número **N** de neutrones. La suma de protones y neutrones se llama **número másico A**, o sea  **$A = Z + N$** . En la corteza se ubican, también, **Z** electrones. El número **Z** se llama **Número atómico** y es el que identifica químicamente al átomo.

**Los protones** tienen una carga eléctrica positiva igual a la **carga elemental e**, la que es igual a  $1.602 \times 10^{-19}$  C. El núcleo atómico entonces tiene una carga eléctrica igual a **Ze**.

**Los electrones extranucleares** tienen la misma carga eléctrica **e**, pero negativa. Por lo tanto, la carga eléctrica de la corteza es **-Ze**, y la del átomo será:  **$Ze - Ze = 0$** , pues en el átomo neutro el número de protones es igual al número de electrones. Si el número de electrones es mayor o menor que **Z**, el átomo tendrá una carga eléctrica negativa o positiva respectivamente. Todo átomo cargado de electricidad es un **ión**. Por otra parte, la masa de un electrón es alrededor de 1837 veces menor que la masa del protón o la del neutrón, por lo tanto prácticamente toda la masa del átomo se halla concentrada en el núcleo atómico.

**Un cuerpo eléctricamente neutro** tiene igual número de protones que de electrones. Se dice que es y estará **cargado negativamente** si ha ganado electrones y estará **cargado positivamente** si ha perdido electrones. Dos cuerpos que tienen el mismo tipo de carga eléctrica se repelen, y si tienen distinto tipo de carga eléctrica se atraen.

#### PROCEDIMIENTO:

Su profesor de laboratorio a través de diversos experimentos demostrativos estudia fenómenos de la electrostática, como por ejemplo:

**1.- Manifestación de dos tipos de electricidad (positiva y negativa):** Si una barra de vidrio se frota con un plástico (poliéster), el vidrio se carga positivamente, pues desde el vidrio se traspasan electrones al poliéster, (ver tabla triboeléctrica). Si luego con la barra de vidrio se toca la bolita conductora de un péndulo eléctrico se observa que este es repelido por la barra, pues se transfiere parte de la carga positiva a la bolita conductora. Si posteriormente, se acerca a la bolita cargada positivamente, una barra de acrílico frotada con lana se observa una atracción, lo que da cuenta de la existencia de dos estados eléctricos distintos (cargas de igual tipo se repelen y de distinto tipo se atraen)

Serie Triboeléctrica

+	Vidrio
	Cabello humano
	Nylon
	Lana
	Piel
	Aluminio
	Poliéster
	Papel
	Algodón
	Acero
	Cobre
	Niquel
	Goma
	Acrílico
	Poliuretano
-	Teflón

**2.- Cuerpo cargado eléctricamente:** Al frotar un material con otro de distinta naturaleza, ambos se cargan eléctricamente con igual cantidad de carga pero de distinto tipo (positiva y negativa) y ambos adquieren la propiedad de atraer pequeños trozos de papel, o a un péndulo eléctrico

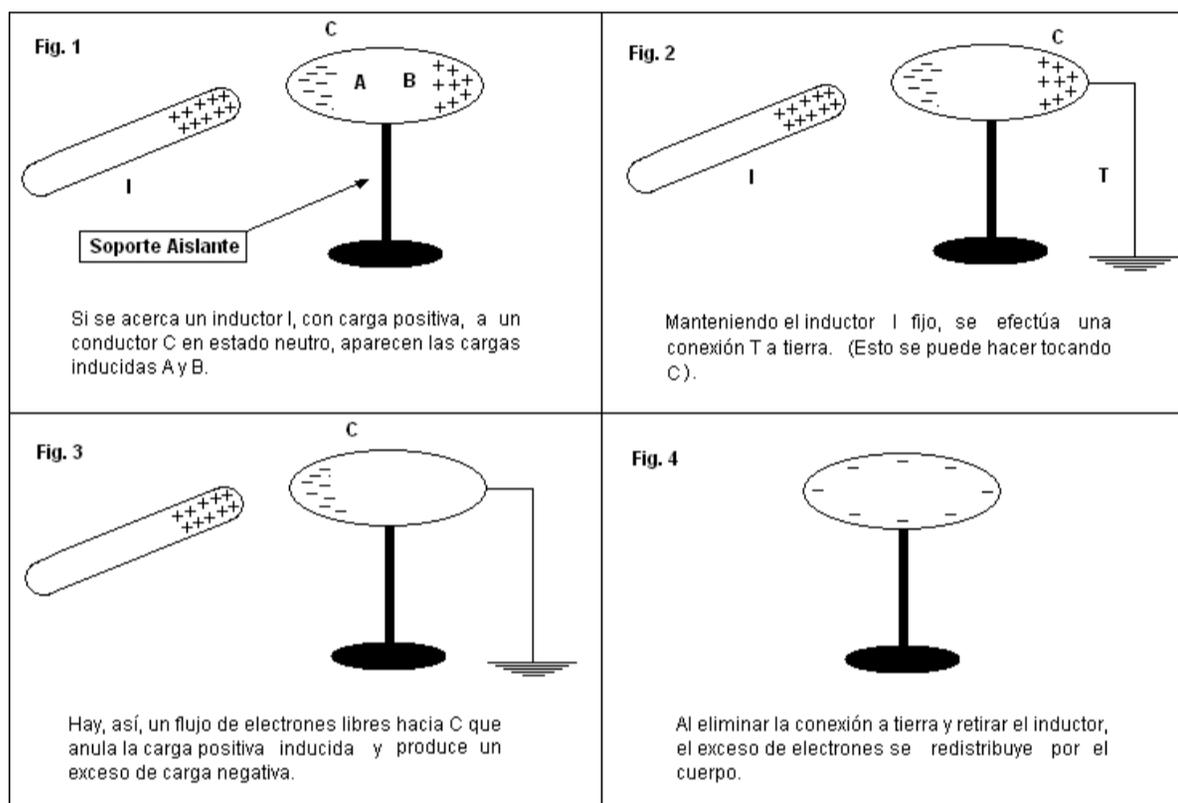
#### 3.- Métodos de electrificación de cuerpos:

**a.- Por frotamiento:** Los núcleos de algunos átomos tienen la propiedad de atraer más electrones que los de otros átomos diferentes es decir son más electroafines que otros. Por tanto, al frotarse dos materiales de distinta naturaleza, el material más electroafín adquirirá una carga negativa por que atrae electrones hacia sí, desde el otro material. Por el contrario, el material menos electroafín adquirirá una carga positiva porque pierde electrones.

**b.- Por contacto:** Consiste en cargar un cuerpo poniéndolo en contacto con otro previamente electrificado. En este caso, ambos quedarán cargados con carga del mismo signo. Esto se debe a que habrá transferencia de electrones libres desde el cuerpo que los posea en mayor cantidad hacia el que los contenga en menor proporción y manteniéndose este flujo hasta que la magnitud de la carga sea la misma en ambos cuerpos.

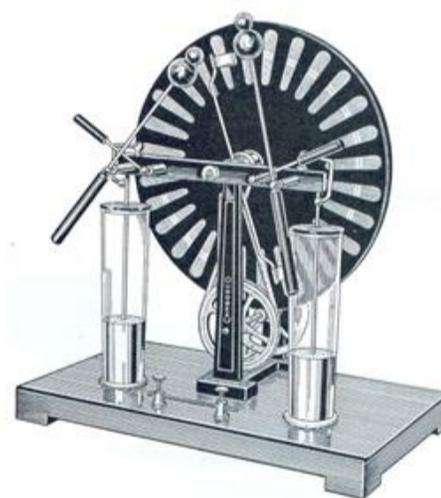
**c.- Por Inducción:** Si se acerca un objeto cargado eléctricamente a un cuerpo conductor neutro, sin establecer contacto físico con él; los electrones del conductor se redistribuyen, alejándose o acercándose del objeto cargado (según sea su tipo de carga). Sin embargo, la carga total del cuerpo conductor seguirá siendo neutra pero en algunas zonas se carga positivamente y en otras negativamente. Se dice que aparecen cargas eléctricas inducidas. Entonces el cuerpo electrificado, denominado inductor, induce una carga con signo contrario en el cuerpo neutro y por lo tanto lo atrae.

La figura 2 muestra el procedimiento para electrificar un cuerpo por inducción y contacto a tierra. Es importante tener en cuenta que la carga obtenida por este método es de signo opuesto a la carga del inductor



**Figura 2:** Carga de un conductor por inducción

**d.- La máquina de Wimshurst:** es un generador electrostático de alto voltaje. Se compone de dos grandes discos que giran en sentidos opuestos, los cuales llevan en la periferia unas platinas de aluminio que al ponerse en contacto con unos cepillos de cobre se cargan eléctricamente debido al efecto triboeléctrico. La carga adquirida por las platinas de uno de los discos, induce cargas de distinto signo en las platinas del otro disco que gira en sentido contrario, las cargas de signo diferentes se recogen en dos peines diferentes, que se encuentran colocados perpendiculares uno al otro y almacenadas en dos condensadores y conectados a los electrodos terminales, uno positivo y el otro negativo



#### 4.- Detección de cargas eléctricas

**a.- Con el electroscopio:** El electroscopio permite detectar cuando un cuerpo está cargado. Al acercar una barra de acrílico frotada previamente con lana, se observa que la barra móvil del electroscopio se repele con la barra fija pues ambas se cargan, por inducción, con carga contraria a la del acrílico. Al retirar el acrílico que previamente ha sido cargado, el electroscopio no marca carga alguna.



Guía de Laboratorio

**b.- Con el péndulo eléctrico:** Al acercarse un cuerpo que previamente ha sido cargado a la bolita conductora del péndulo eléctrico, ésta se carga por inducción y en el sector de la bolita más cercano al cuerpo cargado habrá una fuerza atractiva mayor que la fuerza repulsiva del sector más alejado, manifestándose, en consecuencia, una atracción de la bolita. Si la bolita toca al cuerpo cargado esta se cargará con carga del mismo signo y se observa una repulsión



**5.- Materiales Conductores y aislantes:** En los conductores, las cargas se mueven libremente en cambio en los materiales aislantes las cargas no se desplazan libremente a través del material. Con la ayuda de la máquina Wimshurst se carga una esfera conductora, observándose su carga con el electroscopio, si luego la esfera conductora se **conecta a tierra**, ésta pierde toda su carga lo cual se observa en el electroscopio

**6.- Distribución de la carga en un conductor (ley de Gauss).** Si se carga con la máquina electrostática, una esfera metálica hueca, aislada y luego con el plano de prueba tocamos la superficie externa de la esfera cargada y enseguida el electroscopio, se observa que las hojuelas se separan, por lo tanto concluimos que en la superficie exterior hay cargas. Si repetimos la experiencia pero el plano de prueba toca la superficie interna de la esfera cargada, se observa que las hojuelas no se separan. Comprobándose que la carga se distribuye solamente en la superficie externa y no en la interna.

**7.- Densidad de carga superficial en un conductor irregular**

**a.- En las convexidades hay más carga:** Se carga un conductor de forma irregular y con el plano de prueba se establece contacto con el electroscopio. Se observará que en las zonas donde hay convexidades, la densidad de carga es mayor, lo que es detectado por el electroscopio

**b.- Efecto punta y viento eléctrico:** Si un cuerpo cargado tiene puntas, la densidad de carga en ella, será muy grande, y al tocar el aire que las circunda, las moléculas de gas son violentamente repelidas por las cargas del mismo signo, que permanecen en el conductor. Se produce el llamado **Viento eléctrico**, capaz de desviar la llama de una vela

**c.- Aplicación del efecto punta a un molinete:** El molinete es un dispositivo conductor con forma de molino que puede girar libremente sobre un pedestal aislado de tierra. Se carga con la máquina electrostática, y por efecto del viento eléctrico producido en cada una de las puntas, por ley de acción y reacción, la fuerza con la que es repelido el aire, es igual y contraria a la fuerza que actúa sobre cada una de las puntas del molinete, con lo cual el molino girará

**d.- Efecto Granizo:** Se cargan los terminales del dispositivo con carga de distinto signo y las pelotitas, serán atraídas hacia el terminal más cercano, donde adquirirá carga de ese signo, luego por efecto de la repulsión entre carga del mismo signo, se verá repelida hacia el otro electrodo, repitiéndose el fenómeno

**e.- Dispersión del humo en una cámara de humo:** Se cargan los terminales de la cámara de humo, y por argumentos similares al del efecto granizo, el humo rápidamente se dispersará.

**f.- Efecto campanilla:** El dispositivo consiste dos partes aisladas entre sí, una contiene las campanas externas y la otra la campana central, se carga cada una de las partes con carga de distinto signo, y por argumentos similares al del efecto granizo las esferitas conductoras, saltan de una campanilla a la otra y estas sonarán.

## 8.- Cuestionario de Electroestática

Alguna de las preguntas del siguiente cuestionario, se realizaran en la **prueba corta N° 1**:

1. ¿Qué estudia la electrostática?
2. ¿Qué es carga eléctrica? Y ¿Cómo se manifiesta?
3. ¿Qué son las partículas elementales? De 3 ejemplos
4. ¿Qué es un ión?
5. ¿Cuándo se dice que un cuerpo es eléctricamente neutro?
6. ¿Cuándo se dice que un cuerpo se ha cargado negativamente?
7. ¿Cuándo se dice que un cuerpo se ha cargado positivamente?
8. ¿Cuándo dos cuerpos cargados eléctricamente se repelen?
9. ¿Cuándo dos cuerpos cargados eléctricamente se atraen?
10. ¿En qué consiste el electroscopio? Para qué sirve?
11. ¿Para qué sirve la máquina de Wimshurt?
12. ¿La carga en los terminales de la máquina de Wimshurt es del mismo tipo?: (Si/No)
13. Al frotar vidrio con teflón, ¿cuál será la carga del vidrio y cual la carga del teflón?
14. Al frotar aluminio con goma, ¿cuál será la carga del aluminio y cual la de la goma?
15. Al frotar aluminio con lana, ¿cuál será la carga del aluminio y cual la de la lana?
16. Al frotar aluminio con goma y luego acercarlo al aluminio frotado con lana, ¿se atraen o se rechazan?
17. ¿Por qué al frotar cobre con nylon, el cobre se carga negativamente y el nylon positivamente
18. Al acercar una barra de vidrio (previamente frotada con nylon) a una bolita conductora suspendida con una cuerda, indique si hay atracción o repulsión de la bolita. Explique ¿por qué?
19. Al establecer contacto entre una barra de vidrio (previamente frotada con nylon) y una bolita conductora suspendida con una cuerda, indique lo que sucede. Explique el ¿por qué?
20. ¿Qué sucede con las hojuelas de un electroscopio, si se acerca un cuerpo cargado, sin establecer contacto, a la esferita conductora del electroscopio. Comentar y explicar. Si luego se aleja el cuerpo cargado, que sucede con las hojuelas del electroscopio. Explique el por qué .
21. ¿En qué consiste que un cuerpo se cargue por frotamiento?
22. ¿En qué consiste que un cuerpo se cargue por contacto?
23. ¿En qué consiste que un cuerpo se cargue por Inducción?
24. ¿Qué caracteriza a un cuerpo conductor?
25. ¿Qué caracteriza a un cuerpo no conductor o aislante?
26. Si un cuerpo con carga positiva toca a un conductor, indique el tipo de carga que adquiere el conductor y ¿en qué lugar se deposita la carga transferida?, (en el equilibrio electrostático)
27. Si un cuerpo cargado toca a un conductor de forma irregular, indique ¿en qué zona habrá mayor concentración de cargas?
28. ¿En qué consiste el “viento eléctrico”? Explique
29. ¿En que consiste la “chispa eléctrica” Explique
30. Explique el efecto granizo

## PRÁCTICA Nº 2: COMPONENTES, INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS, SU MODO DE USO

**CONCEPTO:** Electromagnetismo, instrumentos y componentes eléctricos

**TIEMPO:** 1 Bloque (1 h: 30 min)

**EQUIPO E INSTRUMENTAL NECESARIO:**

- Diversos instrumentos que forman parte de circuitos eléctricos (fuentes, amplificador de potencia, generador de señales, etc..)
- Diversos instrumentos que permiten medir magnitudes eléctricas (óhmetros, capacitómetros, amperímetros, voltímetros, sistema de adquisición de datos etc..)

**MATERIALES:**

- Diversas resistencias (pirolíticas, de alambre, potenciómetros, reóstatos, etc..)
- Diversos condensadores (electrolíticos, de placas paralelas, variables, etc..)
- Diversos tipos de conectores (cables, paralelo, coaxial, circuito impreso, etc..)
- Inductancias (solenoides, transformador)
- Otros elementos de circuito (diodos, transistores, fotodiodos, circuito integrado, etc..)

**OBJETIVOS:**

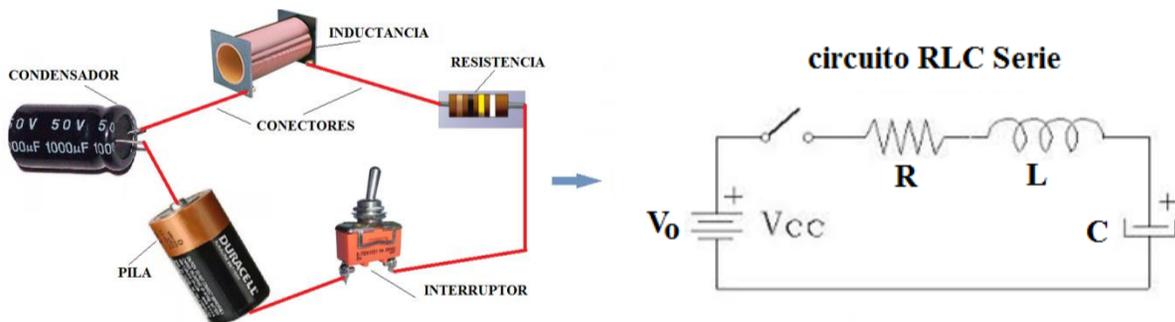
En el transcurso de las clases prácticas del laboratorio, se realizarán experimentos demostrativos de algunas leyes del electromagnetismo, pero fundamentalmente el análisis de diversos circuitos eléctricos. Los objetivos de esta práctica son:

- Conocer los diferentes instrumentos y componentes que conforman un circuito eléctrico
- Conocer los diferentes las características de cada equipo y componente de circuitos
- Conocer el instrumental utilizado para medir diversas magnitudes eléctricas
- Conocer los cuidados y medidas de seguridad en el armado de circuitos eléctricos y mediciones de magnitudes eléctricas

**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:**

**ESQUEMA:**

En la figura se observa un circuito RLC serie, real y su equivalente en el que se observan algunos elementos de circuitos



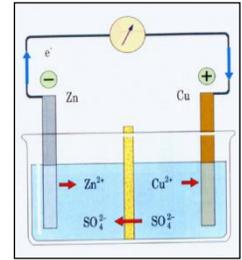
**INTRODUCCIÓN TEÓRICA:**

Todo circuito eléctrico consta esencialmente de:

- **fuentes de fuerza electromotriz** (pilas, baterías, dínamos, etc.),
- **conectores** (conductores que transportan la corriente desde la fuente a los receptores).
- **aparatos receptores de energía eléctrica** (transforman la energía eléctrica en otra forma de energía o almacenan energía eléctrica)

**1.- Fuentes de fuerza electromotriz:** Proporcionan la energía eléctrica a los elementos de un circuito. Ej.: pilas, acumuladores, dinamos, centrales termoeléctricas, generador de señales, etc..

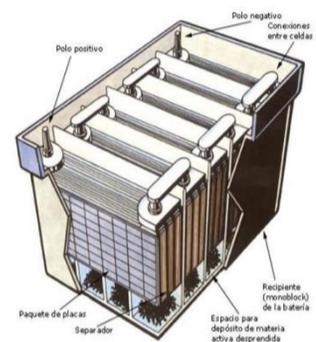
**a.- Pila:** Dos electrodos metálicos de diferentes materiales inmersos en un electrolito, ej. : zinc y cobre (inmersos en  $H_2SO_4$  diluido); pila alcalina, pila Zn-carbono (pila de uso común), pila de Hg, pila de Ag, pila de Li. En todas estas pilas, el electrolito reacciona más con un electrodo que con el otro, lo que produce mayor transferencia de electrones a un electrodo que al otro, manteniendo de este modo una diferencia de potencial en sus terminales



Las pilas se caracterizan por su fuerza electromotriz (f.e.m.) y su resistencia interna. La reacción química en una pila no es reversible (la pila es desechable). Dependiendo del tipo de pila, es su duración y fuerza electromotriz, por ej.: la pila alcalina es de poca duración y su fuerza electromotriz es de 1,5 [V] (pila común), en cambio la pila de Hg es de gran duración y su f.e.m es de 1,35 [V] (pila de reloj). Una pila descargada tiene una resistencia interna grande.



**b.- Batería o Acumulador:** Son similares a las pilas, sólo que la reacción química es reversible y se puede descargar y cargar repetidas veces. Ej: batería de plomo (usada en vehículos), sus componentes son: electrodo positivo (de óxido de plomo), electrodo negativo (plomo esponjoso), electrolito (ácido sulfúrico diluido). Como la reacción química es reversible, los electrodos se recuperan si se les hace circular corriente en sentido contrario a cuando la entrega. Una mayor fuerza electromotriz se obtiene en la batería si se ponen en serie varias celdas. Una batería descargada tiene gran resistencia interna, la cual se reduce si ésta se carga nuevamente.



**c.- Generador de señales eléctricas:** Son dispositivos que generan voltajes variables en amplitud, frecuencia y forma de onda. Ej.: generador de onda sinusoidal (G.O.S.)



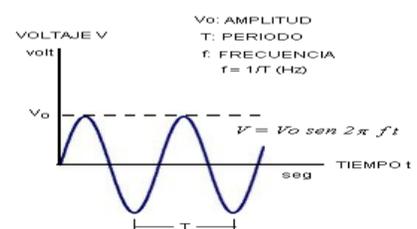
**d.- Amplificador de potencia:** Son dispositivos que amplifican señales de voltaje que se generan con generadores de señales eléctricas o con un PC. Permiten generar señales de relativa alta potencia, de tipo sinusoidal, rampa, triangular, continua, etc.



**e.- Fuentes de voltaje continuo (C.C.):** Son dispositivos que suministran una fuerza electromotriz constante en el tiempo (pilas, baterías, circuitos rectificadores). La figura muestra el voltaje en los terminales de la fuente en función del tiempo



**f.- Fuentes de voltaje alterno (CA.):** Son dispositivos que suministran una fuerza electromotriz que varía senoidalmente en el tiempo (Alternador, dinamo, generador CA). En corriente alterna (CA), generalmente se mide el **valor eficaz** o valor cuadrático medio (en inglés *root mean square*, abreviado RMS o rms), del voltaje alterno y se define como el valor de un voltaje rigurosamente constante (corriente continua, CC) que al circular por una determinada resistencia óhmica pura, produce los mismos efectos caloríficos (*igual potencia disipada*) que dicha corriente variable (corriente alterna). En este contexto el valor eficaz (o valor efectivo o valor rms) de cualquier señal variable periódica de voltaje  $V(t)$  se puede calcular por



$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V^2(t) dt.}$$

En que:  $T$  es el periodo de la señal. Esta expresión es válida para cualquier forma de onda, sea ésta sinusoidal o no, siendo por tanto aplicable a señales de radiofrecuencia y de audio o de otro tipo

Guía de Laboratorio

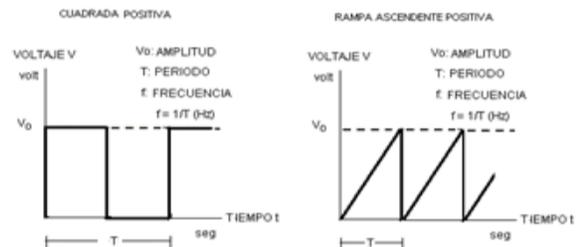
En el caso de una corriente alterna sinusoidal (como lo es, con bastante aproximación, la de la red eléctrica domiciliaria) con una amplitud máxima (o de pico)  $V_o$ , el valor eficaz  $V_{ef}$  del voltaje alterno es:

$$V_{ef} = \frac{V_o}{\sqrt{2}}$$

y el valor eficaz  $I_{ef}$  de la intensidad de corriente alterna es  $I_{ef} = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$

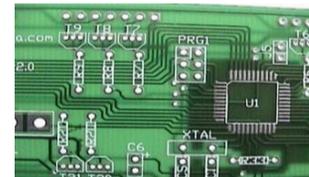
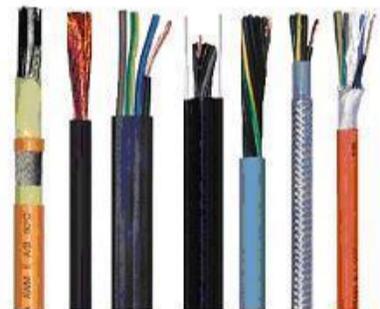
y la potencias eficaz  $P_{ef}$  de la señal alterna será:  $P_{ef} = \frac{P_o}{2}$   
En que  $P_o$  es la potencia máxima  $P_o = V_o \cdot I_o$

**g.- Generador de Señales de Voltaje:** Son dispositivos que suministran una fuerza electromotriz variable en el tiempo (generador de ondas, amplificador de potencia). Estos instrumentos proporcionan voltajes que pueden ser seleccionados por el usuario. La figura muestra algunos tipos de señales de voltaje



**2.- Conectores:** Son hilos, cables, cablecillos metálicos (generalmente de cobre) que transportan la energía eléctrica o señales eléctricas. Por ej.:

- **Hilo conductor:** alambre único aislado o no (usado en instalaciones domiciliarias).
- **Cablecillo:** alambres finos trenzados, con aislante (usado en circuitos electrónicos).
- **Cable paralelo:** dos cablecillos aislados (en cordones de enchufe, instalaciones menores).
- **Cable:** alambre grueso trenzado, aislado o no (uso entre postes).
- **Cable coaxial:** hilo conductor central cubierto con polietileno y rodeado por una malla conductora y cubierta aislante (uso desde un TV hasta la antena).
- **Circuitos impresos:** las conexiones se realizan mediante recorridos metálicos impresos sobre material aislante (uso en circuitos electrónicos).



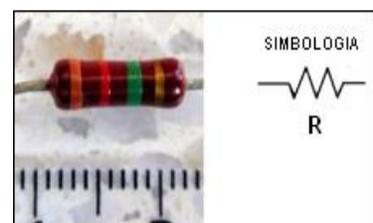
**3.- Aparatos receptores de energía eléctrica y componentes electrónicos:** Transforman la energía eléctrica en otra forma de energía o almacenan energía, tales como: resistencias, inductancias, condensadores, semiconductores, circuitos integrados. En la figura podemos ver un circuito eléctrico completo.



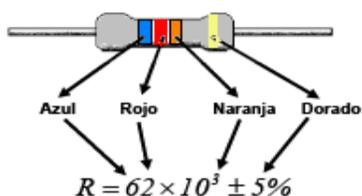
**a.- Resistencias:** Son conductores que dificultan el paso de la corriente

**Diferentes tipos de resistencias:**

- **Resistencias pirolíticas:** cilindros de cerámica recubiertos con carbón. Son de baja potencia (hasta 2 watt). Usan códigos de colores.
- **Código de colores de las resistencias pirolíticas:** La resistencia pirolítica trae franjas de colores que indican el valor nominal de la resistencia y su tolerancia

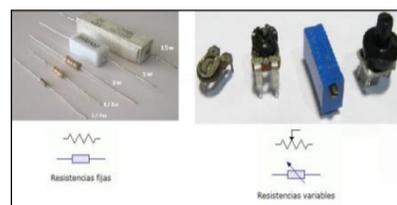


### Codigo de colores para las resistencias pirolíticas



COLOR	1ª FRANJA	2ª FRANJA	3ª FRANJA	TOLERANCIA
Ninguno	-	-	---	± 20%
Plata	-	-	$10^{-2}$	± 10%
Oro	-	-	$10^{-1}$	± 5%
Negro	-	0	$10^0$	---
Café	1	1	$10^1$	± 1%
Rojo	2	2	$10^2$	± 2%
Naranja	3	3	$10^3$	---
Amarillo	4	4	$10^4$	---
Verde	5	5	$10^5$	± 0,5%
Ázul	6	6	$10^6$	---
Violeta	7	7	$10^7$	---
Gris	8	8	$10^8$	---
Blanco	9	9	$10^9$	---

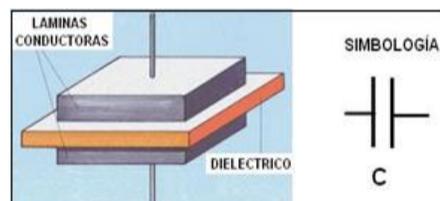
- **Ejemplo.:** Si la primera barra es azul, la segunda barra es rojo, la tercera barra es naranja y la cuarta barra separada es dorada, entonces el valor de la resistencia R es de  $62 \times 10^3 \pm 5\%$  [ohm], o sea  $R = (62,0 \pm 3,1)$  [kΩ].
- **Resistencias de alambre:** enrollados de alambre. De alta potencia (hasta 100 watt). Su valor está indicado en la cápsula.
- **Potenciómetro:** son resistencias variables (pirolíticas o de alambre). Generalmente de baja potencia. Su valor viene indicado en la cápsula.
- **Reóstatos:** son resistencias variables de alambre de gran potencia.
- **Características de las resistencias:**
  - **Valor nominal de la resistencia:** valor más probable, que dice el fabricante.
  - **Tolerancia:** error en porcentaje que puede tener la resistencia. Ej.: si la resistencia tiene un valor nominal de 150 [Ω] y tiene una tolerancia de 10%, osea:  $R = (150 \pm 15)$ [Ω]; o bien  $(135 < R < 165)$  [Ω]
  - **Disipación de potencia de una resistencia:** Es la potencia máxima que puede disipar la resistencia, sin dañarse. Ej.:
    - pirolítica chica (aprox. 7 mm.) : 1/4 W
    - pirolítica mediana (aprox. 1,2 cm.) : 1/2 W
    - pirolítica grande (aprox. 1,5 cm.) : 1 W
    - de alambre (aprox. 2 cm.) : 5 a 10 W



**b.- Condensador:** Consiste en 2 placas metálicas separadas por un material aislante. Tiene la propiedad de almacenar carga eléctrica en sus placas (una positiva y la otra negativa).

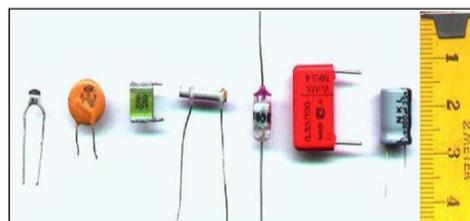
— **Capacidad de un condensador:** Es la cantidad de carga que se acumula en la placa positiva por unidad de voltaje entre las placas del condensador.

$$C = Q / V ; \text{ [Coulomb / Volt] = [Faradio] = [C/V] = [F]}$$



— **Diferentes tipos de condensadores:** Se clasifican según el tipo de aislante, ej:

- **Condensador de papel:** Con aislante de papel. Son de baja capacidad
- **Condensador de mica:** Con aislante de mica. Son de baja capacidad
- **Condensador de plástico:** Con aislante de poliéster. Se obtienen de capacidades altas, con voltajes hasta 1000[V]
- **Condensador cerámico:** Con aislante de cerámica. Resisten altos voltajes.
- **Condensador electrolítico:** Los hay de aluminio y de tantalio. Los de aluminio consisten en una cinta de este metal recubierta con una película de óxido de Al, que actúa como aislante, sobre el óxido hay una lámina de papel impregnada con un electrolito conductor y sobre ella una segunda lámina conductora de Al que proporciona el contacto eléctrico al papel. Poseen gran capacidad. Tienen polaridad, pues, para que funcionen correctamente el terminal de Al recubierto con óxido debe tener polaridad positiva y el otro negativo.
- **NOTA:** Los condensadores no tienen polaridad. Salvo el



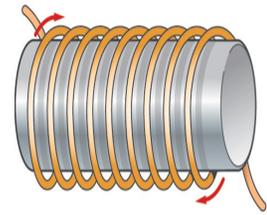
Guía de Laboratorio

condensador electrolítico, que requiere conectarse según la polaridad, indicada en el condensador, para que funcione adecuadamente.

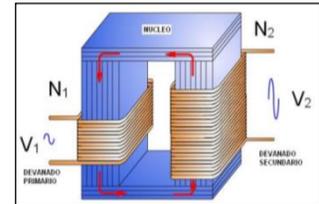
- **Voltaje máximo en el condensador:** Valor máximo de voltaje que resiste el condensador, sin dañarse. Se indica en la cápsula. Ej.: condensador electrolítico de 330 [ $\mu$  F], 25 [V]

**c.- Bobinas y solenoides:** Son enrollamientos de alambre alrededor de un núcleo.

- **Inductancia de una bobina:** Es equivalente al voltaje que se crea en los extremos de la bobina o solenoide, cuando ésta es atravesada por una corriente que varía a razón de 1 ampere por segundo. La inductancia se mide en Henry, [H]

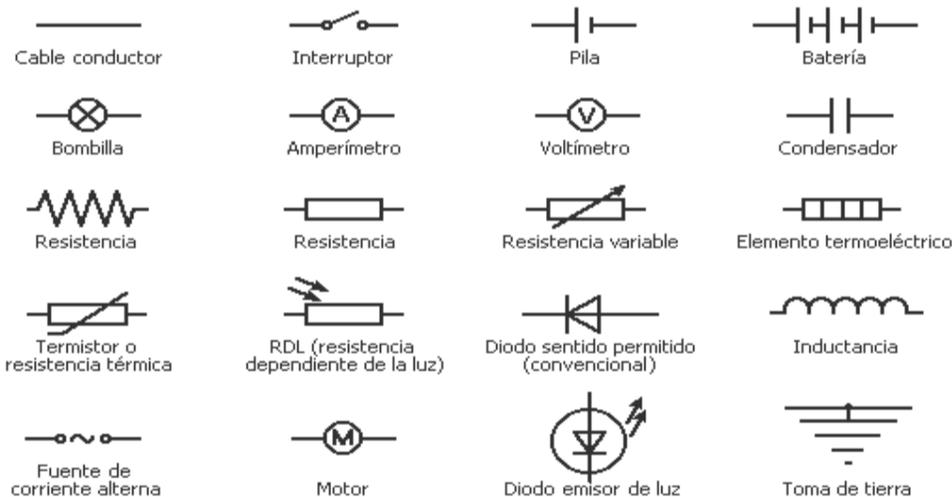


- **El transformador:** Son dos bobinas enrolladas en un mismo núcleo y tienen por objeto transformar un voltaje alterno  $V_1$  (aplicado en el primario), en otro voltaje alterno  $V_2$  (en el secundario, con la misma frecuencia.)



**d.- Otros elementos de circuitos:** Existen varios otros tipos de elementos en un circuito, como por ejemplo: diodo, transistor, válvulas de vacío, tubo de rayos catódicos, componentes optoelectrónicos, circuitos integrados, etc., que están fuera del alcance del curso.

**e.- Simbología para los diferentes elementos de un circuito eléctrico:** los siguientes símbolos son utilizados para representar diferentes elementos en un circuito

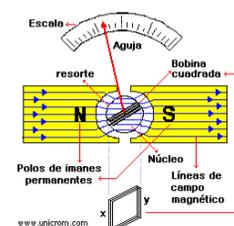


**4.- Instrumentos de medición de magnitudes eléctricas:** Son aparatos que permiten medir magnitudes como: intensidad de corriente, diferencia de potencial (voltaje), resistencia eléctrica, capacidad, frecuencia, continuidad de líneas de circuitos, etc...

**a.- Amperímetro:** mide corriente. Los hay de Corriente Alterna (C.A.) y Continua (C.C.). Los hay analógicos y digitales



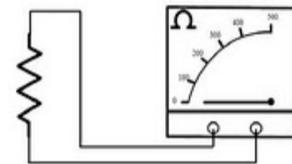
**b.- Galvanómetro:** mide corrientes débiles.



c.- **Voltímetro:** mide voltaje. Los hay de C.A. y de C.C. Los hay digitales y analógicos



d.- **Óhmetro:** mide resistencia.



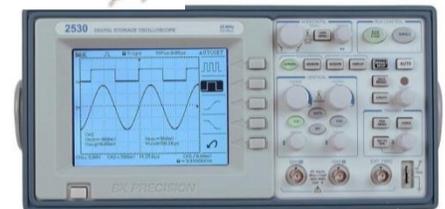
e.- **Capacímetro:** mide capacidad de condensadores.

f.- **Frecuencímetro:** mide frecuencia de señales eléctricas periódicas.

g.- **Multímetro:** mide diferentes magnitudes eléctricas (voltímetro AC y DC, amperímetro AC y DC, óhmetro, capacitímetro, etc.). Los hay analógicos y digitales

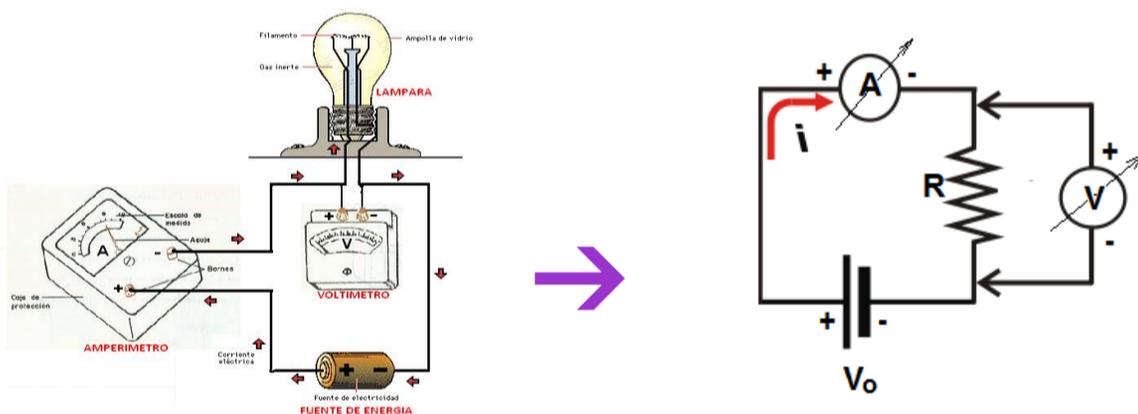


h.- **Osciloscopio:** permite “visualizar señales eléctricas” en la pantalla de un tubo de rayos catódicos. Ej.: voltaje en un condensador en función del tiempo.



## 5.- Mediciones eléctricas

a.- **Mediciones con Voltímetro y amperímetro:** La figura siguiente muestra la forma de conectar un voltímetro y un amperímetro en un circuito eléctrico para medir voltaje y corriente respectivamente. Se observa además la simbología utilizada para representar los medidores en el circuito



b.- **Influencia de la resistencia interna del Voltímetro o Amperímetro en el resultado de las mediciones:** Toda vez que se mide una magnitud física, ésta es intervenida. La idea es que la interferencia sea lo más reducida posible. Por lo tanto, los medidores eléctricos deben tener una resistencia interna adecuada para no producir medidas erróneas.

- **En el Voltímetro:** como los voltímetros deben conectarse en paralelo con el dispositivo en el cual se desea medir el voltaje, éstos (voltímetros) debe poseer una resistencia interna lo más alta posible a fin de que no produzca un consumo apreciable, lo que daría lugar a una medida errónea del voltaje. Los voltímetros analógicos (con aguja indicadora) poseen una resistencia interna del orden de algunas decenas de  $K\Omega$  (10 mil ohm) y es variable según sea la escala a usar; En cambio, los voltímetros digitales poseen una resistencia interna del orden de algunas decenas de  $M\Omega$ , (10 millones de ohm) y es aproximadamente constante en todas sus escalas.

- **En el Amperímetro:** como los amperímetros deben conectarse en serie con el dispositivo, éstos (amperímetros) debe poseer una resistencia interna lo más baja posible a fin de que no produzca una alteración apreciable en la corriente a medir, lo que daría lugar a una medida errónea de la intensidad de corriente. Los amperímetros analógicos (con aguja indicadora) poseen una resistencia interna del orden de algunas decenas de  $\Omega$ , (10 ohm) y es variable según sea la escala a usar; En cambio, los amperímetros digitales poseen una resistencia interna del orden de algunas décimas de  $\Omega$ , (0,1 ohm) y es aproximadamente constante en todas sus escalas.

**c.- Medición del Voltaje Alterno (o eficaz) domiciliario entregado por un enchufe**

Para medir el voltaje o la intensidad de corriente en un circuito de corriente alterna se utiliza el voltímetro CA y el amperímetro CA, respectivamente; los cuales miden los valores eficaces (o rms). Así por ejemplo, si la red domiciliaria es de 220 V, esto significa que  $V_{ef} = 220 [V]$ , y el voltaje máximo será  $V_o = 220 \times (1,4142) = 311,1 [V]$

**d.- Procedimiento para medir con voltímetro digital de CA:**

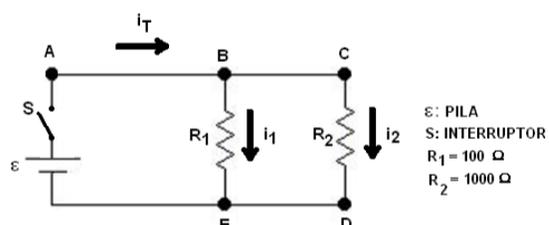
- Elegir la escala de Voltaje alterno más alta del voltímetro CA.
- Verificar que en el display se lee 0 [V].
- Introducir cuidadosamente cada pinza del voltímetro, en los terminales del enchufe hembra
- Si al realizar la lectura ésta se encuentra en un rango de la escala inferior, realice una nueva lectura seleccionando la nueva escala en el instrumento.
- Estime como error experimental al error intrínseco del instrumento en la escala elegida.

**e.- Procedimiento para medir con voltímetro digital de CC:**

- Elegir la escala de voltaje continuo más alta del voltímetro CC.
- Verificar que en el display se lee 0 [V].
- Conecte el terminal positivo del voltímetro CC al terminal positivo de la fuente de corriente continua (por ej.: pila o batería o terminal positivo de una resistencia en un circuito) y el terminal negativo del voltímetro al terminal negativo correspondiente.
- Si al realizar la lectura ésta se encuentra en un rango de la escala inferior, realice una nueva lectura seleccionando la nueva escala en el instrumento.
- Estime como error experimental al error intrínseco del instrumento en la escala elegida.

**f.- Procedimiento para medir intensidad de corriente en una rama de circuito, con un Amperímetro digital de CC:**

Por ej.: En el circuito de la figura siguiente, para medir la corriente  $i_1$  en la rama BE:



- Elegir la escala de intensidad de corriente continua (CC) más alta del amperímetro digital.
- Después de elegida la escala, verificar que en el display del instrumento se lee 0 [A].
- Intercalar el amperímetro en la rama BE (el amperímetro en serie con la resistencia  $R_1$ , ¡cuidado con la polaridad!).
- Cerrar el interruptor S, para proceder a la lectura de la corriente.
- Si al realizar la primera lectura ésta se encuentra en un rango de la escala inferior, realice una nueva lectura seleccionando la nueva escala en el instrumento.
- Considerar como error experimental de la medición al error instrumental del amperímetro Repetir similar procedimiento para medir la corriente  $i_2$  en la rama CD y la corriente total  $i_T$  en la rama AB.

**g.- Procedimiento para medir una resistencia eléctrica:** Para medir, con un óhmetro, resistencia eléctrica de un dispositivo, componente eléctrico o electrónico (lámpara, conductor, resistencia pirolítica, diodo, etc...) debe asegurarse que el dispositivo no esté conectado a una fuente de energía eléctrica, ni al resto de un circuito.

- Elegir la escala del óhmetro digital más alta.

- Después de elegida la escala, verificar que al poner en cortocircuito los terminales del óhmetro en el **display** del instrumento se lee 0 [ $\Omega$ ].
- Si al realizar la primera lectura ésta se encuentra en un rango de escala inferior, realice una nueva lectura seleccionando la nueva escala en el instrumento, verificando previamente que al poner en cortocircuito los terminales en el **display** del instrumento se lee 0 [ $\Omega$ ].
- Considerar como error experimental de la medición al error instrumental del óhmetro

**h.- Procedimiento para medir la capacidad de un Condensador:** Para medir, con un capacímetro el valor de la capacidad de un condensador, debe asegurarse que el dispositivo no está conectado a una fuente de energía eléctrica, ni al resto de un circuito.

- Elegir la escala del capacímetro digital más alta.
- Poner en cortocircuito los terminales del condensador para descargarlo totalmente por si este hubiese estado cargado.
- Conectar el condensador en el zócalo correspondiente y realizar la primera lectura, si ésta se encuentra en un rango de escala inferior, realice una nueva lectura seleccionando la nueva escala en el instrumento.
- Considerar como error experimental de la medición al error instrumental del capacímetro en la escala correspondiente.

**i.- Mediciones eléctricas con Sistema de Adquisición de Datos:** utilizando un sistema de adquisición de datos con un PC y sensores o transductores, es posible medir magnitudes físicas y el sistema puede utilizarse para medir: voltajes, corrientes, campos magnéticos, etc. (Como por ej., software " DATA STUDIO", mediante la interface Science Workshop de PASCO)

**j.- Conexión de resistencias:** Es común que 2 o más resistencias se combinen en circuitos de varias maneras. La resistencia equivalente de ciertas combinaciones se calcula a continuación:

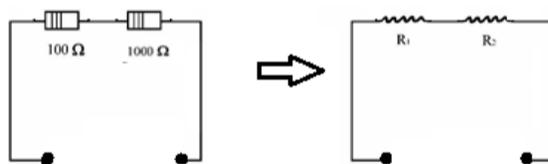
- **Conexión en Paralelo:** La figura muestra la conexión en paralelo de dos resistencias. La resistencia equivalente  $R_p$ , se calcula según la siguiente expresión:

$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2$$



- **Conexión en serie:** La figura muestra la conexión en serie de dos resistencias. La resistencia equivalente  $R_s$ , se calcula según la siguiente expresión:

$$R_s = R_1 + R_2$$



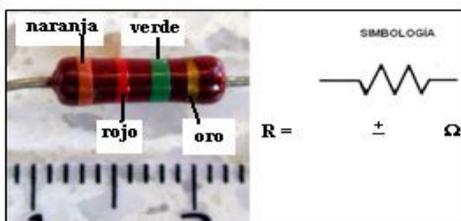
## 6.- Cuestionario de practica 2

Alguna de las preguntas del siguiente cuestionario, se realizaran en la **prueba corta N° 2:**

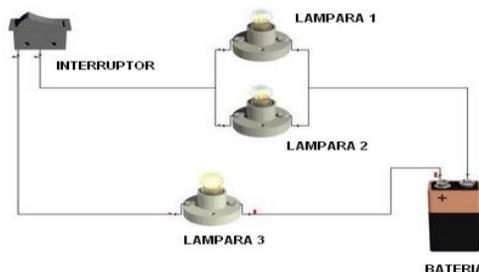
- 1.- Nombre los componentes que conforman esencialmente un circuito eléctrico
- 2.- ¿Qué es una Fuente de fuerza electromotriz?. Dé 4 ejemplos de fuentes
- 3.- ¿En qué consiste una Pila?, Describa su funcionamiento
- 4.- ¿Qué caracteriza a una pila descargada?
- 5.- ¿Qué es una Batería (o Acumulador). En que se diferencian de las pilas?
- 6.- ¿Qué sucede cuando se carga nuevamente una batería descargada?
- 7.- ¿Qué es un Generador de señales eléctricas?. Dé un ejemplo
- 8.- ¿Qué es un Amplificador de potencia?. Dé 3 ej. de señales que se pueden generar
- 9.- ¿Qué son los Conectores?. Dé 4 ejemplos:
- 10.- Describa el Cable coaxial
- 11.- Describa que es un Circuito impreso
- 12.- ¿Qué es una Resistencia?
- 13.- Describa a las Resistencias pirolíticas
- 14.- ¿Qué indican las 4 franjas de colores de las resistencias pirolíticas?

Guía de Laboratorio

15.- Indique el valor y el error de la siguiente resistencia pirolítica



- 16.- Describa que es un Potenciómetro y un Reóstatos en que se diferencian  
17.- ¿Qué entiende por Valor nominal de una resistencia?  
18.- ¿Qué entiende por Tolerancia de una resistencia?  
19.- ¿Qué entiende por Disipación de potencia de una resistencia?. Dé 2 ej. en resistencias pirolíticas  
20.- ¿En qué consiste un Condensador?. Para qué sirve el condensador?  
21.- ¿Cómo se define la Capacidad de un condensador?.Cuál es su unidad?  
22.- Describa 3 tipos de condensadores  
23.- ¿Qué caracteriza a un condensador electrolítico?. Que cuidados deben tenerse?  
24.- ¿Qué es una bobina o solenoide?  
25.- ¿Qué es Inductancia de una bobina?.Cuál es su unidad?  
26.- Describa que es el Transformador  
27.- ¿Para qué sirven los Instrumentos de medición eléctrica?. Mencione 3 de ellos  
28.- ¿Para qué sirve el voltímetro, el amperímetro, el óhmetro y el galvanómetro?  
29.- En el circuito de la figura, realice el circuito equivalente de acuerdo a la simbología correspondiente conectando un voltímetro para medir el voltaje en la lámpara 1 y un amperímetro para medir la corriente en la lámpara 3



- 30.- ¿En qué consiste un Sistema de adquisición d datos?  
33.- ¿Para qué sirve la Interface Science Workshop 750?  
34.- ¿Para qué sirve el Amplificador de potencia?  
35.- ¿Qué son los Sensores y para qué sirven?. Nombre 4 de ellos  
36.- ¿En qué consiste el Software Data Studio y para qué sirve?

## EXPERIMENTACION PRACTICA 2

### EJERCICIO DE MANEJO DE MEDIDORES ELÉCTRICOS

**CONCEPTO:** Electromagnetismo, Mediciones eléctricas

**TIEMPO:** 1 Bloque (1 h: 30 min)

**EQUIPOS Y MATERIALES:**

Resistencias:  $R_1=100 \Omega$ ,  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 =$  resistencia pirolítica desconocida  
Condensador:  $0,33 \mu\text{F}$   
1 Multitester digital  
1 Pila de 1,5 V  
1 Batería de 9 V  
1 Tablero de conexiones

**OBJETIVOS**

Los objetivos de esta práctica son:

- Aprender a conectar los instrumentos adecuados en los circuitos, para medir la magnitud eléctrica que se desea.
- Aprender a medir magnitudes eléctricas siguiendo protocolos de seguridad
- Aprender el significado de la lectura de los instrumentos.
- Aprender a medir voltajes con fuentes alternas o continuas.
- Aprender a medir resistencia, capacidad y frecuencias.
- Aprender a realizar conexiones de resistencia en series y en paralelo.

**PROCEDIMIENTO**

- 1.- Mida el valor eficaz (o RMS) del voltaje domiciliario
- 2.- Mida la frecuencia del voltaje domiciliario
- 3.- Calcule la Amplitud máxima del voltaje domiciliario
- 4.- Mida el voltaje en los terminales de la pila (cuidado con la polaridad)
- 5.- Mida el voltaje en los terminales de la batería (cuidado con la polaridad)
- 6.- Anote el valor y error de la resistencia pirolítica
- 7.- Mida las resistencias  $R_1$  y  $R_2$
- 8.- Calcule la resistencia equivalente si  $R_1$  y  $R_2$  se conectan en paralelo
- 9.- Conecte  $R_1$  y  $R_2$  en paralelo y mida la resistencia equivalente
- 10.- Calcule la resistencia equivalente si  $R_1$  y  $R_2$  se conectan en serie
- 11.- Conecte  $R_1$  y  $R_2$  en serie y mida la resistencia equivalente
- 12.- Mida la capacidad del condensador

**HOJA DE RESPUESTA N° 2**  
**MANEJO DE MEDIDORES ELECTRICOS**

**NOMBRE:**.....**RUT:**.....

**NOMBRE:**.....**RUT:**.....

1.- Valor eficaz (o RMS) del voltaje domiciliario, $V_{ef} =$	$\pm$	[V]
2.- Frecuencia del voltaje domiciliario $f =$	$\pm$	[Hz]
3.- Amplitud máxima del voltaje domiciliario $V_0 =$	$\pm$	[V]
4.- Voltaje en los terminales de la pila (cuidado con la polaridad) $V =$	$\pm$	[V]
5.- Voltaje en los terminales de la batería (cuidado con la polaridad) $V =$	$\pm$	[V]
6.- Valor y error de la resistencia pirolítica $R =$	$\pm$	[ $\Omega$ ]
7.- Mida las resistencias $R_1$ y $R_2$	$R_1 = \pm$ $R_2 = \pm$	[ $\Omega$ ] [ $\Omega$ ]
8.- Calcule la resistencia equivalente si $R_1$ y $R_2$ se conectan en paralelo $R_p =$	$\pm$	[ $\Omega$ ]
9.- Conecte $R_1$ y $R_2$ en paralelo y mida la resistencia $R_p$ equivalente $R_p =$	$\pm$	[ $\Omega$ ]
10.- Calcule la resistencia equivalente, si $R_1$ y $R_2$ se conectan en serie $R_s =$	$\pm$	[ $\Omega$ ]
11.- Conecte $R_1$ y $R_2$ en serie y mida la resistencia equivalente $R_s =$	$\pm$	[ $\Omega$ ]
14.- Mida la Capacidad del condensador $C =$	$\pm$	[ $\mu F$ ]

**Cálculos**

### PRÁCTICA Nº 3:

#### EQUIVALENTE ELÉCTRICO DEL CALOR

Concepto: Energía eléctrica y calórica

Tiempo: 1 h 30 m

Utiliza: Sistema de Adquisición de Datos Pasco

Software: Programa Data Studio

#### EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Science Workshop™ (750 Interface Pasco)
- Amplificador de Potencia (CI-6552A)
- Sensor de Temperatura
- Sensor de Voltaje (UI-5100)
- Balanza Digital
- Vaso precipitado
- Conectores
- Calorímetro de Transferencia de Energía (ET 8499)
- Agua destilada

#### PROPOSITO

El propósito de este laboratorio es determinar la relación entre la energía eléctrica disipada por un resistor, inmerso en agua y la energía calórica absorbida por el agua. Utilizando la ley de la conservación de la energía es posible obtener el equivalente eléctrico del calor. Ésto es, el número de los **joules** de energía eléctrica que son equivalentes a una **caloría** de energía térmica.

#### TEORIA

El agua es calentada sumergiendo en ella un resistor de calefacción por el cual circula una corriente. La energía eléctrica entregada al resistor, hace que éste se caliente y este calor es transferido al agua y al calorímetro que la contiene, produciéndose una subida de la temperatura de la misma, la cual es registrada por el sensor de temperatura. Si no hay pérdidas de energía en los alrededores, toda la energía emitida por el resistor, al calentarse, es absorbida por el agua y el calorímetro (*ley de la conservación de la energía*). La energía,  $E$ , disipada por el resistor es:

$$E = Pt$$

Donde  $t$  es el tiempo durante el cual la corriente atraviesa el resistor y  $P$  es la potencia eléctrica entregada al resistor, que está dada por:

$$P = Vi$$

donde  $i$  es la corriente en el resistor y  $V$  es el voltaje aplicado a sus terminales

La energía ganada por el agua y el resto de los componentes del calorímetro (resistor, agitador, termómetro, recipiente, etc.), esta dada por:

$$Q = (mc + MC)\Delta T$$

donde  $m$  es la masa del agua,  $M$  es la masa del resto de los componentes que absorben calor,  $c$  es el calor específico del agua ( $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ),  $C$  es el calor específico promedio del resto de los componentes que absorben calor y  $\Delta T$  es el cambio de la temperatura del agua y del resto de los componentes que absorben calor

Definiendo el equivalente eléctrico del calor  $J$  como:

$$J = \frac{E}{Q}$$

Guía de Laboratorio

Osea 
$$J = \frac{V_i t}{(mc + MC)\Delta T} ; \quad \text{Como } \Delta T = T - T_o$$

Al despejar  $T$  en función de  $t$  se obtiene :

$$T = \frac{V_i}{(mc + MC)J} t + T_o$$

Dicha relación corresponde a una relación lineal de la forma

$$T = at + b$$

En que la pendiente  $a$  es:

$$a = \frac{V_i}{(mc + MC)J}$$

Y el termino constante  $b$  es  $T_o$

Conocidos  $m$ ,  $V$ ,  $i$ ,  $c$ ,  $MC$ , y la pendiente  $a$  del grafico de  $T$  en función de  $t$  es posible calcular  $J$

### **PROCEDIMIENTO**

En esta actividad, una fuente de poder proporciona energía eléctrica a un resistor de calefacción mediante un voltaje aplicado en los terminales del resistor. La energía disipada por el resistor calienta una cantidad medida de agua. El sensor de temperatura mide el cambio en la temperatura del agua. El sensor de voltaje mide el voltaje aplicado al resistor. El amperímetro mide la corriente a través del resistor

Mediante el sistema de adquisición de datos se registra el voltaje y la corriente proporcionada por la fuente al resistor de calefacción, así como también la temperatura del agua. La energía térmica ganada por el agua y calorímetro, se calcula conociendo la masa del agua calentada y la capacidad calorífica del calorímetro y su cambio de temperatura.

La energía eléctrica (en joule) se iguala a la energía ganada por el agua y el calorímetro (en calorías) para determinar el equivalente eléctrico del calor.

### **PARTE I: Configuración del Computador**

1. Conecte la interface *Science Workshop* al computador, encienda la interface 750 y el Amplificador de potencia, luego el computador en ese orden.
2. Conecte el Sensor de Temperatura al canal análogo A, el sensor de voltaje al canal B y el Amplificador de Potencia al canal C; respectivamente en la interface 750
3. Configure el experimento como sigue:
  - En el Data Studio, lleve el sensor de temperatura al canal A de la interface
  - En el Data Studio, lleve el sensor de voltaje al canal B de la interface
  - En el Data Studio, lleve el Amplificador de Potencia al canal C de la interface
  - En el Amplificador de Potencia elija un voltaje CC, de 8 V. Configure el grafico de Voltaje (entre 0 y 10 V) en función del tiempo (entre 0 y 300 s)
  - Configure el gráfico de Temperatura (de 10 a 70 °C) en función del tiempo (de 0 a 300 s)
  - Configure el sistema para detencion automática al completarse 300 s de toma de datos

### **PART II: Calibración de sensores y montaje de equipamiento**

- No es necesario calibrar los sensores de temperatura y de voltaje, pues, están calibrados de Fábrica
- El calorímetro posee una tapa superior que contiene el resistor de calefacción y un orificio por el que se puede introducir el sensor de temperatura
- Con la balanza, mase el calorímetro sin agua y tare a cero, luego agregue agua destilada, (anote su valor) .; y mase nuevamente el recipiente con el agua.
- Tape el calorímetro y asegúrese de que el agua tapa totalmente el resistor.
- Usando cable, conectar la alimentación desde el Amplificador de Potencia, a los terminales del resistor

Guía de Laboratorio

- Conectar el sensor de voltaje en paralelo con el resistor, tal como se indica en la figura 1.
- Sumergir el sensor de temperatura en el agua dentro del calorímetro
- Conectar la fuente de poder, e iniciar el muestreo de los datos, presionando el botón de inicio

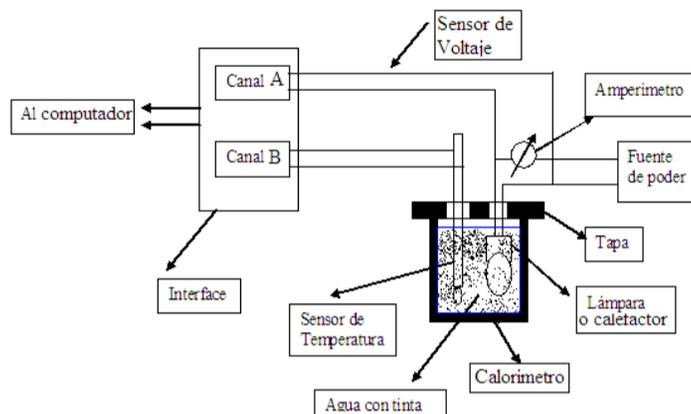


Figura 1: Montaje de experimento Equivalente eléctrico del calor

**CUIDADOS:** Realizar las mediciones alrededor de la temperatura ambiente a fin de minimizar las pérdidas a través del calorímetro. Asegúrese de que la resistencia este sumergida en el agua

### ANALISIS DE LOS DATOS

Concluida la toma de datos, seguir los siguientes pasos para el análisis de los mismos y posterior llenado de los datos en la tabla resumen dada en la hoja de respuestas:

1. Seleccione los datos del voltaje en la resistencia y en la tecla  $\Sigma$ , calcule el valor medio y la desviación estándar del voltaje aplicado en los terminales del resistor, obteniendo el valor más probable y el error del voltaje aplicado a los terminales del resistor
2. Mida el valor más probable y el error de la corriente en el resistor (utilizar Anote su valor
3. Anote el valor de la masa del agua que marca la balanza con su error instrumental (Utilizar la balanza tarando en cero el calorímetro sin agua)
4. Considere que el calor específico del agua es  $(1,0 \pm 0,1)$  [cal/g °C]
5. El calorímetro es de aluminio, Considere la capacidad calorífica del aluminio, buscar su valor en internet.
6. En la gráfica de Temperatura versus tiempo, la relación entre la temperatura T del agua y el tiempo t es lineal, realice un ajuste lineal y anote el valor de la pendiente con su error y el termino constante con su error (utilizar botón ajustar)
7. El despeje de J, de la relación

$$a = \text{pendiente} = Vi / (m c + M C) J$$

osea:  $J = Vi / (m c + M C) a$

permite calcular el **equivalente eléctrico del calor J, con su error**, utilizando propagación de errores

8. Calcule el porcentaje de diferencia D entre el valor experimental obtenido y el valor dado en la literatura ( $J_0 = 4,184$  [J /cal]), según:

$$D = 100 (J - J_0) / J_0$$

HOJA DE RESPUESTA N° 3  
EQUIVALENTE ELÉCTRICO DEL CALOR

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

**PART III: Registro de los datos**

Completar la tabla siguiente:

<i>Magnitud</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor mas probable</i>	$\pm$ <i>Error</i>	<i>Observación</i>
Voltaje	<i>V</i>	[V]			Utilizar botón $\Sigma$
Corriente	<i>i</i>	[A]			Utilizar botón $\Sigma$
Masa del agua	<i>m</i>	[g]			Utilizar error instrumental
Masa del calorímetro					
Calor específico del agua	<i>c</i>	[cal/g °C]	1,0	0,1	Valor conocido
Calor específico del Calorímetro (Alumnio)	<i>C</i>	[cal/°C]	0,215	—	
Pendiente en relacion lineal $T=f(t)$	<i>a</i>	[°C/s]			Utilizar ajuste lineal
Temperatura inicial	<i>T<sub>o</sub></i>	[°C]			Utilizar ajuste lineal
Equivalente Eléctrico	<i>J</i>	[Joule/cal]			Cálculos según ecuación y propagación de errores
Porcentaje de error, respecto del valor verdadero	<i>D</i>	%			

Anote algunos factores que podrían explicar el porcentaje de diferencia entre el valor experimental obtenido y el valor aceptado

## PRÁCTICA Nº 4

### CAPACITANCIA. CONDENSADOR DE PLACAS PARALELAS. CONEXIÓN DE CONDENSADORES

#### INTRODUCCION TEORICA

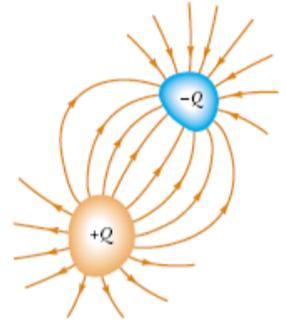
##### a.- Capacitancia

Dos conductores, aislados eléctricamente uno del otro que tienen una diferencia de potencial  $V$  entre ellos y que tienen cargas iguales y opuestas. Una combinación de este tipo se denomina capacitor o condensador.

La capacitancia o capacidad de un capacitor se define como la razón entre la magnitud de la carga en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial entre ellos

$$C = Q/V$$

En la medida que aumenta la magnitud de la carga en los conductores aumenta también la diferencia de potencial entre ellos, pero el cociente  $Q/V$  se mantiene constante para un capacitor dado.



##### b.- Unidades de capacitancia

En el sistema internacional la capacidad se mide en faradio [F]

$$1 [F] = 1 [C]/1[V]$$

##### c.- Capacitancia de algunos condensadores

Puede demostrarse que la capacidad de los siguientes capacitores está dada por:

— Esfera conductora de radio  $R$ , vale:  $C = 4\pi\epsilon_0 R$

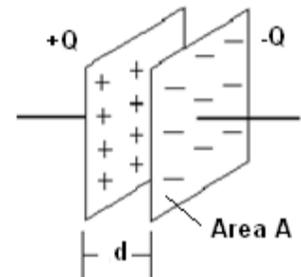
— Condensador de placas paralelas de área  $A$  y separación  $d$ , vale:  $C = A\epsilon_0/d$

— Condensador cilíndrico de radios  $R_1 < R_2$  y largo  $L$ , vale:  $C = 2\pi\epsilon_0 L/\ln(R_2/R_1)$

##### d.- Condensador de placas paralelas.

Dos placas paralelas de igual área  $A$  están separadas una distancia  $d$  como en la figura. Una placa tiene carga  $+Q$ , y la otra, carga  $-Q$ .

Utilizando el Teorema de Gauss, la carga por unidad de área en cada placa es  $Q/A$ . Si las placas están muy cercanas una de la otra, podemos despreciar los efectos de los extremos y suponer que el campo eléctrico es uniforme entre las placas y el campo eléctrico entre las placas está dado por:



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

La diferencia de potencial entre las placas es igual a  $Ed$ ; por lo tanto,

$$V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$

Sustituyendo este resultado, encontramos que la capacitancia está dada por:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{Qd/\epsilon_0 A} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Esto significa que la capacitancia de un condensador de placas paralelas es proporcional al área  $A$  de éstas e inversamente proporcional a la separación  $d$  entre ellas.

Si el espacio entre las placas es llenado por un dieléctrico de constante dieléctrica  $K$ , entonces la capacidad con dieléctrico  $C_d$ , será

$$C_d = K \frac{\epsilon_0 A}{d} = KC$$

**e.- Combinación de condensadores**

Es común que 2 o más condensadores se combinen en circuitos de varias maneras. La capacidad equivalente de ciertas combinaciones se calcula a continuación:

— **Conexión en Paralelo:** La figura muestra la conexión en paralelo de dos condensadores, a una batería. La magnitud de la carga +Q que entrega la batería a las placas del lado izquierdo será

Y como  
luego

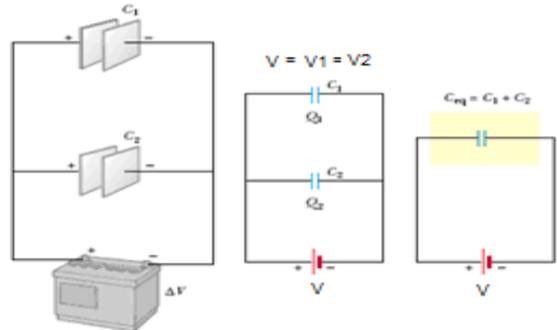
$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$V_1 = V_2 = V$$

$$Q_1 = C_1 V_1 = C_1 V$$

$$Q_2 = C_2 V_2 = C_2 V$$

$$Q = C_{eq} V$$



Sustituyendo se obtiene la capacidad equivalente:  $C_{eq} = C_1 + C_2$   
En caso de existir más condensadores en paralelo:  $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

— **Conexión en serie:** La figura muestra la conexión en serie de dos condensadores, a una batería. La magnitud de la carga Q que entrega la batería se acumula en la placa del lado izquierdo y por inducción la carga en la placa del lado derecho será -Q y así sucesivamente en el resto de condensadores en serie, la magnitud de la carga será también Q, luego se cumple que

Y como

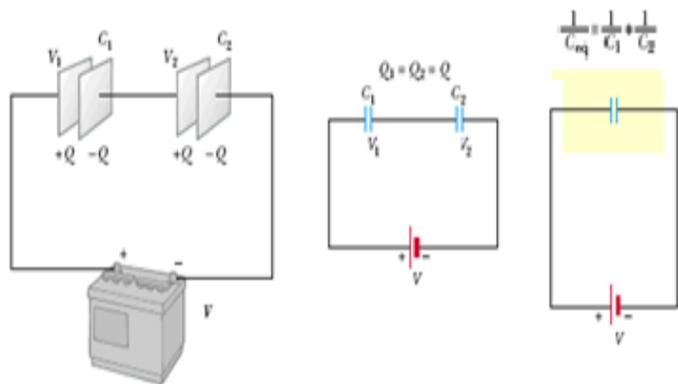
$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$V_1 = Q_1 / C_1$$

$$V_2 = Q_2 / C_2$$

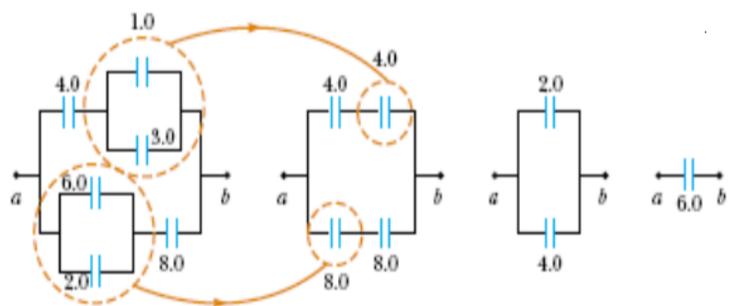
$$V = Q / C_{eq}$$

$$V = V_1 + V_2$$



Sustituyendo se obtiene la capacidad equivalente:  $1/C_{eq} = 1/C_1 + 1/C_2$   
En caso de existir más condensadores en serie:  $1/C_{eq} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots$

— **Combinación mixta:** En una combinación mixta como la mostrada en la figura debe resolverse reduciendo paso a paso, como indica la figura y utilizando las reglas relativas a las combinaciones serie y paralelo ya descritas



## EXPERIMENTACION PRACTICA 4 ESTUDIO DE CONDENSADORES

**CONCEPTO:** Electromagnetismo. Condensadores

**TIEMPO:** 1 Bloque (1h: 30 min)

**EQUIPO E INSTRUMENTAL NECESARIO:**

- 1 Interface750, 1 Power Amplifier
- 1 PC con Software Data Studio
- 1 Multímetro digital LCR
- 1 Condensador de láminas paralelas

**MATERIALES**

- 1 Tablero de conexiones.
- 1 Regla graduada.
- Hojas de transparencia
- Condensadores de  $0.1\mu\text{F}$ ;  $0.3\mu\text{F}$  y  $0.5\mu\text{F}$

**OBJETIVOS:**

Los objetivos de esta práctica son:

- Medición de la capacidad de condensadores
- Estudiar el condensador de placas paralelas
- Del estudio del condensador de placas paralelas calcular la permitividad del vacío,  $\epsilon_0$
- Determinación de la constante dieléctrica de un material dieléctrico
- Estudiar diferentes conexiones de condensadores. Serie y paralelo

**RESUMEN DE FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:**

La capacidad de un condensador de láminas paralelas es:  $C = S \epsilon_0 / d$

Si las placas son circulares de diámetro  $D$ , entonces el área de la placa será:  $S = \pi D^2 / 4$

La capacidad será:  $C = (\pi D^2 \epsilon_0 / 4) / d$

La capacidad de un condensador de láminas paralelas con dieléctrico es:  $C_d = K C$

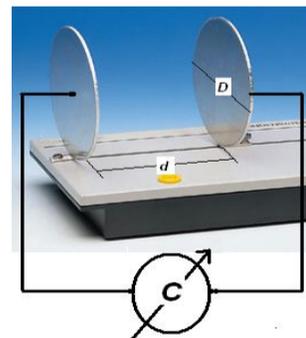
La capacidad equivalente de 2 condensadores en serie es:  $C_s = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$

La capacidad equivalente de 2 condensadores en paralelo es:  $C_p = (C_1 + C_2)$

**PROCEDIMIENTO**

**a. Condensador de placas paralelas. Determinación de la permitividad del vacío,  $\epsilon_0$**

1. Mida el diámetro  $D$  de la placa
2. Mida la capacidad  $C$  del condensador para diferentes distancias  $d$ , entre las placas. Confeccione tabla de valores
3. Construya el gráfico  $C$  en función de  $d$ , (con Data Studio)
4. Asumiendo que  $C = (S \epsilon_0) / d$ , y realizando un ajuste de mínimos cuadrados del tipo de relación inversa, ( $y = A/x$ ). Determine la constante  $A$  con su error experimental
5. Como  $A = S \epsilon_0$ ;  $S = \pi D^2 / 4$ , luego  $\epsilon_0 = 4 A / \pi D^2$ , lo que permite calcular  $\epsilon_0$  con su error



**b.- Determinación de la constante dieléctrica de un dieléctrico**

6. Intercalar entre las placas del condensador una lámina de material dieléctrico, que llene totalmente el espacio entre las placas y mida la capacidad  $C_d$  correspondiente
7. Retirar la lámina dieléctrica sin modificar la distancia entre las placas y medir la capacidad  $C$  sin dieléctrico
8. Como  $C_d = K C$ , se calcula la constante dieléctrica de la lámina dieléctrica;  $K = C_d / C$

**C.-Capacidad equivalente de condensadores en serie y en paralelo**

9. Anote el valor nominal de cada capacidad
10. Medir la capacidad de cada condensador
11. Medir la capacidad equivalente de la conexión en serie. Compare

12. Medir la capacidad equivalente de la conexión en paralelo. Compare

**HOJA DE RESPUESTA N° 4**

**CONDENSADOR DE PLACAS PARALELAS. CONEXIÓN DE CONDENSADORES**

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

**Estudio del Condensador de placas paralelas**

1. Diámetro  $D$  de la placa:  $D=(20,0\pm 0,1)\times 10^{-2}$  [m]

2. Capacidad  $C$  del condensador en función de la distancias  $d$ , entre las placas

$d$ $\times 10^{-3}m$											
$C$ $\times 10^{-12}F$											

3. Gráfico  $C$  en función de  $d$ : Variable independiente:  
Variable dependiente:

4. Ajuste de mín. cuadrados: Tipo de relación, ( $y = A/x$ ):  
Constante A con su error:  $A=$   $\pm$  [F.m]

5. Calculo de  $\epsilon_0$ , con su error:  $\epsilon_0 = 4 A/\pi D^2 =$   $\pm$  [ $C^2/Nm^2$ ]

**Constante dieléctrica de un dieléctrico**

6. Mida la Capacidad con dieléctrico:  $C_d =$   $\pm$   
[nF]

7. Mida la Capacidad sin dieléctrico:  $C =$   $\pm$   
[nF]

8. Calcule la Constante dieléctrica K:  $K = C_d/C =$   $\pm$

**EXPERIMENTO N° 3: Capacidad equivalente de condensadores en serie y en paralelo**

9. Valor nominal de cada capacidad  $C_1 =$   $\mu F$   
 $C_2 =$   $\mu F$

10. Mida la Capacidad de cada condensador  $C_1 =$   $\pm$   
[ $\mu F$ ]  $C_2 =$   $\pm$  [ $\mu F$ ]

11. Medida de Capacidad equivalente en serie:  $C_s =$   $\pm$  [ $\mu F$ ]

12. Medida de Capacidad equivalente en paralelo:  $C_p =$   $\pm$  [ $\mu F$ ]

**Cálculos:**

## PRÁCTICA Nº 5

### LEY DE OHM, MATERIALES ÓHMICOS Y NO OHMICOS

#### INTRODUCCIÓN TEORICA

*Corriente eléctrica:*

Se denomina corriente eléctrica al desplazamiento de cargas eléctricas en el interior de un material conductor.

- Para que se produzca corriente eléctrica a lo largo de un conductor, entre sus extremos tiene que haber una diferencia de potencial (para que así halla campo eléctrico en el interior del conductor). En circuitos eléctricos se utiliza una fuente de fuerza electromotriz para mantener dicha diferencia de potencial, necesaria para que exista corriente.
- En general, las cargas que se desplazan pueden ser positivas o negativas, pero en el caso de los conductores metálicos (que son los más habituales y los que más se utilizan en la tecnología) las cargas que se mueven son electrones.
- Las cargas positivas viajan en el conductor desde el terminal positivo del generador hacia el negativo. Las cargas negativas viajan en sentido contrario.

#### Intensidad de corriente:

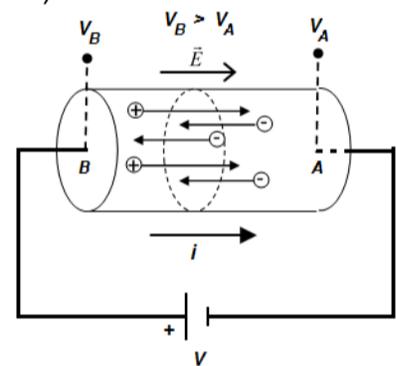
Se define la intensidad de corriente eléctrica en un conductor, como la cantidad de carga por unidad de tiempo que atraviesa la sección transversal del conductor.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

La unidad de intensidad eléctrica en el SI, es el Amper (1A=1C/1s).

#### Convenio sobre el sentido de la intensidad:

Independientemente de que las cargas que se estén moviendo sean positivas o negativas se asigna como sentido de la corriente eléctrica el que seguiría una corriente de cargas positivas, es decir, desde potenciales altos a potenciales bajos, desde el terminal positivo de un generador hacia el terminal negativo (como ilustra la figura)



#### Ley de Ohm

Cuando se mantiene una *diferencia de potencial* ( $V_B - V_A$ ) entre los puntos extremos A y B de un conductor, se establece un *campo eléctrico E* en su interior. De esta forma, se establece una *densidad de corriente J* en el conductor y por tanto también una *intensidad de corriente i*, dada por:

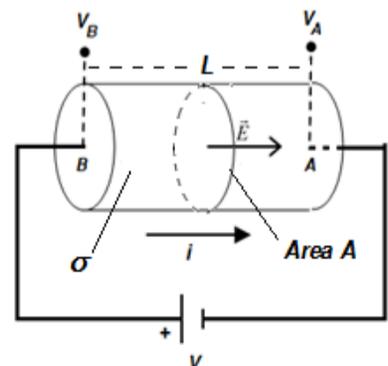
$$i = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

Para muchos materiales conductores, se cumple que la *densidad de corriente J* en el conductor es proporcional al *campo eléctrico E* en el conductor. Es decir,

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

Donde la constante de proporcionalidad  $\sigma$  se denomina *conductividad del conductor*, y es independiente del campo eléctrico aplicado  $\vec{E}$ . Esta relación es conocida como *Ley de Ohm Microscópica*

La relación  $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ , que relaciona la *Densidad de corriente* con la *Conductividad* para un *Campo eléctrico* dado, es la relación fundamental de la conducción eléctrica, pero es más cómodo trabajar con *voltajes e intensidades* que con *densidades de corriente y campos eléctricos*, por lo que si consideramos un conductor de *longitud L* y *sección constante A*, por el que circula una *intensidad de corriente i* al mantener una *diferencia de potencial*  $(V_B - V_A) = V$ , entre los puntos extremos A y B del conductor que tiene una *conductividad*  $\sigma$  independiente de la densidad de



Guía de Laboratorio

corriente  $\mathbf{J}$ , tendremos, en condiciones normales, que si:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}.$$

Dónde:  $E = V/L$ , y  $J = i/A$ .

Reemplazando y despejando  $V$  en función de  $i$ , se tiene:

$$V = \frac{L}{\sigma A} i$$

Al factor  $(L/\sigma A)$ , se le denomina *resistencia*  $R$  del hilo conductor.

A la inversa de la *conductividad*  $\sigma$  se le denomina como *resistividad*  $\rho$ ; ( $\rho = 1/\sigma$ )

Por lo que la *resistencia*  $R$  del conductor será:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Ahora podemos poner el *voltaje*  $V$  en los extremos del conductor, en función de *la intensidad de la corriente*  $i$ , como:

$$V = R i$$

Que es conocida como *Ley de Ohm Macroscópica*

En donde, empleando unidades del Sistema internacional (SI):

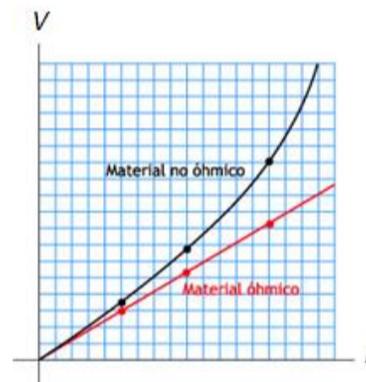
$i$ : *Intensidad de corriente*, en Amper, [A]

$V$ : *Diferencia de potencial o voltaje*, en Volt, [V]

$R$ : *Resistencia*, en Ohm, [ $\Omega$ ].

En un **material óhmico** al graficar el *voltaje*  $V$  en función de la *corriente*  $i$ , se obtiene una línea recta, que pasa por el origen y la pendiente de dicha recta representa el valor de la *resistencia*  $R$  (es constante), es decir el voltaje es proporcional a la corriente, ya que  $V = R i$

En cambio en un **material no Óhmico** la resistencia cambia, es decir, el gráfico del *voltaje* en función de la *corriente* no será una línea recta. En su lugar, se observará una curva con una pendiente que cambia.



Para un **resistor típico**, del tipo de los utilizados en circuitos electrónicos, el valor de su resistencia no cambia apreciablemente. Sin embargo, para una **lámpara**, la resistencia del filamento cambiará al calentarse o enfriarse y en un **diodo** el comportamiento de los portadores de carga depende del voltaje aplicado.

En la presente práctica de laboratorio, se investigará un **material óhmico**, como lo es el **resistor típico de diez ohm** y 2 materiales no óhmico como lo son el **filamento de una lámpara** pequeña de 3V y el **diodo 1N-4007**.

## EXPERIMENTACION PRACTICA Nº 5 MATERIAL OHMICO Y NO OHMICO

**CONCEPTO:** Electricidad básica. Resistencias

### EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Interface750, PA, PC, Software Data Studio

1 Sensor de Voltaje, Conectores, 1 Tablero de conexiones

1 Lámpara de 3 volt, 1 Resistencia pirolítica de 10 ohm, 1 Diodo 1N-4007

### OBJETIVOS

Los objetivos de esta actividad de laboratorio son:

- Investigar la relación entre el voltaje y la corriente en materiales óhmicos y no-óhmicos.
- Manejar el Sistema de Adquisición de datos *Pasco* con todas sus facilidades
- Medición de corrientes, voltajes y resistencias en un conductor eléctrico

### PROCEDIMIENTO

#### a.- Estudio de la resistencia típica de 10 [ $\Omega$ ]

##### 1. Encendido de equipos:

- Encender Interface 750,
- luego encender el AP
- y finalmente el PC.

##### 2. Conexiones en la Interface 750:

- Conectar Sensor de Voltaje, en canal A
- y el AP, en canal C

##### 3. Programación de Data Studio:

- Selección de actividad a realizar, (crear experimento)
- Selección en canal A, (sensor de Voltaje)
- Selección en canal C, (Amplificador de Potencia (AP)).

##### 4. Programación del AP:

- Forma de onda : Rampa ascendente
- Amplitud : 1,0 V
- Frecuencia de la señal : 0,05 hz. (equivale a  $T = 20$  [s])
- Frecuencia de muestreo : 5 hz. (100 veces frecuencia de la señal)
- Mediciones : Corriente en canal C
- Detención automática : 20 [s]

##### 5. Armado del circuito: En el tablero de conexiones armar el circuito de la figura con $R = 10$ ohm



##### 6. Configuración de Gráfico en tiempo real, V en función de i

- Tomar *Grafico* en ventana *Pantalla* y arrastrarlo hasta *voltaje en canal A*
- Tomar *Corriente canal-C* y arrastrarlo hasta el *eje horizontal* del gráfico
- Ajuste de ejes, (vertical: entre  $-1$  V y  $+1$  V, horizontal: entre  $-0,2$  A y  $+0,2$ A)

##### 7. Toma de datos y gráfico de V en función de i en tiempo real.

- Dar inicio a la toma de datos, pulsando el botón *Inicio*
- Aparece en pantalla el gráfico de V en función de i.

##### 8. Análisis de datos: Como $V= Ri$ , con ajuste proporcional del tipo $Y = A x$ , determine:

- La constante A con su error
- La resistencia R con su error

#### b.- Estudio de la lámpara y el diodo respectivamente

5. Se repiten las mediciones, reemplazando la resistencia por la lámpara

10. Se repiten las mediciones, reemplazando la resistencia por el diodo.

HOJA DE RESPUESTA N° 5  
MATERIAL OHMICO Y NO OHMICO

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

**a.- Estudio de la resistencia típica de 10 [Ω]**

<b>1. Encendido de equipos:</b> Encender Interface 750, luego el AP y finalmente el PC.			
<b>2. Conexiones en la Interface 750:</b> Sensor de Voltaje, en canal A y el AP, en canal C			
<b>3. Programación de Data Studio:</b> Selección en canal A: Selección en canal C:			
<b>4. Programación del AP:</b>	Forma de onda	:	
	Amplitud	:	[V]
	Frecuencia de la señal	:	[Hz]
	Frecuencia de muestreo	:	[Hz]
	Mediciones	:	
	Detención automática	:	[s]
<b>5. Configuración de Gráfico en tiempo real, V en función de i:</b> <b>Toma de datos y gráfico de V en función de i:</b> La relación entre V e i, es proporcional? (Si/No) : El resistor típico de 10 Ω, es un material óhmico? (Si/No) : Entre que valores de voltajes la resistencia R es constante : [V]			
<b>6. Análisis de datos:</b> Como $V = R i$ , con ajuste proporcional del tipo $Y = A x$ , determine: Valor de la constante A con su error: $A = \pm$ [V/A] Magnitud de la resistencia R con su error: $R = \pm$ [Ω]			

**b.- Estudio de la lámpara .** Al remplazar el resistor de 10 ohm por la lámpara

<b>7. Análisis de datos:</b> La relación entre V e i, es proporcional? (Si/No):			
El material del filamento de la lámpara es óhmico? (Si/No)			
Entre que Voltajes, se puede considerar constante su resistencia R?: entre			[V]
Para dicho rango, anote la Resistencia R, con su error: $R = \pm$			[Ω]

**c.- Estudio del diodo.** Al remplazar el resistor de 10 ohm por el diodo

<b>8. Análisis de datos:</b> La relación entre V e i, es proporcional? (Si/No):			
El material del diodo es óhmico? (Si/No):			
Entre que valores de Voltajes, la corriente es nula?: entre			[V]
Entre que valores de voltaje, el diodo conduce corriente?: entre			[V]

## PRÁCTICA Nº 6 RESISTIVIDAD DE UN CONDUCTOR

### INTRODUCCIÓN TEORICA

#### Resistencia de un conductor óhmico

Cuando en los extremos de un conductor de largo  $L$ , se mantiene un *voltaje*  $V$ , por el conductor circulará una *corriente*  $i$ . Si el voltaje es variable la corriente también lo será, pues  $V = R i$ . Al graficar  $V$  en función de  $i$ , se observa una línea recta que pasa por el origen (relación proporcional,  $y = B x$ ) donde la *constante de proporcionalidad*  $B$  da cuenta de la *resistencia*  $R$  del conductor de *largo*  $L$

La *resistencia*  $R$  de un conductor con resistividad  $\rho$ , largo  $L$  y sección transversal  $A$ , se calcula por:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Si el diámetro del conductor es  $d$ , la sección transversal será:  $A = (\pi/4) d^2$   
Luego la resistencia  $R$  se puede escribir como:

$$R = \left( \frac{4\rho}{\pi d^2} \right) L$$

Si se tiene una tabla de valores de  $R$  para diferentes  $L$ , al graficar  $R$  en función de  $L$ , también se observa una línea recta que pasa por el origen (relación proporcional,  $y = B x$ ) donde la *constante de proporcionalidad*  $B$ , ahora será:

$$B = \frac{4\rho}{\pi d^2}$$

Conocido  $B$  con su error (determinado con el ajuste proporcional) y el diámetro del conductor con su error (medido con el tornillo micrométrico), se calcula  $\rho$  con su error  
Conocida la resistividad  $\rho$  con su error es posible calcular la conductividad  $\sigma$  con su error

#### Influencia de la temperatura en la resistencia

La variación de la temperatura produce una variación en la resistencia. En la mayoría de los metales aumenta su resistencia al aumentar la temperatura, por el contrario, en otros elementos, como el carbono o el germanio la resistencia disminuye.

Experimentalmente se comprueba que para temperaturas no muy elevadas, la *resistencia*  $R_T$  a un determinado valor de *temperatura*  $T$ , viene dada por la expresión:

$$R_T = R_o (1 + \alpha \Delta T)$$

donde

$R_o$  = Resistencia de referencia a la temperatura inicial  $T_o$ , en  $[\Omega]$

$\alpha$  = Coeficiente Olveriano de temperatura, en  $[1/^\circ\text{C}]$

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura respecto de  $T_o$ ,  $\Delta T = (T - T_o)$ , en  $[\text{C}]$

## EXPERIMENTACION PRACTICA 6

### DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD DE UN CONDUCTOR

**CONCEPTO:** Electricidad básica. Resistividad, Conductividad

#### EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Interface 750, AP, PC, Software Data Studio  
Sensor de Voltaje, Conectores  
Puente graduado con resistencia de alambre  
Tornillo micrométrico

#### OBJETIVOS

Los objetivos de esta actividad de laboratorio es:

- Determinar la *resistividad*  $\rho$  de un conductor eléctrico
- Determinar la *conductividad*  $\sigma$  del conductor eléctrico

#### PROCEDIMIENTO:

##### 1. Encendido de equipos:

- Encender Interface 750,
- luego encender el AP
- y finalmente el PC.

##### 2. Conexiones en la Interface 750:

- Conectar Sensor de Voltaje, en canal A
- y el AP, en canal C

##### 3. Programación de Data Studio:

- Selección de actividad a realizar, (crear experimento)
- Selección en canal A, (sensor de Voltaje)
- Selección en canal C, (Amplificador de Potencia (AP)).

##### 4. Programación del AP:

- Forma de onda : Rampa ascendente positiva
- Amplitud : 1,0 V
- Frecuencia de la señal : 0,1 Hz. (equivale a  $T = 10$  [s])
- Frecuencia de muestreo : 10 Hz. (100 veces frecuencia de la señal)
- Mediciones : Corriente en canal C
- Detención automática : 10 [s]

##### 5. Armado del circuito:

Con el puente graduado armar el circuito de la figura con un largo del conductor,  $L = 0,4$  [m]

##### 6. Configurar Gráfico en tiempo real, $V$ en función de $i$

##### 7. Toma de datos y gráfico de $V$ en función de $i$ .

- Inicio a la toma de datos, pulsando el botón *Inicio*
- Aparece en pantalla el gráfico de  $V$  en función de  $i$ .

##### 8. Análisis de datos:

Como  $V= Ri$ , mediante ajuste proporcional del tipo  $Y=Bx$ , determine la resistencia  $R$  con su error para el largo  $L$  elegido

##### 9. Tabla de datos de $R$ en función de $L$ :

Cambiar el largo del conductor y repetir la medición de la resistencia correspondiente y confeccionar la Tabla de Valores

##### 10. Gráfico de $R$ en Función de $L$ :

Graficar  $R$  en función de  $L$ , utilizando la opción que ofrece el Data Studio y anotar la constante de proporcionalidad  $B$  con su error

##### 11. Diámetro $d$ del conductor:

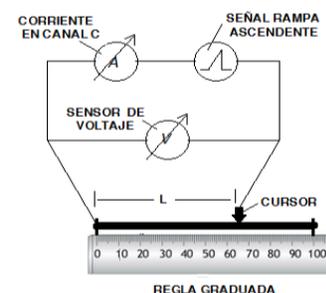
Medir  $d$  con el tornillo micrométrico, estimando su error

##### 12. Calculo de la resistividad $\rho$ :

Conocido  $B$  con su error y  $d$  con su error se calcula  $\rho$  con su error

##### 13. Calculo de la conductividad $\sigma$ :

Conocida la resistividad  $\rho$  con su error se calcula la conductividad  $\sigma$  con su error



HOJA DE RESPUESTA N°6  
RESISTIVIDAD DE UN CONDUCTOR

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

Determinación de la Resistividad y Conductividad de un conductor

<b>1. Encendido de equipos:</b> Encender Interface 750, luego el AP y finalmente el PC.	
<b>2. Conexiones en la Interface 750:</b> Sensor de Voltaje, en canal A y el AP, en canal C	
<b>3. Programación de Data Studio:</b>	Selección en canal A: Selección en canal C:
<b>4. Programación del AP:</b>	Forma de onda : Amplitud : [V] Frecuencia de la señal : [Hz] Frecuencia de muestreo : [Hz] Mediciones : Detención automática : [s]
<b>5. Armado del circuito</b>	
<b>6. Configuración de Gráfico en tiempo real, V en función de i:</b>	
<b>Toma de datos y gráfico de V en función de i:</b> Dar inicio a la toma de datos:	
La relación entre V e i, es proporcional? (Si/No) :	
El conductor de largo $L = 0,4$ [m], es un material óhmico? (Si/No) :	
<b>8. Análisis de datos:</b> Como $V = R i$ , con ajuste proporcional del tipo $Y = A x$ , determine:	
Valor de la constante A con su error	: $A = \pm$ [V/A]
Magnitud de la resistencia R con su error	: $R = \pm$ [Ω]
<b>9. Tabla de datos de R en función de L:</b> Medir R para diferentes L y anotar en la Tabla	

L, [m]	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
R, [Ω]							

<b>10. Gráfico de R en función de L:</b> Utilizando software DS (opción ingreso por teclado)	
Variable independiente	:
Variable dependiente	:
La relación entre R y L, es proporcional? (Si/No)	:
La constante de proporcionalidad es	: $A = \pm$ [Ω/m]
<b>11. Medición del diámetro del conductor</b>	: $d = \pm$ [m]
<b>12. Cálculo de la resistividad ρ:</b>	
Como $\rho = (A\pi d^2)/4$ ,	: $\rho = \pm$ [Ω m]
<b>13. Cálculo de la conductividad σ:</b> Como $\sigma = 1/\rho$ ,	
	: $\sigma = \pm$ [Ω m] <sup>-1</sup>

Cálculos:

**PRÁCTICA Nº 7**  
**LEYES DE KIRCHHOFF**

**INTRODUCCION TEORICA**

**Leyes de Kirchhoff**

Las leyes (o Lemas) de Kirchhoff fueron formuladas por Gustav Kirchhoff en 1845. Son muy utilizadas en ingeniería eléctrica para obtener los valores de intensidad de corriente en ramas de un circuito eléctrico y potencial eléctrico en cada punto del circuito.

Dichas leyes surgen de la aplicación de la ley de **conservación de la carga (ley de los nudos)** y de la **conservación de la energía (ley de las mallas)**.

En circuitos complejos, estas leyes se pueden aplicar utilizando un algoritmo sistemático, programable en sistemas de cálculo informatizado mediante matrices.

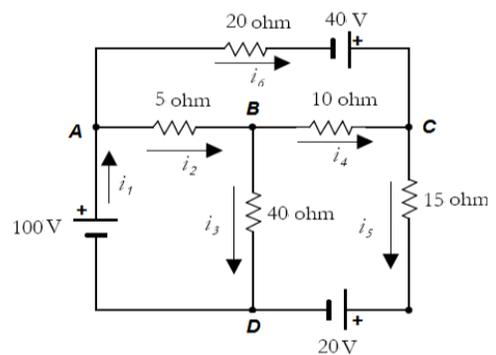
**Definiciones**

Para su enunciado es necesario previamente definir los conceptos de nudo o nodo, rama, malla y celda en un circuito eléctrico

- **Nudo o nodo:** es el punto donde concurren varias ramas de un circuito (más de 2 ramas). El sentido de las corrientes es arbitrario y debe asignarse previamente al planteo del problema.
- **Rama:** es el fragmento de circuito eléctrico comprendido entre dos nodos consecutivos.
- **Malla:** es un recorrido cerrado del circuito que resulta de recorrer el esquema eléctrico en un mismo sentido regresando al punto de partida, pero sin pasar dos veces por la misma rama
- **Celda:** es aquella malla cuyo recorrido define una superficie que no contiene en su interior ninguna otra rama.

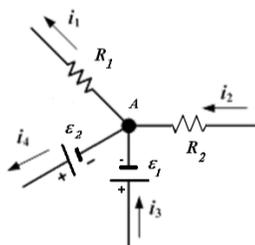
En la figura se observa un circuito resistivo que tiene las siguientes características:

- 5 resistencias
- 3 fuentes de fuerza electromotriz
- 4 nudos
- 6 ramas
- 6 corrientes en rama
- 7 mallas
- 3 celdas



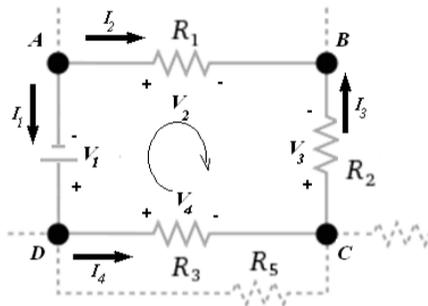
**Enunciado de las Leyes**

- **Ley de los nudos o ley de corrientes de Kirchhoff (1a. Ley de circuito de Kirchhoff):** En todo nudo, la suma de corrientes entrantes es igual a la suma de corrientes salientes.



$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 \dots + I_n = 0$$

- **Ley de las "mallas" o ley de tensiones de Kirchhoff (2a. Ley de circuito de Kirchhoff):** En toda malla la suma de todas las caídas de tensión (voltajes en las resistencias) es igual a la suma de todas las fuerzas electromotrices.  
Un enunciado alternativo es: en toda malla la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico debe ser cero.

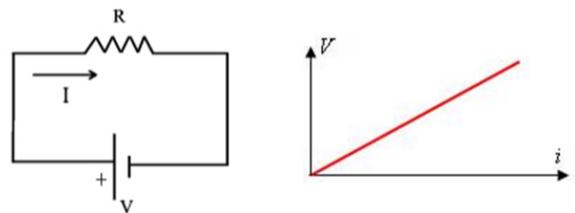


$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n = 0$$

### Ley de Ohm

Cuando en los extremos de un conductor de resistencia  $R$  se mantiene una diferencia de potencial  $V$ , por dicha resistencia circulará una corriente  $i$ .

Se dice que el material conductor de resistencia  $R$  es óhmico si la relación entre  $V$  e  $i$  es proporcional (Ley de Ohm). La ley de Ohm, es una propiedad específica de ciertos materiales. Un conductor cumple con la ley de Ohm sólo si su curva  $V-i$  es lineal; esto es si  $R$  es independiente de  $V$  y de  $i$ :



$$V = R i$$

En donde, empleando unidades del Sistema internacional:

$i$  = Intensidad a través de la resistencia, en amperios (A)

$V$  = Diferencia de potencial en los extremos de la resistencia, en voltios (V)

$R$  = Resistencia del conductor, en ohmios ( $\Omega$ ).

En un conductor recorrido por una corriente eléctrica, el cociente entre la diferencia de potencial aplicada a los extremos del conductor y la intensidad de la corriente que por él circula, es una cantidad constante, que depende del conductor, denominada resistencia.

## EXPERIMENTACION PRACTICA 7

### ANALISIS DE UN CIRCUITO RESISTIVO MEDIANTE LAS LEYES DE KIRCHHOFF

**CONCEPTO:** electricidad básica

#### EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICAS

Interface 750, PA, PC Software Data Studio

1 Sensor de Voltaje, 1 Tester o multímetro. Tablero de conexiones. Conectores

Resistencias pirolíticas de : 100  $\Omega$ , 150  $\Omega$ , 200  $\Omega$ , 270  $\Omega$

#### PROPÓSITO

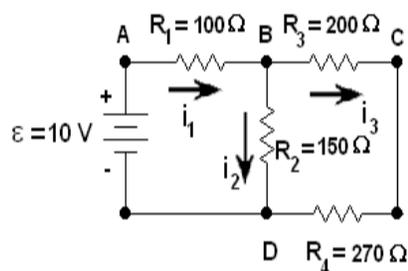
El propósito de esta actividad de laboratorio es:

- Investigar sobre el voltaje y la corriente, en circuitos resistivos
- Demostrar experimentalmente las leyes de Kirchhoff.
- Medir una resistencia en forma precisa con el Punteo de Wheatstone.

#### PROCEDIMIENTO

##### a.- Análisis de un circuito, mediante las Leyes de Kirchhoff

1. Medir cada resistencia y anote en la tabla su valor
2. En el tablero de conexiones, armar el circuito de resistivo de la figura, mida la resistencia total  $R_T$ , anote su valor
3. Utilizando las leyes de Kirchhoff, calcular la corriente y el voltaje en cada resistencia, anotar en la tabla.
4. Conectar la fuente de voltaje, medir los voltajes en cada resistencia y en la fuente de energía. Calcule la corriente en cada resistencia, anotar en la tabla
5. Verificar que se cumple la ley de los nudos y la ley de las mallas, anote en la tabla
6. Calculo de la resistencia  $R_{AD}$  del circuito
  - Calcule la resistencia equivalente entre los puntos A y D. (conexión mixta)
  - Con el voltaje de la fuente y la corriente  $i_T$ , calcular la resistencia entre los puntos A y D.
  - Desconecte la fuente y mida la resistencia con entre los puntos A y D.



HOJA DE RESPUESTA N° 7  
LEYES DE KIRCHHOFF

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

a.- Analisis de Leyes de Kirchhoff

Actividad 1 y 2	Actividad 3		Actividad 4	
Resistencia (con Óhmetro)  [Ω]	Corriente teórica según Kirchhoff' [A]	Voltaje teórico según Kirchhoff $V = R i$ [V]	Voltaje en la resistencia, (Medido con Sensor) [V]	Corriente en la resistencia, $i' = V'/R$ [A]
$R_1 =$	$i_1 =$	$V_1 =$	$V_1' =$	$i_1' =$
$R_2 =$	$i_2 =$	$V_2 =$	$V_2' =$	$i_2' =$
$R_3 =$	$i_3 =$	$V_3 =$	$V_3' =$	$i_3' =$
$R_4 =$	$i_4 =$	$V_4 =$	$V_4' =$	$i_4' =$
$R_T =$	$i_T =$	$V_T =$	$V_T' =$	$i_T' =$

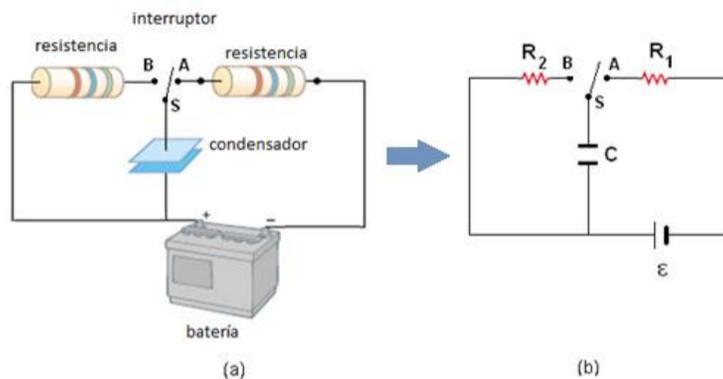
		Relación que se debe cumplir	Verificación (con valores prácticos)
Actividad 5	Nudo B	$i_1' = i_2' + i_3'$	
	Nudo D	$i_2' + i_3' = i_1'$	
	Malla ABDA	$V_{AB} + V_{BD} = V_{AD}$	
	Malla BCDB	$V_{BC} + V_{CD} = V_{BD}$	
	Malla ABCDA	$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} = V_{AD}$	
Actividad 6	Cálculo de $R_{AD}$	Teórico = Práctico = Ohmetro =	

Calculos:

**PRÁCTICA Nº 8**  
**CORRIENTE CONTINUA EN CIRCUITO RC SERIE**

**INTRODUCCION TEORICA**

En la figura se observa que cuando el interruptor S se lleva a la posición A, el condensador C se carga a través de la resistencia R<sub>1</sub>. Si luego de cargado el condensador, el interruptor S se lleva a la posición B, el condensador C se descargará a través de la resistencia R<sub>2</sub>, y la fuente (batería) queda afuera.



**Proceso de carga de un condensador**

Consideremos en primer lugar la carga de un condensador. En la figura, cuando el interruptor S se lleva a la posición A, en el circuito eléctrico equivalente, se cumple:

$$\varepsilon = V_{R_1} + V_C$$

Reemplazando  $V_{R_1} = IR_1$  y  $V_C = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int I dt$

se obtiene:  $\varepsilon = IR_1 + \frac{1}{C} \int I dt$

Como ε es constante, al derivar con respecto al tiempo, se tiene:  $0 = R_1 \frac{dI}{dt} + \frac{I}{C}$

Que es una ecuación diferencial, de primer grado y primer orden, cuya solución se obtiene integrando, con la condición de que en t=0, I=I<sub>0</sub>, V<sub>C</sub>=0, V<sub>R1</sub>=ε=I<sub>0</sub>R<sub>1</sub>.

Luego la corriente de carga del condensador, será:

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{R_1 C}}$$

O bien:

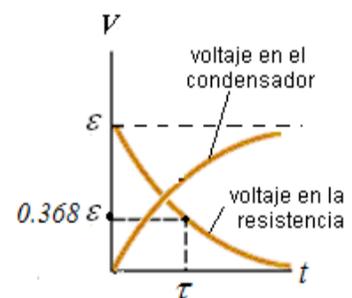
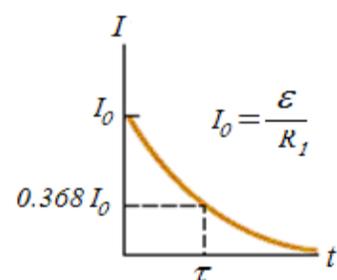
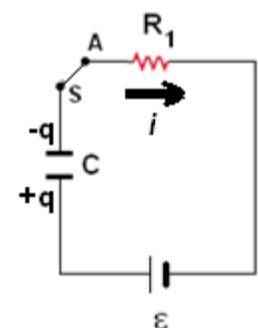
$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R_1} e^{-\frac{t}{R_1 C}}$$

Luego el voltaje en la resistencia, será:

$$V_{R_1} = \varepsilon e^{-\frac{t}{R_1 C}}$$

Y el voltaje en el condensador, será:

$$V_C = \varepsilon - V_{R_1}, \text{ O bien: } V_C = \varepsilon \left( 1 - e^{-\frac{t}{R_1 C}} \right)$$



Nótese que el condensador adquiere un voltaje ε cuando t tiende a infinito o bien cuando t >> R<sub>1</sub> C.

Se define como **constante de tiempo de carga** del condensador a:

$$\tau = R_1 C$$

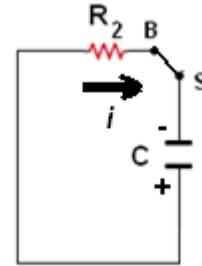
Que corresponde al tiempo que debe transcurrir para que la corriente en el circuito (o el voltaje en la resistencia) baje a la e'sima parte de su valor inicial, (1/e = 0.368)

Guía de Laboratorio

**Proceso de descarga de un condensador cargado**

Si una vez cargado el condensador (después de un tiempo prolongado) se lleva el interruptor S a la posición B, en el circuito eléctrico equivalente se cumple:

$$V_C + V_{R_2} = 0 \quad , \text{ es decir } \frac{1}{C} \int i dt = -i R_2$$



Al derivar con respecto al tiempo, se tiene:

$$\frac{i}{C} + \frac{di}{dt} R_2 = 0$$

Integrando con la condición que  $i = -i_0$  , en  $t = 0$  , ya que la corriente de descarga del condensador es en sentido contrario al de la carga,

Luego, la **corriente de descarga**, será:

$$i = -i_0 e^{-\frac{t}{R_2 C}}$$

por lo tanto, el **voltaje en la resistencia** es:

$$V_{R_2} = -R_2 i_0 e^{-\frac{t}{R_2 C}}$$

y el **voltaje en el condensador**:

$$V_C = R_2 i_0 e^{-\frac{t}{R_2 C}}$$

Nótese que en  $t = 0$ ,  $V_C = R_2 i_0 = \varepsilon$  ,  
(Si el condensador está totalmente cargado)

En tal caso, la corriente de descarga será:

$$i = -\frac{\varepsilon}{R_2} e^{-\frac{t}{R_2 C}}$$

La **constante de tiempo de descarga** es:

$$\tau = R_2 C$$

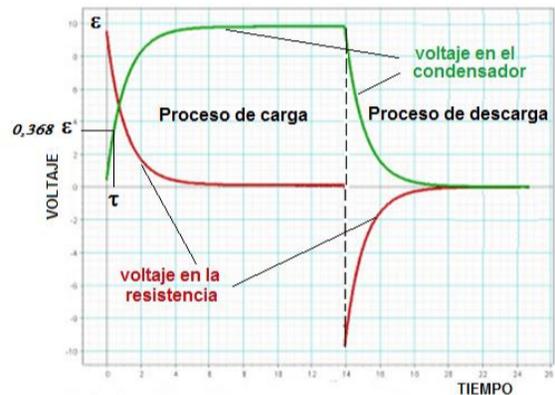
Si  $R$  se mide en Ohm y  $C$  en Farad ,  $\tau$  se mide en segundos .

El significado de la constante de tiempo es: el tiempo necesario para que la corriente de descarga se reduzca a  $1/e$  , (o sea igual a 0,368) de su valor inicial.

**Medición de la capacidad de un condensador.**

Midiendo la constante de tiempo de descarga de un condensador, es posible calcular la capacidad de un condensador, si se conoce en forma precisa la resistencia de carga (o de descarga) del condensador, utilizando:

$$C = \frac{\tau}{R_1} \quad , \text{ o bien } \quad C = \frac{\tau}{R_2}$$



## EXPERIMENTACION PRÁCTICA 8

### ESTUDIO DE LA CARGA Y DESCARGA DE UN CONDENSADOR

#### EQUIPOS NECESARIOS Y COMPONENTES ELÉCTRICAS

Interface 750, PA, Software Data Studio  
2 Sensores de Voltaje. Multitester digital, tablero de conexiones, conectores  
1 capacitor, 330 microfaradio, ( $330 \times 10^{-6} \text{ F}$ )  
1 resistor, 100 kilo-ohm, ( $100.000 \Omega$ )

#### OBJETIVOS

Los objetivos de esta actividad de laboratorio son:

- Medir el voltaje en el condensador y en la resistencia, en un proceso de carga o descarga de un condensador en un circuito RC serie, en corriente continua
- Determinar la constante de tiempo capacitiva en la carga o en la descarga de un condensador a través de una resistencia.
- Determinar la capacidad, analizando las curvas del voltaje en el condensador o en la resistencia en un proceso de carga o descarga del condensador

#### PROCEDIMIENTO:

##### 1. Encendido de equipos:

Encender Interface 750, luego el AP y finalmente el PC.

##### 2. Conexiones en la Interface 750:

Conectar Sensores de Voltajes , en canal A y canal B. Conectar el AP, en canal C

##### 3. Programación de Data Studio:

- Selección de actividad a realizar, (crear experimento)
- Selección en canal A, (sensor de Voltaje)
- Selección en canal B, (sensor de Voltaje)
- Selección en canal C, (Amplificador de Potencia (AP)).

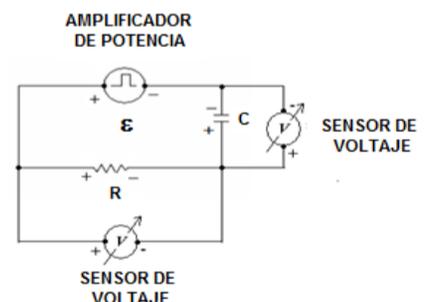
##### 4. Programación del AP:

- Forma de onda : Señal cuadrada positiva
- Amplitud : 8 V
- Frecuencia de la señal : 0,005 Hz. (equivale a  $T = 200 \text{ [s]}$ )
- Frecuencia de muestreo : 0,5 Hz. (100 veces frecuencia de la señal)
- Mediciones : voltaje de salida (voltaje del AP)
- Detención automática : 200[s]

##### 5. Armado del circuito:

Armar el circuito de la figura

- Mida la resistencia  $R$  y anote su valor
- Anote el Valor nominal de la capacidad  $C$
- Calcule la constante de tiempo  $\tau$ , ( $\tau = RC$ )
- Conecte sensor de voltaje (canal A) en la resistencia  $R$
- Conecte sensor de voltaje (canal B) en el condensador  $C$



##### 6. Configuración del Gráfico de los voltajes en función del tiempo:

- En un solo grafico mostrar las curvas:
- Voltaje en la resistencia  $R$ , ( $V_R$ )
- Voltaje en el condensador  $C$ , ( $V_C$ )
- Voltaje de salida (Voltaje en el amp. de potencia), ( $V_s$ )
- Configure el eje de las ordenadas entre  $-9 \text{ V}$  y  $+9 \text{ V}$  y el eje de las abscisas entre  $0$  y  $100 \text{ s}$ ,

##### 7. Toma de datos y gráficos de V en función del tiempo

- Dar inicio a la toma de datos, pulsando el botón *Inicio*

Guía de Laboratorio

- Aparece en pantalla, en un solo gráfico, las 3 curvas:  $V_R$ ,  $V_C$  y  $V_S$  en función del tiempo
  - Qué ajuste realizaría para  $V_R$ , en la carga?, escriba la relación correspondiente
  - Qué ajuste realizaría para  $V_C$ , en la carga?, escriba la relación correspondiente
  - Qué ajuste realizaría para  $V_R$ , en la descarga?, escriba la relación
  - Qué ajuste realizaría para  $V_C$ , en la descarga?, escriba la relación
- 8. Análisis de datos en el proceso de carga:** Responda las siguientes preguntas:
- Entre que tiempos se produce la carga del condensador
  - Escriba la ecuación teórica de  $V_R$  en función del tiempo  $t$  (en la carga)
  - Escriba la ecuación teórica de  $V_C$  en función del tiempo  $t$  (en la carga)
  - Realice el ajuste correspondiente para  $V_C$  en función del tiempo  $t$  y determine los parámetros  $A$  y  $c$  correspondientes (con sus errores)
  - Al comparar las relaciones teórica y experimental se tiene que  $A = \varepsilon$ , y  $c = 1/\tau$ , calcule: el voltaje de la fuente  $\varepsilon$  y la constante de tiempo de carga  $\tau$
  - Conocida la constante de tiempo  $\tau$  y la resistencia  $R$ , como  $\tau = RC$ , calcule  $C$
- 9. Análisis de datos en el proceso de descarga:** Responda las siguientes preguntas:
- Entre que tiempos se produce la descarga del condensador
  - Escriba la ecuación teórica de  $V_R$  en función del tiempo  $t$  (en la descarga)
  - Escriba la ecuación teórica de  $V_C$  en función del tiempo  $t$  (en la descarga)
  - Realice el ajuste correspondiente para  $V_C$  en función del tiempo  $t$  y determine el parámetros  $c$  (con su error)
  - Al comparar las relaciones teórica y experimental se tiene que  $c = 1/\tau$ , calcule: la constante de tiempo de descarga  $\tau$
  - Conocida la constante de tiempo  $\tau$  y la resistencia  $R$ , como  $\tau = RC$ , calcule  $C$
- 10. Cálculo de la corriente  $i$  en el circuito y la carga  $Q$  en el condensador:**  
Usando la calculadora del Data Studio, realice lo siguiente:
- Verifique que  $V_R + V_C = V_S$
  - Como  $i = V_R/R$ , calcule  $i$  para  $t = 30$  s
  - Como,  $Q = \int i dt$ , calcule  $Q$  para  $t = 60$  s

HOJA DE RESPUESTA N° 8  
CARGA Y DESCARGA DE UN CONDENSADOR

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

<b>1. Encendido de equipos:</b>			
<b>2. Conexiones en la Interface 750:</b>			
<b>3.. Programación de Data Studio:</b>			
<b>4. Programación del AP:</b>			
<b>5. Armado del circuito:</b>			
-Mida la resistencia R con su error:	$R =$	$\pm$	[ $\Omega$ ]
-Valor nominal de la capacidad C:	$C =$	$\pm$	[F]
-Constante de tiempo $\tau$ , ( $\tau = RC$ ),	$\tau =$	$\pm$	[s]
-¿Qué mide el Sensor de voltaje del canal A?:			
-¿Qué mide el Sensor de voltaje del canal B?:			
<b>6. Configuración de los gráficos, en tiempo real, de V en función de t</b>			
<b>7. Toma de datos y gráfico de V en función de t:</b>			
Dar inicio a la toma de datos, pulsar el botón <i>Inicio</i>			
-En el proceso de carga ¿La relación experimental entre $V_R$ y $t$ , es? :			
-En el proceso de carga ¿La relación experimental entre $V_C$ y $t$ , es? :			
-En el proceso de descarga ¿La relación experimental entre $V_R$ y $t$ , es? :			
-En el proceso de descarga ¿La relación experimental entre $V_C$ y $t$ , es? :			
<b>8. Análisis de datos en el proceso de carga:</b>			
Responda las siguientes preguntas:			
-Entre que tiempos se produce la carga del condensador:			
-Escriba la ecuación teórica entre $V_R$ y $t$ :			
-Escriba la ecuación teórica entre $V_C$ y $t$ :			
-Parámetros en el ajuste de $V_C$ v/s $t$ :	$A =$	$\pm$	[V]
	$c =$	$\pm$	[1/s]
-Como $A = \varepsilon$ , y $c = 1/\tau$ , calcule $\varepsilon$ y $\tau$	$\varepsilon =$	$\pm$	[V]
	$\tau =$	$\pm$	[s]
-Como $\tau = RC$ , calcule la capacidad $C$	$C =$	$\pm$	[F]
<b>9. Análisis de datos en el proceso de descarga:</b>			
Responda las siguientes preguntas:			
-Entre que tiempos se produce la descarga del condensador?:			
-Escriba la ecuación teórica entre $V_R$ y $t$ :			
-Escriba la ecuación teórica entre $V_C$ y $t$ :			
-Parámetros en el ajuste de $V_C$ v/s $t$ ;	$c =$	$\pm$	[1/s]
-Como $c = 1/\tau$ , calcule $\tau$	$\tau =$	$\pm$	[s]
-Como $\tau = RC$ , calcule la capacidad $C$	$C =$	$\pm$	[F]
<b>10. Cálculos de i en el circuito y la carga Q en el condensador: (usando calculadora)</b>			
-Verifique si $V_R + V_C = V_S$ ?: (Si/No) =			
-Para $t = 30$ s, calcule $i$ en el circuito:	$i =$		[A]
-Para $t = 60$ s, calcule $Q$ en el condensador:	$Q =$		[C]

**Calculos:**

## PRÁCTICA Nº 9

### LEY DE BIOT-SAVART, FUERZA SOBRE CORRIENTES,

#### INTRODUCCIÓN TEÓRICA

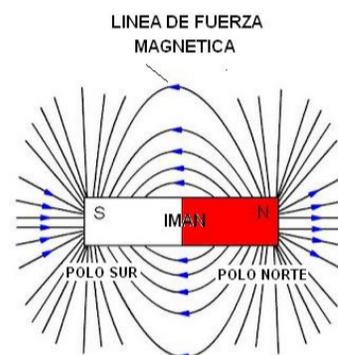
##### Magnetismo

Parte de la Física que estudia los fenómenos magnéticos producidos por cargas eléctricas en movimiento. Por ejemplo fenómenos magnéticos con imanes o generados por corrientes eléctricas

##### Imanes

Un imán es un material capaz de producir un campo magnético exterior y atraer el hierro (también puede atraer al cobalto y al níquel). Los imanes que manifiestan sus propiedades de forma permanente pueden ser naturales, como la magnetita ( $Fe_3O_4$ ) o artificiales, obtenidos a partir de aleaciones de diferentes metales .

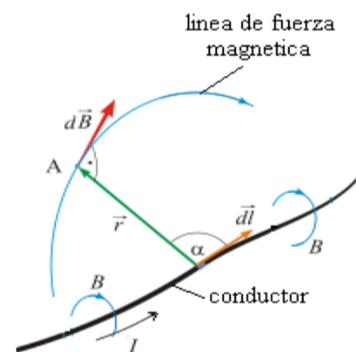
En un imán la atracción es mayor en sus extremos o **polos**. Todo imán posee 2 polos. Estos polos se denominan norte (por donde salen las líneas de fuerza magnética) y sur (por donde entran las líneas de fuerza magnética). La Tierra es un gigantesco imán natural.



La región del espacio donde se pone de manifiesto la acción de un imán se **llama campo magnético**. Este campo se representa mediante líneas de fuerza, que son unas líneas imaginarias, cerradas, que van del polo norte al polo sur, por fuera del imán y del polo norte al polo sur en el interior de éste; se representa con la letra **B**.

##### Causa de la generación del campo magnético de los imanes

Desde hace tiempo es conocido que una corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor. En el interior de la materia existen pequeñas corrientes cerradas debidas al movimiento de los electrones que contienen los átomos, cada una de ellas origina un microscópico imán o dipolo. Cuando estos pequeños imanes están orientados en todas direcciones sus efectos se anulan mutuamente y el material no presenta propiedades magnéticas; en cambio si todos los imanes se alinean actúan como un único imán y en ese caso decimos que la sustancia se ha magnetizado



##### Campo magnético producido por corrientes. Ley de Biot-Savart.

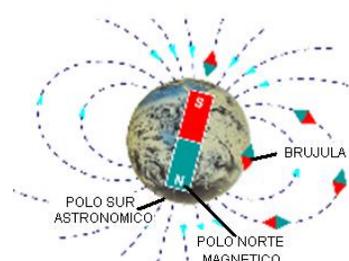
Esta ley relaciona el valor del campo magnético con las corrientes que lo producen. En el caso de las corrientes que circulan por circuitos filiformes (o cerrados), la contribución de un elemento infinitesimal de longitud  $d\vec{l}$  del circuito recorrido por una corriente  $I$  crea una contribución elemental de campo magnético,  $d\vec{B}$ , en el punto situado en la posición que apunta el vector unitario  $\hat{r}$  a una distancia  $r$  respecto de  $d\vec{l}$ , quien apunta en dirección a la corriente  $I$ :

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2} \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Tm A^{-1}$$

donde  $\mu_0$  es la permeabilidad magnética del vacío, y  $\hat{r}$  es un vector unitario. En el sistema internacional de unidades el campo magnético se mide en Tesla ,  $T$

##### Campo magnético Terrestre

La Tierra funciona como un gigantesco imán permanente. La razón por la que la Tierra (y otros planetas) producen un campo magnético es todavía objeto de controversia, aunque es admitido que está relacionado con la existencia de iones y



material ferromagnético en el núcleo y con la velocidad de rotación. Como los polos opuestos se atraen, significa que el Polo Norte geográfico de la Tierra es en realidad el Polo Sur magnético y viceversa (en realidad no coinciden exactamente, están separados unos 1800 km). Las líneas de campo magnético terrestre salen entonces del Polo Sur geográfico y entran por el Polo Norte, y la intensidad del campo es en promedio de 0.05 mT (0.03 mT en el ecuador y 0.07 mT en los polos).

### Campo magnético producido por una carga puntual en movimiento

El campo magnético generado por una única carga en movimiento (no por una corriente eléctrica) se calcula a partir de la siguiente expresión:

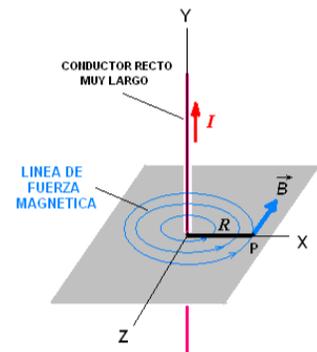
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{(q\vec{v}) \times \hat{r}}{r^2}$$

### Calculo de campos magnéticos generados por algunas corrientes

#### a.- Campo magnético producido por hilo rectilíneo muy largo

El campo magnético  $\vec{B}$  producido por el hilo rectilíneo en el punto P tiene una dirección que es perpendicular al plano formado por la corriente rectilínea y el punto P, y el sentido de  $\vec{B}$  resulta de la aplicación de la “regla de la mano derecha”

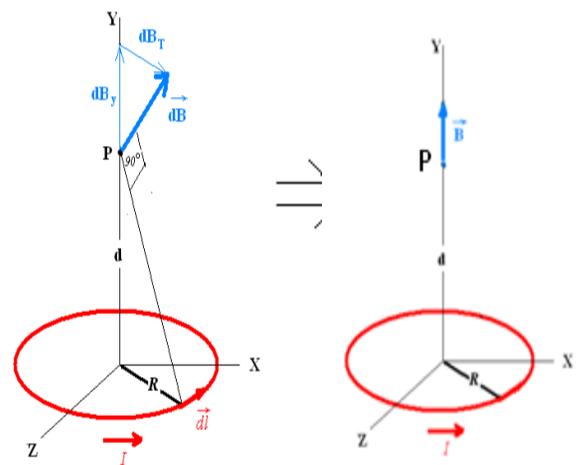
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$



#### b.- Campo magnético debido a una espira circular

Utilizando la ley de Biot-Savart y algunas condiciones de simetría, se calcula el campo magnético que produce una corriente circular en un punto del eje que dista una distancia  $d$  del centro de la espira de radio  $R$ . Para elementos de corriente  $idl$  diametralmente opuestos en la espira, las componentes transversales  $d\vec{B}_T$  se anulan de a pares y por tanto nos bastará con conocer cuál va a ser la componente paralela al eje y, como puede verse en la figura. Al integrar el resultado será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + d^2)^{3/2}} \hat{u}_y$$



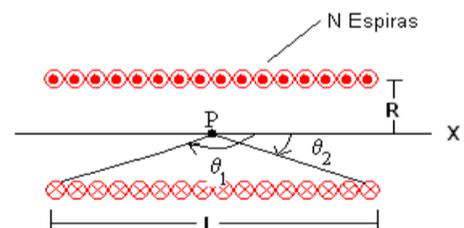
La ecuación para el campo en el centro de la espira se deduce de la anterior, y es:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2R} \hat{u}_y$$

#### c.- Campo magnético en el eje de un solenoide

Si el solenoide de largo  $L$  y radio  $R$  tiene  $N$  espiras, el campo magnético  $\vec{B}$  en un punto P de su eje longitudinal será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i N}{2L} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \hat{u}_x$$



Si el solenoide es muy largo comparado con su radio  $R$  y si el punto P está situado en el centro, tendremos que  $\theta_1 \rightarrow \pi$ , y  $\theta_2 \rightarrow 0$ . El campo  $B$  vale entonces

$$\vec{B}_0 = \frac{\mu_0 i N}{L} \hat{u}_x$$

En tal caso el campo magnético en los extremos del solenoide se reduce a la mitad

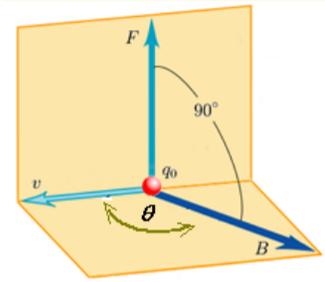
### d.- Fuerza sobre una carga puntual móvil en un campo magnético

Si una carga eléctrica puntual positiva, de valor  $q$ , se desplaza a una velocidad  $v$  en un campo magnético  $B$  en una región del espacio, sufrirá los efectos de una fuerza  $F$  que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad  $v$  como al campo  $B$ . Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita con la siguiente igualdad.  $F = qv \times B$

Nótese que tanto  $F$  como  $v$  y  $B$  son magnitudes vectoriales y el producto vectorial tiene como resultante un vector perpendicular tanto a  $v$  como a  $B$ .

El módulo de la fuerza resultante será  $|F| = |q||v||B| \cdot \sin \theta$

Expresión en la que  $\theta$  es el ángulo entre  $v$  y  $B$ . La figura muestra las relaciones entre los vectores.



### e.- Fuerza sobre una corriente en un campo magnético

Sabemos que, sobre las cargas en movimiento en un campo magnético actúa una fuerza magnética, por lo que sobre un conductor por el que circula una corriente eléctrica situado en una región del espacio con un campo magnético, también actuará una fuerza magnética.

Considérese un conductor por el que circula una corriente  $I$ , situado en una región con un campo magnético  $B$ , tal como se muestra en la figura. En un intervalo de tiempo  $dt$ , las cargas eléctricas se desplazan a lo largo del conductor una longitud  $d\ell$  igual a su velocidad de arrastre por el tiempo  $dt$

$$d\ell = \vec{v}_a dt$$

Por lo que la fuerza elemental que actúa sobre el elemento de longitud que contiene una carga elemental  $dq$ , vale:

$$d\vec{F} = dq(\vec{v}_a \times \vec{B}) \quad d\vec{F} = Idt(\vec{v}_a \times \vec{B}) = I(d\vec{\ell} \times \vec{B})$$

Al producto  $I d\ell$  se le denomina **elemento de corriente**. Hay que subrayar que esta expresión proporciona únicamente la fuerza elemental que actúa sobre un elemento de corriente. Para calcular la fuerza sobre corrientes cualesquiera, habrá que integrar.

### f.- Fuerza entre corrientes eléctricas rectilíneas

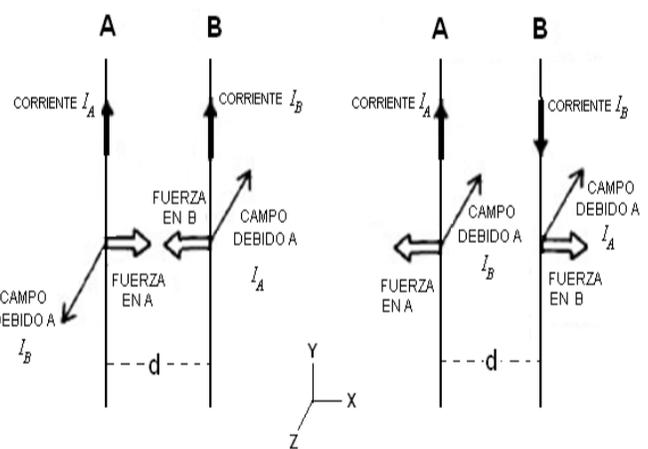
Sean dos corrientes rectilíneas indefinidas de intensidades  $I_A$  e  $I_B$  paralelas y separadas una distancia  $d$ .

El campo magnético producido por la corriente  $I_A$ , en la posición de la otra corriente  $I_B$ , es

$$\vec{B}_A = -\frac{\mu_0 I_A}{2\pi d} \hat{u}_z$$

La fuerza sobre una porción  $L$ , del segundo conductor por el que circula una corriente  $I_B$  en el mismo sentido es

$$\vec{F} = I_B (\hat{u}_y \times \vec{B}_A) L \quad \vec{F} = -\frac{\mu_0 I_A I_B}{2\pi d} L \hat{u}_x$$



Como podemos comprobar, la fuerza que ejerce el campo magnético producido por la corriente de intensidad  $I_B$  sobre una porción de longitud  $L$  de corriente rectilínea de intensidad  $I_A$ , es igual pero de sentido contrario. La fuerza por unidad de longitud entre dos corrientes rectilíneas indefinidas y paralelas, distantes  $d$  es

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_A I_B}{2\pi d}$$

Si las corrientes tienen sentido opuesto, la fuerza tiene el mismo módulo pero de sentido contrario, las corrientes se atraen, tal como se aprecia en la figura

## EXPERIMENTACIÓN PRÁCTICA 9

### IMANES, LEY DE BIOT-SAVART, FUERZA SOBRE CORRIENTES

#### EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS

Imanes, Set de conductores de diferentes formas (alambre recto, espira, solenoide) limaduras de hierro, brújula, galvanómetro de cero central, 1 batería de Ni-Cd transformador (bobinas primario, secundario, núcleo), sensor de campo magnético amplificador de potencia (Pasco), interface 750 (Pasco)

#### OBJETIVOS

Realizar experimentos con campos magnéticos generados por imanes o corrientes eléctricas y su interacción con otras corrientes, como por ejemplo:

- Estudio de campos magnéticos generados por imanes
- Estudio de campos magnéticos generados por diversos conductores con corriente
- Estudio de fuerza sobre conductores con corriente en campos magnéticos
- Estudio de fuerza entre conductores con corriente eléctrica

#### Desarrollo de experimentos

Se desarrollan los siguientes experimentos:

##### a) Experimentos con imanes:

- Observar atracción o rechazo entre polos de imanes
- Observar “líneas de fuerza magnéticas”, esparciendo limaduras de hierro
- Medir campo magnético con teslámetro (componente axial y radial)

##### b) Experimento de campo magnético generado por corriente rectilínea

- Observar efecto sobre brújula
- Observar “líneas de fuerza magnéticas”, esparciendo limaduras de hierro
- Medir campo magnético con teslámetro
- Verificar que el campo magnético disminuye a medida que se aleja del conductor y aumenta a medida que aumenta la corriente

##### c) Experimento de campo magnético generado por corriente en solenoide

- Observar efecto sobre brújula
- Observar “líneas de fuerza magnéticas”, esparciendo limaduras de hierro
- Medir el campo magnético con teslámetro al interior del solenoide
- Verificar que el campo magnético en el borde de la bobina se reduce a aproximadamente la mitad del valor en su centro

##### d) Experimento de fuerza sobre conductores con corriente en campos magnéticos

- Verificar la acción de una fuerza sobre un conductor que lleva una corriente eléctrica y que se encuentra entre los polos de un imán de herradura
- Observar el cambio de dirección de la fuerza si se cambia la dirección del campo magnético o se cambia el sentido de la corriente
- Observar que aumenta la fuerza si aumenta la corriente

##### e) Experimento de fuerza entre conductores paralelos que llevan corriente eléctrica

- Observar la atracción entre los conductores si llevan corriente eléctrica en el mismo sentido
- Observar la repulsión entre los conductores si llevan corriente eléctrica en distinto sentido

HOJA DE RESPUESTA N° 9  
LEY DE BIOT-SAVART, FUERZA SOBRE CORRIENTES

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

<b>a.- Experimentos con imanes:</b>
- Polos de imanes distintos (N y S) se repelen? (si/no):
- Mida campo magnético con teslámetro (componente axial) de polo N:
- Mida campo magnético con teslámetro (componente axial) de polo S:
- La brújula es un imán? (si/no)
<b>b.- Campo magnético generado por corriente rectilínea</b>
- La brújula detecta campo magnético alrededor de la corriente? (si/no):
- Mida campo magnético, cerca del conductor con teslámetro (componente axial) -el campo magnético disminuye a medida que se aleja del conductor? (si/no): -y aumenta a medida que aumenta la corriente? (si/no):
<b>c.- Campo magnético generado por corriente en solenoide</b>
- Medir el campo magnético con teslámetro en el centro de la bobina, $B_c=$
- Medir el campo magnético con teslámetro en el borde de la bobina, $B_b=$
- Comprobar que aproximadamente $B_b=(1/2) B_c$
<b>d.- Fuerza sobre conductores con corriente en campos magnéticos</b>
- Actúa fuerza sobre un conductor con corriente en un campo magnético? (si/no):
- Cambia de sentido la fuerza al cambiar el sentido del campo magnético? (si/no):
- Cambia de sentido la fuerza si se cambia el sentido de la corriente? (si/no):
- Aumenta la fuerza si aumenta la corriente? (si/no):
<b>e.- Fuerza entre conductores paralelos que llevan corriente eléctrica</b>
- Hay atracción entre conductores que llevan corriente en igual sentido? (si/no):
- Hay repulsión entre conductores que llevan corriente en distinto sentido? (si/no):

## PRÁCTICA Nº 10

### LEY DE INDUCCION DE FARADAY. EL TRANSFORMADOR

#### INTRODUCCION TEORICA

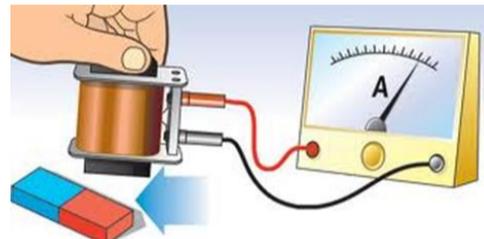
##### Flujo magnético

Se denomina flujo magnético a la cantidad de líneas de fuerza que pasan por un circuito magnético. Si una superficie irregular, definida por  $dS$ , es atravesada por un campo magnético  $B$  heterogéneo, entonces el flujo magnético sobre la superficie total  $S$ , será

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

##### Inducción electromagnética. Ley de inducción de Faraday

La ley de inducción de Faraday establece que la Fuerza Electromotriz  $\mathcal{E}$  inducida en un circuito es igual a menos la derivada del flujo magnético con respecto del tiempo.



Matemáticamente se puede expresar como:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$\phi$  = Flujo magnético en weber, (Tesla por  $m^2$ )

$t$  = Tiempo en segundos

y el signo menos (-), es debido a la Ley de Lenz (la fem debe oponerse a la variación de flujo).

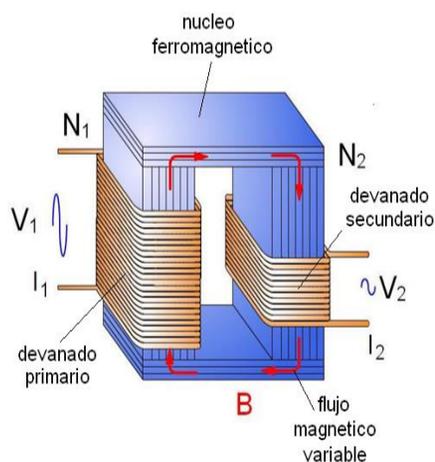
La inducción electromagnética es el principio fundamental sobre el cual operan transformadores, generadores, motores eléctricos, la vitrocerámica de inducción y la mayoría de las máquinas eléctricas domesticas

##### Transformador

Un transformador es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir el voltaje en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Los transformadores reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.



El **transformador** permite convertir la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de interacción electromagnética. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo. Las bobinas o devanados se denominan **primario y secundario** según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

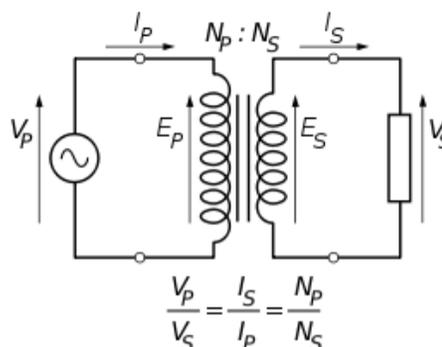


### Relaciones de transformación del transformador

La relación de transformación nos indica el aumento o decremento que sufre el voltaje de salida con respecto al voltaje de entrada

La **razón de la transformación ( $m$ )** del voltaje en el bobinado primario y el voltaje en el bobinado secundario, de un **transformador ideal**, (en el cual no hay pérdidas),  $m$  depende de los números de vueltas que tenga cada uno y se cumple:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = m$$



Donde: ( $V_p$ ) es la tensión en el devanado primario ó tensión de entrada, ( $V_s$ ) es la tensión en el devanado secundario ó tensión de salida, ( $I_p$ ) es la corriente en el devanado primario ó corriente de entrada, e ( $I_s$ ) es la corriente en el devanado secundario ó corriente de salida.

En un **transformador real**, (en el cual hay pérdidas) como los utilizados en el laboratorio, la razón de transformación  $m$  es menor que  $N_p/N_s$

$$\frac{V_p}{V_s} = m < \frac{N_p}{N_s}$$

El uso del transformador en la red de transporte de energía eléctrica, en de gran importancia, pues, al poder efectuar el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades, se disminuyen las pérdidas por el efecto Joule y se minimiza el costo de los conductores.

Como la potencia eléctrica aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad respectiva (potencia) debe ser constante. En un transformador real se generan pequeñas pérdidas de energía (por efecto Joule, pérdidas de flujo magnético, etc.), por lo que la potencia en el secundario es menor que la del primario

## EXPERIMENTACION PRACTICA 10

### LEY DE INDUCCION DE FARADAY. EL TRANSFORMADOR

**CONCEPTO:** Electromagnetismo. Inducción electromagnética

**TIEMPO:** 1 Bloque (1h: 30 min)

**EQUIPO E INSTRUMENTAL NECESARIO:**

- 1 Interface750.
- 1 Power Amplifier
- 1 PC con Software Data Studio
- 1 Teslámetro

**MATERIALES**

- Conectores
- 1 Transformador (primario, secundario y yugo)

**OBJETIVOS:**

Los objetivos de esta práctica son:

**a.- Observar experimentalmente la Ley de Inducción de Faraday**

- Observar que al acercar uno de los polos de un imán a una bobina, se detecta una corriente en un galvanómetro de cero central
- Observar que al retirar dicho polo de la bobina, se detecta una corriente en el galvanómetro de cero central, pero en sentido contrario
- Observar que cambiar el polo magnético y repetir el experimento, se invierte la dirección de las corrientes
- Observar que mientras más rápido se acerca o se aleja el imán, mayor es el pulso de corriente observado
- Observar que si el imán se mantiene quieto con respecto a la bobina no se detecta corriente en el galvanómetro

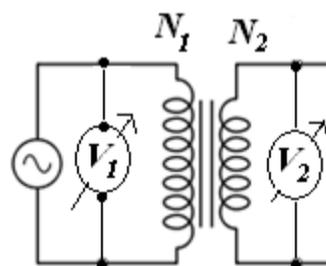
**b.- Estudiar un Transformador real**

- Obtener  $V_2$  en función de  $V_1$  ( para  $N_1$  y  $N_2$  constante )
- Obtener  $V_2$  en función de  $N_2$  ( para  $V_1$  y  $N_1$  constante )
- Obtener  $V_2$  en función de  $N_1$  ( para  $V_1$  y  $N_2$  constante )

**PROCEDIMIENTO**

Para el estudio del transformador:

- 1.- Arme el circuito de la figura.
- 2.- En el Power Amplifier asígnele a  $V_1$  un voltaje senoidal con frecuencia de 50 Hz.
- 3.- Eligiendo  $N_1$  y  $N_2$ , fijos, mida amplitud de  $V_2$  (con sensor de voltaje) para diferentes amplitudes de  $V_1$
- 4.- Confeccionar una tabla de valores con las amplitudes máximas seleccionadas y con software DS, obtenga la relación de transformación  $m$  (relación  $V_1/V_2$ )
- 5.- Eligiendo  $V_1$  con amplitud máxima de 0,2 volt y  $N_1$  fijo, mida amplitud de  $V_2$  para secundario con diferente número de espiras  $N_2$
- 6.- Confeccionar tabla de valores y con software DS obtenga la relación entre  $V_2$  y  $N_2$ .
- 8.- Eligiendo  $V_1$  con amplitud máxima de 0,2 volt y  $N_2$  fijo, mida la amplitud de  $V_2$  para primarios con diferentes números de espiras  $N_1$ ,
- 9.- Confeccionar tabla de valores y obtenga la relación entre  $V_2$  y  $N_1$ .



HOJA DE RESPUESTA N° 10  
LEY DE INDUCCION DE FARADAY. EL TRANSFORMADOR

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

**a.- Acerca de la Ley de Inducción de Faraday**

Al acercar polo de imán a una bobina, se detecta corriente en la bobina? (si/no) =
Al retirar polo de la bobina, se detecta una corriente en sentido contrario? (si/no) =
Al cambiar polo magnético y repetir experimento, se invierten las corrientes? (si/no)=
Si más rápido se acerca o se aleja el imán, mayor es el pulso de corriente? (si/no) =
Si el imán se deja quieto, con respecto a la bobina, se detecta corriente? (si/no) =

**b.- Estudio del transformador (Verificar que  $V_1/V_2 = N_1/N_2$ )**

Obtener $V_2$ en función de $V_1$ , para $N_1 =$ espiras y $N_2 =$ espiras						
Voltaje $V_1$ [V]						
Voltaje $V_2$ [V]						

— La relación entre  $V_2$  y  $V_1$  es lineal? (si/no):

— El Factor de Proporcionalidad  $A = N_2/N_1$ , vale:

Teorico  $m_T =$

Practico  $m_P =$                        $\pm$

Obtener $V_2$ en función de $N_2$ , para $V_1 =$ [V] y $N_1 =$ espiras						
Num. $N_2$ [espiras]						
Voltaje $V_2$ [V]						

— La relación entre  $V_2$  y  $N_2$  es lineal? (si/no):

— El Factor de Proporcionalidad  $A = V_1/N_1$  vale:

Teórico  $A_T =$

Practico  $A_P =$                        $\pm$

Obtener $V_2$ en función de $N_1$ , para $V_1 =$ [V] y $N_2 =$ espiras						
Num. $N_1$ [espiras]						
Voltaje $V_2$ [V]						

— La relación entre  $V_2$  y  $N_1$  es lineal? (si/no):

— El Factor  $A = V_1 N_2$ , vale:

Teórico  $A_T =$

Practico  $A_P =$                        $\pm$

**PRÁCTICA N° 11**  
**CIRCUITO RL SERIE, EN CORRIENTE CONTINUA**

**INTRODUCCIÓN TEÓRICA**

**Inductancia**

La inductancia ( $L$ ), es una medida de la oposición a un cambio de corriente en una bobina que almacena energía en presencia de un campo magnético, y se define como la relación entre el flujo magnético ( $\Phi$ ) y la intensidad de corriente eléctrica ( $I$ ) que circula por la bobina y el número de vueltas ( $N$ ) del devanado:

$$L = \frac{\Phi N}{I}$$

La inductancia depende de las características físicas del conductor y de la longitud del mismo. Si se enrolla un conductor, la inductancia aumenta. Con muchas espiras se tendrá más inductancia que con pocas. Si a esto añadimos un núcleo de ferrita, aumentaremos considerablemente la inductancia.

El flujo que aparece en esta definición es el flujo producido por la corriente  $I$  exclusivamente. No deben incluirse flujos producidos por otras corrientes ni por imanes situados cerca ni por ondas electromagnéticas.

Esta definición es de poca utilidad porque es difícil medir el flujo abrazado por un conductor. En cambio se pueden medir las variaciones del flujo y eso sólo a través del voltaje  $V$  inducido en el conductor por la variación del flujo. Con ello llegamos a una definición de inductancia equivalente pero hecha a base de cantidades que se pueden medir, esto es, la corriente, el tiempo y la tensión:

$$V_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

El voltaje  $V_L$  en los extremos de la inductancia, es tal que se opone a la variación de flujo

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de la inductancia es el henrio (H), llamada así en honor al científico estadounidense Joseph Henry.  $1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$ , donde el flujo se expresa en weber y la intensidad en amperios. También se puede definir el henrio como  $1 \text{ H} = 1 \text{ V/ (A/s)}$

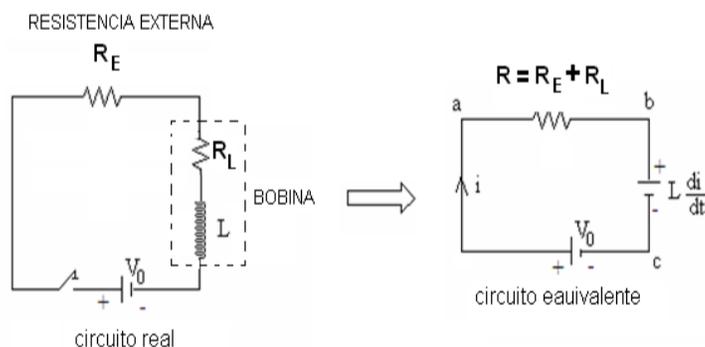
**Establecimiento de una corriente en un circuito RL Serie**

Un inductor real es un enrollado de alambre que tiene una Inductancia  $L$  y posee una resistencia  $R_L$ .

La figura muestra un inductancia  $L$  en serie con una resistencia total  $R$ , la resistencia total en el circuito será:

$$R = R_L + R_E,$$

en que  $R_E$  es la resistencia externa al solenoide.



En la figura, se muestra un circuito formado por una batería  $V_0$ , un interruptor, una resistencia  $R$ , ( $R=R_L+R_E$ ) y una autoinducción  $L$ . Al cerrar el interruptor, se conecta la batería  $V_0$  y la intensidad  $i$  aumenta con el tiempo.

Se cumplirá que la corriente no alcanza instantáneamente el valor  $V_0/R$  dado por la ley de Ohm, sino que tarda un cierto tiempo, teóricamente infinito, en la práctica, un intervalo de tiempo que depende de la resistencia  $R$  y la Inductancia  $L$ .

La razón de este comportamiento hay que buscarla en el papel jugado por la autoinducción  $L$  en la que se genera una *fem* que se opone al incremento de corriente.

En el circuito de la figura, al medir la diferencia de potencial entre los extremos de cada uno de los tres elementos que forman el circuito. Se cumplirá que

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{ca} = 0 \quad iR + L \frac{di}{dt} - V_0 = 0$$

Integrando, hallamos la expresión de  $i$  en función del tiempo, con la condición inicial de que en  $t=0$ ,  $i=0$ .

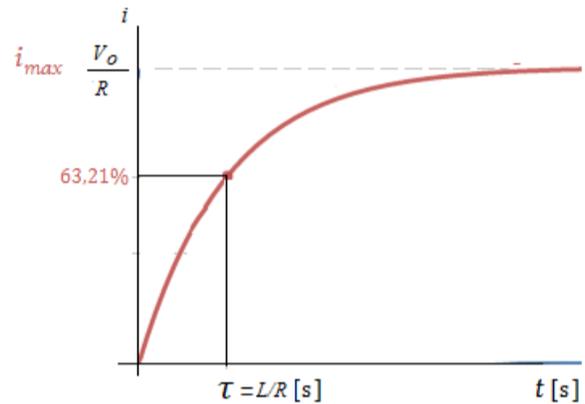
$$i = \frac{V_0}{R} \left[ 1 - e^{-\frac{Rt}{L}} \right]$$

Si  $R/L$  es grande como sucede en la mayor parte de los casos, la intensidad de la corriente alcanza su valor máximo constante  $V_0/R$  muy rápidamente.

La cantidad  $L/R = \tau$ , es la constante de tiempo inductiva y equivale al tiempo necesario para que la corriente alcance el 63% de su valor máximo  $V_0/R$

La corriente  $i$ , en el circuito en función de la constante de tiempo, será:

$$i = \frac{V_0}{R} \left[ 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$$



El voltaje en la resistencia  $R_E$ , está dado por:  $V_{RE} = R_E i$ . Entonces:

$$V_{RE} = R_E \left( \frac{V_0}{R_L + R_E} \right) \left[ 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$$

Después de un tiempo  $t \gg \tau$ , la corriente estacionaria  $i_0$ , será:

$$i_0 = \frac{V_0}{R_L + R_E}$$

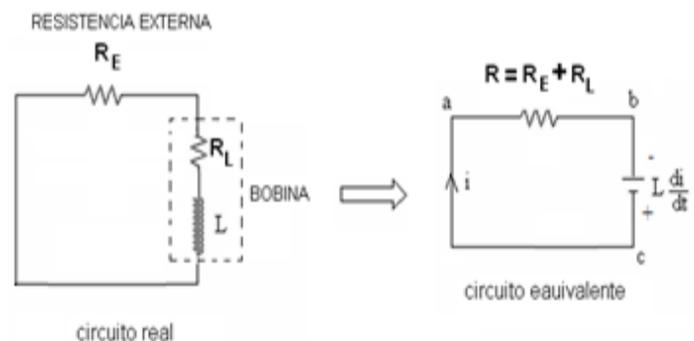
Y el voltaje estacionario en la resistencia  $R_E$  tomará el valor máximo  $V_m$ , dado por:

$$V_m = R_E \frac{V_0}{R_L + R_E}$$

Nótese que conocido  $V_m$ ,  $R_E$  y  $V_0$  se puede determinar  $R_L$

### Caída de la corriente en un circuito RL Serie

Si se ha establecido la corriente máxima en el circuito y desconectamos la batería, y ponemos en corto circuito los terminales del circuito RL serie, la corriente no alcanza el valor cero de forma instantánea, sino que tarda cierto tiempo en desaparecer del circuito. De nuevo, la razón de este comportamiento hay que buscarla en el papel jugado por la autoinducción  $L$  en la que se genera una  $fem$  que se opone a la disminución de corriente.



Para formular la ecuación del circuito sustituimos la autoinducción por una fem equivalente. Medimos la diferencia de potencial entre los extremos de cada uno de los dos elementos que forman el circuito. Se ha de tener en cuenta que  $i$  disminuye con el tiempo por lo que su derivada  $di/dt < 0$ , es negativa

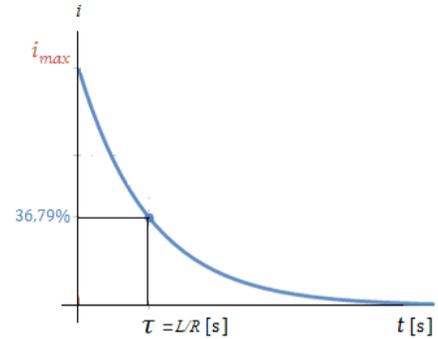
$$V_{ab} + V_{ba} = 0. \quad iR + L \frac{di}{dt} = 0$$

Guía de Laboratorio

Integrando, hallamos la expresión de  $i$  en función del tiempo con las condiciones iniciales, de que en  $t=0$ ,  $i=i_0$ .

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

La corriente disminuye exponencialmente con el tiempo. En la mayor parte de los casos en los que  $R/L$  es grande, la corriente desaparece muy rápidamente.



**Establecimiento y caída de la corriente eléctrica en el circuito a estudiar**

Si un circuito  $RL$  serie se conecta a un generador de señal cuadrada positiva, podemos observar en un osciloscopio o con el sistema Pasco, el proceso de establecimiento y caída de la corriente en el circuito.

Como se ve en la figura, durante el primer semiperiodo de la señal cuadrada positiva, la  $fem$  tiene un valor constante e igual a  $V_0$ . En el tramo de tiempo que va de 0 a  $P/2$ , se establece la corriente en el circuito. La intensidad final, en el instante  $t=P/2$  se calcula a partir de la fórmula

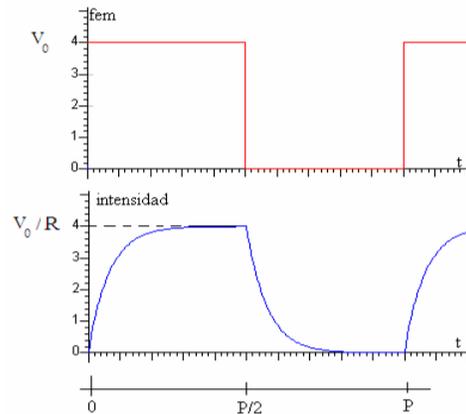
$$i_1 = \frac{V_0}{R} \left( 1 - \exp\left(-\frac{R}{L}t\right) \right)$$

Si  $t \gg L/R$  entonces  $i_1 = V_0/R$

En un instante  $t=(P/2)^+$  la  $fem$  se hace cero, la corriente cae en el circuito. La corriente  $i_2$  en el instante  $t=P$  se calcula a partir de la fórmula,

$$i_2 = i_1 \exp\left(-\frac{R}{L}(t - P/2)\right)$$

En que  $i_1 = V_0/R$



## EXPERIMENTACION PRACTICA Nº 11 CIRCUITO RL SERIE EN CORRIENTE CONTINUA

**CONCEPTO:** Electricidad básica, circuitos  $RL$  serie en C.C.

### EQUIPOS NECESARIOS

- Interface750, AP, PC, software DS
- 1 Sensor de Voltaje, Conectores
- 1 Multímetro, Tablero de Conexiones Electrónicas
- 1 resistor de  $10 \Omega$ , 1 Inductor o solenoide

### OBJETIVOS

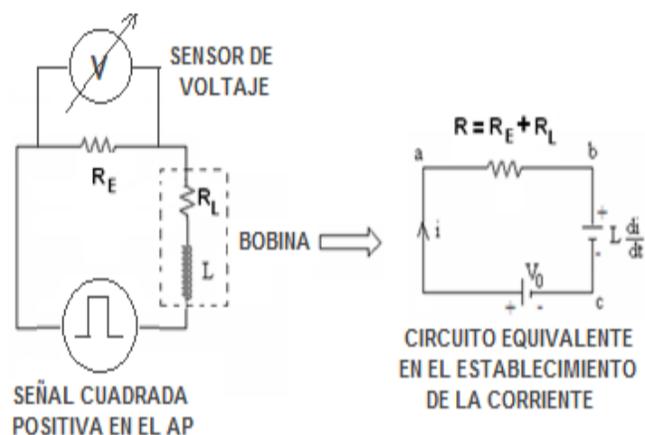
Los objetivos de esta actividad de laboratorio son:

- Investigar el voltaje y la corriente a través de una inductancia y una resistencia en un circuito  $RL$  serie, en el proceso de establecimiento y caída de la corriente
- Determinar la constante de tiempo inductiva
- Determinar la Inductancia  $L$  y resistencia  $R_L$  del solenoide

### PROCEDIMIENTO

1.- Armar el circuito de la figura. En esta actividad el AP, proporciona el voltaje para el circuito  $RL$  serie y un sensor de voltaje mide el voltaje en la resistencia externa  $R_E$ . (mídala con el multímetro)

El AP, debe producir una señal cuadrada positiva de 5 V (mida  $V_0$  con el DS), con un periodo de 50 ms (calcule la frecuencia de la señal) y un periodo de muestreo de 0,5 ms (calcule la frecuencia de muestreo), con detención automática a los 100 ms y que muestre la señal de salida y la corriente en forma automática.



El sensor de voltaje, en el canal A, debe medir el voltaje en la resistencia externa  $R_E$ . El AP proporciona Voltaje de Salida aplicado al circuito, ( $V_s$ ) y la Corriente en el Circuito  $R_L$ , ( $i$ )

2.- Al aplicar la señal al circuito  $RL$ , durante los primeros 25 ms se establece la corriente en el circuito, y durante los siguientes 25 ms, se produce la caída de la corriente.

Mida el voltaje máximo,  $V_m$ , en la resistencia. Mida la corriente máxima,  $I_0$ , en la resistencia. Calcule  $R_L$ , ya que

$$V_m = R_E \frac{V_0}{R_L + R_E} \quad I_0 = \frac{V_0}{R_L + R_E}$$

Si la resistencia se mide en  $[\Omega]$  y la inductancia en [Henry], entonces la constante de tiempo se medirá en [s], el voltaje en [V] y la corriente en [A]

3.- En el establecimiento de la corriente, realizar el ajuste para el voltaje en la resistencia.

Anote la constante  $C$  del ajuste elegido. Como  $C=1/\tau$ , calcule la constante de tiempo  $\tau$

4.- Conocida la constante de tiempo  $\tau$  y la resistencia total  $R$ , calcule la inductancia  $L$

HOJA DE RESPUESTA N° 11  
ESTUDIO DEL CIRCUITO RL SERIE

NOMBRE:.....RUT:.....

NOMBRE:.....RUT:.....

**EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA CORRIENTE, ESCRIBA LAS ECUACIONES**

De la corriente en función del tiempo:
Del voltaje en la resistencia en función del tiempo:
Del voltaje en la inductancia en función del tiempo:

**EN LA CAIDA DE LA CORRIENTE, ESCRIBA LAS ECUACIONES**

De la corriente en función del tiempo:
Del voltaje en la resistencia en función del tiempo:
Del voltaje en la inductancia en función del tiempo:

**DATOS DEL EXPERIMENTO**

MAGNITUD	SIMBOLO	VALOR MAS PROBABLE	ERROR	UNIDAD
FRECUENCIA DE LA SEÑAL	$f_s$			
FRECUENCIA DE MUESTREO	$f_M$			
RESISTENCIA EXTERNA (Medido con Tester)	$R_E$			
VOLTAJE MAXIMO DE SALIDA (Medido con DS en señal de salida)	$V_O$			
VOLTAJE MAXIMO EN RESISTENCIA $R_E$ (Medido con DS en el voltaje, canal A)	$V_M$			
CORRIENTE MAXIMA EN EL CIRCUITO (Medido con DS en la corriente, canal C)	$I_O$			
CONSTANTE DE TIEMPO INDUCTIVA (Obtenida, por ajuste adecuado)	$\tau$			
RESISTENCIA DEL SOLENOIDE (calculado)	$R_L$			
RESISTENCIA TOTAL (Medido con Tester)	$R = R_L + R_E$			
INDUCTANCIA DEL SOLENOIDE (calculada con la constante de tiempo)	$L = \tau \cdot R$			

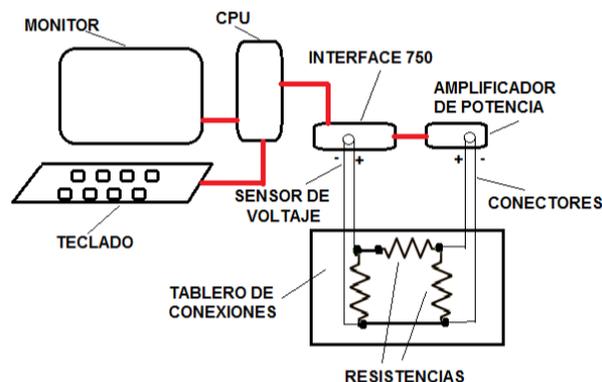
**Cálculos**

## APÉNDICE

### SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON PC

En el desarrollo de las prácticas del curso se medirán diversas magnitudes eléctricas utilizando los instrumentos correspondientes según sea el caso, también se utilizará frecuentemente un sistema de adquisición de datos, asistido con computador personal

**ESQUEMA:** La figura muestra una disposición típica del sistema de adquisición de datos con PC, PASCO



En este apéndice se dan algunos antecedentes básicos relacionados con el sistema de adquisición de datos PASCO que utilizaremos en el desarrollo de las prácticas de laboratorio

#### 1.- Sistema de adquisición de datos con PC, (PASCO)

Un sistema de adquisición de datos, como su nombre lo indica, describe los dispositivos y/o procesos utilizados para adquirir información, ya sea para caracterizar o para analizar algún fenómeno. En su forma más simple, el registro de las temperaturas de un horno sobre un papel es adquirir datos. Como la tecnología ha progresado, este tipo de procesos se ha simplificado y se ha hecho más exacto, versátil y confiable a través de equipamiento electrónico. Los equipos van desde registradores simples hasta sofisticados sistemas de computación..

Los computadores, que en la actualidad son indispensables en nuestras vidas, tienen una gran participación en la adquisición de datos. Dependiendo del nivel de conocimiento del usuario, y del hardware disponible, el computador puede jugar varios roles para lo cual se requiere de un software específico necesario, para instruir al computador de cómo manejar los datos.

El software es un aspecto clave en cualquier computador. Los paquetes de software permiten al usuario ejecutar funciones sofisticadas con un esfuerzo mínimo. En aplicaciones habituales, los usuarios generalmente escriben su propio software, en leguajes clásicos.

Actualmente existen en el comercio una gran cantidad de sistemas de adquisición de datos, destinados a diversos propósitos. En particular en el desarrollo del presente curso utilizaremos la Interface Science Workshop con puerto USB y el software Data Studio de la PASCO que es un programa de recopilación, análisis y presentación de datos en ambiente Windows que puede crear y realizar experimentos de Ciencias en general. Dicho sistema permite:

- Programar o planificar la toma de datos.
- Monitorear hasta 3 variables analógicas y 4 variables digitales, pudiendo graficar,
- analizar, imprimir, mostrar y grabar los datos.
- Mostrar en pantalla, señales eléctricas utilizando el PC como osciloscopio.
- Plotear en un gráfico las variables.

Guía de Laboratorio

- Realizar ajustes en las escalas de los gráficos.
  - Cambiar base de datos (borrar datos o agregar datos), hacer análisis estadísticos.
  - Utilizar el computador junto a un amplificador de potencia como un generador de onda
  - (de frecuencia variable, forma variable, amplitud variable ).
  - Utilizar el PC y el amplificador de potencia como una fuente continua regulable.
- En lo que a Física se refiere, con este sistema, es posible realizar experimentos de Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo, Óptica y Física Moderna

**2.- Interface Science Workshop 750:** La Interface Science Workshop 750 permite utilizar el computador personal como un sistema de adquisición de datos que permite tomar hasta 250.000 lecturas por segundo y en conjunto con el Amplificador de Potencia se obtiene un Generador de señales eléctricas de 1.5 Watt, además permite habilitar el sistema como un Osciloscopio en tiempo real



**a.- Características de la Interface ScienceWorkshop 750:**

- Tasa de muestreo : hasta 250.000 Hz por canal analógico
- Conexión rápida : A través de entrada USB
- Generador de Señales Eléctricas de 1.5 W . Permite realizar experimentos que requieran señales eléctricas con frecuencia de hasta 50 KHz y 1.5 watt (300 mA), al utilizar adicionalmente un amplificador de Potencia
- Posee 4 Canales Digitales
- Posee 3 canales Analógicos. Cuyas características son:
  - Permite hasta 250.000 lecturas /Segundo (en cada canal)
  - Permite disponer de un Osciloscopio de 20 KHz (hasta 40 cuadros/seg.)
  - Los 3 canales análogos de entrada son independientes, hasta  $\pm 10$  V
- Ruido electrónico reducido y más precisión en los datos:

**b.- Especificaciones Técnicas de la Interface ScienceWorkshop 750:**

- Alimentación: 12 VDC, con jack de 2.1 mm (mediante un transformador)
- Conexión al computador: A través de la entrada USB
- Conexión Alternativa al computador: A través de la puerta Serial RS-232
- Canales Digitales: 4 canales digitales idénticos de entrada/salida, con un nivel de corriente 8 mA, con muestreo hasta 10 KHz (100 ms).
- Canales Analógicos de Entrada: 3 canales Analógicos de entrada diferencial con impedancia de entrada de 1 Mohm, con un voltaje máximo de 10 volt
- Conversión de Análogo a Digital: Para señales eléctricas menores que 100 Hz, mejora la precisión de los datos
- Salida Analógica: rango de valores DC: -4.9976 V a +5.0000 V con pasos de 2.44 mV- Rango de amplitud Peak-to-peak para AC: 0 V to  $\pm 5$  V con pasos de 2.44 mV- en un rango de frecuencia de 0.001 Hz a 50 KHz,  $\pm 0.01\%$ -con un límite de corriente de 300 mA
- Requerimientos Computacionales Windows: Windows 3.1 o posterior, 1 MB RAM disponible
- Requerimientos de Software: Se requiere el software DataStudio 1.0

**3.- Amplificador de Potencia CI-6552A**

El Amplificador de Potencia se usa con la Interface Science Workshop 750, permitiendo utilizar el sistema como un Generador digital de señales eléctricas o en una fuente de poder controlada de corriente continua, con una corriente de salida de hasta 1 Amp



**a.- Especificaciones técnicas del Amplificador de Potencia:**

- Voltaje Variable de salida: Hasta  $\pm 10$  V
- Corriente de salida: Hasta 1 Amp

Guía de Laboratorio

- Rango de Frecuencia: Desde Corriente continua hasta 50 kHz
- Resolución: 0.01 Hz.
- Baja Impedancia de salida: <1 Ohm

#### 4.- Sensores.

El Sistema permite utilizar diversos sensores, en lo que sigue se dan las características más importantes de los sensores que podrían utilizarse en el presente curso:

**a.- Sensor de Voltaje (CI-6503 )** puede medir Voltaje AC y voltaje DC desde -10 V a +10 V.



**b.- Sensor de Corriente (CI-6556 ):** rango de medición de corriente  $\pm 1.5$  A, con una resolución de 5 mA (1X gain), 0.5 mA (10X gain)



**c.- Sensor de Temperatura (CI-6505B ):** Permite medir Temperatura entre -5 °C y + 105°C con una precisión de  $\pm 1$  °C



**d.- Sensor de campo Magnético (CI-6520A):** Permite medir campos magnéticos en un rango de 10 to 2.000 Gauss con una resolución de  $\pm 10$  Gauss



**e.- Sensor de carga eléctrica (CI-6555),** Diseñado para estudio de experimentos de electrostática

**f.- Otros Sensores:** Existen además una gran variedad de otros sensores

#### 5.- Software DataStudio

DataStudio es un programa de recopilación, análisis y presentación de datos. El software hace uso de interfaces y sensores PASCO para recopilar y analizar los datos. Con este software se puede crear y realizar experimentos de Ciencias generales, Biología, Física y Química de cualquier nivel de estudios.

**a.- Interfaces requeridas por DataStudio:** : En el laboratorio utilizaremos la Interface Science Workshop 750, con conexión USB y Amplificador de potencia CI-6552A

**b.- Requisitos de DataStudio:** Windows 95, 98 o posterior, memoria RAM disponible: 8 Mb (se recomiendan 16 Mb), puerto serie, SCSI o USB, unidad de CD-ROM y 20 MB de espacio libre en el disco duro.

**c.- Utilización del DataStudio:** DataStudio recopila y muestra los datos durante el experimento. Para configurar un experimento, sólo tiene que conectar los sensores a la interfaz y configurar el software. DataStudio puede mostrar los datos de varias formas, por ejemplo, dígitos, instrumento analógico, gráficos o un osciloscopio. Para utilizar DataStudio, puede:

- Abrir un experimento previamente configurado.
- Abrir un cuaderno de prácticas diseñado previamente.
- Crear un cuaderno de prácticas electrónico o configurar un experimento.

**d.- Uso de DataStudio por primera vez:** Al hacer doble clic en el icono DataStudio del escritorio se abre el programa DataStudio. Cuando se inicia DataStudio, aparece la ventana del navegador Bienvenido a DataStudio, que muestra cuatro opciones:

Guía de Laboratorio



En la pantalla de inicio, elija **Crear experimento**. (Siga instrucciones de su profesor )

