

*Diseño y Construcción de Prototipos  
para Experimentos de Física I<sup>1</sup>*  
*Design and Construction of Prototypes for  
Experiments in Physics I*

**WILLIAM ARDILA URUEÑA**

Licenciado en Física y Matemáticas  
MSc. Física  
Profesor Titular Universidad Tecnológica de Pereira  
Vicerrector Académico  
Grupo de Investigación en Diseño y Construcción de Prototipos de Demostración  
williamar@utp.edu.co

**HUGO ARMANDO GALLEGO BECERRA**

Licenciado en Física y Matemáticas  
MSc. Física  
Profesor Asociado Universidad Tecnológica de Pereira  
Grupo de Investigación en Diseño y Construcción de Prototipos de Demostración  
ugo@utp.edu.co

**HOOVER OROZCO GALLEGO**

Licenciado en Física y Matemáticas  
MSc. Física  
Profesor Asociado Universidad Tecnológica de Pereira  
Director del programa Ingeniería Física  
Grupo de Investigación en Diseño y Construcción de Prototipos de Demostración  
hog1084@utp.edu.co

Recibido Agosto 15 de 2010 – Aceptado Junio 15 de 2011

## RESUMEN

*Como producto del proyecto titulado "Diseño y construcción de prototipos para experimentos de física", el grupo de investigación DICOPED cuenta actualmente con un paquete cuyo objetivo es el desarrollo de 15 prácticas permiten desarrollar y evidenciar leyes fundamentales de la física. Prototipos cuya base de*

---

1. Documento derivado del proyecto titulado: "Diseño y construcción de prototipos para experimentos de demostración", DICOPED., proyecto apoyado por la Universidad Tecnológica de Pereira.

*leyes fundamentales de la física. Prototipos cuya base de diseño y construcción son las herramientas proporcionadas por la electrónica moderna, su estructura fundamental es la programación de los microcontroladores que son los encargados de leer la información capturada un través de los diferentes sensores y mostrarla al usuario para sea procesada y así verificar las leyes físicas rigen el universo.*

**Palabras Clave:** *Diseño, electrónica, Física, guías de laboratorio, microcontroladores, innovación, resultados confiables, nueva tecnología.*

## **ABSTRACT**

This article shows a very widespread, as the research group DICOPED(Designandconstructionofprototypesfordemonstration experiments) currently has a full set of 15 prototypes that allow the development of physics laboratory practice, a product of the project entitled "Design and construction of prototypes for experiments in physics." These prototypes were designed and built, based on the tools now provide modern electronics, specifically, with the advantages of microcontrollers and their respective programming.

**Key Words:** Design, electronics, Physics, laboratory guides, microcontrollers, Innovation, reliable results, new technology.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El proceso de enseñanza aprendizaje ha de ser reevaluado día a día para que evolucione a la par con las motivaciones, necesidades y emociones de los estudiantes contemporáneos, quienes en la mayoría de los casos se enfrentan a sesiones de laboratorio donde no se abarca mucho sobre los temas de las clases teóricas que se trabajan en esta asignatura.

Aunque los docentes siguen varias estrategias para garantizar la comprensión de todos los temas de la física básica, muchas

veces el vacío se mantiene en diferentes tópicos. Por tal motivo se observa que pueden desarrollarse algunos medios para complementar el conjunto de prácticas de laboratorio.

Un caso concreto ha sido estudiado por el Grupo de Investigación “Diseño y Construcción de Prototipos para Experimentos de Demostración DICOPED”, quien ha identificado que la creación, el diseño y la construcción de prototipos para el estudio de la física complementa toda esa gama teórica de la misma, afianzando los conceptos de la física básica experimental.

DICOPED pretende fortalecer varios temas tratados en el área que son aplicables en el laboratorio desarrollando y utilizando estrategias basadas en las nuevas tecnologías que apoyan los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de los laboratorios.

¿En los laboratorios de las instituciones educativas existen prácticas innovadoras que favorezcan la comprensión de los conceptos y la verificación del modelo matemático asociados a los temas de la física en general?

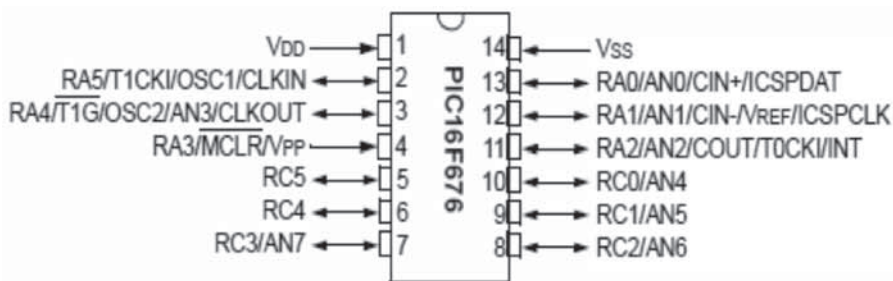
Sí, existen prototipos (no muchos) liderados por empresas de carácter internacional, caracterizados por su complejidad, elevados costos y difíciles de adquirir en el mercado, además, el mantenimiento de los mismos es complicado debido a que la mayoría de estos prototipos sólo se consiguen en el exterior.

Por lo tanto, basados en el desarrollo de este proyecto, se pretende crear prototipos (un paquete completo en Física I) que sirvan como parte de la formación académica básica de estudiantes universitarios y de educación media a través de la implementación de un sistema que permita ejecutar repetidamente movimientos en un ambiente monitoreado y bajo condiciones completamente controladas.

## 2. METODOLOGÍA

Para el diseño y construcción de los prototipos se recurrió a la

tecnología de los microcontroladores PICs, de referencia 16FXXX, de modo que como referente de estos circuitos integrados, se presenta a continuación un ejemplo particular de la configuración física y las características electrónicas del PIC 16F676, el cual se distingue por ser un integrado de 14 pines con dos puertos fraccionados. Ver figura 1.



*Figura 1. Microcontrolador 16F676<sup>1</sup>*

A continuación se dan a conocer las características más importantes de este microcontrolador, con el fin de tener un mejor conocimiento técnico de él:

- Microcontrolador con tecnología RISC de alto rendimiento<sup>2</sup>.
- Sólo 35 instrucciones para aprender.
- Velocidad de funcionamiento: DC, entrada de oscilador/reloj de 20 MHz, DC - 200 ciclos de instrucciones en ns.
- Posibilidad de interrupción.
- Modos de direccionamiento, directo, indirecto y relativo.
- Opciones de oscilador interno y externo.
- Oscilador interno 4 MHz precisión.
- Amplio rango de tensión.
- Bajo consumo Power-on restablecer (POR).
- Encendido Timer (PWRT) y arranque de oscilador.
- Temporizador (OST).
- Brown-out detectar (DBO).

1. SAVANT, C. J. Jr; ROBEN S., Martin; CARPENTER, Gordon L. Diseño Electrónico, Circuitos y sistemas. Tercera edición. Editorial Pearson Education. 2000.

2. Tomado de MICROCONTROLADOR PIC16F877, EN: Revista Scientia et Technica Año X, No X, Mes 200x. UTP. ISSN 0122-1701.

- Temporizador watchdog (WDT) con oscilador independiente.
- Retención de EEPROM FLASH/Data: > 40 años.
- Características de bajo consumo.
- Corriente en espera: -nA 1 @ .0V 2, típico
- Doce Pines de I/O con control de dirección individuales Módulo de comparador analógico.
- Módulo de convertidor de analógico a digital (PIC16F676).
- 10 bits de resolución.
- Contador/temporizador de-16 - bits con prescaler

Es de notar que dependiendo de la función del prototipo se escoge el Microcontrolador adecuado, sin embargo el set de instrucciones para la programación del mismo, básicamente es igual en ellos y sus especificaciones son muy similares. El microcontrolador es el eje central de todos los prototipos, ya que a través de él y con base en un programa se lleva a cabo la supervisión y control de cada uno de los sensores ubicados en los respectivos diagramas electrónicos, los cuales suministran la información de tiempo, ángulo, número de vueltas requerido por el dispositivo de acuerdo al fenómeno estudiado.

Por lo anterior y teniendo en cuenta lo proyectado en el grupo de investigación DICOPED, en esta fase y bajo estas características se lograron ocho prototipos de Física I con el objetivo de realizar 14 prácticas de laboratorio.

## **2.1 Cronómetro digital**

Dispositivo que permite trabajar con los prototipos para movimiento rectilíneo uniforme, movimiento en el plano y plano con cuatro sensores. (Se recurre a él de acuerdo a la práctica a realizar).

En este dispositivo se pueden visualizar cuatro datos de tiempo, además cada información de tiempo que proporciona cuenta con cinco cifras decimales. Esta característica permite trabajar con guías de laboratorio no sólo de aplicación a los fenómenos físicos, sino también a estudios que se desarrollan en el campo de la estadística y valores de incertidumbre de la medida. Ver figura 2.

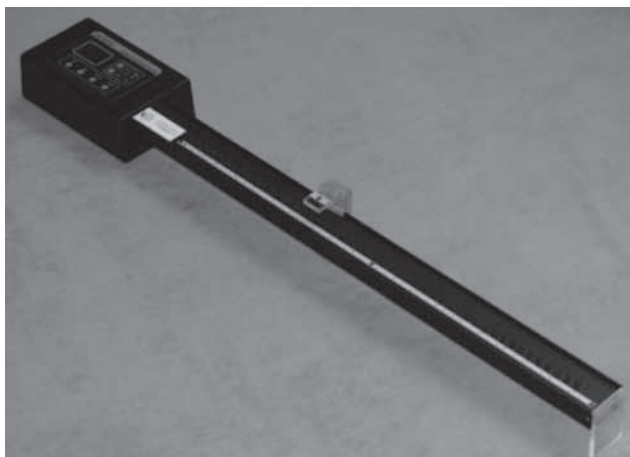


**Figura 2.** Cronómetro digital.

El cronómetro digital cuenta también con un adaptador que permite su adecuada alimentación y con 4 cables cuyo objetivo es poder interconectar los prototipos de acuerdo a la práctica.

## **2.2 Prototipo para movimiento rectilíneo uniforme y acelerado**

Con este prototipo se pueden realizar prácticas que permiten retroalimentar los temas y las ecuaciones cinemáticas de movimiento rectilíneo uniforme y movimiento uniformemente acelerado. Ver figura 3.



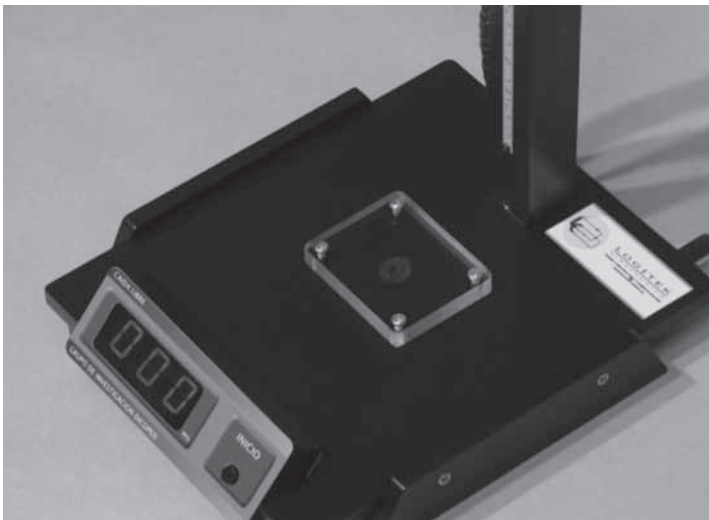
**Figura 3.** Prototipo para M.R.U y M.U.A

Como se puede ver en la figura, este prototipo es una regleta en cuya trayectoria se ubican LEDs para poder simular cada uno de los movimientos citados anteriormente. Cuenta además con un sensor que podemos mover a voluntad, con el propósito de variar la distancia recorrida.

El sensor se programa y se ubica de tal manera que se pueda obtener el tiempo que tarda la simulación para recorrer cada una de las trayectorias realizadas, por eso es necesario acoplar el sistema con el cronómetro citado en el numeral 2.1 y así visualizar el tiempo en la pantalla del mismo.

### 2.3 Prototipo para la caída libre de una partícula

Con este dispositivo, basado en la tecnología de los microcontroladores, se logra realizar un sistema que permite tomar el tiempo de caída de un balón desde diferentes alturas. Lo anterior se llevó a cabo colocando un electroimán en una base móvil para variar la altura del dispositivo; de esta manera un balón se suelta desde diferentes alturas para conocer el tiempo de caída, que aparecerá en una pantalla diseñada con displays. Ver figura 4.

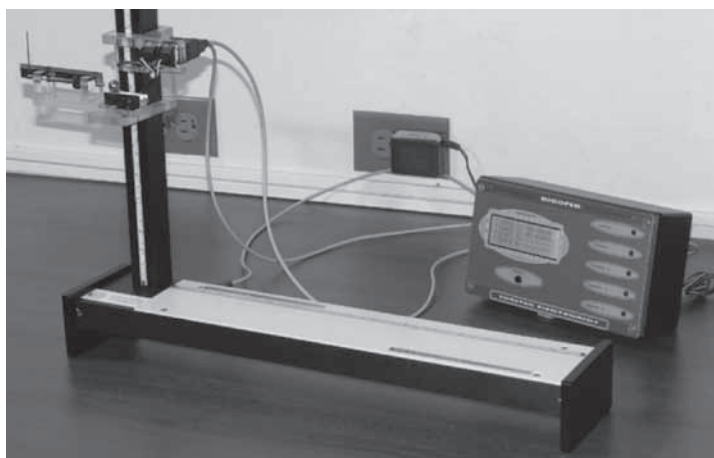


**Figura 4.** Dispositivo de caída libre

El tiempo se obtiene gracias a que en la base del prototipo hay un sensor de sonido que detiene la cuenta del cronómetro cuando el balón toca la base.

## 2.4 Prototipo para movimiento en el plano

Es un dispositivo que trabaja con el cronómetro digital y permite estudiar las ecuaciones cinemáticas de este movimiento. Ver figura 5.



**Figura 5.** *Dispositivo para movimiento en el plano*

Consta básicamente de dos sensores que permiten verificar el tiempo que demora la partícula en las trayectorias horizontal y vertical. Es importante aclarar que el sensor es ubicado en la trayectoria vertical a través de una base móvil que varía su altura. El primer sensor es óptico y su función es activar la cuenta del cronómetro, mientras que el segundo sensor es sonoro y desactiva la cuenta del cronómetro. De esta manera se pueden obtener los datos suficientes y necesarios para aplicar las ecuaciones y obtener mayor información del fenómeno en particular.

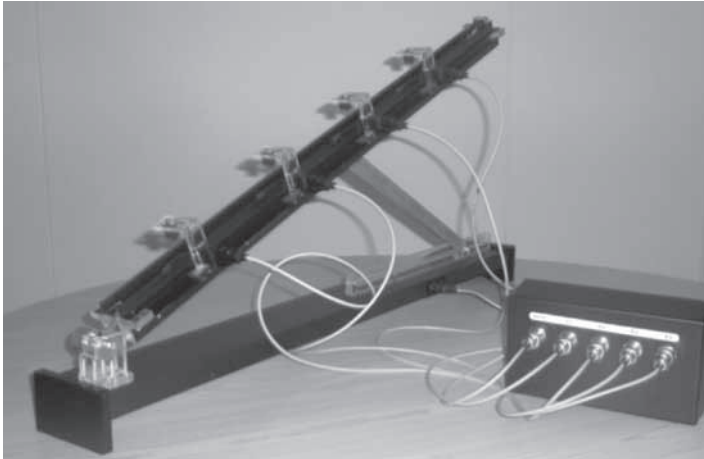
## 2.5 Prototipo plano inclinado con cuatro sensores

Como su nombre lo indica, es un plano con cuatro sensores de luz que cumplen la función de monitorear la trayectoria de un carro



que inicia su movimiento. Este movimiento va a depender de la altura que programe el usuario en el prototipo. Así, se pueden estudiar los temas de movimiento uniformemente acelerado, energía potencial, energía cinética, etc. Ver figura 6.

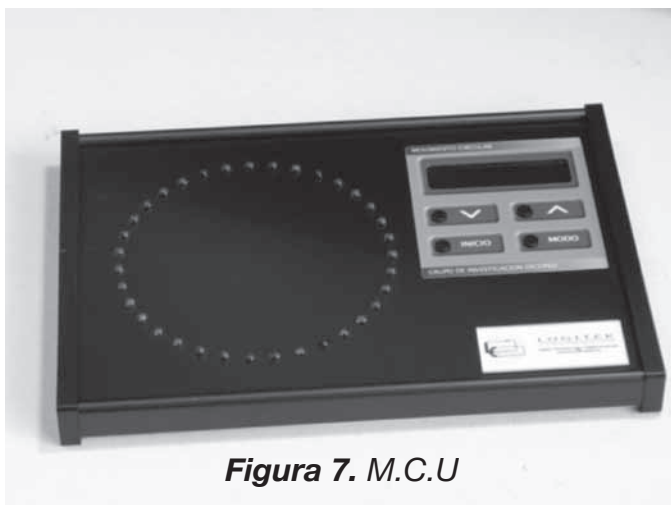
Básicamente está constituido por los cuatro cables para cada uno de los sensores y sus respectivas fuentes de alimentación.



**Figura 6.** Plano inclinado con cuatro sensores.

## 2.6 Prototipo para el movimiento circular uniforme

Cuenta con un juego de 32 LEDs los cuales se distribuyen de tal manera que describen un movimiento circular. Esta disposición permite, con ayuda de un programa en lenguaje de máquina y la disposición electrónica adecuada, determinar el número de vueltas y/o la velocidad del sistema a voluntad, con el objetivo de obtener el periodo, la frecuencia, la velocidad lineal del sistema. Con estos datos se procederá a realizar graficas de velocidad tangencial vs velocidad angular para hallar así el radio de giro. También se realizaran gráficos de velocidad tangencial vs periodo.

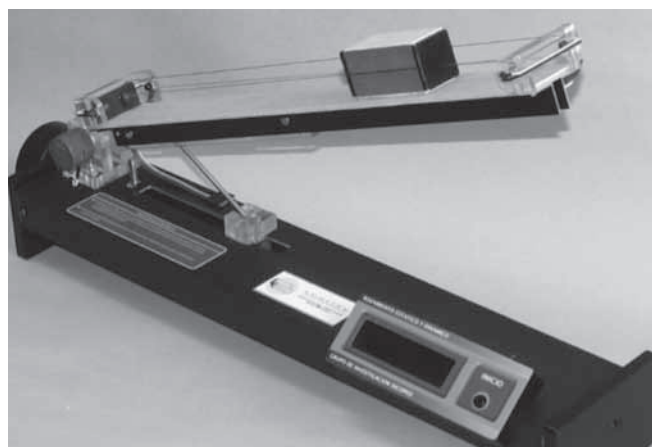


**Figura 7. M.C.U**

## 2.7 Prototipo plano inclinado

Este prototipo consta de un sistema mecánico con una rampa que sube gracias al sistema de control realizado por un motor paso a paso. Con este dispositivo se obtienen directamente las medidas de ángulo, altura y tiempo de un bloque ubicado en el sistema.

Basados en lo anterior se logran los valores de los coeficientes estáticos y dinámicos de rozamiento de diferentes superficies como madera, lija, aluminio, etc.

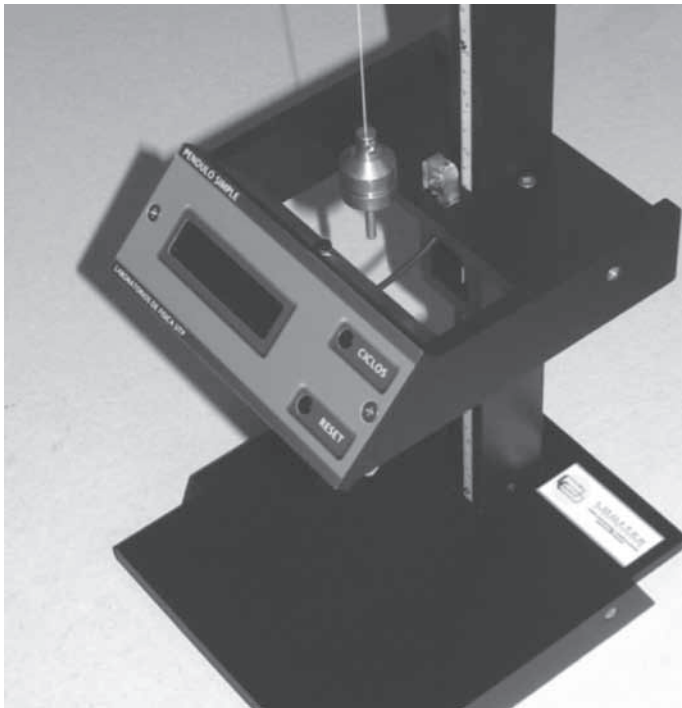


**Figura 8. Plano inclinado**

## 2.8 Prototipo para el péndulo simple

Es otro dispositivo en el cual a través de un microcontrolador se adquieren las medidas de tiempo que un péndulo tiene cuando está sometido a diferentes oscilaciones.

Este péndulo tiene la característica de variar la longitud de la cuerda que tiene el objeto, además de las diferentes oscilaciones programadas.



**Figura 9.** El Péndulo

Con estos prototipos se realizaron las siguientes guías de laboratorio:

Guía 1. Práctica de Movimiento Rectilíneo Uniforme M.R.U.

Guía 2. Ecuaciones cinemáticas del M. R.U.

Guía 3. Práctica de Movimiento Uniformemente Acelerado M.U.A.

Guía 4. Aplicación de las ecuaciones cinemáticas del M.U.A.

Guía 5. Práctica de Caída Libre.

Guía N° 6. Medición de  $g$ , mediante la caída libre de un cuerpo.

Guía 7. Práctica. Plano inclinado.

Guía 8. Práctica. Movimiento en el plano.

Guía N° 9. Movimiento Circular Uniforme.

Guía N° 10. Coeficiente estático de rozamiento.

Guía N° 11. Coeficiente dinámico de rozamiento.

Guía N° 12. Energía Cinética.

Guía N° 9. Energía Potencial.

Guía N° 14. Determinación de las leyes del péndulo.

### **3.CONCLUSIONES**

Los prototipos diseñados y construidos en el grupo de investigación son un proyecto cuyo objetivo se logra recurriendo a las herramientas que ofrece la tecnología actual, específicamente la tecnología de los microcontroladores.

Por ello se considera que los prototipos relacionados permiten el estudio de las ecuaciones utilizadas en cada uno de los temas estudiados en Física I, la cual relaciona básicamente los temas de cinemática y dinámica. Con ellos, se observan, estudian y analizan movimientos de carácter horizontal, vertical, circular, diagramas de cuerpo libre en un plano inclinado, coeficientes de rozamiento etc. Ciertamente los prototipos se convierten en una herramienta didáctica y de gran confiabilidad en la aplicación de las ecuaciones que rigen estos movimientos, permitiendo la retroalimentación adecuada de cada uno de los temas vistos y una mejor forma de aprendizaje.

Con base en el funcionamiento de cada prototipo y en los datos

arrojados se procedió a diseñar las guías para su adecuada utilización, involucrando en ellas la obtención de curvas características de valores cuantitativos y/o cualitativos del fenómeno a estudiar.

Finalmente se resume que con estos prototipos puede lograrse:

- La implementación de nuevas tecnologías en el campo de la física.
- Una didáctica nueva para conocer las leyes de la física.
- Retroalimentar la práctica de los temas teóricos de la física
- Mayor confiabilidad en los resultados que se obtienen con los experimentos actuales.
- Facilidad en el manejo de los equipos por parte de los docentes y alumnos.
- Verificar de forma más eficiente las leyes físicas que rigen el universo.
- Hacer mantenimiento preventivo y correctivo a nivel local para poder corregir las posibles fallas en el funcionamiento de equipos.
- La ampliación de cobertura para programas afines que ofrecen las universidades.
- Elaborar nuevas guías para experimentación en física.
- Una posible comercialización.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boylestad, R; Nashelsky, L. ***Electrónica: Teoría de Circuitos y dispositivos electrónicos.*** (2003). Ed. Pearson Education. México

- Fishbane,P.,Gasiorowicz,S.,Thornton,S. **Física para ciencias e ingeniería.** (1993). Editorial Prentice–Hall. México
- Gallego,H;Orozco,H. **Microcontrolador Pic16F877, y sus aplicaciones en prácticas de laboratorio.** (2007). Revista Scientia et Technica, volumen 1. pp. 539-544.
- Leybold didactic gmbh. Leyboldstrasse. Recuperado el 30 de julio de 2010, de info@leybold- didactic.de
- Raymond, S., **Física I.** (1996), Tomo I. Cuarta Edición. Editorial Mac Graw-Hill. México.
- Savant, C., Roden, M., Carpenter, G. **Diseño Electrónico, Circuitos y sistemas.** (2000). Editorial Pearson Education. México.

## WEBGRAFÍA

- **Cienytec, venta en Colombia. Instrumentos científicos y equipos para laboratorios.** Recuperado el 22 de julio de 2010 de [<http://www.cienytec.com/edu2fisica.htm>].
- Javier, J. (1996) **Equipamiento educativo y audiovisual.** Interfases Sensores. Recuperado el 10 de Julio de 2010, de [<http://www.tecnoedu.com/Pasco/IYS.php>].